

情報通信審議会 情報通信技術分科会

航空無線通信委員会報告(案)

～航空監視システムの高度化に係る技術的条件～

航空無線通信委員会航空監視システム作業班

目 次

I	審議事項	2
II	委員会及び作業班の構成	2
III	審議経過	2
IV	審議概要	3
	第1章 SSRモードSの概要	3
	1. 1 審議開始の背景	3
	1. 2 SSRモードSの概要	3
	1. 3 SSRモードSに係る国際標準の改正履歴	3
	第2章 SSRモードSを利用した既存システムに係る技術的条件の見直し	4
	2. 1 SSRモードSを利用した既存システムと国際基準との比較と考察	4
	2. 2 SSRモードS地上設備の無線設備の技術的条件	4
	2. 3 ATCTランスポンダの無線設備の技術的条件	6
	2. 4 SSRモードSを利用した高度化した航空監視システムの技術的条件	11
V	審議結果	43

I 審議事項

航空無線通信委員会は、電気通信技術審議会諮問第10号「航空無線通信の技術的諸問題について」（昭和60年4月23日）を所掌しており、今般、平成19年9月26日付け一部答申「ADS-Bに係る無線設備の技術的条件」を除き、航空監視システムの高度化に係る技術的条件について審議を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別紙1のとおりである。

委員会における調査の促進を図るため、委員会の下に航空監視システム作業班を設けて調査を行った。作業班の構成は別紙2のとおりである。

III 審議経過

1 航空無線通信委員会

(1) 第10回会合（平成19年9月14日）

「ADS-Bに係る無線設備の技術的条件」に関する委員会報告及び答申案をとりまとめたことから、今後、残りの検討課題である現行技術基準の見直しとしてSSRモードSの全体見直しの検討を開始した。

(2) 第11回会合（平成21年1月28日）

SSRモードSの全体の見直しの中で、同信号を利用する、ICAOで検討中のマルチラテレーション（MLAT：Multilateration）を含めて検討を行うこととした。

(3) 第12回会合（未定）

(4) 第13回会合（予定）

2 航空監視システム作業班

(1) 第5回会合（平成20年2月26日）

SSRモードSの全体の見直しの中で、国際民間航空機関（ICAO：International Civil Aviation Organization）で検討中のMLATを含めて検討を行うこととした。

(2) 第6回会合（平成21年1月21日）

MLATの国際動向及び国際基準案との比較検討を実施した。

(3) 第7回会合（平成21年5月 日）

SSRモードSの全体の見直しに関する航空監視システムの技術的条件（案）について審議を行った。（予定）

(4) 第8回会合（平成21年 月 日）

IV 審議概要

第1章 SSRモードSの概要

1.1 審議開始の背景

航空無線通信は、航空機の安全運航を確保するために必要不可欠な通信手段として有効に活用されている。

このうち、航空監視システムは、航空路における管制業務に必要な航空路監視レーダーをはじめとして、航空機の位置情報等を取得するための重要なシステムである。当該システムにおいて中心的な役割を担う航空機搭載のATCトランスポンダについては、国際民間航空機関（ICAO）において、位置情報等の高度化のための標準化が国際民間航空条約第10附属書（以下、「ANNEX10」という。）の改正により行われているところである。特に、近年においては、航空機の固有アドレス情報を取得し個別に質問することが可能な2次監視レーダー（SSR：Secondary Surveillance Radar）モードSに分類された方式に関する審議及び規格化が進んでいるところである。

以上の状況を受け、SSRモードSの全体見直しを主眼とした航空監視システムに係る無線設備の技術的条件について、審議を行った。

1.2 SSRモードSの概要

SSRは、監視者（管制機関側）から質問信号（1030MHzを使用）を発射し、被監視者（航空機側）のATCトランスポンダから応答信号（1090MHzを使用）を受けるシステムであり、航空機の識別情報を取得するためのモードA、気圧高度情報を取得するためのモードCのほか、航空機の固有アドレス情報を取得し個別に質問するためのモードSに分類される。

SSRモードSは、モードA/Cに比べ次の利点を有している。

- (1) 個別質問・応答による電波利用の効率化及び電波干渉の軽減
- (2) 個別質問によるATCトランスポンダの応答飽和の防止
- (3) 監視精度の向上
- (4) モードSアドレスによる識別可能機数の増加
- (5) データリンク機能を保有

SSRモードSの概要と運用状況については、参考資料1のとおりである。

1.3 SSRモードSに係る国際標準の改正履歴

電気通信技術審議会一部答申「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」（昭和63年7月）以降、ANNEX10におけるSSRモードSに係る改正履歴は、表1.3-1のとおりであり、3回の改正が行われている。

表1.3-1 ANNEX10の改正履歴（SSRモードSに係る部分のみ）

改正文書名	改正時期
ANNEX10 Amendment 73	1998年(平成10年)
ANNEX10 Amendment 77	2002年(平成14年)
ANNEX10 Amendment 82	2007年(平成19年)

第2章 SSRモードSを利用した既存システムに係る技術的条件の見直し

2. 1 SSRモードSを利用した既存システムと国際基準との比較と考察

2. 1. 1 SSRモードSに係る無線設備の技術的条件とすべき範囲

SSRモードSに係る無線設備の技術的条件を検討するにあたり、ICAO ANNEX10の規格からの反映に際して、表2. 1-1により「電波の質」及び「干渉防止」の観点となる階層として、物理層を主として必要な項目の抽出を行った。

その結果として、平成19年一部答申時の継続検討事項及びその後改定されたAmendment82を含め、**参考資料2**のとおり、ANNEX10の改正履歴による改定比較調査結果として取りまとめた。

表2. 1-1 ICAO SARP sの階層構造と電波の質への影響度

階層	階層が受け持つ機能	電波の質への影響
アプリケーション層 プレゼンテーション層 セッション層 トランスポート層 ネットワーク層	データの意味を活用するシステム機能 データの値を意味づけ プレゼンテーション・エンティティ dialogue監理 通信プロセス間のネットワーク伝送手段提供 ネットワーク接続管理手段の提供	通信内容、通信路管理、 通信手順を規定 ＝電波の質とは無関係
データリンク層	データリンク接続管理手段の提供	フレーム（データリンクの通信単位）を規定 ＝信号内容の一部を規定
物理層	ビット列伝送手段を提供	信号の物理的特性を規定 ＝電波の質を直接決定

上記の整理を踏まえ、既存でSSRモードS信号を利用したシステムについて、現行のICAO ANNEX10を踏まえて、電気通信技術審議会一部答申「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」で得た技術的条件に関して、2. 2及び2. 3のとおり整理した。

2. 2 SSRモードS地上設備の無線設備の技術的条件

地表面の定点において、航空機の位置、識別、高度その他の情報を取得するための航空交通管制の用に供する通信方式（以下「ATCRBS」という）のうち、地表面に開設するSSRモードS地上設備に関しては、次のとおりとする。

1 送信装置

(1) 送信回数（変更）

- ① 個別の航空機を選択して呼び出すためのモードSの質問信号等の送信回数は、次の

いずれも満足すること。

A 40 ミリ秒間の平均が毎秒 2400 回未満であること。

B 1 秒間の平均がいずれの 3 度間隔の間であっても 480 回未満であること。

② 隣接する S S R モード S 地上設備のサイドローブと重複する覆域を持つ S S R モード S 地上設備の場合は、個別の航空機を選択して呼び出すためのモード S の質問信号等の送信回数は、次のいずれも満足すること。

A 4 秒間の平均が毎秒 1200 回未満であること

B 1 秒間の平均が毎秒 1800 回未満であること。

(2) 占有周波数帯幅の許容値 (変更)

40MHz 以下であること。

(3) パルス特性 (変更)

各質問モードにおけるパルス特性は、表 2. 2-1 のとおりとする。

表 2. 2-1 パルス特性

項 目	パルス特性	
P1、P2、P3、P4、短)、P5 のパルス幅	$0.8 \pm 0.1 \mu s$	
P4 (長) のパルス幅	$1.6 \pm 0.1 \mu s$	
P6 (短: 56 ビット) のパルス幅	$16.25 \pm 0.25 \mu s$	
P6 (長: 112 ビット) のパルス幅	$30.25 \pm 0.25 \mu s$	
P1-P3 の位置関係 (モード A)	混合モード 質問	$8.0 \pm 0.2 \mu s$
P1-P3 の位置関係 (モード C)		$21.0 \pm 0.2 \mu s$
P1-P2 の位置関係		$2.0 \pm 0.15 \mu s$
P3-P4 の位置関係		$2.0 \pm 0.05 \mu s$
P1-P2 の位置関係	モード S 質問	$2.0 \pm 0.05 \mu s$
P2-同期位相反転の位置関係		$2.75 \pm 0.05 \mu s$
P6 立ち上がり 同期位相反転の位置関係		$1.25 \pm 0.05 \mu s$
P5 立ち上がり 同期位相反転の位置関係		$0.4 \pm 0.05 \mu s$
P3 の振幅	混合モード 質問	P1 の振幅 $\pm 1dB$
P4 の振幅		P3 の振幅 $\pm 1dB$

P2 と P6 の最初の $1\mu s$ の振幅 P6 内の変動	} モード S 質問	P1 の振幅 -0.25dB 以上 位相反転を伴うものを除 き 1dB 以下、連続するチ ップ間は 0.25dB 以下
立ち上がり時間 立ち下がり時間		$0.05\sim 0.1\mu s$ $0.05\sim 0.2\mu s$

※ _____ が改正部分

2. 3 A T C トランスポンダの無線設備の技術的条件

2. 3. 1 S S R モード S 対応の A T C トランスポンダ

A T C R B S のうち、航空機に搭載する無線設備（A T C トランスポンダ）であって、S S R モード S に対応した送信装置の周波数の許容偏差は、航行する高度にかかわらず $\pm 1\text{MHz}$ 以内とする。

2. 3. 2 R P M の無線設備の技術的条件

A T C トランスポンダを地表に固定して設置し、S S R に対し自らの位置、識別その他の情報を送信する無線設備（R P M : Radar Performance Monitor）は、次のとおりとする。

1 一般的要件

(1) 周波数

送信周波数は、 1090MHz とし、受信周波数は、 1030MHz とする。

(2) 変調方式

パルス振幅変調及び二値パルス位置変調とする。

(3) スプリアス発射の強度

情報通信審議会答申「諮問第2007号 無線設備のスプリアス発射の強度の許容値についての技術的条件について」において、地上航空用レーダーについては、一部の設備（S S R）についても新 R R の規定によることが望ましいが、当該設備は国内外を問わず使用されるため、国際的に広く適合する必要があることから、諸外国の基準改定及び関連条約の改正等の動向を見ながら、新たな規定値等への適合について、今後、検討する必要があると答申されている。

当該無線設備は、従来規格を継承するものであり、電気通信技術審議会答申「諮問第10号 航空無線通信の技術的諸問題について」のうち S S R モード S 等の無線設備に関する技術的条件」のとおり、基本周波数の平均電力より 40dB 低い値とする。

(4) 偏波

垂直偏波とすること。

2 送信装置

- (1) 周波数の許容偏差
 - ① モードS応答を含む場合は、±1 MHz 以内とする。
 - ② モードA/C応答のみの場合は、±3 MHz 以内とする。
- (2) 空中線電力
原則、500W以下であることとし、混信を最小にするため、質問の応答信号の等価等方輻射電力は送信場所に応じた運用要求を満足する限りできるだけ低減させること。
- (3) 空中線電力の許容偏差
上限を+50%とし、下限を-50%とする。
- (4) 電波発射が不作動状態時における不要輻射の許容値
連続波の輻射は、-70 d BW以下とすることが望ましい。
- (5) 応答パルス特性
 - ① モードA/Cに応答する無線設備の場合は、無線設備規則別図第8号によることとする。
 - ② モードSに応答する無線設備の場合は、無線設備規則別図第8号の2によることとする。
- (6) 送信スペクトラム
モードSに応答する時の送信スペクトラムは、図2.3-1の範囲であることとする。
- (7) 占有周波数帯幅の許容値
14.5MHz とする。
- (8) 応答遅延
 - ① モードA/C応答のみの無線設備の場合
入力P3の前縁から最初のパルスの前縁の時間遅れが、標準トランスポンダ応答遅延 $3 \pm 0.5 \mu s$ に対し、0~250NMの距離を模擬する応答遅延回路を装備する。
 - ② モードSの応答を含む無線設備の場合
 - A モードA/C呼び出し質問信号に対して、入力P3の前縁から最初のパルスの前縁の時間遅れが、標準トランスポンダ応答遅延 $3 \pm 0.5 \mu s$ に対し、0~250NMの距離の距離を模擬する応答遅延回路を装備する。
 - B モードS個別呼出しの質問信号において、標準トランスポンダ応答遅延 $128 \pm 0.25 \mu s$ に対し、0~250NMの距離を模擬する応答遅延回路を装備すること。ただし、応答の最初のプリアンブルパルス位置は、質問のP6パルスの同期位相反転からの遅延時間とする。
- (9) モードCコード
モードCコードは航空機が飛行できない高高度または低高度に設定すること。

3 受信装置

- (1) 受信感度
モードSの質問に関し空中線端子入力レベルと応答率の関係は、次のとおりとする。
 - ① モードS応答を含む装置の場合

90%応答率を得る空中線端子最小入力レベルで規定される最大受信感度 (MLT) は、 $-74 \pm 3 \text{ dBm}$ であること。また、 -81 dBm 以下の入力に対する応答率は、10% 以下であることとする。

② モードA/Cの応答のみをする無線設備の場合

MLTは、 $-69 \sim -77 \text{ dBm}$ の範囲を限度とし、原則、 -71 dBm とする。

(2) スプリアス応答

受信通過帯域外の信号に対する受信感度は、受信中心周波数の信号に対する感度に比べて、 60 dB 以上低くすることが望ましい。

(3) 信号選択度

① 通過帯域幅

モードA/Cの質問に対しては、受信周波数 $1030 \pm 0.2 \text{ MHz}$ の範囲において、90% 以上の応答を得る質問信号レベルは -69 dBm 以下とし、その変動可能な幅は、 1 dB 以内であることとする。

② 減衰量

モードA/Cの質問に対しては、 1005 MHz 未満、 1055 MHz を超える周波数において、 1030 MHz と同じ応答率を得る質問信号レベルは、 1030 MHz の場合よりも 60 dB 以上大きいこととする。

③ サイドローブ抑圧

ア モードA/Cに応答するのみの無線設備の場合は、 $P1 \geq P2 + 9 \text{ dB}$ のときの応答率は、90%以上とする。

イ モードSに응答するものを含む無線設備の場合は、③アのほか、下記によること。

A $MTL + 3 \text{ dBm} \sim -21 \text{ dBm}$ の範囲で、 $P5 \text{ レベル} \geq P6 \text{ レベル} + 3 \text{ dB}$ のときの応答率は、10%未満とすること。

B $MTL + 3 \text{ dBm} \sim -21 \text{ dBm}$ の範囲で、 $P6 \text{ レベル} \geq P5 \text{ レベル} + 12 \text{ dB}$ のときの応答率は、99%以上とすること。

(4) 感度低減と回復特性

無線設備規則第45条の12の6の二のハの(1)及び(2)のエコー抑圧の特性及び受信休止時間または受信感度の回復に要する時間に関する規格値とする。

また、RPMはこれを利用するSSR以外には不必要な応答装置であり、むしろ誤ターゲットを発生させる有害なものにもなり得る。このため、RPMを利用するSSR以外には応答しないよう、空中線に適切な指向性を持たせることが必要である。よって、RPMの空中線は、これを利用するSSR等施設以外への応答を有効に低減させるような指向性を持たせるべきである。

(5) 受信装置

受信装置がある場合で、副次的に発する電波が他の無線設備の機能に支障を与えないように、受信空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線を使用して測定した場合に、4ナノワット以下とする。

4 環境条件及び環境試験方法

RPMの無線設備は、重要な航空保安施設として高い信頼性と安全性が要求されているので、環境条件を十分に配慮した上で設置することが望ましい。

5 測定法

一般的な測定法によることとする。

6 電波防護指針への適用

電波法施行規則第21条の3の規定によることとする。

7 その他

ア 24ビットアドレス

モードS応答を含む無線設備の場合は、SSRモードSの個別識別のためのアドレス24ビットを設定できること。

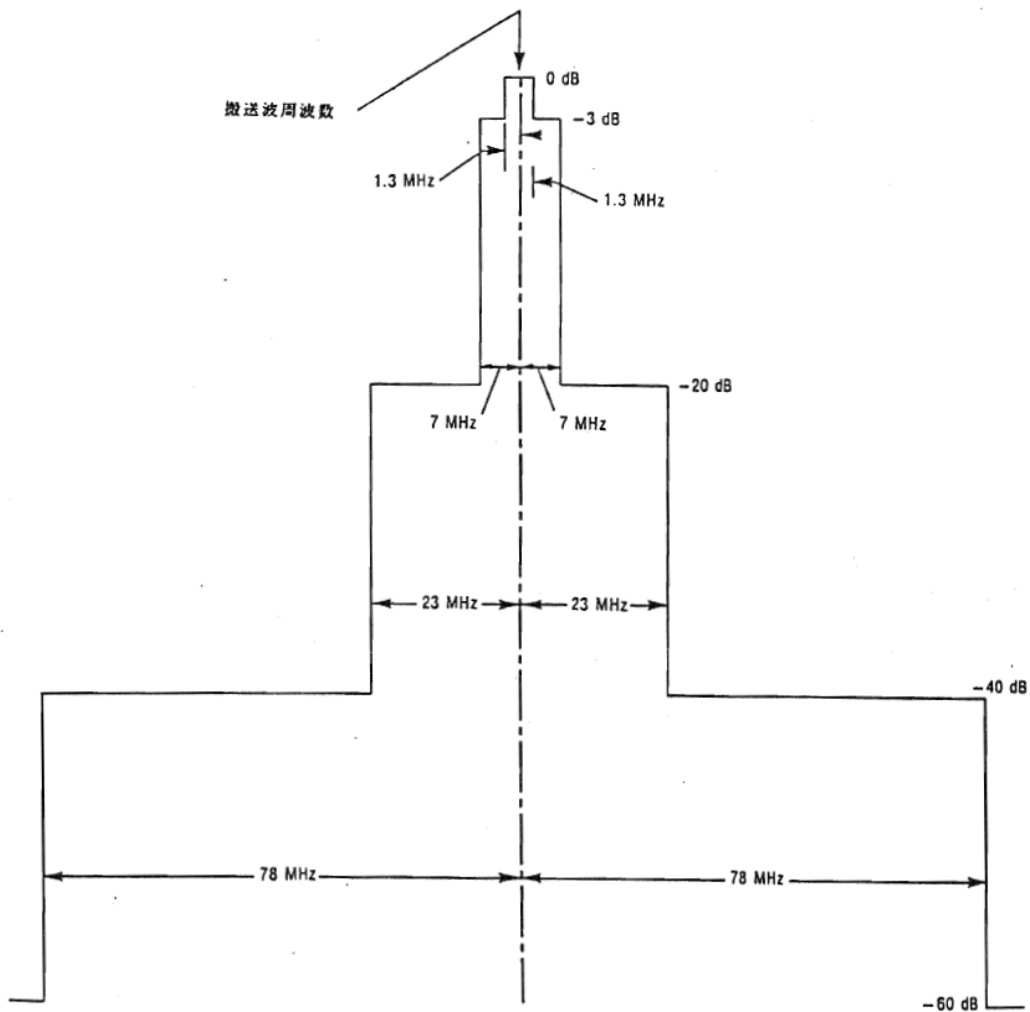


図 2. 3 - 1 モード S 応答時における送信スペクトラム

2. 4 SSRモードSを利用した高度化した航空監視システムの技術的条件

2. 4. 1 マルチラレーション (MLAT) の概要

2. 4. 1. 1 MLATの概要

近年、取り扱い航空機の増大とともに、我が国で多発している滑走路への誤侵入等は、重大な事故を起こす可能性がある事案であり、これを未然に防ぐ上で、MLATが有益であると考えられている。

MLATとは、地上に設置された3～30本程度の送受信又は受信装置で構成されたシステムにより、航空機のATCトランスポンダから送信される信号（スキッタやSSRの応答信号）を3カ所以上の受信装置（送受信装置を含む。以下同じ。）で受信して、その受信装置間の受信時刻の差を各受信装置と航空機との距離差に変換し、距離差が一定である条件からなる双曲線同士の交点を求め、航空機等の位置を算出して航空監視するシステムである。

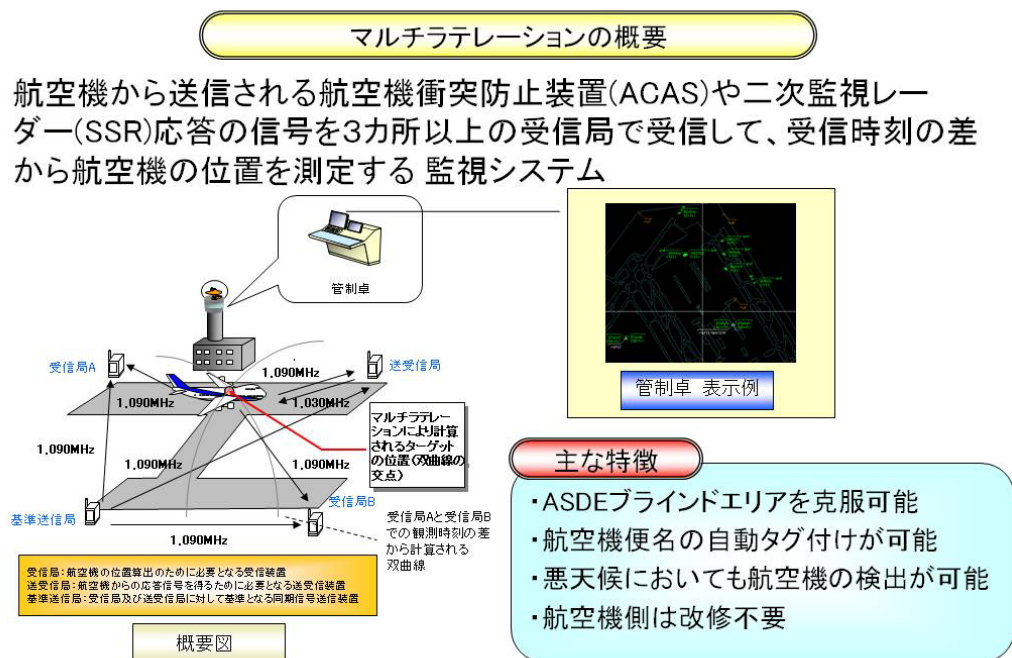


図2. 4-1 マルチラレーションの概要

従来の空港面探知レーダー（ASDE: Airport Surface Detection Equipment）では、気象の影響を受けやすく、悪天時に空港面での正確な航空機位置の把握が困難である。MLATの特徴として、悪天候下での性能劣化等の問題が少なく、特にASDEがカバーできない建物陰等のブラインドエリアを監視可能とし、更に、モードSのスキッタ信号等を利用することで、航空機便名を画面表示することが可能となる。また、航空機側は現在搭載しているモードS対応ATCトランスポンダをそのまま使えるため、航空機側に追加装備や改修が不要であるなどの利点がある。

このMLATとASDEを連携することにより、滑走路、誘導路、駐機場（エプロン）

などの空港面の航空機のみならず、滑走路を通過する車両については、I C A O条約に定めるA D S - O U Tの規格を有するノントランスポンダと言われる無線設備を搭載することにより、正確な誘導と監視が可能となり、空港面における安全運航の向上に期待されている。

また、諸外国においては、M L A Tをより広域で使用する広域マルチラテレーション (W A M : W i d e A r e a M u l t i l a t e r a t i o n)の運用が開始されている。W A Mは、上記のM L A Tと同じ信号及び測位方式を利用して、広範囲に航空機の位置を監視するものであり、欧州では、今後とも積極的に導入する動きとなっている。

2. 4. 2 航空監視レーダーに関する国際民間航空機関（ICAO）及び諸外国の動向

2. 4. 2. 1 国際民間航空機関（ICAO）の動向

平成20年12月に開催されたICAO ASP-WGW会合において、ANNEX10 Vol. IV Chapter-6に新項目「Multilateration Systems」を追記することが承認され、新しいガイダンスマテリアルであるASM (Aeronautical Surveillance Manual) / ICAO Doc. も併せて、新規追記することが承認された。

今後、ICAOの理事会において審議されたのち、SARPs (Standards and Recommended Practices) に追記される予定である。

MLATの規定として、ANNEX10 Vol. IV Chapter-6には、定義 (Definitions)、機能要件 (Functional requirements)、信号環境への配慮 (Protection of the Radio Frequency Environment) 及び性能要件 (Performance requirements) が規定される予定である。

なお、具体的な機能要件についてはICAO Annex10 Vol. IV Chapter-3に準拠し、運用上の性能要件についてはEUROCAE ED-117(MLAT)およびED-142(WAM)を参照するように提案されている。

また、ASM/ICAO Doc. において、Appendix-L (マルチラテレーション) として、運用概要 (Principle of Operation)、装置構成 (System Architectures)、航空機の識別および高度の特定 (Identification and Altitude Determination of Aircraft)、技術的検討事項 (Technical Considerations) 及びWAMの事例 (Examples of WAM Applications) の項目が規定される予定である。

今後、車両等に搭載されるADS-OUTの規格については、拡張スキッタのみを利用するシステムだけでなくレンジング機能を付加する検討が行われ、ICAOの動向を注視し必要に応じて見直していくことが必要である。

2. 4. 2. 2 諸外国の動向

前述のとおり、ICAOにおいて、制度面・技術面について規格検討されているが、各国では、それに先立ち、ICAOの検討内容に沿いつつ、各国独自に運用を開始している。詳細は表2. 4-1のとおりである。

表2. 4-1 諸外国のMLAT及びWAMの導入状況

国名	導入状況	備考
アメリカ	現在、実験目的で運用中。システムは、我が国の型式検定規則と同等なTSO (Technical Standard Order) により、自国の規制により機器承認が行われている。	
イギリス	暫定的な運用中。	
ドイツ	フランクフルト空港において、MLATが運用されており、車載用についても「その他の地上無線ステーション」に別に分類され、認可。また、フランクフルト空港周辺において、W	

	AMの評価が行われている。	
カナダ	カルガリー空港において、ターミナルレーダーのバックアップシステムとして運用中。	
チェコスロバキア	プラハ空港でMLATが運用中。また、プラハ空港およびオストラバ空港周辺において、WAMが運用中	
ラトビア共和国	リガ空港でMLATが運用中。	
ポルトガル	アゾレス諸島でマルチラテレーションの評価が行われており、2011年には運用開始の予定。	
オーストリア	インスブルック空港周辺のターミナルエリアにおいて、WAMが運用中。	
台湾	金門島空港でMLATが運用されている。また、金門島空港のターミナルエリアおよび台湾海峡の空域でWAMが運用されている。	
中国	北京空港にMLATが導入予定。また、同空港の平行進入監視システムとして、広域MLATが運用中。	
オーストラリア	タスマニア空港周辺空域及びシドニー空港の平行進入監視システムとして、MLATが整備中	
シンガポール	チャンギ国際空港にてMLATが運用中	

2. 4. 3 システムの構成

MLATは、送受信を行う無線設備（MLAT送受信装置）、受信のみを行う無線設備（MLAT受信装置）を3カ所以上の複数地点に設置し、双曲線測位により航空機等の監視を行うシステムである。MALTでは時刻の同期が重要な要素であり、トランスポンダ同期、GNSS（Global Navigation Satellite Systems）同期等があるが、トランスポンダ同期を用いるシステムでは基準送信を行う無線設備（基準送信装置）が使われる。また、トランスポンダ同期以外の同期方式を用いるシステムでも、動作監視目的で基準送信装置を利用する場合がある。

ただし、利用形態によっては、基準送信を行う無線設備を利用せずに構成する場合もある。

概念イメージは、図2. 4-2のとおりである。

システム構成イメージ

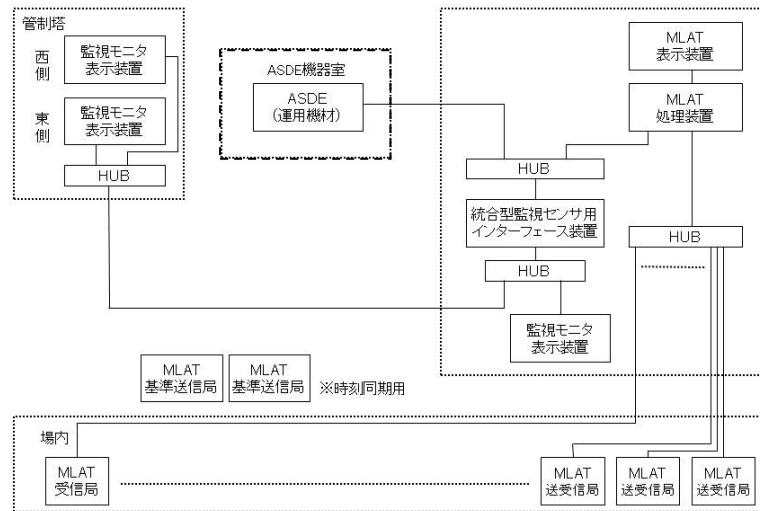


図2. 4-2 システム構成イメージ

また、MLATは、同一周波数を利用する既存のシステムへの影響を考慮して、表2. 4-2のとおり、必要最低限の信号としている。

表2. 4-2 MLATで使用するモードS信号

動作	信号種別	
航空機トランスポンダへの質問信号	UF 4	気圧高度情報要求信号
	UF 5	識別符号（モードAコード）要求信号
航空機トランスポンダ等からの応答信号	DF 4	気圧高度情報応答
	DF 5	識別コード（モードAコード）応答信号
	DF 11	捕捉スキッタ ランダム間隔（約1秒）のモードSア

		ドレスを含む自発信号
	DF17	拡張スキッタ ランダム間隔（約0.5秒）のモードS アドレス、位置情報、速度情報、航空 機便名などを含む自発信号（ADS-B）
	DF18	拡張スキッタ（非トランスポンダ）メ ッセージ内容はDF17と類似空港車 両、一時的な空港面障害物、覆域テ スト・較正ツールなどの用途に使用

WAMについては、主にMLAT受信装置が、空港周辺の広範囲に展開されることにより広域に監視を行うようにするものである。

WAMは、SSRに対して、次のような利点がある。

- ① 更新率が高く、測位精度が良い
- ② 地上施設が簡易である
- ③ 覆域を柔軟に設計できる等

諸外国においては、WAMの導入覆域として空港近傍の低高度空域のほか、電波見通しの悪い山間部等に特に有効であると考えられている。

このことから、我が国においても、空港周辺を中心に、これらの空域に導入されると想定される。

さらに、空港面等における航空監視を行う場合、航空機だけではなく、航空機を牽引するトーイングカーなど空港面を移動する車両を監視することにより、安全性が向上するとされている。このため、SSR等からの質問信号に応答せずに、拡張スキッタの信号を送信する無線設備（ノントランスポンダ）を搭載した無線局の導入が検討されている。

2.4.4 MLATが必要とする覆域

MLATは、主に、空港面を監視対象としているため、空港面に進入してくる航空機又は空港から出発する航空機などの目標について捕捉する必要がある。このため、空港面より若干広い5NM（9.3km）の監視を行うことが必要であり、参考資料3のような考え方により、監視するために必要となる空中線電力の算出が可能となる。

2. 4. 5 MLATと既存システムの共存の考察

SSR、航空機に搭載する放送型自動位置情報伝送機能（Automatic Dependent Surveillance - Broadcast：ADS-B）、ACAS及び将来導入を検討されている車両に搭載したノントランスポンダ等は、同一の周波数を利用することとなる。

ここでは、互いのシステムが必要とする要件を満足することを前提にして、相互のシステムが共存できるかについて検討及び評価を行った。

1 検討に対する前提条件

ノントランスポンダは、1090MHzの周波数の電波を利用する。この周波数を共用するATCトランスポンダの動作には1030MHzの質問号も影響するため、あわせて検討した。

検討にあたり、空港面における1090MHz信号環境として次の点について考慮した。

- ① 地上のATCトランスポンダはスキッタ信号と一部の応答を送信
- ② 周辺を飛行中のトランスポンダを含めて信号環境を形成される
- ③ 格納庫など大きな平面を持つ建設物によるマルチパス発生が顕著に現れる。

検討の対象としたシステムは、次の表2. 4-3-1のとおりとした。

表2. 4-3-1 検討対象としたシステム

システム名	運用トランスポンダ等	運用信号発生器（インタロゲータ）
	ATCRBS（モードA/C）	SSR（空港）
	ATCトランスポンダ（モードS改訂73対応機器）	SSR（航空路用） SSR（空港用モードS）
	ATCトランスポンダ（モードS改訂77以降機器）	SSR（航空路用モードS）
	ATCトランスポンダ（モードS改訂ES(Extended Squitter)機器）	ACAS
	ノントランスポンダ(ESNT: Extended Squitter Non- Transponder)	MLAT IFF（Identification Friend or Foe：地上又は海上面）
	ACAS	IFF（機上）

これらのシステムの性能をかんがみ、地上のATCトランスポンダで受信される1030MHz信号を概算し、これにトランスポンダの応答率とICAO規格で定められたスキッタ信号送信レートを用いて応答信号数とスキッタなどの1090MHz信号数を概算した。計算方法としては、

- ① ATCトランスポンダの信号受信範囲内にあるSSR等の1030MHz信号送信機器の数と各機器の信号送信数を信号モードごとに想定し、ATCトランスポンダに受信される信号の発生量を算出する。
- ② マルチパス干渉による信号誤読の影響を補正する。
- ③ 低電力の質問信号に対する誤読の影響を補正する。

計算に使用するシステムのパラメータについては、次の表2. 4-3-2のとおりである。

る。

表 2. 4-3-2 検討をしたシステムの構成 (数字は地上/飛行中)

ESNT 導入 シナリオ	ATCRBS モード A/C	モード S 機能有り			ESNT	総数	ACAS
		改訂 73	改訂 77	ES			
導入前: 2008	2/2	25/17	13/8	2/3	0/0	42/30	7.5/8
導入初期: 2012	1/1	22/12	10/7	9/12	10/0	52/32	9/8
普及期: 2025	1/1	22/12	10/7	28/25	15/0	76/45	13.5/12

構成の考えに当たっては、現在、我が国で航空機が集中している羽田空港を想定した。現在、羽田空港のスポット数は、160 である。また、瞬時のスポット利用率を 80% として想定すると、駐機数は 126 機となる。空港面の航空機運用を考えればその約 3 分の 1 が移動または移動準備の状態であるため、MLAT 導入想定時にスキッタ等を発射可能な運用状態にある ATC トランスポンダは 42 台となる。

今後、羽田空港の滑走路拡張等により、離発着数が 2 倍弱程度増加されると想定した場合、最大で 60 台程度がスキッタ等の発射が可能となり、これは併せて、航空交通量等も増加することも意味することから、航空機に搭載した ACAS が発射する質問信号も増加するものと考えられる。また、羽田空港においては、牽引車両等に搭載されるノントランスポンダの計画もあり、これについては 15 台程度運用されると想定した。

一方で、空港周辺における運用信号発生機 (インタロゲータ) の構成としては、次の表 2. 4-3-3 のとおりとした。

表 2. 4-3-3 空港周辺の運用インタロゲータの想定規格の構成

機器	台数
SSR (A/C) 空港用	0
SSR (A/C) エンルート	2
SSR mode S 空港用	2
SSR mode S エンルート	1
ACAS MLAT	MLAT 導入後は ACAS 数 + 5
IFF 地上海上	11
IFF 機上	6

注 1 台数は 2009 年段階の値 (IFF は推計値)

注 2 ACAS は航空機数に比例して増加と想定

2 検討結果概要

上記のパラメータ及び羽田空港を想定し、ATC トランスポンダが解読する 1030MHz 質問信号の構成の変化は、次の表 2. 4-3-4 のとおりとなった。この以下の表の単位

Hz とは、1 秒あたりの信号発生数示している。

表 2. 4-3-4 トランスポンダが解読する 1030MHz 質問信号の構成の変化

信号	モード A/C	P1-P2 SLS	モード A/C only	モード S
ESNT 導入前	170 Hz (46Hz)	419 Hz	12.8 Hz	37 Hz
	277 Hz (46Hz)	470 Hz	18.0 Hz	57 Hz
ESNT 導入初期	178 Hz (46Hz)	419 Hz	12.8 Hz	41 Hz
	288 Hz (46Hz)	470 Hz	18.0 Hz	138 Hz
ESNT 普及期	269 Hz (46Hz)	460 Hz	17.9 Hz	81 Hz
	503 Hz (46Hz)	512 Hz	22.2 Hz	257 Hz

注 1 () 内は低電力信号の誤解読がない場合：SSR等が一定の想定のため一定

注 2 上段はMLATなし、下段はMLAT送信機を空港内で5台運用を想定

また、このときに予想される 1090MHz 信号発生数概算値は次の表の表 2. 4-3-5 のようになる。なお、この表は、空港面のトランスポンダ等からの送信数を示している。

表 2. 4-3-5 空港面のトランスポンダ等による 1090MHz 信号発生数の構成の変化

シナリオ	モード A/C	モード S short 捕捉スキッタ	モード S long、拡張スキッタ	
			可変送信無し	可変送信有り
ESNT 導入前 2008	4610 Hz	198 Hz	8.4 Hz	5 Hz
	7519 Hz	201 Hz		
ESNT 導入初期 2012	4101 Hz	203 Hz	81 Hz	48 Hz
	6643 Hz	205 Hz	81 Hz	48 Hz
ESNT 普及期 2025	11269 Hz	296 Hz	182 Hz	108 Hz
	11569 Hz	300 Hz	182 Hz	108 Hz
ESNT 普及期 低電力誤解読無	3152 Hz	297 Hz	182 Hz	108 Hz

注 上段はMLATなし、下段はMLAT送信機を空港内で5台運用を想定

さらに、以上の信号環境内におけるATCトランスポンダ占有率を求めた。ATCトランスポンダ占有率は、トランスポンダの動作に依存するため、トランスポンダの規格ごとに求めた。SSR等が十分な性能を発揮するためには、多くの現場の機器は90%以上のATCトランスポンダの応答信号の検出率があれば十分な利用が可能な実力を持つが、ここではICAOマニュアルに従い、トランスポンダ占有率を5%以下に保つことが望ましいとした。

なお、ここでいう、応答信号の受信検出率は、受信信号電力が受信機感度を超える確率(ATCトランスポンダで質問信号受信電力が受信機感度を超える確率×インタロゲータ(信号発生機)で応答信号受信電力が受信機感度を超える確率)とATCトランスポンダが他の信号の処理に占有されていない確立(1-トランスポンダ占有率)の積としている。

表 2. 4-3-6 トランスポンダ占有率

トランスポンダの規格	ATCRBS (A/C)	改訂 77 以前機器	改訂 77 以降機器	ADS-B-OUT 機能付き
現状	3.7 %	4.0 %	4.0 %	4.1 %
ENST 導入後	3.8 %	4.0 %	4.0 %	4.1 %
ENST 導入後	5.4 %	5.8 %	5.8 %	5.9 %
ENST 導入後低電力誤解読無	4.0 %	4.3 %	4.3 %	4.4 %

注 MLATを含む。

トランスポンダ占有率は、ESNTとMLAT導入後も5%を超えない。また、航空機数とともにACASも増加するため、将来はトランスポンダ占有率の限界に近づくものと予想されるが、航空機数の増加に伴うACASの増加によって、トランスポンダ占有率は増加する。しかし、低電力質問信号を誤解読し誤応答する現象はATCトランスポンダの世代交代によりみられなくなると予想され、トランスポンダ占有率は5%を超えないと予想される。このため、表に示したようにACAS等が増加した後も5%の限界を超えないと予想した。

以上の概算結果により、次のことが判明した。

- ・ 質問信号はMLAT導入や航空機の増加に伴い増加傾向にある。
- ・ 空港面から送信されるモードA/C応答信号は、誤解読を含む質問信号解読数急増を想定したにもかかわらず、改訂77対応のトランスポンダの構成比増加により影響が緩和される。
- ・ 空港面から送信されるモードA/C応答信号数やトランスポンダ占有率は、誤解読が少ないトランスポンダへの変更により、改善される。
- ・ ESNTは、モードS拡張スキッタを送信するのみで応答信号を送信しないため、信号環境への負荷は限定的である。

また、この概算のための計算方法に関する調査から、次のことがわかる。

- ・ 能動型MLAT（送信機能があるもの）が持つ送信機1台が信号環境に与える影響は、飛行中のACAS送信機1台とおおむね同等である。

また、一般に、空港面ではマルチパス対策のため可変閾値方式を採用した受信機を使用することになる。空港面では多数のマルチラレーション受信機が使用され、スキッタ送信機との距離比を大きく取ることができるため信号受信電力の比が大きくなる。このため、多数の拡張スキッタが発射され混信するよう見えても最も大電力の信号を正常に受信することができるため問題ないものと考えられる。

3 諸外国の信号発生量との比較

国際民間航空機関 I C A O に設置された航空監視パネル会議 (A S P : Aeronautical Surveillance Panel) で、参加国から 1030/1090MHz 信号環境に関する検討結果や測定等による現状評価結果が寄せられており、そのデータを活用して、欧州が飛行実験により測定した信号環境と比較を行った。

表 2. 4-3-7 A T C トランスポンダが解読する 1030MHz z 質問信号の構成の比較

信号モード	A / C	P1-P2 SLS	A / C only	S short 全機 (自機)
測定値： 東京空域誤解読含む	170Hz	400Hz	8Hz	25 (-) Hz
計算値： 東京空域 ESNT 導入初期	178 Hz 288 Hz	419 Hz 470 Hz	12.8 Hz 18.0 Hz	41 (6.0) Hz 138 (9.3) Hz
測定値：米国空域 誤解読含む	平均 280Hz 最大 600Hz	データなし	データなし	平均 170 (-) Hz 最大 250 (-) Hz
測定値：欧州空域 誤解読量不明	平均 241Hz	データなし	データなし	- (15.9) Hz

- ・東京空域：小瀬木他：「1030MHz 帯の信号環境測定」、電子航法研究所報告、No. 107、2004 年 1 月 (測定データは 2000 年 11 月)
- ・米国空域：FAA：“Low level mode S interrogations”，RTCA SC-209, WP05-13, February, 2008
- ・欧州空域：Eric Potier：“Example of mode S transponder activities measured in Europe”，I C A O/ASP/TSG WP06-14, February, 2009 (測定データは 2008 年 9 月)

これらを比較すると、MLAT 送受信装置や ESNT 導入後の信号環境は、空港面建築物による遮蔽を無視する最悪の条件 (P1-P2 SLS) であっても、現在の欧米の信号環境と同等である。

トランスポンダの応答能力は、I C A O の規格において、A T C R B S 質問信号に対して毎秒 1200 回、モード S 質問信号に対して毎秒 50 回である。また、モード S 質問信号については、個別応答が可能なことから、空間内に存在する全質問信号の内で応答すべきものは一部であり、表中ではカッコ内自機と記載した数である。以上のように、将来の日本の信号環境でも無線機器の正常な動作と想定される。

なお、1090MHz 帯域内の信号発生量やトランスポンダ占有率に大きく影響している、A T C R B S 質問信号解読数の多くは、低電力のモード S 質問信号の誤解読によるものであり、R T C A や I C A O でもこの問題を解決する規格改定を進めているところである。また、新しい機種には誤解読現象がみられなくなりつつあることが F A A の測定調査により判明している。トランスポンダの世代交代に伴い、その影響は無視できるようになると期待される。

4 まとめ

動作原理を考えると、能動型（インタロゲータを持つ）の空港面マルチラレーションは ACAS とほぼ同じ質問信号発生数を持つため、1030MHz 信号環境に与える影響はMLAT インタロゲータ 1 台あたり飛行中の ACAS 1 台と同じであることから、MLAT の増加が大きく干渉源の増加となるとは言えない。

ノントランスポンダのESNTは応答機能を持たないため、スキッタの送信のみである。このため、ATCトランスポンダのように1030MHz 質問信号環境の影響を受けることなく、1090MHz 信号環境に与える影響の予測も容易で限定的である。

また、今後のATCトランスポンダの世代交代が順次進むと想定すれば、各種の不要送信の軽減が期待され、1090MHz 信号環境は予測値より改善に向かうと期待される。また、ここに記載した各種の計算値は、現段階において得られている実験結果と一致するようIFFの運用パラメータを推定としている。測定結果によれば、IFFは必要に応じて立ち上げて運用されていると想定され、常に一定の運用状態にあるわけではないと考えられる。このため、想定とは異なる運用機器数や運転パラメータが選択された場合には、計算結果に誤差は発生することから、これらの運用状況についても注視しておく必要はある。

関連無線機器が多く日本で最も信号発生量が多いと考えられる羽田空港周辺において今後の航空機数の増大を想定しても、1030/1090MHz 信号環境に与えるMLATやESNTの影響は限定的であり、最悪の条件でも現在の欧米空域の信号環境と同等程度になると予想できる。

詳細については、計算過程等については参考資料 4-1 及び 4-2のとおりであるが、結論として、我が国で航空機が多数飛来する空域となる羽田空港周辺において、MLATが導入されたとしても、現在想定されているシステム構成の範囲であれば、当該空域で共用可能となった。したがって、我が国においては、いずれの空港において導入が可能と想定される。

ただし、今後、安全運航の向上を図るため、WAMや車載型を施設していく場合には、同参考資料をもとに評価することが可能であるが、既存システムの共存を最適な電波環境とするために、次の点を考慮しなければならない。

2. 4. 5. 1 質問頻度の考え方

能動（アクティブ）型MLATは、航空機トランスポンダへの質問機能を有することとなるが、MLATは、一般的に無指向アンテナを利用することとから、高い頻度で質問を送信した場合、全方位に向けて質問を送信することとなり、航空機ATCトランスポンダの占有する時間の増加を招く結果となる。

このATCトランスポンダの占有時間が増加することで、SSRや航空機衝突防止装置（ACAS）の運用に影響を与えることが懸念される。

このため、ICAOにおいては、「アクティブ型MLATによるトランスポンダの占有率を2%以下とする」条件を付しており、MLATが既存及び将来システムと共存していく

ために課される質問頻度として、我が国において同様とすべきと考える。よって、「アクティブ型MLATは、ATCトランスポンダの時間占有率が2%を超えるような質問信号の送信は行わないこと。」の規制が必要である。

2. 4. 5. 2 一括質問（オールコール）等の特定の質問信号の制限

MLATでは、2. 4. 5. 1のとおり、一般的に無指向アンテナが利用されることから、質問信号としてオールコールを利用した場合、覆域内の全方位に存在する航空機ATCトランスポンダからの応答を誘発してしまい、電波環境を著しく悪化させることが懸念される。

このため、ICAO国際標準が定める規定と同様に、MLATが既存及び将来システムと共存するため「アクティブ型MLATは、モードS一括の質問信号は送信しないこと。」と規制が必要である。

2. 4. 6 MLATに関する技術的条件(案)

航空機のATCトランスポンダから送信される信号(捕捉スキッタ及びSSRの応答信号)を受信する無線設備間の受信時刻の差を用いて、双曲線測位等により当該航空機の幾何学的位置を算出するマルチラレーション(MLAT)の無線設備は、次のとおりとする。

2. 4. 6. 1 一般的条件

1 周波数

(1) 送受信装置

多重双曲線監視装置のうち、送信周波数1030MHz、受信周波数1090MHzを利用する無線設備

(2) 受信装置

多重双曲線監視装置のうち、受信周波数1090MHzを受信するのみの無線設備

(3) 基準送信装置

多重双曲線監視装置のうち、送受信装置又は受信装置のために、送信周波数1090MHzの電波を発射して、時刻同期、トランスポンダ同期、GNSS同期等を利用して幾何学的位置の把握を行う無線設備

2 変調方式

ア 送受信装置

パルス振幅変調又はパルス振幅変調と差動位相変調の併用

イ 基準送信装置

パルス振幅変調及び二値パルス位置変調

3 スプリアスの発射の強度

情報通信審議会答申「諮問第2007号 無線設備のスプリアス発射の強度の許容値についての技術的条件について」において、地上航空用レーダーについては、一部の設備(SSR)についても新RRの規定によることが望ましいが、当該設備は国内外を問わず使用されるため、国際的に広く適合する必要があることから、諸外国の基準改定及び関連条約の改正等の動向を見ながら、新たな規定値等への適合について、今後、検討する必要があると答申されている。

当該無線設備は、従来規格を継承するものであり、電気通信技術審議会答申「諮問第10号 航空無線通信の技術的諸問題について」のうちSSRモードS等の無線設備に関する技術的条件のとおり、基本周波数の平均電力より40dB以下とする。

4 偏波

垂直偏波とすること。

5 質問頻度

アクティブ型MLATは、ATCトランスポンダの時間占有率が2%を超えるような質問信号の送信は行わないこと。

6 一括質問(オールコール)等の特定の質問信号の制限

アクティブ型MLATは、モードS一括の質問信号は送信しないこと。

2. 4. 6. 2 送受信装置

1 送信周波数の許容偏差

1030MHz±0.01MHz

2 空中線電力及びその許容偏差

空中線電力は、送信装置から給電線部に供給される電力を 500W (27 d B W) 以下とする。ただし、運用に必要な覆域を得るために必要な最小限の電力とすること。

また、定格電力に対する許容偏差は、上限を+50%とし、下限は-50%とする。

3 電波発射が不作動状態時における不要輻射の許容値

連続波の輻射は、-70dBW 以下であることが望ましい。

4 送信スペクトラム

送信波のスペクトラムは、図 2. 4-3 のとおりとする。

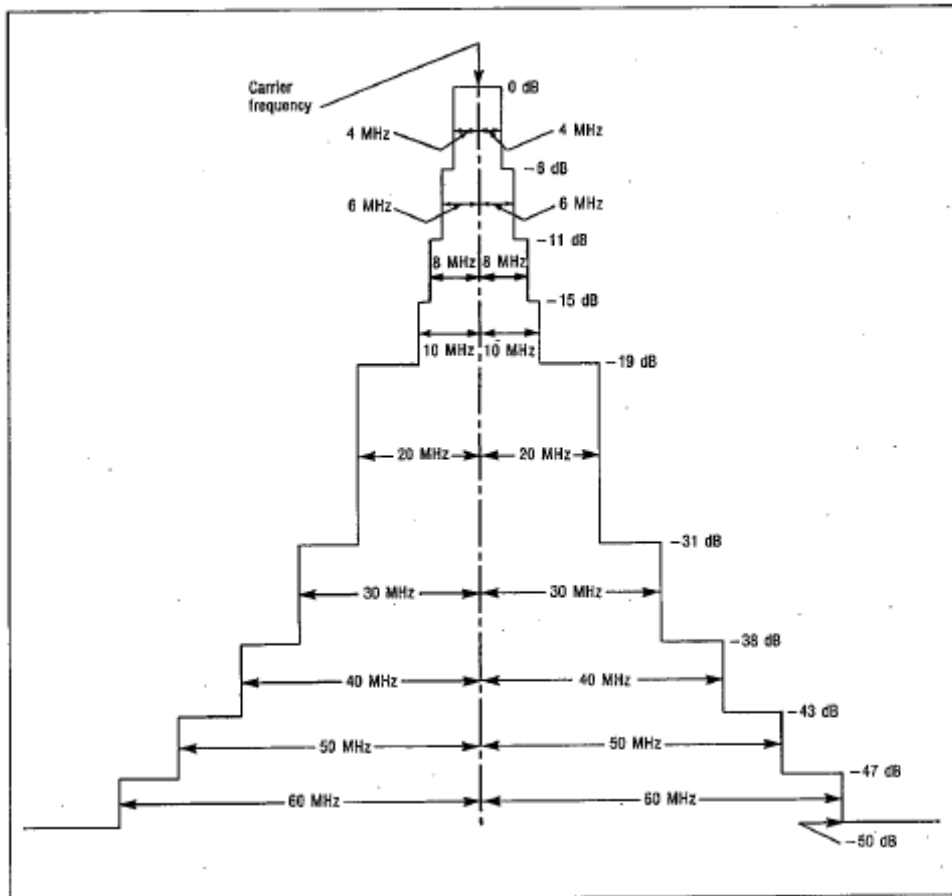


図 2. 4-3 送受信装置の送信波のスペクトラム

ア 発射電波の種類

発射電波の種類は、A T C トランスポンダに応答させるための信号とする。

イ 占有周波数帯幅の許容値

40MHz 以内とする。

ウ モード S 質問信号は次のとおりとする。

- (ア) モード S 一括質問信号は送信しないものであること。
- (イ) モード S 質問は、2つのパルスからなるプリアンプル及び差動位相変調を用いたデータブロックを含む1つのパルスからなること。
- (ウ) データブロックは56ビット又は112ビットであること、
- (エ) データブロックの先頭5ビット又は2ビットは、アップリンクフォーマットのタイプを示すものであり、また、データブロックの末尾24ビットはアドレスと ICAO ANNEX 10 の3.1.2.3.3項に示すパリティからなるものでこと。
- (オ) モード S 質問の信号形態は図2. 4-4のとおりとする。

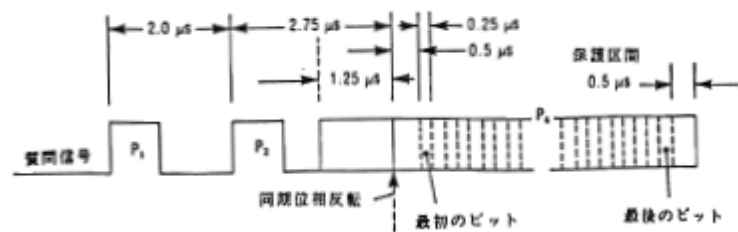


図2. 4-4 モード S 質問の信号形態

エ パルス特性

質問信号におけるパルス特性は、表2. 4-3のとおりであること。

表2. 4-4 質問信号のパルス特性

項目	パルス特性
P1, P2, のパルス幅	$0.8 \pm 0.1 \mu s$
P6 (短: 56 ビット) のパルス幅	$16.25 \pm 0.25 \mu s$
P6 (長: 112 ビット) のパルス幅	$30.25 \pm 0.25 \mu s$
P1-P2 の位置関係	$2.0 \pm 0.05 \mu s$
P2 立上がり-同期位相反転の位置関係	$2.75 \pm 0.05 \mu s$
P6 立上がり-同期位相反転の位置関係	$1.25 \pm 0.05 \mu s$
P2 と P6 の最初の $1 \mu s$ の振幅	P1 の振幅 -0.25dB 以上
P6 内の変動	位相反転を伴うものを除き 1dB 以下、連続するチップ間には 0.25dB 以下
立上がり時間	$0.05 \sim 0.1 \mu s$
立下がり時間	$0.05 \sim 0.2 \mu s$

(ア) コーディング

ビット相互間に位相反転があった場合を「1」とし、ビット相互間に位相反転がない場合を「0」とすること。

(イ) 同期位相反転とビット相互間の位相反転との位置関係

0.25×N(μs)であること。

ただし、データブロックが56ビットの場合は、N=2, 3, …, 57とし、データブロックが112ビットの場合は、N=2, 3, …, 113

また、許容偏差は±0.02μs以内とする。

(ウ) 位相切替え時間

0.08μs未満であること。

(エ) 位相変移

連続するチップ相互間の位相変移は、位相反転がある場合180度、位相反転がない場合0度とすること。ただし、これらの許容される偏差は±5度以内とすること。

(オ) スプリアス応答

受信通過帯域外の信号に対する受信感度は、受信中心周波数の信号に対する感度に比べて60dB低くすることが望ましい。

5 受信装置

受信装置がある場合で、副次的に発する電波が他の無線設備の機能に支障を与えないように、受信空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線を使用して測定した場合に、4ナノワット以下とする。

6 測定法

測定法については、一般的な測定法を適用することし、2.4.7.5で示すような方法で実施すること。

7 電波防護指針に対する適合性

電波防護指針に対する適合性を検討するに際し、一般環境(条件G)を基準とする。MLATについては空港内に設置されることが前提のため、管理環境(条件P)を基準とするのが妥当であるが、すべての空港でそのような配置が可能かは不明であるため、本検討では条件Gとする。

参考資料6の検討の結果、人が容易に近づくことができないような場所に設置するなどの運用形態をかんがみると、空中線に24cm以内に近づく恐れがないことから、適合性は満足するものとする。

2.4.6.3 基準送信装置

1 周波数の許容偏差

±1MHz 以内であること。

2 空中線電力

空中線電力は、送信装置から給電線部に供給される電力を 500W (27 d B W) 以下とする。ただし、運用に必要な覆域を得るために必要な最小限の電力とすること。

3 空中線電力の許容偏差

定格電力に対する許容偏差は、上限を+50%とし、下限は-50%とする。

4 電波発射が不作動状態時における不要輻射の許容値

ア 休止期間中における不要輻射

1030MHz ± 1 MHz における休止期間中の尖頭電力は、-50 d B m以下とすること。

イ スプリアス輻射

連続波の輻射は、なるべく-70dBW 以下であること。

5 送信スペクトラム

送信波のスペクトラムは図2. 4-5のとおりとする。

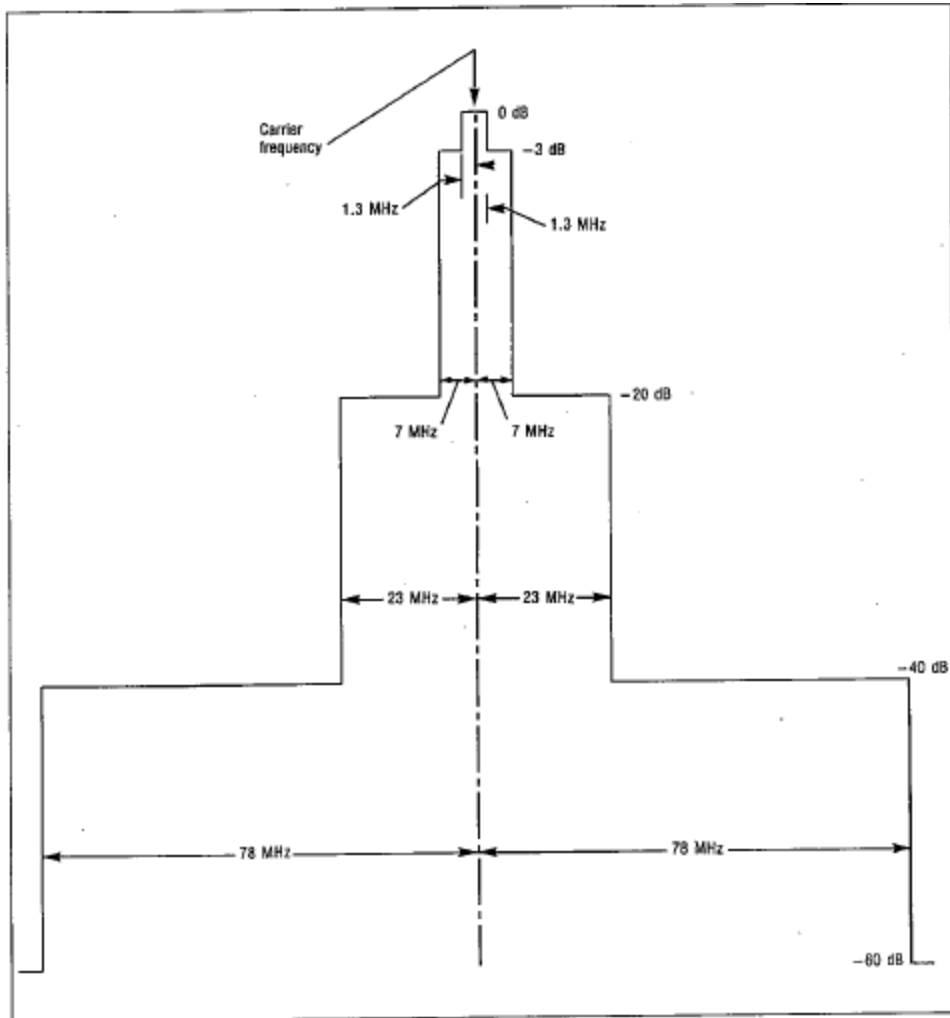


図2. 4-5 基準送信装置の送信波のスペクトラム

ア モードS 送信信号

表2. 4-5及び図2. 4-6によること。

表2. 4-5 パルス特性

項目	特性
<p>1. 信号形態</p> <p>2. プリアンブル</p> <p>(1) 構成</p> <p>(2) パルス幅</p> <p>(3) パルス位置</p> <p>3. データパルス</p> <p>(1) 開始位置</p> <p>(2) データブロック</p> <p>(3) データビット</p> <p>4. パルス波形</p> <p>(1) パルス幅</p> <p>(2) 立上がり時間</p> <p>(3) 立下がり時間</p> <p>5. パルス間振幅変動</p> <p>6. パルス間隔</p> <p>(1) 各パルスの位置</p> <p>(2) 同 許容偏差</p>	<p>図2. 4-6に示す</p> <p>4連パルス</p> <p>0.5 μs</p> <p>1.0, 3.5, 4.5 μs</p> <p>最初のパルスの前縁のうしろ8.0 μs</p> <p>56又は112の1 μsのデータビットから構成される。ブロックの頭5ビット又は2ビットはダウンリンクフォーマットであり、また、ダウンリンクフォーマットが「01011」の場合を除き、ブロックの末尾24ビットはアドレスとICAO ANNEX10の3.8.2.3.3項に示すパリティからなる。</p> <p>ダウンリンクフォーマットが「01011」の場合には、9番目から32番目までのビットをアドレスとする。</p> <p>データビットは、0.5 μsのパルスが1 μsの前半又は後半に送信されるかにより、「1」又は「0」を表す。1つのパルスが後半に、次のパルスが前半に送信される場合1 μsのパルスが送信される。</p> <p>0.5\pm0.05 μs 及び 1.0\pm0.05 μs</p> <p>0.05\sim0.1 μs</p> <p>0.05\sim0.2 μs</p> <p>2dB 以下</p> <p>0.5 μs の整数倍の位置から開始</p> <p>\pm0.05 μs 以内</p>

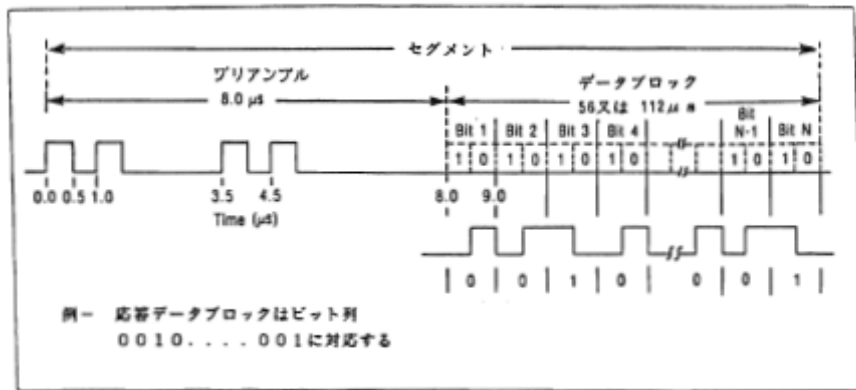


図2. 4-6 基準送信信号の信号形態

イ 占有周波数帯幅の許容値

14.5MHz 以内とする。

5 受信装置

受信装置がある場合であって、副次的に発する電波が他の無線設備の機能に支障を与えないように、受信空中線と電気的常数の等しい疑似空中線を使用して測定した場合に4ナノワット以下とする。

6 測定法

測定法については、一般的な測定法を適用することし、2. 4. 7. 5で示すような方法で実施すること。

7 電波防護指針に対する適合性

電波防護指針に対する適合性を検討するに際し、一般環境（条件G）を基準とする。マルチラレーション装置については空港内に設置されることが前提のため、管理環境（条件P）を基準とするのが妥当であるが、すべての空港でそのような配置が可能かは不明であるため、本検討では条件Gとする。

参考資料6の検討の結果、人が容易に近づくことができないような場所に設置するなどの運用形態をかんがみると、空中線に23cm以内に近づく恐れがないことから、適合性は満足するものと考えられる。

2. 4. 7 SSRモードSノントランスポンダの無線設備に関する技術的条件

航空機以外の空港面等の地表面を移動する車両（航空機を牽引するトーイングカー等）に搭載するATCRBSであって、拡張スキッタ信号のみの電波発射を自動的に任意の間隔で行う無線設備（車載型ノントランスポンダ）については、次のとおりとすること。

2. 4. 7. 1 一般的技術条件

1 送信周波数

1090MHz

2. 4. 7. 2 送信装置

1 周波数の許容偏差

±1MHz 以内とする。

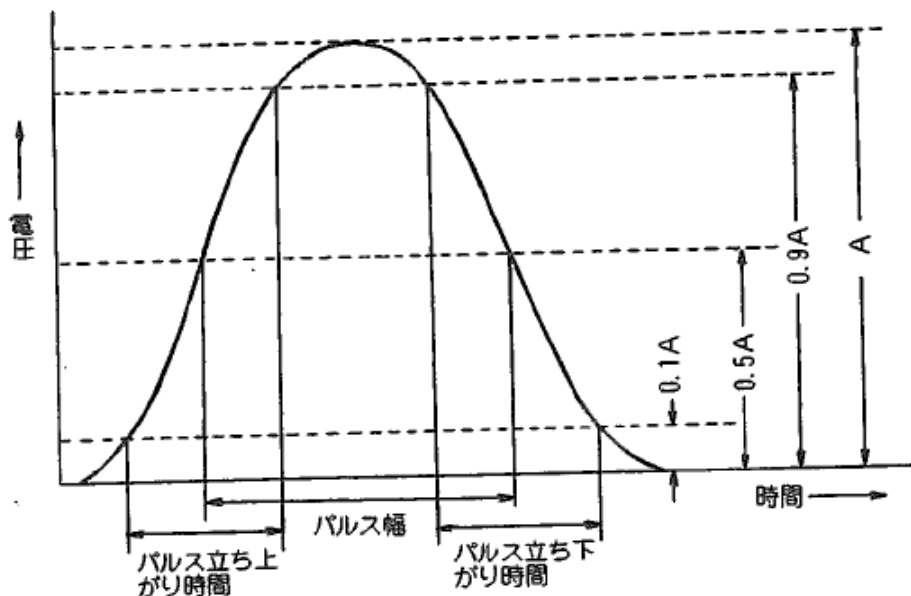
2 変調方式

パルス振幅変調及び二値パルス位置変調

3 送信パルス特性

送信パルス特性は、図2. 4-7のとおりとすること。

1 パルス波形



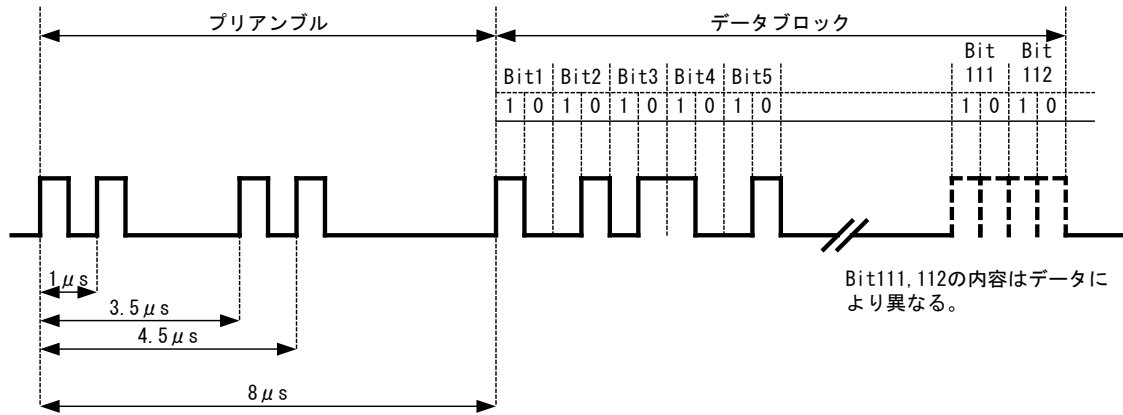
注 パルス幅、パルス立ち上がり時間及びパルス立ち下がり時間は、次のとおりであること。

項目	
パルス立ち上り時間	0.05 μ s 以上 0.1 μ s 以下
パルス立ち下り時間	0.05 μ s 以上 0.2 μ s 以下

図2. 4-7 送信パルス特性

4 送信パルス列

送信パルス列は、図2. 4-8に示すとおりプリアンブルとデータブロックから成る1フレームで構成されていること。



Data block の Bit1~bit5 は、Downlink Format 番号を示している。車載型ノントランスポンダが送信する拡張スキットのフォーマットは DF=18 であり、DF=18 の場合には Bit1 から Bit5 の値は、10010 となる。また、データブロックの長さは $112\mu s$ 固定である。

図2. 4-8 送信パルス列

5 パルス間隔の許容偏差

$\pm 0.05\mu s$ 以内であること。

6 プリアンブルパルス

プリアンブルパルスのパルス間隔は、図2. 4-8によること。

パルス幅は、 $0.5\pm 0.05\mu s$ であること。

7 データブロック

データブロックのパルス位置は、図2. 4-8によること。

パルス幅はデータ内容によって、 $0.5\pm 0.05\mu s$ 又は $1.0\pm 0.05\mu s$ であること。また、データブロック様式を図2. 4-9に示す。

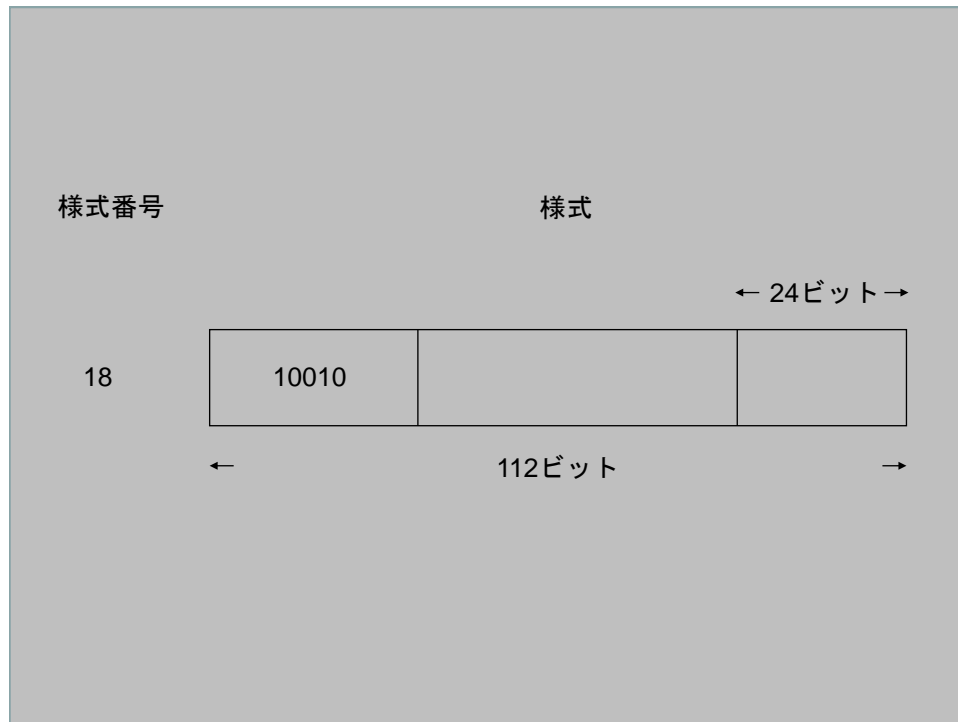


図 2. 4 - 9 データブロックの様式

8 データ振幅偏差

1 フレーム内の任意の 2 パルスの空中線電力差は 2 d B 以内であること。

9 送信スペクトラム及びスプリアス発射の強度

図 2. 4 - 10 の送信スペクトラム図の限度値とする。

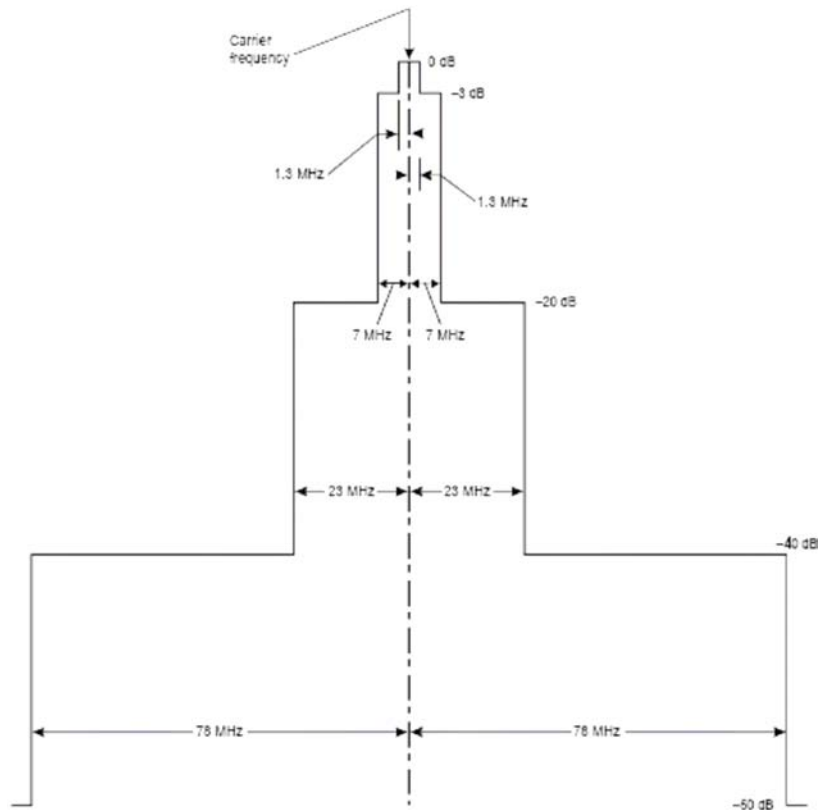


図2. 4-10 スプリアス発射の限度値

10 偏波

垂直偏波とすること。

11 占有周波数帯幅の許容値

14.5MHz 以内とする。

12 空中線電力及びその許容偏差

空中線電力は、送信装置から給電線部に供給される電力を 70W (18.5 d BW) 以下とする。ただし、運用に必要な覆域を得るために必要な最小限の電力とすること。

また、定格電力に対する許容偏差は、上限を+50%とし、下限は-50%とする。

13 送信メッセージ

少なくとも以下のメッセージの送信が出来ること。

- (a) Surface position
- (b) Aircraft identification and type
- (c) Aircraft Operational Status

14 送信周期

拡張スキッタ信号は、1秒あたり6.2回以下とすること。

2. 4. 7. 4 防護指針

車載型ノントランスポンダに関する防護指針については、電気通信技術審議会（現、総務省情報通信審議会）諮問第89号「電波利用における人体保護の在り方」及び総務省「電波防護のための基準への適合確認の手引き」を基準に検討を行った結果、参考資料5の考察のように、例示した事例においては電磁波源の最大放射方向に1.6cmまで接近しても安全性が確保できるが、通常、送信アンテナは、車両の中央に配置されるよう、マニュアルにも規定されており、車外における人体との距離は1.6cmより近づくことはない。さらに、車内の人員に関しては、必ず車のボディが間に入るため、問題はないと考えられる。

したがって、MLATシステム全体として管理環境となることをかんがみれば、実運用上、特段問題ない。

2. 4. 7. 5 車載用ノントランスポンダ測定方法

車載用ノントランスポンダの測定方法については、項目ごとに次のとおりとする。

1 送信周波数

- (1) 図 2. 4-11 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) オシロスコープにて検波器出力波形をモニタし、検波波形からパルスジェネレータにてパルス幅が約 250ns の信号を生成する。
- (4) (3)の信号を周波数カウンタの外部ゲートに入力し、外部ゲートモードにより送信周波数を測定し、規格値内であることを確認する。

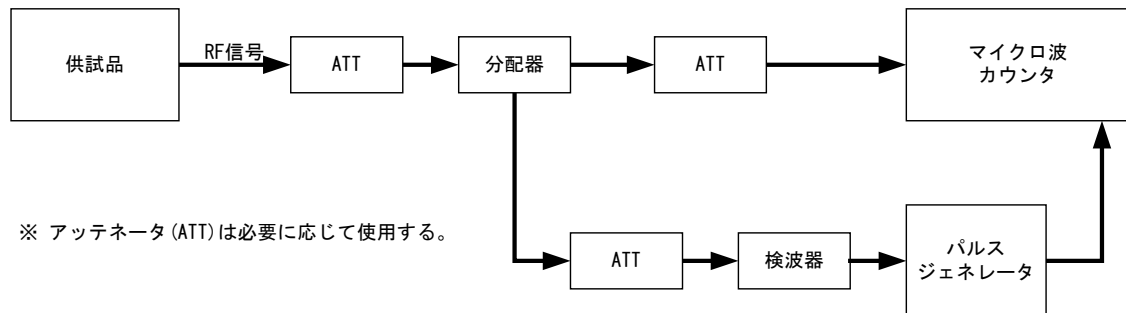


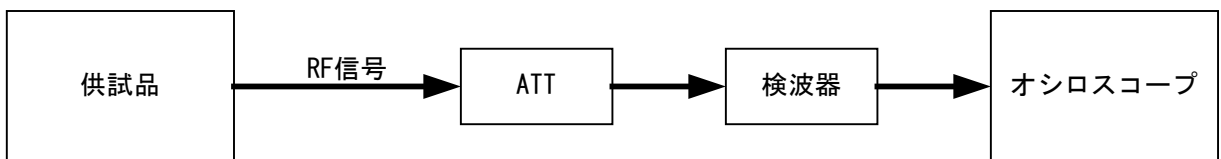
図 2. 4-11 周波数測定のための接続図

2 変調方式

プリアンブルパルスとデータブロックの検査により確認する。

3 送信パルス特性

- (1) 図 2. 4-12 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) オシロスコープにて検波器出力波形をモニタし、パルス幅、パルス立ち上り時間及びパルス立下り時間が規格内であることを確認する。



※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-12 送信パルス特性測定のための接続図

4 送信パルス

図 2. 4-13 により、プリアンブルパルスとデータブロックの検査により確認する。

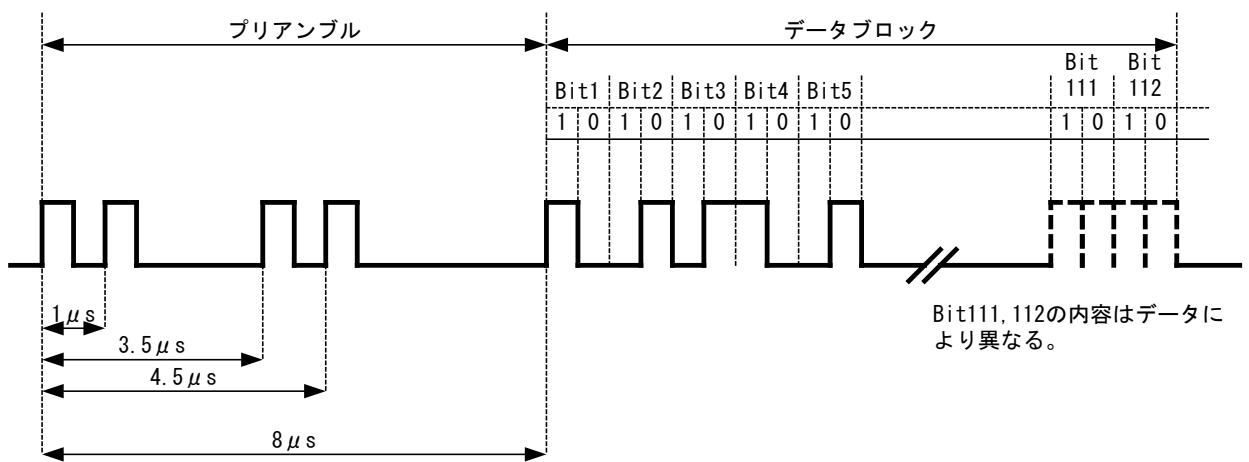


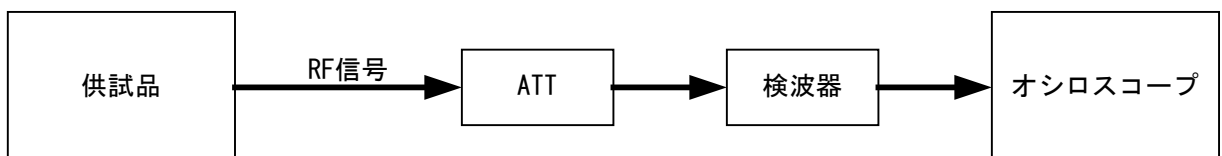
図 2. 4-13 送信パルス測定のための接続図

5 パルス間隔の許容差

プリアンブルパルスとデータブロックの検査により確認する。

6 プリアンブルパルス

- (1) 図 2. 4-14 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) 第一プリアンブルパルスから 2 番目、3 番目及び 4 番目のパルス間隔とパルス幅を測定し規格値内であることを確認する。
- (4) プリアンブルを構成している 4 つのパルス幅を測定し規格値内であることを確認する。



※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-14 プリアンブルパルス測定のための接続図

7 パルス間隔

パルス間隔は図 2. 4-15 のとおり測定する。

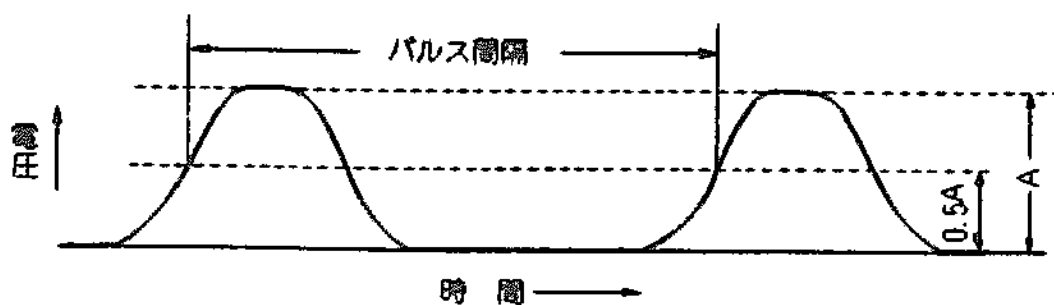
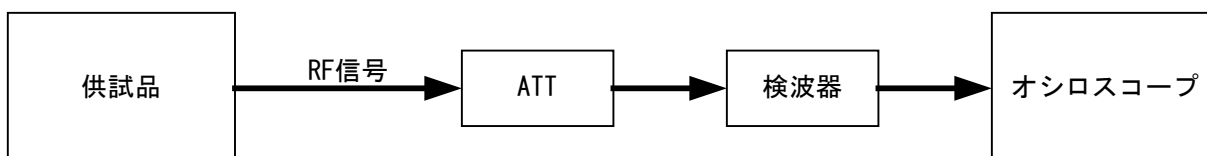


図 2. 4-15 パルス間隔

8 データブロック

- (1) 図 2. 4-16 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) オシロスコープで第一プリアンプルパルスからデータパルス Bit1 の間隔を測定し、規格値内であることを確認する。
- (4) オシロスコープでデータパルス Bit1 と Bit5 の間隔を測定し、規格値内であることを確認する。



※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-16 データブロック測定のための接続図

9 振幅偏差

- (1) 図 2. 4-17 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) 1 フレーム内における電力差の最大値を測定し、規格値内であることを確認する。

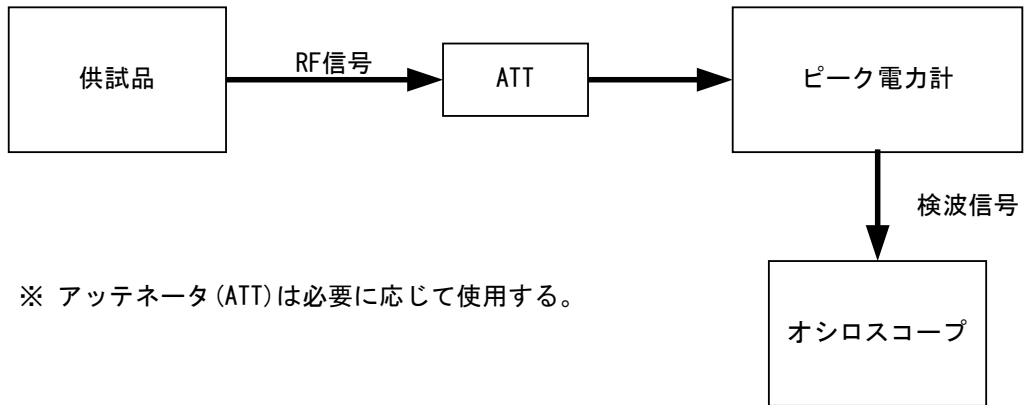
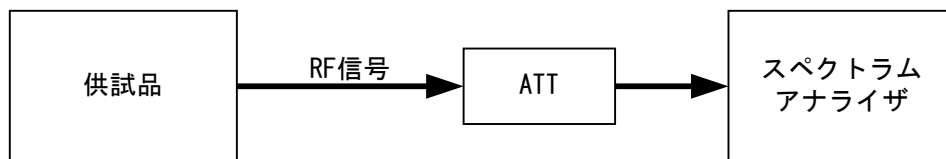


図 2. 4-17 振幅偏差測定のための接続図

10 スプリアス発射の強度

- (1) 図 2. 4-18 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) スペクトラムアナライザによりスプリアス発射強度を測定し、規格値内であることを確認する。

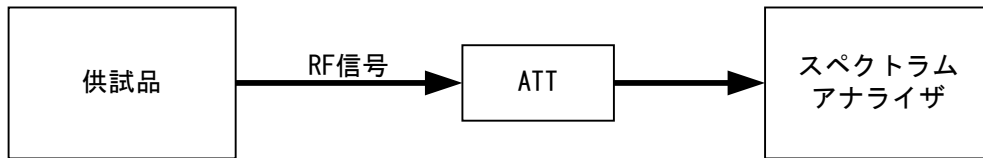


※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-18 振幅偏差測定のための接続図

11 占有周波数帯幅の許容値

- (1) 図 2. 4-19 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) スペクトラムアナライザにより全電力の 99%帯域幅を測定し、規格値内であることを確認し記録する。

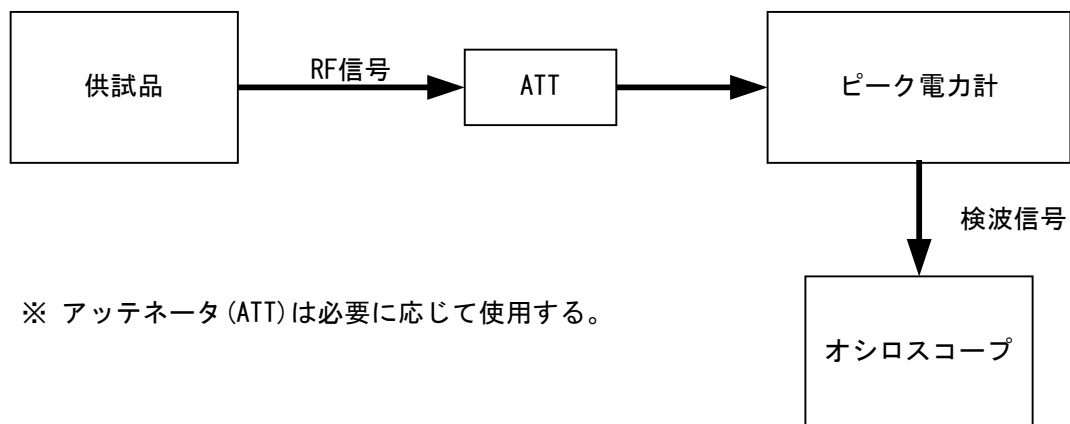


※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-19 占有周波数帯幅測定のための接続図

12 空中線電力

- (1) 図 2. 4-20 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) ピーク電力計により送信電力を測定する。

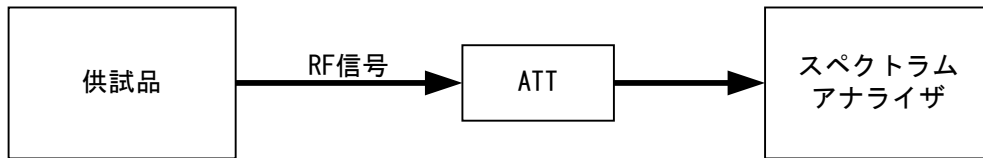


※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-20 空中線電力測定のための接続図

13 不要輻射

- (1) 図 2. 4-21 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品の電源を入れ送信しない状態にする。
- (3) スペクトラムアナライザにより $1090\text{MHz} \pm 3\text{MHz}$ における最大電力を測定し、規格値以内であることを確認する。

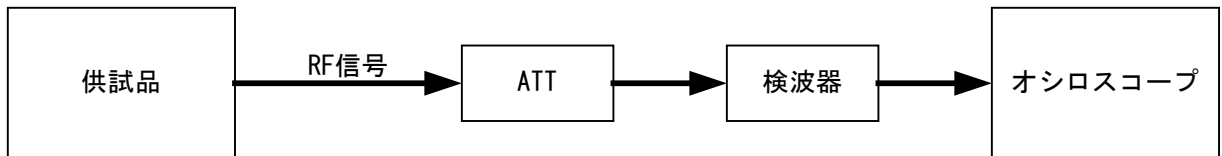


※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-21 不要輻射測定のための接続図

14 送信メッセージ

- (1) 図 2. 4-22 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を送信できる状態にする。
- (3) オシロスコープで送信信号の検波信号をモニタし、規格値に記載されているメッセージを送信していることを確認する。



※ アッテネータ (ATT) は必要に応じて使用する。

図 2. 4-22 送信メッセージ確認のための接続図

15 送信周期

- (1) 図 2. 4-23 に示すとおり接続する。
- (2) 供試品を Hi Rate で送信できる状態にする。
- (3) オシロスコープにて検波器出力波形をモニタし、検波波形からパルスジェネレータにてパルス幅が約 $150 \mu s$ の信号を生成する。
- (4) ユニバーサルカウンタで繰返し周波数を測定する。

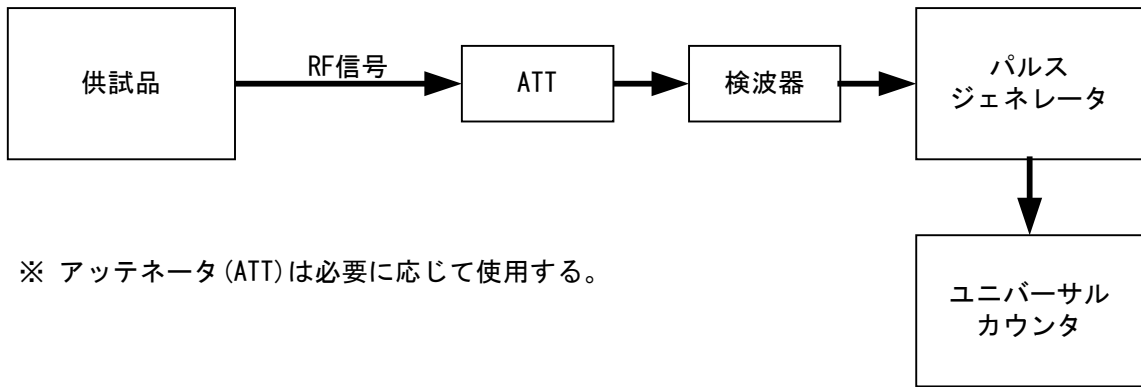


図 2. 4 - 23 送信周期測定のための接続図

V 審議結果

電気通信技術審議会諮問第1010号「航空無線通信の技術的諸問題」（昭和60年4月23日諮問）のうち「航空監視システム及び航空無線電話システム等の高度化に係る無線設備の技術的条件」のうち「航空監視システムに係る無線設備（ADS-Bを除く。）の技術的条件」について、別添のとおり一部答申（案）をとりまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会

航空無線通信委員会報告(案)

～航空監視システムの高度化に係る技術的条件～

参考資料

参考資料1 SSRモードS概要及び運用状況

参考資料2 ANNEX 10の改正履歴による改定比較調査結果

参考資料3 MLATが必要とする覆域の空中線電力の考察

参考資料4 空港面のモードS拡張スキッタ信号環境

参考資料5 MLATの防護指針の考え方について

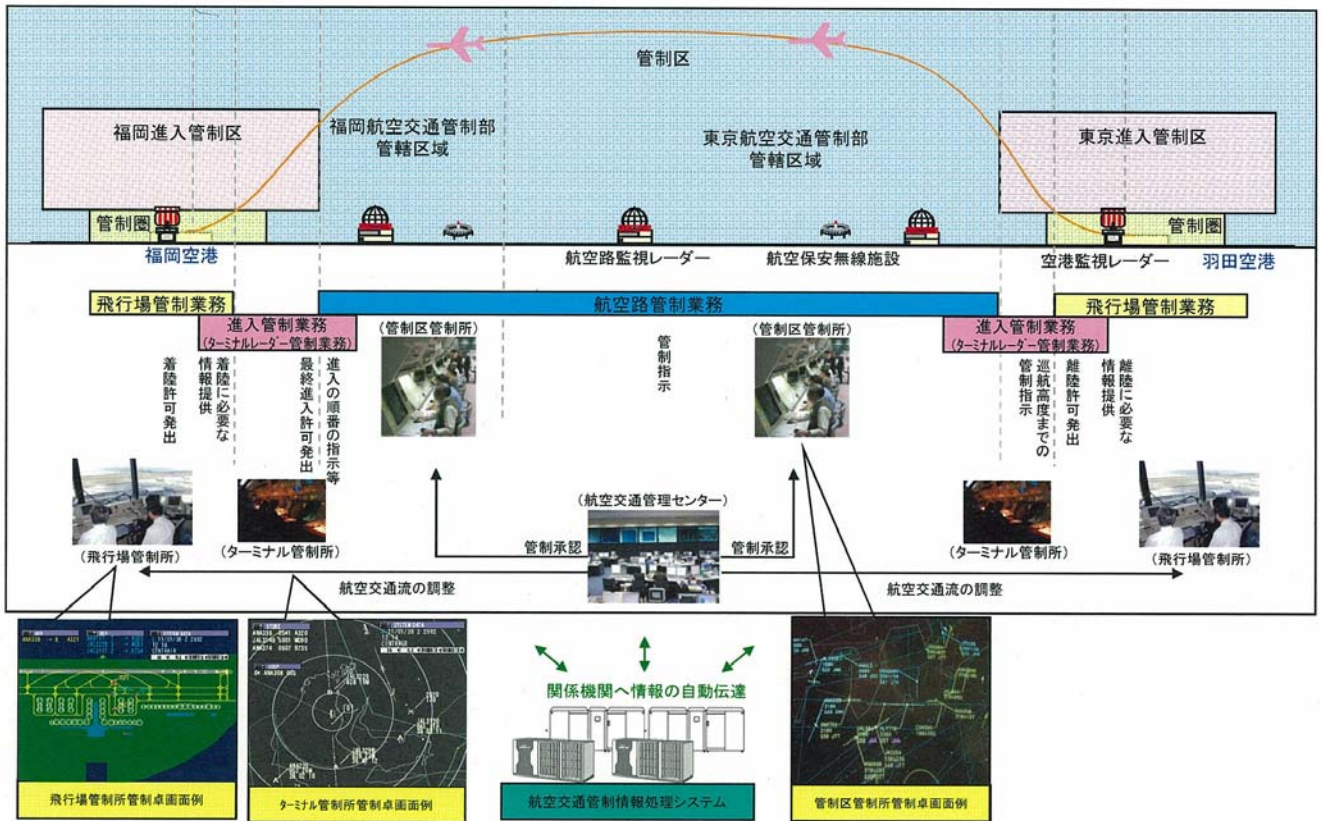
参考資料6 SSRモードS信号のスキッタの概要

参考資料7 ANENEX 10 Volume IV CHAPTER 3.
SURVEILLANCE SYSTEMS

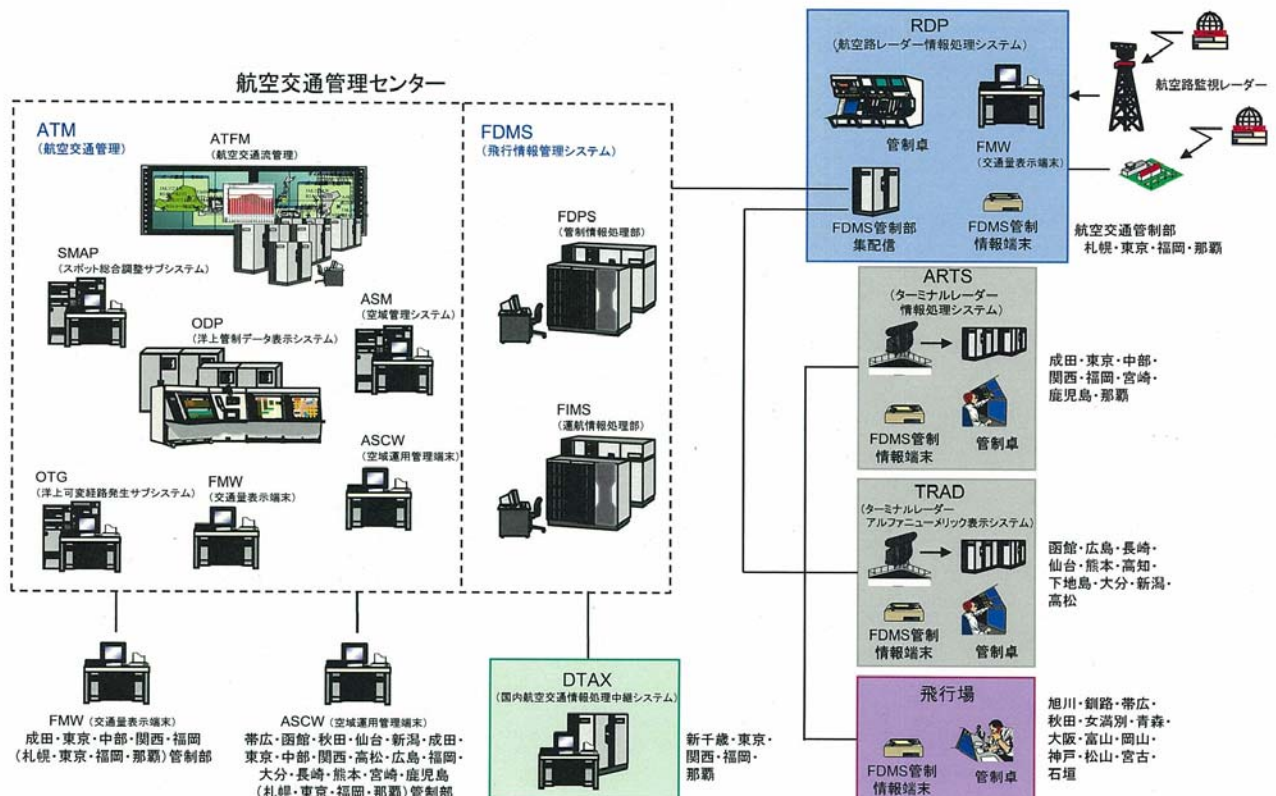
参考資料8 昭和63年度電気通信技術審議会答申(抜粋)

「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」参考資料3

出発から着陸までのイメージ



航空交通管制情報処理システム概念図

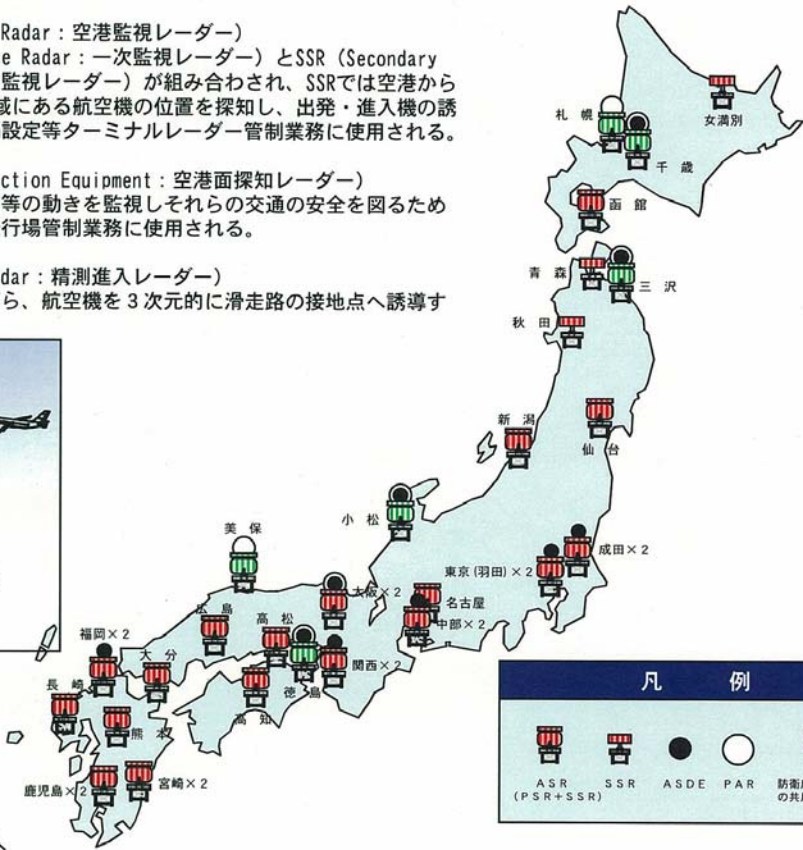
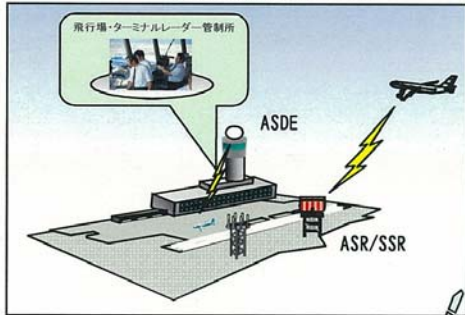


空港監視レーダー等の概要及び配置

ASR (Airport Surveillance Radar : 空港監視レーダー)
 PSR (Primary Surveillance Radar : 一次監視レーダー) と SSR (Secondary Surveillance Radar : 二次監視レーダー) が組み合わされ、SSRでは空港から60NMまたは100NM以内の空域にある航空機の位置を探知し、出発・進入機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等ターミナルレーダー管制業務に使用される。

ASDE (Airport Surface Detection Equipment : 空港面探知レーダー)
 空港地表面の航空機や車両等の動きを監視しそれらの交通の安全を図るための高分解能レーダーで、飛行場管制業務に使用される。

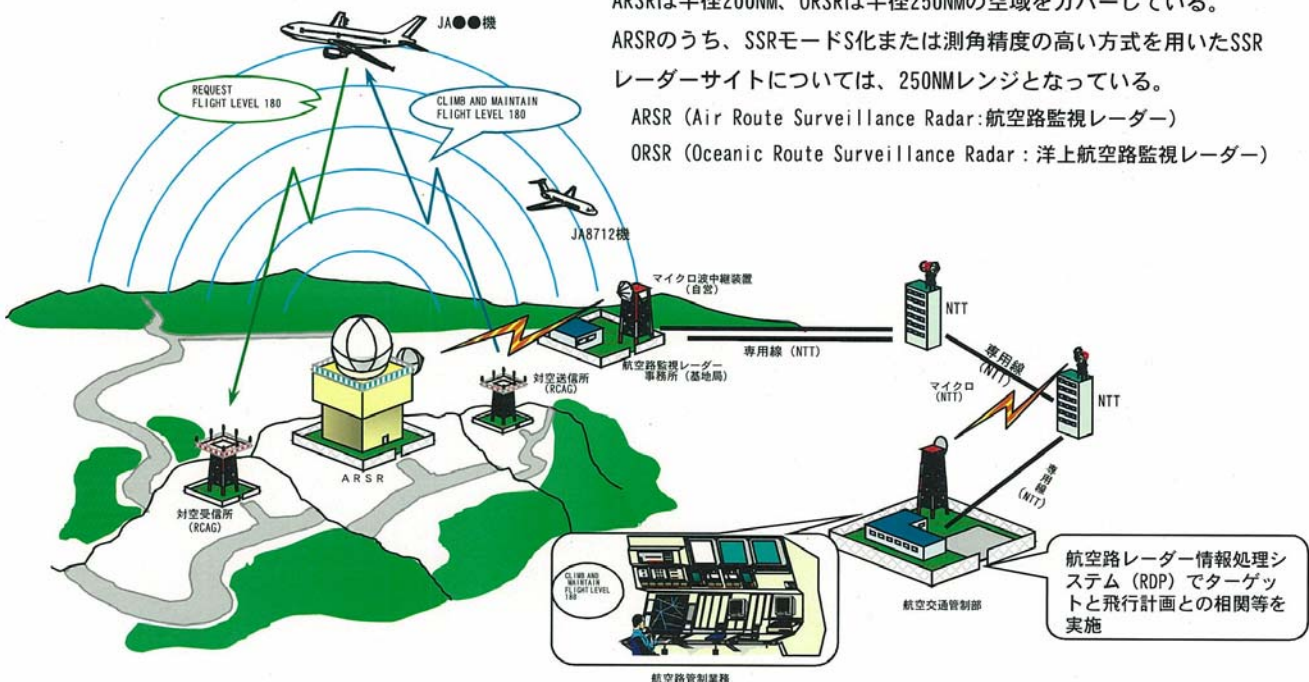
PAR (Precision Approach Radar : 精測進入レーダー)
 管制官がレーダーを見ながら、航空機を3次元的に滑走路の接地点へ誘導する着陸援助施設である。



航空路監視レーダーの概要

エンルート上の航空機の位置を探知し、航空機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等、レーダーを使用した航空路管制業務に使用される。ARSRは半径200NM、ORSRは半径250NMの空域をカバーしている。ARSRのうち、SSRモードS化または測角精度の高い方式を用いたSSRレーダーサイトについては、250NMレンジとなっている。

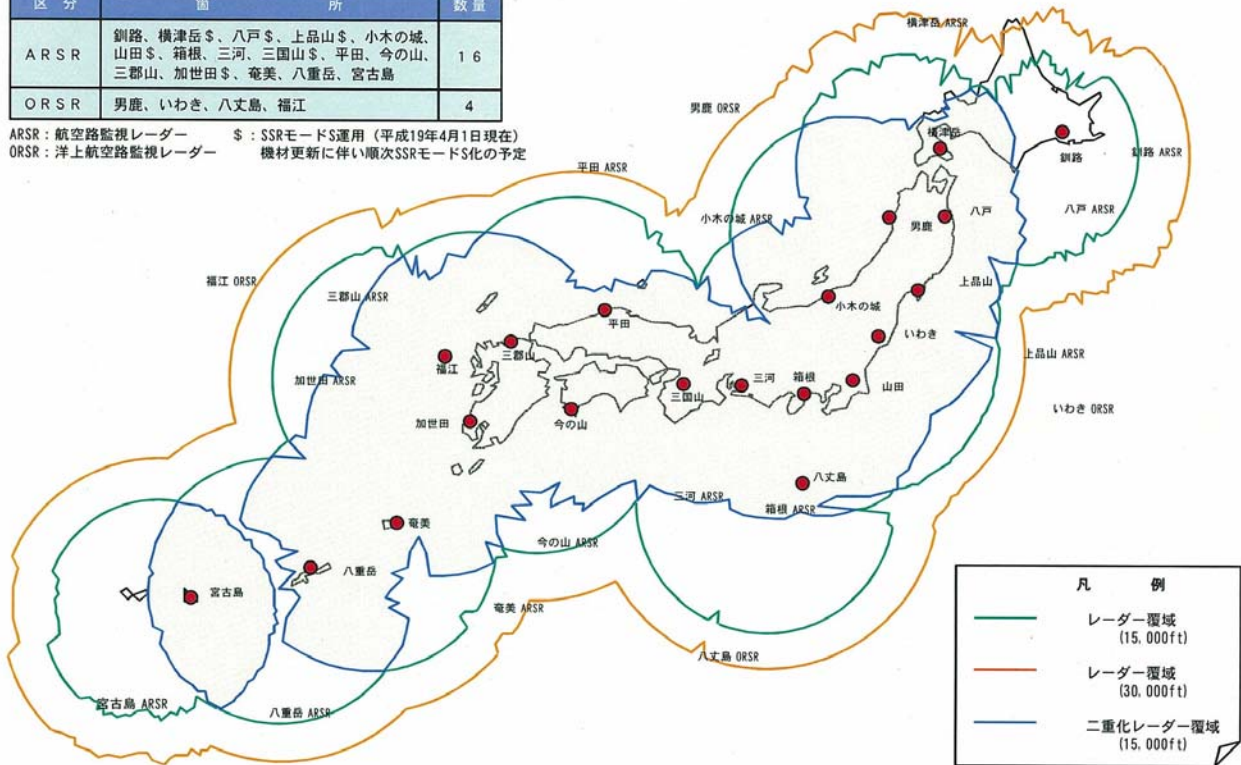
ARSR (Air Route Surveillance Radar : 航空路監視レーダー)
 ORSR (Oceanic Route Surveillance Radar : 洋上航空路監視レーダー)



航空路監視レーダー等の配置及び覆域

区分	箇所	数量
ARSR	釧路、横津岳、八戸、上品山、小木の城、山田、箱根、三河、三国山、平田、今の山、三郡山、加世田、奄美、八重岳、宮古島	16
ORSR	男鹿、いわき、八丈島、福江	4

ARSR：航空路監視レーダー \$：SSRモードS運用（平成19年4月1日現在）
 ORSR：洋上航空路監視レーダー 機材更新に伴い順次SSRモードS化の予定



SSRモードA/Cの概要

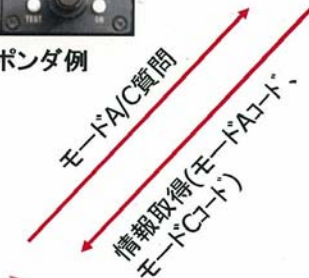
SSRモードA/C装置は、地上からの質問に対応して航空機のトランスポンダ（航空交通管制用自動応答装置）から応答される航空機のモードAコード（識別コード）、モードCコード（気圧高度情報）を得るものである。



トランスポンダ例



- ・モードA質問により航空機のモードAコード（12bitの識別コード）を取得
- ・モードC質問によりモードCコード（100フィート単位の気圧高度情報）を取得
- ・360° 全方位にわたり、全ての航空機に対して一括質問（個別質問機能無し）
- ・データリンク機能無し



SSRモードA/C

通信回線

航空交通管制
情報処理
システム

地上側では、フライトプラン情報、レーダー情報、気象情報等を組み合わせて使用

SSRモードSの概要

SSRモードS装置は、地上からの質問に対応して航空機のモードSトランスポンダから応答される情報をもとに航空機のモードSアドレス（航空機固有に割り振られている24bitアドレス）、モードAコード、モードCコードを得るものである。また、データリンク機能も有する。



トランスポンダ例



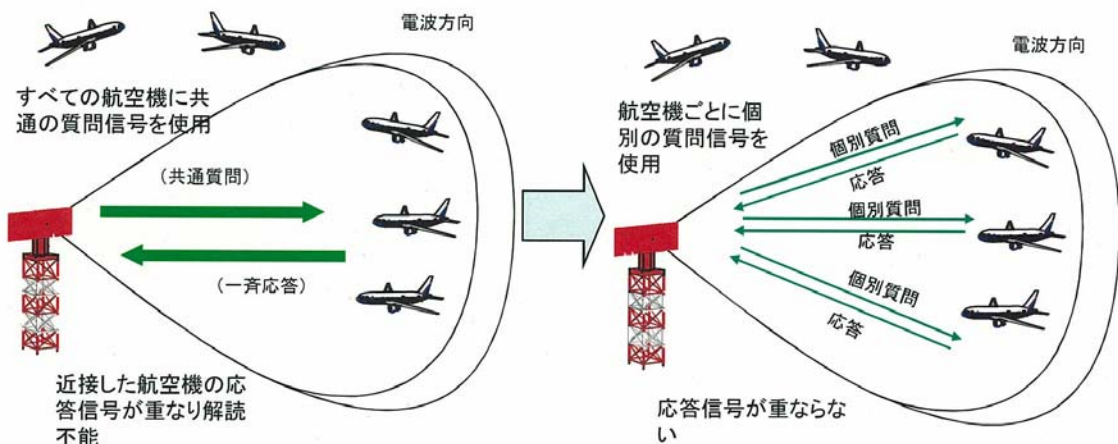
- モードS一括質問によりモードSアドレスを取得
- モードS個別質問によりモードAコード及びモードCコード(25フィート単位の気圧高度情報)を取得
- モードS個別質問では、航空機からの応答が重ならないように質問の順番を決めて(チャンネル管理)質問するため、電波干渉が改善
- データリンク機能有り

SSRモードS

航空交通管制
情報処理
システム

地上側では、フライトプラン
情報、レーダー情報、気象
情報等を組み合わせて使用

SSRモードSの利点



SSRモードA/C

- 電波干渉(ガール、ゴースト、フルーツ等)の発生
- 共通質問によるトランスポンダの応答飽和
- 監視精度(方位、距離及び高度)の不足
- モードAコード(識別コード)の不足
(参考: 国際線用約550、国内線用約1150割り当て)
- 取得出来るデータの限界

改善

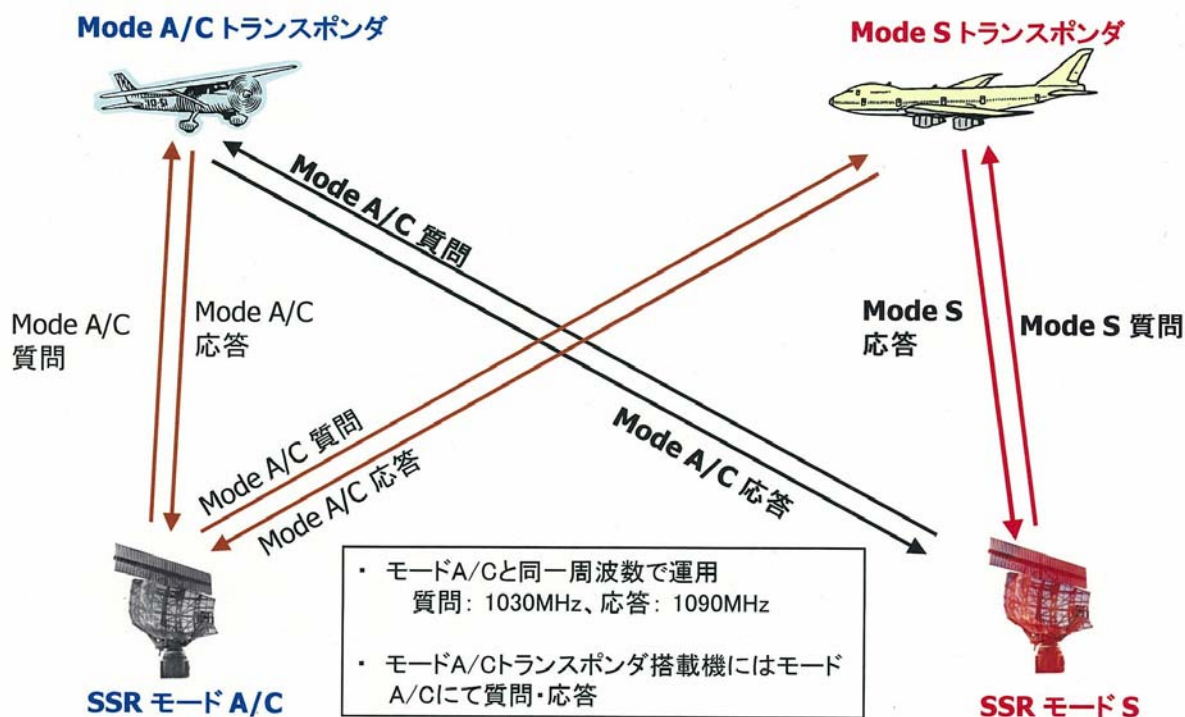
SSRモードS

- 個別質問・応答による電波干渉の軽減
- 個別質問による飽和の防止
- 監視精度の向上
- モードSアドレスにより識別可能機数が増加
- データリンク機能を保有

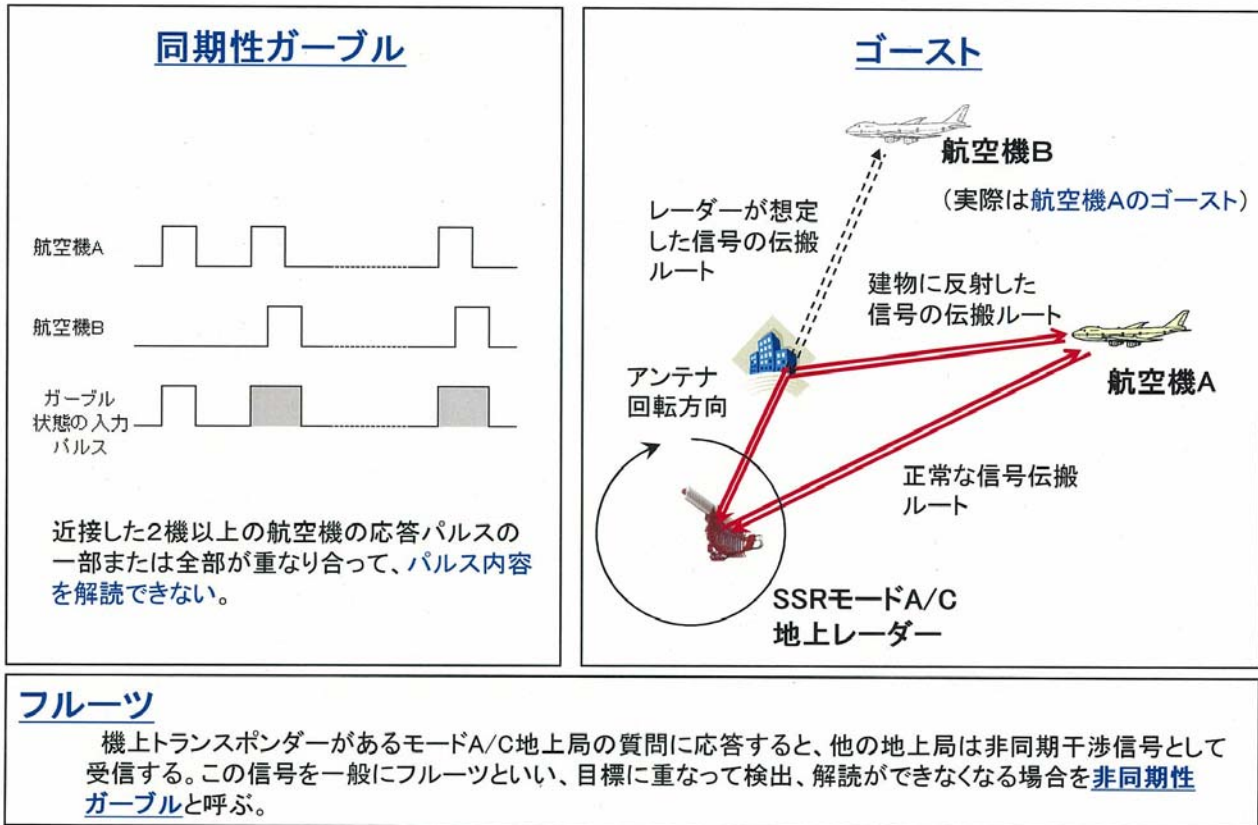
従来型SSRモードA/CとSSRモードSの比較

項目	SSRモードA/C	SSRモードS
識別コード数	モードAコード: 12bit 4,096コード	モードSアドレス: 24bit 16,777,216コード
監視精度	方位精度: 0.15度 距離精度: 250m 気圧高度: 100ft単位	方位精度: 0.06度 距離精度: 100m 気圧高度: 25ft単位
電波干渉	①一斉応答による相互干渉(ガブルの発生) ②建物反射等によるゴーストの発生 ③一斉応答によるフルツ干渉(自局の質問と同期しない応答による干渉)の発生	①個別質問/応答による相互干渉の解消 ②個別質問/応答によるゴーストの軽減 ③個別応答によるフルツ干渉の軽減
データリンク機能	無	空地データリンク可能

モードA/Cとの両立及び完全互換



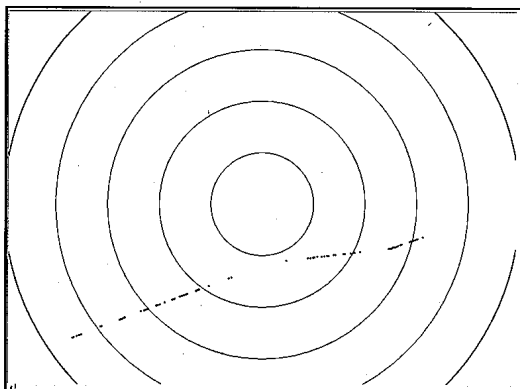
(参考)SSRモードA/Cの電波干渉例



(参考)SSRモードSトランスポンダの問題

モードS質問に対する応答が不安定で応答を中断するなど、正常に応答しないモードSトランスポンダを搭載した航空機が度々観測されている。

【正常に応答しない場合の航跡例】



総務省は、平成18年1月31日付けで、内外の航空事業者に対して改善措置をとるよう指導・要請し、外国の電気通信主管庁に対して必要な措置をとるよう要請した。

国土交通省航空局は、平成18年2月16日及び平成19年1月18日付けで航空情報サーキュラ(AIC)を発行し、内外の航空事業者に対して改善措置をとるよう要請した。

国際民間航空機関(ICAO)アジア太平洋事務所は、平成19年3月29日付けで締約国に対し、登録されている航空機のトランスポンダを国際標準の規定(Annex 10)に適合させるとともに、モードS質問に正しく応答させるよう要請した。

国際民間航空機関(ICAO)では、改善のためのSARPsの改定を検討中

ANNEX 10の改正履歴による改定比較調査結果

(凡例) ●：物理層、▼：データリンク層、□：ネットワーク層以上

1 ICAO SARPs Annex10 Vol. IV Amendment73 に関する改定内容 (ICAO SICASP/6 1997年)

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	2.1.2.1.3	「重複カバレッジにて必要な場合、監視識別(SI)コードの割り当ては、地域の航空関係者の合意を得ること。」の趣旨の項目追加
▼	2.1.2.1.3 note	「SIによるロックアウトは カバレッジ内の全モードSトランスポンダが本目的のために (SI) を実装するまで使用できない。」の趣旨の note 追加
□	2.1.5.1.6	「拡張スキッタ：拡張スキッタのトランスポンダは、パラグラフ 2.1.5.1.2、2.1.5.1.3 および 2.1.5.1.5 に示す能力、また拡張スキッタ運用 (3.1.2.8.6) の能力を持つこと。本能力を備えるトランスポンダはサフィックス e を表示すること。」の趣旨の項目追加
□	2.1.5.1.6 note	「例えば、拡張スキッタ能力を持つレベル 4 トランスポンダは、「level 4e」と表す。」趣旨の note 追加
▼	2.1.5.1.7	「SI 能力：SI コードを処理できる能力を持つトランスポンダは、パラグラフ 2.1.5.1.2、2.1.5.1.3、2.1.5.1.4 および 2.1.5.1.5 に示す能力また、SI コード運用 (3.1.2.3.2.1.4、3.1.2.5.2.1、3.1.2.6.1.3、3.1.2.6.1.4.1、3.1.2.6.9.1.1、3.1.2.6.9.2) 能力を持つこと。」の趣旨の項目追加
▼	2.1.5.1.6 note	「例えば、拡張スキッタ能力および SI 能力を持つレベル 4 トランスポンダは、「level 4es」と表す。
▼	2.1.5.4.2	「警告：拡張スキッタ運用のために装備されたトランスポンダは、拡張スキッタが送信されるとき、アクイジションスキッタを禁止する手段を持つこと。」の趣旨の文章追加
▼	2.1.5.4.2 note	全 ACAS ユニットが拡張スキッタを受信できるように変更されれば、これはアクイジションスキッタの抑圧が容易になる。」の趣旨の note 追加
●	2.1.5.5	「ELM 送信電力」の項の追加
●	2.1.5.5.1	「既存のモード S トランスポンダがフルのモード S 能力のものを促進するために、1999 年 1 月前にオリジナルに製造されるトランスポンダは、最低の電力レベルが 20dBW の 16 セグメント ELM の送信を許容されること。」の趣旨の項目と文章追加

Annex10 該当部分		改定内容
●	2.1.5.5.1 note	「これは、3.1.2.10.2に規定する電力要求から1dBの軽減を示す。」趣旨の note を追加
●	3.1.2.1.5.1.1 note	「モードA/C/S 質問はモードA/C機の捕捉だけでなくモードS機の捕捉にも使用される」部分の文章削除
●	同上	「モードA/C/S 質問は、最初は、孤立したまたはクラスタ化されたインタロゲータが使用するように計画された。この質問におけるロックアウトは、II=0を用いることが基本である。 現在開発されているモードSサブネットワークは、0でないIIコードを通信目的に使用することが指示されている。このため、II=0は、確率的ロックアウトオーバーライド(3.1.2.5.2.1.4および3.1.2.5.2.1.5)を用いるモードS捕捉様式の一つをサポートするために予約されている。II=0は短時間のロックアウト(3.1.2.5.2.1.4.2.1)しか出来ないため、モードA/C/S オーバーライドは、完全なモードS運用では使用できない。この質問は、応答確率が規定できないのでロックアウトオーバーライドには使用できない。」の趣旨の note を追加
●	3.1.2.2.1	「モードS能力のあるトランスポンダからの全応答の搬送波周波数は、1090±1MHzであること。」の趣旨に変更
●	3.1.2.3.2	<ul style="list-style-type: none"> UF=11のフォーマット図中の「II」を「IC」に変更 DF=17のフォーマット図中の「27 or 83」を「AA:24」に変更
▼	Table 3-3	<p>次の文言等を追加</p> <ul style="list-style-type: none"> 「AP」のDFに「16」を追加 「CC Grosslink capability」をDF=0として追加し、「3.1.2.8.2.3」を参照項に追加 「CL: Code Label」をUF=11に追加し、参照項として「3.1.2.5.2.1.3」を追加 「DS: Data selector」をUF=0に追加し、参照項として「3.1.2.8.1.3」と「3.1.2.8.2.4」を追加 「IC: Interrogator Code」をUF=11に追加し、参照項として「3.1.2.5.2.1.2」を追加 「II」およびIIに関連する記述を一行削除 「ME: Message, extended squitter」をDF=17に追加し、参照項として「3.1.2.8.6.2」を追加 「MV」の参照項から「3.1.2.8.3.1」を削除 <p>表3-4「サブフィールドの定義」に次の追加修正</p> <ul style="list-style-type: none"> 「ACS: Altitude code subfield」をMEフィールドに追加し、参照項として「3.1.2.8.6.3.1.2」を追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.3.2.1.4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「ATS: Altitude type subfield」を MB フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.8.6.8.2」を追加 ・ 「BS1: Comm-B data selector subfield 1」を MB フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.11.2.1」を追加 ・ 「BS2: Comm-B data selector subfield 2」を MB フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.11.2.1」を追加 ・ 「LSS: Lockout, surveillance subfield」を SD フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.1.4.1 g」を追加 ・ 「RCS: Rate control subfield」を SD フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.1.4.1 f」を追加 ・ 「SAS: Surface antenna subfield」を SD フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.10.2.2.1」を追加 ・ 「SCS: Squitter capability subfield」を MB フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.1.4.1 g」を追加 ・ 「SIS: Surveillance identifier subfield」を SD フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.8.6.3.1.1」を追加 ・ 「SSS: Surveillance status subfield」を ME フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.8.6.3.1.1」を追加 ・ 「TCS: Type control subfield」を SD フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.6.1.4.1 f」を追加 ・ 「RTS: Transmission rate subfield」を MB フィールドに追加し、参照項として「3.1.2.8.6.8.1」を追加 <p>PI の定義文に下記を追記し不要語を削除</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「This 24 bit (35-56) or (89-112)」 ・ 「DF=11 and in the extended squitter, DF=17」 ・ 「If the reply is made in response to a Mode A/C/S all-call, a Mode S-only all-call with CL field (3.1.2.5.2.1.3) and IC field (3.1.2.5.2.1.2) equal to 0, or is an acquisition or extended squitter (3.1.2.8.5.3.1.2.8.6), the <u>II</u> and <u>SI</u> code shall be 0.」
▼	3.1.2.3.3.2	<p>「AP and IP field generation」の修正と追記</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「first 20-17 bits are ZEROs, the next three bits are a replica of the code label (CL) field (3.1.2.5.2.1.3) and the last four bits are a replica of the interrogator identifier (II) code (IC) field (3.1.2.5.2.1.2).」
▼	Table 3-5	<p>質問/応答プロトコル一覧の修正</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ UF=0 で RL=1 の場合「No reply」⇒「DF=16」に修正 ・ UF=11 のところの「interrogator identifier, II」⇒「interrogator code IC」 ・ 「* A transponder associated with an ACAS would reply with DF=16」の文章を削除

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.5.2.1	<p>UF=11 のフォーマットの小有更</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「II」 ⇒ 「IC」 ・ ビット14-16の「CL」を新設 ・ 「II interrogator identifier spare 19 bits 3.1.2.5.2.1.2」を削除 ・ 「IC interrogator code 3.1.2.5.2.1.2」を追記 ・ 「CL code label 3.1.2.5.2.1.3」を追記 ・ 「spare -16 bits」を追記
▼	3.1.2.5.2.1.2	<p>「II」を「IC: Interrogator code」に更</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「This 4-bit(10-13) uplink field shall contain either the 4-bit an interrogator identifier code (3.1.2.5.2.1.2.1) or the lower 4 bits of the 6-bit surveillance identifier code (3.1.2.5.2.1.2.2) depending on the value of the CL field (3.1.2.5.2.1.3).」に更 ・ 「These II code shall be assigned to interrogators in the range from 0 to 15. A II code value of 0 shall not be used by interrogators which use the multisite lockout or communications protocols (3.1.2.6.9.1).」の文章削除
▼	3.1.2.5.2.1.2.1	<p>「II: Interrogator identifier」の定義を新設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「この4ビットはインタロゲータ識別 (II) コードと定義する。このIIコードは0から15の値域でインタロゲータに付与される。II=0は、ロックアウトオーバーライド(3.1.2.5.2.1.4、3.1.2.5.2.1.5)捕捉に付随してのみ使用されること。」
▼	3.1.2.5.2.1.2.2	<p>「SI: Surveillance identifier」の定義を新設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「この6ビットは監視識別 (SI) コードと定義する。このSIコードは1から63の値域でインタロゲータに付与される。SIコードは、マルチサイトロックアウトプロトコル(3.1.2.6.9.1)にて使用すること。SIコードは、マルチサイト通信プロトコル(3.1.2.6.11.3.2、3.1.2.7.4、3.1.2.7.7)にて用いないこと。」
▼	3.1.2.5.2.1.3	<p>「CL: code label」として下記定義を新設</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 「このアップリンクフィールドの3ビット(14-16)はICフィールドの内容を規定すること。」 ・ コーディングは次のとおり <p>000 ICフィールドはIIコードを示す</p> <p>001 ICフィールドはSI=1から15を示す</p> <p>010 ICフィールドはSI=16から31を示す</p> <p>011 ICフィールドはSI=32から47を示す</p> <p>100 ICフィールドはSI=48から63を示す</p> <p>CLフィールドに他の値は用いないこと</p>
▼	3.1.2.5.2.1.3.1	<p>「Surveillance identifier (SI) code capability report」の定義を新設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「SIコード(3.1.2.5.2.1.2.2)を処理するトランスポンダは、この能力を、データリンクケイパビリティレポート(3.1.2.6.10.2.2)のMBフィールドのビット35を「1」として通知すること」
▼	3.1.2.5.2.1.4	<p>項目の新規追加</p> <p>「アサインされたICコードの無いインタロゲータのロックアウトオーバーライドによる運用」</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4 note	<p>下記趣旨の文章の新規追加</p> <p>「モードS専用オールコールは、モードSにて有効な識別情報が必要とするが、フルモードS運用にて指定されたIIコードが無いインタロゲータによるモードS機捕捉の基礎を提供する」</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4.1	<p>「最大モードS専用オールコール質問レート」の規定追加</p> <p>「ロックアウトオーバーライドに基づく捕捉を行うインタロゲータによるモードS専用オールコールの最大質問レートは、応答確率に対応して次のとおりであること。</p> <p>a) 応答確率=1の場合</p> <p>3dB ビームドウェル内で3質問または60質問/秒の小さいほう</p> <p>b) 応答確率=0.5の場合</p> <p>3dB ビームドウェル内で5質問または60質問/秒の小さいほう</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<p>c) 応答確率=0.25 以下の場合 3dB ビームドウェル内では 10 質問または 120 質問/秒の小さいほう」</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.4.2</p>	<p>「個別質問のフィールド内容」の規定を新規追加 「ロックアウトオーバーライド捕捉に続く個別質問は、次のように制限された内容の質問フィールドを持つこと。 UF = 4, 5, 20 or 21 PC = 0 RR ≠ 16 if RRS = 0 DI = 7 IIS = 0 LOS = 0 except as specified in 3.1.2.5.1.5 TMS = 0」</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.4.2 note</p>	<p>下記 note を新規追加 「これらの制限は、監視および GIDB トランザクションを許可するが、当該質問はトランスポンダのマルチサイトロックアウトまたは通信プロトコルの状態を変化することを防止する。」</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.5</p>	<p>「II=0 による補助的捕捉」の項を新規追加</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.5 note</p>	<p>下記 note を新規追加 「3.1.2.5.2.1.4 に規定する捕捉技術は、多数の航空機の素早い捕捉を提供する。処理の確率的性質により、同一ビーム内にある多数の航空機や、(ローカルガブルゾーンと称される) 同一レンジの近くにいる航空機の最後の航空機を捕捉するのに多くの質問が必要である。 これらの航空機の捕捉性能は、限定的な II=0 による個別ロックアウトの使用で格段に向上する。」</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.5.1</p>	<p>「I ビームドウェル内のロックアウト」の項を新規追加</p>
▼	<p>3.1.2.5.2.1.5.1.1</p>	<p>次の勧告を新規追加</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼		「勧告－ II=0のロックアウトを3.1.2.5.2.1.4の補助技術の補助に使用する場合、当該ビームドゥエル内の捕捉される全航空機は、ガープルゾーン内でないようにII=0にてロックアウトされるべきである。
▼	3.1.2.5.2.1.5.1.1 note	下記 note を新規追加 「ビームドゥエル内の全航空機のロックアウトは、II=0 のオールコールによるオールコールフェーズ応答の量を低減する」
▼	3.1.2.5.2.1.5.2	「ロックアウト期間」の項の新規追加
▼	3.1.2.5.2.1.5.2 note 1	次の note1 を新規追加 「補助的捕捉は、II=0のモードS専用オールコールにて捕捉後、捕捉した航空機をII=0にてロックアウトすることからなる。」
▼	3.1.2.5.2.1.5.2 note 1	次の note2 を新規追加 「ロックアウト時間の最小化は、II=0を補助的捕捉に使用する隣接インタロゲータの捕捉動作の衝突の確率を低減する。」
▼	3.1.2.5.2.1.5.2.1	次の勧告を新規追加 「勧告－ (3.1.2.5.2.1.4の技術に続けて) II=0の補助的捕捉実行するインタロゲータは、個々の航空機に対して1スキャン以内のロックアウトコマンド送信にて、ガープルゾーンを含むビームドゥエル内で捕捉を実行すること」
▼	3.1.2.5.2.1.5.2.2	次の勧告を新規追加 「勧告－ 補助的捕捉のための II=0のモードS専用オールコール質問は、連続する2スキャンを超えないこと」
▼	3.1.2.6.1.1	「PC : protocol」に下記文章を追加 「PC フィールドはDI=3(3.1.2.6.1.4.1)を含む監視またはComm-A 質問の処理にて無視すること。」
▼	3.1.2.6.1.3	「DI : Designator identification」のコーディングに下記の追加と修正 ・ 「2 : SD は拡張スキッタに関する制御データを含む」 ・ 「3 : SD はSI マルチサイトロックアウト、放送およびGICB 制御情報を含む」 ・ 「2-4」を削除し「6」とする
▼	3.1.2.6.1.4	「SD : Special designator」の定義に下記を追加 ・ 「DI=2のフォーマット図追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		ビット 17-20、ビット 21-23 : TCS、ビット 24-26 : RCS、ビット 27-28 : SAS」 ・ 「DI=3 のフォーマット図追加 ビット 17-22 : SIS、ビット 23 : LSS、ビット 24-27 : RRS」
▼	3.1.2.6.1.4.1 e)	次の変更 「If DI = 7」⇒ 「If DI = 3 or 7」
▼	3.1.2.6.1.4.1 f)	次の定義を新規追加 「TCS SD 中の 3 ビット (21-23) タイプ制御サブフィールドは、トランスポンダが用いるポジションタイプを制御すること。次のコードがアサインされている。 0 ポジションタイプコマンドではない 1 次の 15 秒についてサーフェイスポジションを使用 2 次の 60 秒についてサーフェイスポジションを使用 3 サーフェイスタイプコマンドのキャンセル 4-7 割り当てなし RCS : SD 中の 3 ビット (24-26) のレート制御サブフィールドは、トランスポンダのスキッタレートを制御すること。このサブフィールドは、トランスポンダがエアボーンポジションタイプを通知中にはトランスポンダのスキッタレートには影響しないこと。 次のコードが割り当てられている。 0 サーフェイススキッタレートコマンドではない 1 60 秒に関する高サーフェイススキッタレートのレポート 2 60 秒に関する低サーフェイススキッタレートのレポート 3 60 秒に関する全サーフェイススキッタの抑圧 4 120 秒に関する全サーフェイススキッタの抑圧 5-7 割り当てなし Note : 高/低のスキッタレートの定義は 3.1.2.8.4.3 にある

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.6.1.4.1 g)	<p>SAS : SD 中の 2 ビット (27-28) のサーフェイスアンテナサブフィールドは、トランスポンダの拡張スキットがサーフェイスフォーマットで通知するとき拡張スキットに使用するダイバシティアンテナを制御すること。このサブフィールドは、トランスポンダがエアポーンポジションタイプのお知らせをするときにはトランスポンダのダイバシティアンテナ選択に影響しないこと。次のコードが割り当てられている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 アンテナコマンドではない 1 120 秒についてトップ/ボトム交互 2 120 秒についてボトムアンテナを使用 3 デフォルトに戻る <p>Note : トップアンテナがデフォルト条件 (3.1.2.8.6.5) である。」</p>
▼	3.1.2.6.1.4.1 g)	<p>次の規定を新規追加 「DI=3 の場合 : SIS SD 中の 6 ビット (17-22) の監視識別は、インタローゲータ (3.1.2.5.2.1.2.2) にアサインされた監視識別コードを含むこと。 LSS この 1 ビット (23) のロックアウト監視サブフィールドは、もし「1」の場合、SIS に示すインタローゲータからのマルチサイトロックアウトコマンドであることを意味すること。 このビットが「0」のときには、LSS はロックアウト状態に変化なしが指示されたことを示す。 ビット 28-32 は指定なし。</p>
▼	3.1.2.6.9.1.1	<p>下記の文章の追記</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「An lockout command for an I code shall be transmitted in an SD with DI = 1 or DI = 7. The An I lockout」 ・ 「A lockout command for a SI code shall be transmitted in a SD with DI = 3. SI lockout shall be indicated

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.6.9.1.1 note	by LSS equals 1 and the presence of a non-zero interrogator identifier in the SIS subfield of SD.J Noteに下記の文言追加 ・ note1: 「Fifteen interrogators can send independent multisite II lockout commands. In addition, sixty-three interrogators can send independent SI lockout commands. Each of these lockout commands must be timed separately.」 ・ note2: 「Multisite lockout (which only uses non zero II codes) does not affect」
▼	3.1.2.6.9.2 note	Note1 に下記文言追加 「In cases where the multisite lockout protocol for II codes is not required」
▼	3.1.2.6.10.1.3	SPIの規定に下記文言を追加 「An equivalent of the SPI pulse shall be transmitted by Mode S transponders in the FS field and the surveillance status subfield (SSS) when manually activated. This pulse shall be transmitted for T1 seconds after initiation (3.1.1.6.3- 3.1.1.7.13 and 3.1.2.8.6.3.1.1)」
▼	3.1.2.6.10.2.2.1	「Subfields in MB for data link capability report」の規定に下記を新規追加 「SCS この1ビット(34)のスキッタケイパリティサブフィールドは、トランスポンダの拡張スキッタポジションレポートの送信能力を通知すること。BDS レジスタ 05、06 が 10±1 秒以内に更新されたら SCS=1 にセットすること。それ以外の場合は SCS=0 とすること。」
▼	3.1.2.6.10.2.2.1 note	note として下記を新規追加 「BDS レジスタ 05 および 06 はそれぞれ、拡張スキッタエアポーンポジションおよびサーフェイポジションに使用される」
▼	3.1.2.8	項目タイトルに「AND SQUITTER」を追加
▼	3.1.2.8.1	UF=0のフォーマットに下記を追加 ・ フォーマット図: 「ビット 15~22: DS」 ・ フィールド一覧を次のように修正 「spare 18 bits」⇒削除

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<p>「DS data selector 3.1.2.8.1.3」を追加 「spare –10 bits」を追加</p>
▼	3.1.2.8.1.3	<p>下記 DS の規定を新規追加 「DS : Data selector この 8 ビット(15–22)のアプリケーションフィールドは、DF=16 の応答に関連した内容を持つ BICB レジスタの BDS コード(3.1.2.6.11.2.1)を含むこと。</p>
▼	3.1.2.8.2	<p>DF=0 のフォーマットに下記を追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 「ビット 7 に「CC」を追記 ・ フィールド一覧に次の修正 「spare 7 bits」を削除 <p>「CC crosslink capability 3.1.2.8.2.3」を追記 「spare–6 bits」を追記</p>
▼	3.1.2.8.2.2	<p>RI の規定に次を追記 「0 signifies a reply to an air-air interrogation UF = 0 with AQ = 0, no on-board ACAS」</p>
▼	3.1.2.8.2.3	<p>CC : crosslink capability の規定を新規追加 「この 1 ビット(7)のダウンリンクフィールドは、トランスポンダのクロスリンク能力、すなわち、UF=0 の質問の DS フィールドの内容をデコードし、DF=16 の応答に関連した GICB レジスタの内容で応答することをサポートする能力を示すこと」と 「コーディング 0 トランスポンダはクロスリンク能力をサポートしない 1 トランスポンダはクロスリンク能力をサポートする</p>
▼	3.1.2.8.3	<p>「Long air-air surveillance, downlink format 16」を新規追加</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (フォーマット図は省略) ・ 「この応答は RL=1 の UF=0 の質問への応答をして送信されること。この応答のフォーマットは次のフィールドから構成されること。 <p>Field Reference</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		DF downlink format 3.1.2.3.2.1.2 VS vertical status 3.1.2.8.2.1 Spare—7 bits RI reply information 3.1.2.8.2.2 Spare—2 bits AC altitude code 3.1.2.6.5.4 MV message , Comm V 3.1.2.8.3.1 AP address/parity 3.1.2.3.2.1.3
▼	3.1.2.8.3.1	「MV : Message Comm-V」の規定を新規追加 「この 56 ビット (33—88) のダウンリンクフィールドは、UF=0 質問の DS フィールドで要求された GICB 情報を含むこと。」
▼	3.1.2.8.3.1 note	Note として次を新規追加 「MV フィールドは、空対空のコーデネーション(4.3.8.2.4)として ACAS でも使用される。」
▼	3.1.2.8.4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 項番号を変更 「3.1.2.8.3」⇒「3.1.2.8.4」 ・ 次の文言修正 「・・・the IR field of the reply shall contain the 0 code.」 ⇒ 「・・・the IR field of the reply shall contain the <u>value 0.</u>」 ・ 次の文章追加 「RL=1、DS≠0のUF=0に対する応答にて、トランスポンダは、MV フィールドに DS 値にて示された GICB レジスタの内容を含む DF=16 で応答すること。RL=1、DS=0のUF=0に対する応答にて、トランスポンダは、MV フィールドがオール0のDF=16で応答すること。DS≠0でRL=0のUF=0の受信は、ACAS クロスリンクに関連しない動作とし、トランスポンダは3.1.2.8.2.2に規定する応答をすること。」
▼	3.1.2.8.5	項番変更 「3.1.2.8.4」⇒「3.1.2.8.5」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.8.5.1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 項番変更 「3.1.2.8.4.2」⇒「3.1.2.8.5.1」 ・ 文言追加 「Acquisition squitter transmissions shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range from 0.8 to 1.2 seconds <u>relative to the previous squitter, . . .</u>」 ・ a)項にて「and」削除 ・ b)に下記を追加 「拡張スキッタが処理中なら捕捉スキッタは遅延すること」 ・ 旧b)をc)に変更し次の変更 「. . . is active (see Note 1 below) ; or」 ・ d)として次を追加 「トランスポンダがモード S 拡張スキッタのサーフェイスイポジョンタイプを通知できない場合、捕捉スキッタのみサーフェイス上で送信すること」
▼	3.1.2.8.5.1 note	<ul style="list-style-type: none"> ・ 旧 note を「note 1」に変更 ・ note2 として次を追加 「サーフェイスイレポートタイプは、航空機またはスキッタ地上局からのコマンドで自動的に選択される」
▼	3.1.2.8.5.3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 項番号の変更「3.1.2.8.4.3」⇒「3.1.2.8.5.3」 ・ 文言の削除と追加 「Acquisition squitter antena selection. Transponder operating with antenna divasity (3.1.2.10.4) shall transmit squitters alternately from the two antennas <u>acquisition squitters as follows:</u>」 ・ a)として下記を追加 「飛行中(3.1.2.8.6.7)のとき、トランスポンダは捕捉スキッタを2つのアンテナから交互に送信すること」 ・ b)として下記を追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容												
▼		「地上(3.1.2.8.6.7)にあるとき、トランスポンダは捕捉スキッタを SAS(3.1.2.6.1.4.1 f)の制御の下で送信すること」												
▼	3.1.2.8.5.3 note	Note として下記を追加 「トランスポンダが、サーフェイスタイプの拡張スキッタを通知しているとき捕捉スキッタは地上では送信されない。」												
▼	3.1.2.8.6	「拡張スキッタ、ダウンリンクフォーマット 17」を新規追加 (フォーマット図は省略)												
▼	3.1.2.8.6 note	Note として下記を追加 「SSR モード S トランスポンダは、監視目的の航空機由来の位置の放送をサポートするため拡張スキッタを送信する。情報のこのような放送は ADS-B として知られている ADS のフォームである。」												
▼	3.1.2.8.6.1	「拡張スキッタフォーマット」の規定を追加 「拡張スキッタに使用するフォーマットは 112 ビットのダウンリンクフォーマット (DF = 17) であり次のフィールドを含むこと；												
		<table border="0"> <tr> <td>Field</td> <td>Reference</td> </tr> <tr> <td>DF downlink format</td> <td>3.1.2.3.2.1.2</td> </tr> <tr> <td>CA capability</td> <td>3.1.2.5.2.2.1</td> </tr> <tr> <td>AA address , announced</td> <td>3.1.2.5.2.2.2</td> </tr> <tr> <td>ME message, extended squitter</td> <td>3.1.2.8.6.2</td> </tr> <tr> <td>PI parity/interrogator identifier</td> <td>3.1.2.3.2.1.4</td> </tr> </table> <p>PI フィールドは、II=0 でエンコードされること</p>	Field	Reference	DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2	CA capability	3.1.2.5.2.2.1	AA address , announced	3.1.2.5.2.2.2	ME message, extended squitter	3.1.2.8.6.2	PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4
Field	Reference													
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2													
CA capability	3.1.2.5.2.2.1													
AA address , announced	3.1.2.5.2.2.2													
ME message, extended squitter	3.1.2.8.6.2													
PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4													
▼	3.1.2.8.6.3	「拡張スキッタタイプ」の項を新規追加												
▼	3.1.2.8.6.3.1	「Airborne position squitter」の規定を新規追加												

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		「拡張スキッタのエアポーンポジションタイプは、GICB レジスタ 05 の内容を ME フィールドに挿入した DF=17 のフォーマットを用いること」
▼	3.1.2.8.6.3.1 note	note として次を追加 「PR=16、DI=7、RRS=5 をもつ GICB 要求(3.1.2.6.11.2)は結果的に MB フィールドにエアポーンポジションレポートを含む応答をさせる。
▼	3.1.2.8.6.3.1.1	「SSS, surveillance status subfield in ME」の規定の追加 「トランスポンダは、ME にエアポーンポジションスキッタレポートがあるとき、ME の中のこの 2 ビット(38, 39)にて監視ステータスを通知すること。 コーディング 0 ステータス情報なし 1 トランスポンダはパーマネントアラート(3.1.2.6.10.1.1.1)を通知中 2 トランスポンダはテンポリアラート(3.1.2.6.10.1.1.2)を通知中 3 トランスポンダはSPI(3.1.2.6.10.1.3)を通知中 コード1 および2 はコード3 より優先
▼	3.1.2.8.6.3.1.2	「ACAS altitude code subfield in ME」の規定追加 「ATS(3.1.2.8.6.3.1.3)の制御の下で、トランスポンダは、ME がエアポーンポジションレポートを含むとき、気圧高度コードを ME 中のこの 12 ビット(41-52)サブフィールドにて通知すること。ACS の内容は M ビット(ビット 26)を無視すること以外 13 ビットの AC フィールド(3.1.2.6.5.4)で規定される」
▼	3.1.2.8.6.3.2	「Surface position squitter」の規定を追加 「サーフェイスポジション拡張スキッタは GICB レジスタ 06 の内容を ME フィールドに挿入したフォーマット DF=17 を用いること。
▼	3.1.2.8.6.3.2	次の note を追加

改定内容	
階層	Annex10 該当部分
	note 「RR=16、DI=7、RRS=6のGICB要求(3.1.2.6.11.2)はMBフィールドにサーフェイスポジションレポートを含む応答をさせる。」
▼	3.1.2.8.6.3.3 「Aircraft identification squitter」の規定を追加 「航空機ID拡張スキッタは、MEフィールドにGICBレジスタ08の内容を挿入したフォーマットDF=17を用いること。」
▼	3.1.2.8.6.3.3 note 次のnoteを追加 「RR=16、DI=7、RRS=8のGICB要求(3.1.2.6.11.2)はMBフィールドに航空機IDレポートを含む応答をさせる。」
▼	3.1.2.8.6.3.4 「Event-driven squitter」の規定を追加 「イベントドリブン拡張スキッタは、MEフィールドにGICBレジスタ0Aの内容を挿入したフォーマットDF=17を用いること。」
▼	3.1.2.8.6.3.4 note 次のnoteを追加 「RR=16、DI=7、RRS=10のGICB要求(3.1.2.6.11.2)はMBフィールドにイベントドリブンレポートを含む応答をさせる。」
▼	3.1.2.8.6.4 「拡張スキッタレート」の項目追加
▼	3.1.2.8.6.4.1 次の文章を新規追加 「初期化。電源ONの初期化にて、トランスポンダは、捕捉スキッタ(3.1.2.8.5)の放送のみのモードで動作を開始すること。トランスポンダは、GICBレジスタ05、06、09および08にデータが入力されたときそれぞれエアボーンポジション、サーフェイスポジション、速度および航空機IDの拡張スキッタの放送を開始すること。拡張スキッタを放送するとき、送信レートは次のパラグラフに示されるようであること。捕捉スキッタは、これが禁止(2.1.4.5)されていないとき拡張スキッタに加えて通知すること
▼	3.1.2.8.6.4.1 note 次のnoteを追加 「これは、位置、速度、IDのレポートが可能な航空機からのロングスキッタを抑制する。」
▼	3.1.2.8.6.4.2 「Airborne position squitter rate」の規定追加 「エアボーンポジションスキッタは、航空機が飛行状態(3.1.2.8.6.7)のときに、3.1.2.8.6.4.7に規定する例外はあるが、先行するエアボーンポジションスキッタに対して0.4~0.6秒の間で一様に分布するランダムな間隔で送信されること」
▼	3.1.2.8.6.4.3 「Surface position squitter rate」の規定追加 「サーフェイスポジションスキッタは、航空機がサーフェイスにあるときに、高/低何れかのレートの選択(3.1.2.8.6.9)

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<p>による2つのレートうちの1つを用いて送信すること。高スキッタレートが選択されたとき、サーフェイスポジションスキッタは先行するサーフェイスポジションスキッタに対して0.4~0.6秒の間で一様に分布するランダムな間隔で送信されること（高レートと呼ぶ）。</p> <p>低スキッタレートが選択されたとき、サーフェイスポジションスキッタは先行するサーフェイスポジションスキッタに対して4.8~5.2秒の間で一様に分布するランダムな間隔で送信されること（低レートと呼ぶ）。これらの送信レートに関する例外は3.1.2.8.6.4.7に規定する。」</p>
▼	3.1.2.8.6.4.4	<p>「Aircraft identification squitter rate」の規定を追加</p> <p>「航空機IDスキッタは、航空機がエアポーンポジションスキッタを通知するときまたは、高レートのサーフェイスポジションスキッタで通知しているとき、先行する航空機IDスキッタに対して4.8~5.2秒の間で一様に分布するランダムな間隔で送信されること。</p> <p>サーフェイスポジションスキッタが低レートで通知しているとき、航空機IDスキッタは、先行する航空機IDスキッタに対して9.6~10.4秒の間で一様に分布するランダムな間隔で送信されること。これらの送信レートに関する例外は3.1.2.8.6.4.7に規定する。」</p>
▼	3.1.2.8.6.4.6	<p>「Event-driven squitter rate」の規定を追記</p> <p>「イベントドリブンスキッタは、3.1.2.8.6.4.7に規定する遅延状態を監視する間にGICBレジスタ0Aがロードされる都度1回送信されること。イベントドリブンスキッタの最大送信レートは、トランスポンダにて2回/秒に制限されること。もしメッセージがイベントドリブンレジスタに入力され、レート制限から送信できなかつたら、当該メッセージは保持しレート制限条件がなくなってから送信すること。もし、送信が許可される前に新しいメッセージを受信したら、新しいメッセージで上書きすること。」</p>
▼	3.1.2.8.6.4.6 note	<p>下記noteを追加</p> <p>「スキッタ送信レートとスキッタ送信期間は応用に依存する。何れかのアプリケーションの選択は干渉条件を考慮すること（Manual of Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684), Chapter 8 参照）。」</p>
▼	3.1.2.8.6.4.7	<p>「Delayed transmission」の規定を追加</p> <p>「拡張スキッタの送信は、次のような状況で遅延すること。」</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<p>a) トランスポンダがトランザクションサイクルにあるとき</p> <p>b) 捕捉あるいは他の拡張スキッタが処理中のとき</p> <p>c) 相互の抑圧インタフェースが有効なとき</p> <p>遅延されたスキッタはトランスポンダが有効になったらすぐに送信されること。」</p>
▼	3.1.2.8.6.5	<p>「Extended squitter antenna selection」の規定を追加</p> <p>「アンテナダイバシティ(3.1.2.10.4)で運用しているトランスポンダは拡張スキッタを以下のとおり送信すること。</p> <p>a) 飛行中(3.1.2.8.6.7)のとき、トランスポンダは拡張スキッタを2つのアンテナから交互に送信すること</p> <p>b) サーフェイス上(3.1.2.6.1.4.f)にあるとき、トランスポンダは、SAS(3.1.2.6.1.4.f)の制御の下で送信されること</p> <p>SAS コマンドがないときには、トップアンテナのみの使用をデフォルトとすること。」</p>
▼	3.1.2.8.6.6	<p>「Register time-out」の規定を追記</p> <p>「トランスポンダは、当該レジスタが前の更新から2秒以内に更新されなかったときに、エアボーンポジション、サーフェイスポジション、スキッタステータスおよびエアボーン速度情報のGICB レジスタ 05、06、07 および 09 の全 56 ビットをクリアすること。このタイムアウトは各々のレジスタについて別々に決定すること。」</p>
▼	3.1.2.8.6.6 note	<p>次の note を追加</p> <p>「これらのレジスタは古い位置、速度およびスキッタレート情報の通知を防止するためクリアする。」</p>
▼	3.1.2.8.6.7	<p>「Airborne/surface state determination」の規定を追加</p> <p>「地上状態を決定する自動手段を備える航空機は、この入力エアボーンまたはサーフェイスタイプのメッセージの選択に使うこと。このような手段を持たない航空機は、エアボーンタイプのメッセージを使うこと。このような自動で地上状態を決定する手段を装備するまたは装備しない航空機は、TCS(3.1.2.6.1.4.1 f)の制御コードで指示されたようにポジションタイプのメッセージを使用すること。TCS コマンドのタイムアウト後、エアボーン/サーフェイスの決定は、上述の手段に戻ること。」</p>
▼	3.1.2.8.6.7 note	<p>次の note の追加</p> <p>「拡張スキッタの地上局は航空機のエアボーンまたはサーフェイスステータスを航空機の位置、高度およびグラウンドスピ</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼		<p>ードから判断する。航空機が地上と判断され、サーフェイスポジシオンメッセージを通知しなければ、サーフェイスフオーマットで通知するよう TCS (3.1.2.6.4.1. f) で指示される。</p> <p>エアポーンポジシオンメッセージへの通常の反応はエアポーンメッセージタイプの通知の地上コマンド経由である。離陸後の通信の欠落を守るため、サーフェイスメッセージタイプの通知指示は自動的にタイムアウトする。」</p>
▼	3.1.2.8.6.8	<p>「Squitter status reporting」の追記</p> <p>「RR=16、DI=7、RRS=7 の GICB 要求は、スキッターステータスレポートを MB フィールドに含む応答をさせる。」</p>
▼	3.1.2.8.6.8.1	<p>「TRS, transmission rate subfield in MB」の規定追加</p> <p>「トランスポンダは、航空機のサーフェイススキッタレートを自動決定でき能力と現在のスキッタレートを MB の 2 ビット (33, 34) のサブフィールドで通知すること。</p> <p>コーデイング</p> <p>0 サーフェイススキッタレートの自動決定の能力なし</p> <p>1 高スキッタレートが選択</p> <p>2 低スキッタレートが選択</p> <p>3 未使用</p> <p>」</p>
▼	3.1.2.8.6.8.1 note	<p>次の note1、2 の追加</p> <p>「note1 高/低スキッタレートは機上で決定される</p> <p>note2 低レートは航空機が駐機中に使用され、高レートは航空機が移動中に使用される。</p>
▼	3.1.2.8.6.8.2	<p>「ATS, altitude type subfield in MB」の規定追加</p> <p>「トランスポンダは、飛行中の拡張スキッタで配信する高度のタイプを、応答が GICB レジスタ 07 の内容を含むとき、MB の中のこの 1 ビット (35) のサブフィールドにて通知すること。</p> <p>コーデイング</p> <p>0 気圧高度を通知中</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		1 航法機器由来の高度を通知中 」
▼	3.1.2.8.6.9	<p>「Surface squitter rate control」の規定を追加</p> <p>「サーフェイススキッタレートは次のように決定すること。</p> <p>a) 毎秒1回 TRS の内容は読まれること。もし、TRS 値が0または1なら、トランスポンダはサーフェイススキッタを高レートで送信すること。もし TRS=2なら、トランスポンダはサーフェイススキッタを低レートで送信すること。</p> <p>b) TRS にて決定されたスキッタレートは RCS(3.1.2.6.1.4.1 f) 経由で受信されたコマンドによるオーバーライドに従うこと。</p> <p>RCS コード 1はトランスポンダに60秒間高レートでスキッタ送信させること。RCS コード2はトランスポンダに60秒間、低レートでスキッタ送信させること。これらのコマンドは、先行する期間がタイムアウトする前に新しい60秒間リフレッシュできること。</p> <p>c) タイムアウト後および RCS コード1、2が無い場合、制御は TRS に戻ること。」</p>
●	3.1.2.10.3.7.1	新規追加項 「3.1.2.10.3.7に規定する全ての応答レートは、トランスポンダが要求するあらゆるスキッタ送信に追加されること」
●	3.1.2.10.3.7.3	項番号変更 「3.1.2.10.3.7.3」⇒「3.1.2.10.3.7.4」
●	3.1.2.10.4.2	「」について、文言の削除と追記 「 The horizontal distance between the top and bottom antennas shall not be greater than 7.6m. Both The top and bottom antennas . . . 」
●	3.1.2.10.4.2 note	Note の全文削除 「 The antenna spacing is specified in order to control apparent range jitter from reply to reply due to antenna diversity switching. 」
●	3.1.2.10.4.2.1	下記勧告の追加 「勧告ートップとボトムアンテナの水平間隔は7.6m以上でないこと。」
●	3.1.2.10.4.2.1	次の note の追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容
	note	「この勧告は、あらゆるダイバシティトランスポンダ（ケーブルを含む）があらゆるダイバシティアンテナと実装され、 3.1.2.10.4.5の要求を満足する運用を支援することを目的としている」
●	3.1.2.10.4.5	「Reply delay of diversity transponders」の規定に文言の追加 「The total <u>two-way transmission difference</u> in mean reply delay between the two antenna channels (including the differential delay caused by transponder-to-antenna cables and the horizontal distance along the aircraft centre line between the two antennas) shall not exceed 0.08 <u>0.13</u> microsecond for interrogations of equal amplitude. (中略) The jitter requirements on each individual channel shall remain as specified for non-diversity transponders.」
●	3.1.2.10.4.5 note	Note から下記文章を削除 「 The jitter requirements on each individual channel remain as specified for non-diversity transponders. Apparent jitter caused by antenna location is controlled by the requirement of 3.1.2.10.4.2. 」
●	3.1.2.11.1.3	次の文言削除と追加 「 Repetition <u>Transmission</u> rate for selective interrogation. The interrogation rate for Mode S selective interrogation shall be: 」
●	3.1.2.11.3.1	項目の新規追加 「他のモード S インタロゲータのサイドローブとオーバーラップした覆域をもつモード S インタロゲータによるモード S 個別質問の送信レートは； (a) から c) は変更なし。 d) どの 3 度セクタでも 1 秒間の平均が 480 以下 」
●	3.1.2.11.1.3.2	項目内容が新規追加 「他のモード S インタロゲータのサイドローブとオーバーラップした覆域を持たないモード S インタロゲータによるモード S 個別質問の送信レートは； a) 4 秒間の平均で毎秒 2400 以下 b) 1 秒間の平均で毎秒 2400 以下 」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		c) 40 ミリ秒間の平均で毎秒 2400 以下 d) 1 秒間の平均で 3 度セクタに 480 以下

(参照資料 : 1967 年 SICASP/6-WP/ Annex10 Vol. IV Amendment73)

2 ICAO SARPs Annex10 Vol. IV Amendment77 に関する改定内容

階層	Annex10 該当部分	改定内容
□	2.1.3.1.1	「モードS 応答の気圧高度レポートは、3.1.1.7.12.2.2 の規定に従うこと」の追記
□	2.1.3.1.1 Note	2.1.3.1.1 新設理由のノート追記
□	2.1.3.2.2	「全トランスポンダはモードC 質問に気圧高度情報を応答する」文言削除
□	2.1.3.2.3	「25ft 或いはより良い気圧高度ソースを持ちその情報をモードS トランスポンダへ提供できる航空機は、個別質問へ（AC フィールドにて）25ft 単位で応答すること
□	2.1.3.2.3 Note	「脅威機が25ft 単位の気圧高度応答をすることで ACAS の性能が向上する」趣旨のノートの追記
□	2.1.3.2.6	「25ft 或いはより良い気圧高度ソースを備える全モードS トランスポンダは、2005 年1月1日からモードS 応答のAC フィールドにて25ft 単位の応答をすること」追記
□	2.1.3.2.7	「モードS トランスポンダが25ft 単位の高度応答をするときには、未補正の25ft 単位の気圧高度計の計測値を使用すること」という趣旨の文言追記
□	2.1.3.2.7 Note	「上記の項目はモードS トランスポンダの実装と使用に関するもので、100ft 単位の気圧高度ソースから得られたデータを25ft 単位の応答に使用しない」というノートの追記
□	2.1.3.3.2	「2.1.3.3.1 項は少なくとも5年の周知期間を持つこと」の文言修正
□	2.1.5.1.7.1	「SI コード能力は、2003年1月1日までに実装されるもの或いは以降実装される全モードS トランスポンダが持たねばならず、2005年1月1日までに全てのモードS トランスポンダが持たねばならない」趣旨の文言追記
□	2.1.5.1.7.1 Note	マンデートに関する数カ国の要求
●	2.1.5.1.8	「非トランスポンダ装置の拡張スキッタ。モードS トランスポンダの一部ではない拡張スキッタを送信できる装置は、モードS トランスポンダに対して規定される1090MHz の空間信号の要件に全て適合すること」の文言追加
マ		

階層	Annex10 該当部分	改定内容
●	2.1.5.3	「総重量が5700kgを超えるまたは最大巡航速度が463km/h(250kt)を超える航空機に搭載されるモードSトランスポンダは、アンテナダイバシティ運用ができること」として、最大巡航速度が324km/h(175kt)から463km/h(250kt)に変更
●	2.1.5.3 Note	最大巡航速度が324km/h(175kt)を超える航空機は、3.2.10.2.cに規定するように、ピーク電力が21.0dBWを下回らないこと
▼ マ	3.1 Note2	旧 Note2 (非SI の代替ユニットは Annex5, Chapter3, paragraph3.2.2 に許可されたように使用できる) の文言を全て削除し、新たな文章 (下記) に変更。 「モードS能力を有するシステムは、一般にATC監視システムに使用される。更に、特定のATCへの応用では、例えば空港面監視で車両用に、或いは監視システムの固定ターゲット検出用にモードS送信機が使用される。このような特定の条件では、「航空機」の語は「航空機または車両(A/V)」と解釈される。 一方、このような応用では、限定的なデータセットが使用され、標準的な物理特性のゆらぎは、適切な当局が注意して検討しなければならぬ。これらは、自身の監視(SSR)環境だけでなく、ACASのような、影響の可能性のある他のシステムも考慮しなければならぬ。
▼	3.1 Note3	「非国際標準の代替ユニットは Annex5, Chapter3, paragraph3.2.2 に許可されたように使用できる」文言変更し旧 Note2 から移動
▼	Figure3-5	図中に「矢印」と図の下に次の内容の Note を追記。 「この図は、キャリア周波数を中心としたスペクトラムを示し、全体がキャリア周波数±1MHzでシフトする。」
▼ マ	Figure3-8	ダウンリンクフォーマット(DF)の18と19の詳細と用途を明記した。 DF No. 18・・・拡張キック／非トランスポンダ DF No. 19・・・ミリタリ拡張キック (図は省略)
▼	Table3-3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「AA」フィールドにDF=17、18を追加 ・ 「AF: Application field」を新規追加しDF=19とreference欄に「3.1.2.8.8.2」を追加。 ・ 「CA」にDF=17を追加 ・ 「CF: Control field」を追加し、DF=18とreferenceに「3.1.2.8.7.2」を追加 ・ 「ME」にDF=18を追加 ・ 「MU」のreferenceを「4.3.8.4.2.3」に変更

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 「MV」の reference を「4.3.8.4.2.4」に変更 ・ 「PI」に DF=17、18 を追加 (表は省略)
▼	3.1.2.3.2.1.4	「PI」の定義文に「or DF=18」と「or 3.1.2.8.7」を追加した。
▼	3.1.2.5.2.1.2	<p>下記の変更</p> <p>「3.1.2.5.2.1.2.1」⇒「3.1.2.5.2.1.2.3」</p> <p>「3.1.2.5.2.1.2.2」⇒「3.1.2.5.2.1.2.4」</p>
▼	3.1.2.5.2.1.2.1	<p>次の文章の追加</p> <p>「勧告一可能なときには何時でも、1つのインタロゲータは1つのインタロゲータコードを用いることを勧告する。</p>
▼	3.1.2.5.2.1.2.2	<p>次の文章の追加</p> <p>「1つのインタロゲータにおける複数のインタロゲータコードの使用：1つのインタロゲータは1つ以上のインタロゲータコードを使用でき異なるインタロゲータコードを異なるインタロゲーションにて使用できる。1つのインタロゲータは複数のインタロゲータコードをセクタを基準にのみ使用しなければならず、2つ以上のインタロゲータコードを使用すべきではない。」</p>
▼	3.1.2.5.2.1.2.3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 追加項に伴う項番号の変更 ・ IIコードの「0」はSL0と共に使用される「サブリメンタリアクイジションにのみ使用すること」の追記。 ・ 「2つのIIコードが1基のインタロゲータに付与されるときには、1つはフルデータリンク用であること。限定的データリンク（1セグメント Comm-A、アップリンク/ダウンリンク放送プロトコルおよびGICB）は、双方のIIコードで実行可能」の趣旨の文言追記
▼	3.1.2.5.2.1.2 .3の Note	Noteの全文削除
▼	3.1.2.5.2.1.2.4	追加項に伴う項番号の変更
▼	3.1.2.5.2.2.1 Note	「CA=1~3を用いるトランスポンダは、データリンクケイパビリティレポートを配信する。GICB、航空機ID、ACAS RAおよびダウンリンク放送を除くデータリンク機能はこれらのトランスポンダには適用されない」趣旨の文言追加
▼	3.1.2.6.1.4.1 a)	文中の項番号変更3.1.2.5.2.1.2.3

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		⇒ 3.1.2.5.2.1.2.3
▼	3.1.2.6.1.4.1 f)	SD中のSAS(surface antenna subfield)の定義の変更。「SASは、(1)トランスポンダがsurfaceフォーマットで送信する拡張スキッタ、(2)トランスポンダがon-the-ground statusで送信する場合の捕捉スキッタに使用されるトランスポンダの送信アンテナを選択できること。」という趣旨の変更および追加。
▼	3.1.2.6.1.4.1 g)	文中の項番号変更：3.1.2.5.2.1.2.2 ⇒ 3.1.2.5.2.1.2.4
▼	3.1.2.6.5.1	FSの定義の小変更 「6: not assigned」⇒「reserved」
▼	3.1.2.6.5.4 d)	文中の参照項番号変更 「3.1.1.7.12.2.3」⇒「3.1.2.6.5.4.c」
▼	3.1.2.6.5.4 f)	AC(altitude code)の「0」の定義に次の文言追加 「または高度が正しくないと判ったとき」
▼	3.1.2.6.10.1.2	Ground report に次の趣旨の文言を追加 「航空機のon-the-ground statusはFS、VSおよびCA(3.1.2.8.1.1)にてレポートされること。自動でon-the-ground状態を示す手段（例えばホイール荷重/ステータススイッチ）がトランスポンダのインタフェースで有効なら、これをバーチャルステータスのレポートの基準とすること。」「on-the-ground状態を自動でトランスポンダインタフェースに示せないものは、FSおよびVSは、航空機が飛行中を示し、CAフィールドは、航空機が「飛行中または地上にある（CA=6）」ことを示すこと。」
▼	3.1.2.6.10.2.2	データリンクケイパビリティレポートに関して次の文言の追加。 「本レジスタの定義は、Annex10、Vol. IIIの5.2.9.2項に示す」
▼	3.1.2.6.10.3	「宣言されたon-the ground statusの確認」項の追加
▼	3.1.2.6.10.3 note	Noteとして次の文章を追加 「バーチャルステータスを決定する自動手段を備えた航空機について、CAフィールドが、航空機が飛行中か地上にあるかを通知する。ACAS IIは航空機がシヨートまたは拡張スキッタを用い、双方がCAフィールドを含んでいることを捕らえる。航空機がon-the-ground statusを通知する場合、不要な質問を低減するため、当該航空機にACAS IIは質問をしない。」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		航空機が拡張スキットメッセージによる通知能力がある場合、これらのメッセージを作成する機能は、航空機の on-the-ground 通知が実際は飛行中であると確認するのに有効な情報をもつ。
▼	3.1.2.6.10.3.1	<p>項目と 下記文章および table3-5A の新規追加</p> <p>「on-the-ground 状態を自動で決定できる手段を備え、拡張スキットメッセージ作成機能がある航空機は、以下のバリデーションチェックを行うこと；</p> <p>もし自動判定の air/ground status が無効、或いは飛行中なら、バリデーションは実行しない。</p> <p>自動判定の air/ground status が有効で on the ground 状態が通知されている場合、表 3-5A にビークルカテゴリとして示される条件を満足するなら、その air/ground status は上書きし「飛行中」に変更されること」</p> <p>Table 3-5A on-the-ground status の検証 （「飛行中」の条件をカテゴリ別に示す表。表は割愛）</p>
▼	3.1.2.6.10.3.1 note	下記 note の追加 「この試験機能は、拡張スキットメッセージ作成機能を持つ航空機のみにあるが、この機能は全ての航空機に有用である。」
▼	3.1.2.6.11.2.2 note1	「GICB」⇒「トランスポンダ」への文言修正
▼	3.1.2.6.11.2.2 note2	既存文章を削除し、下記文章に変更 「本節に定義するレジスタは、航空機 ID(3.1.2.9.1.2)、データリンクケイパビリティ通知(3.1.2.6.10.2.2)、拡張スキット(3.1.2.8.6.2) および DAPs(3.1.2.10.5.2.3)用である。」
▼	3.1.2.6.11.4.6	項番と下記文言の追加 「Comm-B 放送のデータフォーマットは、Annex10、Vol. III、Part1 の Chapter5 の Appendix I に規定される。」
▼	3.1.2.8.5.2	Acquisition squitter rate に時間の量子化条件を追加 「15 ミリ秒以下の時間量子化を用いる」
▼	3.1.2.8.5.3 b)	Acquisition squitter のアンテナ選択に条件追加 「SAS コマンドがない場合、デフォルトとしてトップアンテナのみを使用する」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.8.6.2	ME (Message , extended squitter) の定義に文章追加 「拡張スキッタに用いている個々のレジスタ (BDS 0, 5; BDS 0, 6; BDS 0, 7; BDS 0, 8; BDS 0, 9; BDS 0, A) のフォーマットと更新シートは、Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix1 に示す。」
▼	3.1.2.8.6.2 note	下記 note の追加 「トランスポンダレジスタフォーマットおよびデータソースのガイダンスマテリアルは ICAO の Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688) にある。」
▼	3.1.2.8.6.3.1.2	ACS, altitude code subfield in ME に文言追加 ① 「・・・トランスポンダは航法装置に由来する高度または・・・」 ② 「気圧高度を通知するときは・・・」
▼	3.1.2.8.6.3.1.3	Control of ACS reporting の定義の文言削除と追加 「・・・1 ビットの高度タイプサブフィールド (ATS) (3.1.2.8.6.8.2) の値が 0 のとき発生する」を削除。 「・・・3.1.2.8.6.8.2 に規定する高度タイプサブフィールド (ATS) による」および「ATS=1 のときには ACS への気圧高度データ挿入を禁止する」趣旨の文言追加修正。
▼	3.1.2.8.6.4.1	下記文言の修正 「GICB registers」⇒ 「transponder registers」 「extended」の位置修正
▼	3.1.2.8.6.4.1 note1	下記文言修正と文章の追加 「long squitters」⇒ 「extended squitters」 「スキッタタイプのレジスタへの入力」が 60 秒停止したら、スキッタタイプの放送は、データ入力再開するまで止める」
▼	3.1.2.8.6.4.1 note2	下記 note の追加 「タイムアウト (3.1.2.8.6.6) 後、このスキッタタイプは ME フィールド=0 に示される。」
▼	3.1.2.8.6.4.2	下記文言の追加 「15 ミリ秒以下の時間量子化を用いる」
▼	3.1.2.8.6.4.3	下記文言を 2 箇所追加 「15 ミリ秒以下の時間量子化を用いる」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.8.6.4.4	Aircraft identification squitter rateの規定に； ①下記文言を2箇所を追記 「15 ミリ秒以下の時間量子化を用いる」 ②当該スキッタのレート幅を変更 「9.6 から 10.4 秒」⇒「9.8 から 10.2 秒」
▼	3.1.2.8.6.4.5	下記文章を追記 「15 ミリ秒以下の時間量子化を用いる」
▼	3.1.2.8.6.6	項番と文章の追加 「拡張スキッタの送信の終了は Annex10、Vol. III、Part1 に示される」
▼	3.1.2.8.6.8.1 note2	下記文章の追加 「moving の決定方法の詳細は、Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix1 の表 A-2.7 を参照」
▼	3.1.2.8.6.8.2	ATS, Altitude type subfield in MBの規定で下記を変更追記 ①「airborne extended squitter」⇒「airborne position extended squitter」 ②「GICB register」⇒「transponder register」 ③「コーディング=0：トランスポンダレジスタの 05hex の ACS(3.1.2.8.6.3.1.2)に気圧高度を通知していることを示す」の趣旨の文章修正 ④「コーディング=1：トランスポンダレジスタの 05hex の ACS(3.1.2.8.6.3.1.2)に航法装置由来の高度を通知していることを示す」趣旨の文章修正
▼	3.1.2.8.6.8.2 note	本 note と下記文章の追加 「トランスポンダレジスタ 05hex と 07hex の内容の詳細は Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix を参照」
▼	3.1.2.8.6.10	項番と文章の追加 「Compact Position Reporting (CPR)を用いた緯度経度のコーディング； モード S 拡張スキッタは、緯度・経度をエンコードし効率的にメッセージに載せる CPR を用いる。 CPR によるエンコード/デコード手法は Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix1 の式に適合すること」
▼	3.1.2.8.7	「拡張スキッタ/非トランスポンダ (ES/NT)、ダウンリンクフォーマット 18」に関する規定を新規追加

Annex10 該当部分		改定内容					
マ		<table border="1"> <tr> <td>10010</td> <td>CF:3</td> <td>AA:24</td> <td>ME:56</td> <td>PI:24</td> </tr> </table> <p>「note このフォーマットは、モード S トランスポンダに搭載されないような非トランスポンダ装置の拡張スキッタによる ADS-B メッセージの送信をサポートする。分離したフォーマットは、ACAS II 或いは拡張スキッタ地上局が、非トランスポンダ装置に質問することを防止するよう明確に示すことに使用する。」</p>	10010	CF:3	AA:24	ME:56	PI:24
10010	CF:3	AA:24	ME:56	PI:24			
▼	3.1.2.8.7.1	<p>ES/NT format :</p> <p>ES/NT に用いるフォーマットは、下記のフィールドを持つ 112 ビットのダウンリンクフォーマット (DF=18) であること。</p> <p>フィールド 参照</p> <p>DF ダウンリンクフォーマット 3.1.2.3.2.1.2</p> <p>CF コントロールフィールド 3.1.2.8.7.2</p> <p>AA アドレス通知 3.1.2.5.2.2.2</p> <p>ME メッセージ拡張スキッタ 3.1.2.8.6.2</p> <p>PI パリティ/インタロゲータ識別 3.1.2.3.2.1.4</p> <p>PI フィールドは、I または SI を 0 でエンコードすること。</p>					
▼	3.1.2.8.7.2	<p>Control field :</p> <p>DF=18 の中の本 3 ビット (6-8) ダウンリンクフィールドは、112 ビット送信フォーマットの定義に使用される。</p> <p>Code 0 : ADS-B</p> <p>Code 1~7 : 予約済</p>					
▼	3.1.2.8.7.3	ES/NT squitter type					
▼	3.1.2.8.7.3.1	<p>Airborne position squitter :</p> <p>Airborne position type ES/NT は、3.1.2.8.6.2 に規定された ME フィールドを含むレジスタ 05hex のフォーマットを持つ DF=18 を使用すること</p>					

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼ マ	3.1.2.8.7.3.2	Surface position squitter : Surface position type ES/NT は、3.1.2.8.6.2 に規定された ME フィールドを含むレジスタ 06hex のフォーマットを持つ DF=18 を使用すること
▼ マ	3.1.2.8.7.3.3	Aircraft identification squitter : Aircraft identification type ES/NT は、3.1.2.8.6.2 に規定された ME フィールドを含むレジスタ 08hex のフォーマットを持つ DF=18 を使用すること
▼ マ	3.1.2.8.7.3.4	Airborne velocity squitter : Airborne velocity type ES/NT は、3.1.2.8.6.2 に規定された ME フィールドを含むレジスタ 09hex のフォーマットを持つ DF=18 を使用すること
▼ マ	3.1.2.8.7.3.5	Event-driven squitter : Event-driven type ES/NT は、3.1.2.8.6.2 に規定された ME フィールドを含むレジスタ 0Ahex のフォーマットを持つ DF=18 を使用すること
▼ マ	3.1.2.8.7.4	ES/NT squitter rate
▼ マ	3.1.2.8.7.4.1	Initialization : 電源立ち上げ時の初期化にて、NT デバイスは、スキッタを全く出さないモードで動作を開始すること。 NT デバイスは、スキッタタイプに応じた ME フィールドのデータが有効になったとき airborne position、surface position、airborne velocity および航空機 ID の ES/NT スキッタ送信を開始すること。 この決定は、それぞれのスキッタタイプ個別に実行すること。 ES/NT スキッタを送信するとき、送信レートは3.1.2.8.6.4.2 から3.1.2.8.6.4.6 項に示すものであること。
▼ マ	3.1.2.8.7.4.1 note1	これは、位置、速度或いは ID を通知できない航空機からの拡張スキッタの送信を抑制する。 もし、スキッタタイプのレジスタ入力に60秒停止したら、この拡張スキッタタイプの送信はデータ入力再入力まで 停止すること 。
▼ マ	3.1.2.8.7.4.1 note2	タイムアウト(3.1.2.8.7.6)後、当該スキッタタイプは ME フィールドがオール0である。

Annex10 該当部分		改定内容
▼	3.1.2.8.7.4.2	Delayed transmission : ES/NT スキッタ送信は、NT デバイスが他のスキッタタイプの送信でビジーの場合遅延する。
マ		
▼	3.1.2.8.7.4.2.1	遅延したスキッタは、NT デバイスが送信可能になったら速やかに送信すること。
マ		
▼	3.1.2.8.7.5	ES/NT antenna selection : アンテナダイバシティ (3.1.2.10.4) で動作する NT デバイスは、ES/NT スキッタを次のように送信すること ; a) airborne (3.1.2.8.6.7) の場合、NT デバイスは個々のタイプの ES/NT スキッタを交互に 2 つのアンテナから送信すること b) on the surface (3.1.2.8.6.7) の場合、NT デバイスは、ES/NT スキッタをトップアンテナで送信すること
マ		
▼	3.1.2.8.7.6	Register timeout : NT デバイスは、airborne position、surface position および velocity のメッセージに用いるレジスタが、前の更新から 2 秒以内に更新されないとき、これらレジスタの 56 ビット全てをクリアすること。 本タイムアウトは、個々のレジスタについて別々に決定すること。 拡張スキッタの送信終了は、Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix の A.2.4.3 に規定される。
マ		
▼	3.1.2.8.7.6 note	これらのレジスタは、古い位置、速度情報の通知を防ぐためにクリアされる。
マ		
▼	3.1.2.8.7.7	Airborne/surface state determination : on-the-ground 状態を自動判定する手段を持つ航空機は、このインプットを airborne または surface メッセージタイプの選択に用いること。 このような手段を持たない航空機は、airborne type メッセージで通知すること。
マ		
▼	3.1.2.8.7.8	Surface squitter rate control : 毎秒 1 回、Annex10、Vol. III、Part1、Chapter5 の Appendix1 の表 A2-7 に規定する航空機の運動に関するアルゴリズムを実行すること。
マ		
▼	3.1.2.8.8	Extended squitter Military Application, Downlink Format 19 :
		10011 AF:3

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.8.8.1	<p>note このフォーマットは、ミリタリ応用のサポートにおいて、拡張スキッタによる ADS-B メッセージの送信をサポートする。</p> <p>Military format : DF=19 で用いるフォーマットは、下記フィールドを持つ 112 ビットのダウンリンクフォーマットである。</p> <p>フィールド 参照項 DF ダウンリンクフォーマット 3.1.2.3.2.1.2 AF 制御フィールド 3.1.2.8.8.2</p>
▼	3.1.2.8.8.2	<p>Application fielded : DF=19 の本 3 ビット (6-8) は 112 ビット送信フォーマットの定義に使用される。 Code 0 ~7 : 予約済</p>
▼	3.1.2.8.9	Extended squitter maximum transmission rate
▼	3.1.2.8.9.1	何れの拡張スキッタ機能搭載装置による拡張スキッタ (DF=17, 18 or 19) の送信最大数は、6.2 回/秒を超えないこと。
●	3.1.2.10.3.10	Inhibition of replies の規定の一部を下記に修正
マ		① 「A/C/S オールコールおよびモード S 専用オールコール質問への応答は、航空機が <u>on-the-ground state</u> を宣言するときに、常に禁止されること。」
●	3.1.2.10.3.10.1	② 「for acquisition squitter transmission」を削除
マ		勧告 : 航空機は、自動で on-the-ground state を決定する手段を備え、トランスポンダへその情報を提供すること
●	3.1.2.10.3.10.2	勧告 :
マ		モード A/C 応答は航空機が地上にある場合には、非常に接近したインタロゲータ或いは他の航空機があるときの干渉を避けるため、禁止すること
●	3.1.2.10.3.10.2	note から下記文章を削除
マ	note	「In some installation Mode A/C replies may be inhibited when the aircraft is on the ground to prevent interference

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		when in close proximity to an interrogator or other aircraft.」
●	3.1.2.10.3.10.3	Inhibition of squitter transmission: 航空機が飛行中か地上かを考慮しない3.1.2.8.6に規定する場合以外の拡張スキッタの送信の禁止または、3.1.2.8.5に規定する以外の捕捉スキッタの送信の禁止は不可能である
●	3.1.2.10.3.10.3 note	note スキッタの禁止に関する追加情報として、the Manual of the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684)を参照
●	3.1.2.10.5.2.3	Data formats for downlink aircraft parameter (DAP) standard length transactions : ダウンリンク標準長トランザクションインタフェースは、地上に対して downlink aircraft parameters (DAPs) の送信が可能なトランスポンダがこれらを配信するのに使用される。 個々の DAP は Comm-B フォーマット (MB フィールド) に載せられ、地上喚起 Comm-B (GICB) プロトコルまたは、MSP ダウンリンクチャネル3のデータフラッシュアプリケーション (Annex10, Vol. III, Part1, Chapter5の Appendix1に定義) を用いて抽出できる。 DAPs (BDS 1.7, BDS 1,8 から 1,C, BDS 1,D から 1,F, BDS 4,0, BDS 5,0, BDS 6,0) をサポートする個々のレジスタのフォーマットおよび更新レートは Annex10, Vol. III, Part1, Chapter5の Appendix1に定義される。 トランスポンダレジスタのフォーマットおよびデータソースのガイダンスマテリアルは、ICAO の Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688)にある。
●	3.1.2.10.5.2.3 note	トランスポンダレジスタのフォーマットおよびデータソースのガイダンスマテリアルは、ICAO の Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688)にある。
●	3.1.2.11.1.3.2	下記文言の削除 ① 「operating with an E-scan antenna」 ② 「or is operating with a rotating antenna」
●	3.1.2.11.1.3.2 note	数値の変更 「インタローゲータ間のサイドローブのセパレーションを保証するための代表的な最小間隔は 35km である」 (「25km」⇒「35km」)

(参照資料：2000年 SICASP/7-WP/55 Appendix A & Annex10 Vol. IV Amendment77)

3 ICAO SARPs Annex10 Vol. IV Amendment82 に関する改定内容 (参照資料 : 2004 年 SCRSP/1 WP/53)

階層	Annex10 該当部分	改定内容
□	表題	SARPs のタイトル変更 「Annex10 Volume IV- Surveillance , Radar and Collision Avoidance Systems」⇒ 「Annex10 Volume IV- Surveillance , Collision Avoidance and Conflict Resolution Systems」
▼	Table of contents	下記を新規追加 ① 「3. 1. 2. 8. 8 Extended Squitter Military Application, Downlink Format 19」 ② 「Chapter 5. Mode S extended squitter」 ③ 「5. 1 Mode S extended squitters transmitting system」 ④ 「5. 1. 1 ADS-B OUT requirements (Refer to sections 3. 1. 2. 8. 6, 3. 1. 2. 8. 7 and 3. 1. 2. 8. 8 of the SARPs). 」 ⑤ 「5. 1. 2 TIS-B OUT requirements」 ⑥ 「5. 2 Mode S extended squitters receiving system」
▼	Chapter Definitions	新規追加 Automatic dependent surveillance – broadcast (ADS-B). A surveillance technique, which provides the ability for aircraft, airport vehicles and other objects to automatically transmit and/or receive data such as identification, position and additional data as appropriate in a broadcast mode over a data link. Note. - <i>This technique can be achieved through different data links. The requirements for Mode S extended squitter are specified in Annex 10 Volume IV, chapter 5. The requirements for VDL Mode 4 are specified in Annex 10, Volume III, Part I, chapter 6, section 6. 9.</i>
▼	Chapter Definitions	ADS-B out の定義 Automatic dependent surveillance broadcast (ADS-B) out. A function on an aircraft or vehicle that periodically broadcasts its state vector (position and velocity) and other information derived from on-board systems in a format suitable for ADS-B in capable receivers.

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	Chapter 1 Definitions	ADS-B IN の定義 Automatic dependent surveillance Broadcast (ADS-B) IN. A function that receives surveillance data from ADS-B out data sources
▼	Chapter 1 Definitions	TIS-B IN の定義 Traffic Information Service Broadcast (TIS-B) IN. A surveillance function that surveillance data from TIS-B OUT data sources.
▼	Chapter 1 Definitions	(TIS-B) OUT の定義 Traffic Information Service-Broadcast (TIS-B) OUT. A function on the ground that periodically broadcasts the surveillance information made available by ground sensors in a format suitable for TIS-B IN capable receivers. Note. -- This technique can be achieved through different data links. The requirements for Mode S extended squitter are specified in Annex 10, Volume IV, Chapter 5. The requirements for VDL Mode 4 are specified in Annex 10, Volume III, Part I, Chapter 6, 6. X.
▼	2.1.3.2.2	① 「Recommendation」の削除 ② 「For aircraft with」⇒「For aircraft equipped with」の変更 ③ 「should」⇒「shall」への変更
▼	2.1.3.2.3 note	note の追加 「note. - モード A/C トランスポンダを搭載する新しい航空機は後にモード S トランスポンダを搭載するかもしれない。これを許容するために、航空機は気圧高度を 7.62m (25ft) 単位で通知可能な気圧高度ソースを持つことが望ましい。」
▼	2.1.3.2.5	下記の追加と削除 ① 「モード S トランスポンダを搭載する全ての新造機は 7.62m (25ft) またはこれより優れる気圧高度ソースを持つこと」 ② 「Mode S transponder equipped」の削除 ③ 「. . shall report pressure altitude encoded in 7.62 m (25 ft) increments in the AC field of Mode S replies from 1 January 2005」の削除
▼	2.1.3.2.6	勧告： モード S トランスポンダを搭載する全ての航空機は 7.62m (25ft) またはこれより優れる気圧高度ソースを持つこと」の追

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		加
▼	2.1.3.2.7	①項番の変更： 「2.1.3.2.6」⇒ 「2.1.3.2.7」 ②「モードS トランスポンダが気圧高度情報を 7.62m (25ft) 量子化またはより優れる単位を持つソースから得られないとき、通知する値は、航空機の 30.8m (100ft) 単位の不正確な計測値から得られた値であり、0 ビット(3.1.2.6.5.4(b))は 0 とすること」の趣旨の内容に変更
(□)	2.1.5.1.6	2.1.5.1.6 Extended squitter 下記の趣旨の文言追加 「・・・そして、これらの能力は ACAS クロスリンク運用(3.1.2.8.3 および 3.1.2.8.4)のために規定された」
●	2.1.5.1.8	Extended squitter non-transponder devices.
マ		「・・・5.1.1に規定する装置のクラスで明確にした送信電力レベルを除く」趣旨の文言の追加
□	2.3	「Features for in-flight operations of transponders」 の項の追加
□	2.3.1	勧告： 「特性は、航空輸送機が不法な干渉のある間トランスポンダシステムを無効にする可能性を最小にするようになっていること」の追加
□	2.3.1 note	note 「ガイダンスマテリアル ICAO Manual Doc 9684 2.3 節を参照」を追加
□	3.1 note1	note 「Chapter5にモードS 拡張スキッタに関する追加の要求が規定されている」の追加
●	3.1.1.7.8	Random triggering rate in the presence of low level in band CW interference. 「全てのモード A/C 応答の総合ランダムトリガーレートは、30 秒間の平均で周波数が 1030±0.2MHz で信号レベルが-60dBm 以下のコヒーレントでない CW 干渉があるときに毎秒 10 応答パルス群または抑圧を超えないこと」の趣旨の文章追加
●	3.1.1.7.11.1	note
マ	note	「空港面の車両の拡張スキッタの NT デバイスは 5.1.1.1 に規定されるように最小の出力電力で運用される」の追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容
●	3.1.2.1.4.1	<p>Pulse modulation.</p> <p>① 「インターモードおよびモードS質問は、3.1.2.1.5および表3-1、3-2、3-3、3-4に規定されたパルス列で構成される。」の趣旨に文言変更</p> <p>② 「The pulses which may be used to form a specific interrogation are designated P1, P2, P3, P4, P5 and P6. Pulse shapes shall be as defined in Table 3-1. All values are in microseconds.」の削除</p>
▼	3.1.2.3.2.4	<p>Formats reserved for military use.</p> <p>「アップリンクフォーマットは選択質問にのみ使用されること。アップリンクおよびダウンリンクフォーマットは、Annex10に規定されるRF電力、質問レート、応答レートおよびスキッタレートを超えないこと。」の趣旨の文章追加</p>
▼	3.1.2.3.2.4 note	<p>note</p> <p>「ミリタリアプリケーションは既存の1030/1090MHz環境に不正に影響しないこと」の趣旨の文章追加</p>
▼	Figure 3-7	「reserved」の追記
▼	Figure 3-8	「reserved」の追記
▼	3.1.2.4.1.2.3	<p>① b)の最後に「and」を追加</p> <p>② c)の文頭に「in the case of an all-call interrogation,」を追加し、文末に「and」を追加</p> <p>③ c)の文中に「・・・of a long air-air surveillance (ACAS) interrogation (UF-16)」の文言を追加</p>
▼	3.1.2.4.1.2.3	<p>「1つのモードS質問は 3.1.2.4.3 a)およびb)に規定された条件に合致し、トランスポンダがアップリンクされたComm-A質問(UF=20,21)のデータを処理する能力がなく、3.1.2.10.5.2.2.1に規定されたようにそれを出カインタフェースに示すとき受け付けられる。」の趣旨の文章の追記</p>
▼	3.1.2.5.2.1.2.3	<p>① 「Limited data link activity including single segment Comm-A, uplink and downlink broadcast protocols and GICB extraction may be performed by both II codes.」の削除</p> <p>② 下記noteの追加</p> <p>「1セグメントComm-A、アップリンク・ダウンリンク放送およびGICB抽出を含む限定されたデータリンク動作は双方のIIコードで実行される」</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4	<p>Operation based on lockout override</p> <p>note1 「モードS専用オールコールロックアウトオーバーライドは、フルモードS運用でユニークなIC(IIまたはSIコー</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.5.2.1.4.1	<p>ド) がアサインされないインタロゲータにモード S 機の捕捉の基本を提供する (重複カバレージで他のインタロゲータが同一 IC でロックアウトしないことと保障する保護された捕捉)」</p> <p>note2 「ロックアウトオーバーライドは如何なる IC コードの使用も可能」を追加</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4.1	<p>Maximum Mode S-only all-call interrogation rate</p> <p>「ロックアウトオーバーライドに基づく捕捉を用いるインタロゲータによるモード S 専用オールコール質問の最大レートは次のように応答確率による ;</p> <p>a) 応答確率が 1 の場合 : 3 質問/3dB ビームドウェルまたは 60 質問/秒の小さい方</p> <p>b) 応答確率が 0.5 の場合 : 5 質問/3dB ビームドウェルまたは 60 質問/秒の小さい方</p> <p>c) 応答確率が 0.25 またはこれより小さい場合 : 10 質問/3dB ビームドウェルまたは 125 質問/秒の小さい方</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4.1 note	<p>Note 「これらの制限は、ビームドウェル内の航空機の捕捉ができる最小の応答を維持しながら、本手法により生成される RF 汚染を最小にするために定義された」の趣旨の文章追加</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4.1	<p>Field content for a selectively addressed interrogator without an assigned Interrogator Code.</p> <p>あるインタロゲータが地域事務所からアロケーションの管理においてユニークな個別のインタロゲータコードをアサインされていないが、個別質問に I=0 の使用を承認されている。この場合、インタロゲーションフィールドの内容が下記に規定したロックアウトオーバーライドによる捕捉に続き個別質問が使用される</p> <p>UF = 4, 5, 20 or 21</p> <p>PC = 0</p> <p>RR = 16 if RRS = 0</p> <p>DI = 7</p> <p>IIS = 0</p> <p>LOS = 0 3.1.2.5.2.1.5 の規定を除く</p> <p>TMS = 0</p> <p>Note これらの規定は監視および GICB トランザクションを許容するが、質問からトランスポンダのマルチサイトロックアウトおよび通信プロトコル状態を保護する</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.5.2.1.5	<p>Supplementary acquisition using II equals 0</p> <p>Note1 3.1.2.5.2.1.4に定義した捕捉手法は多くの航空機の素早い捕捉を提供する。確率的な処理の特質により、同一ビーム内でレンジが接近（ローカルガブルゾーン）する多くの航空機の最後の航空機の捕捉をするために多くの質問ができる。II=0を使用した限定的な選択ロックアウトを用いることで、これらの航空機の捕捉能力は大きく改善する。</p> <p>Note2</p> <p>サプリメンタリ捕捉は、II=0のモードS専用オールコールによる捕捉に続き捕捉した航空機をII=0でロックアウトする。未捕捉でロックアウトのかわかっている航空機のみが応答し結果として捕捉を容易にする。</p>
▼	3.1.2.5.2.1.4.1	Lockout within a beam dwell
▼	3.1.2.5.2.1.4.1.1	<p>勧告：</p> <p>II=0のロックアウトをサプリメンタリ捕捉に用いるとき、捕捉されているビームドウェル内の全ての航空機はガブルゾーン内でないようII=0でロックアウトすること</p> <p>Note ビームドウェル内の全航空機のロックアウトはII=0によるオールコールフルーツを低減する</p>
▼	3.1.2.5.2.1.5.2	Duration of lockout
▼	3.1.2.5.2.1.5.2.1	<p>II=0によるサプリメンタリ捕捉を実行するインタロゲータはロックアウトコマンドを続く2スキャンを超えないでビームドウェル内のガブルゾーンを含む既捕捉ターゲットに送信し、48秒以内に繰り返さないこと</p> <p>Note</p> <p>ロックアウト時間の最小化は、II=0をサプリメンタリ捕捉に同様に用いる隣接インタロゲータとの捕捉の衝突確率を低減する</p> <p>勧告：</p> <p>サプリメンタリ捕捉のためのII=0のモードS専用オールコール質問は、ガブルゾーンにて2連続スキャンを超えないまたは最大18秒で実施すること</p>
▼	3.1.2.5.3	<p>Lockout protocol. に下記を追加</p> <p>... an interrogator <u>provided that</u>:</p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		<p>- インタロゲータは 0 でない IC コードを使用</p> <p>- 航空機はインタロゲータがロックアウトの使用を承認されたエリアに位置する</p>
▼	3.1.2.5.3 note2	<p>Note2</p> <p>地域の IC アロケーション団体は、個別質問およびロックアウトプロトコルの使用制限規則を規定する（例えば特定のエリアではロックアウトをしない、間欠ロックアウトを規定エリアで用いる、SI コード能力の無い航空機はロックアウトしない、・・・）</p>
▼	3.1.2.6.10.1.2	<p>Ground report.</p> <p>文中に下記文言を追加</p> <p>① 「the CA field .」 ⇒ 「the CA field <u>(3.1.2.5.2.2.1).</u>」</p> <p>② 「the reporting of status」 ⇒ 「the reporting of <u>on-the-ground status</u>」</p> <p>③ 「on-the-ground status」 ⇒ 「<u>on-the-ground status except as specified in 3.1.2.6.10.3.1.</u>」</p>
▼	3.1.2.6.10.2.2.2	<p>Updating of the data link capability report.</p> <p>下記文言を追加</p> <p>「data link capability status」 ⇒ 「data link capability status <u>(41-88)</u>」</p>
▼	3.1.2.6.10.2.2.3	<p>Zeroing of bits in the data link capability report</p> <p>下記文章の追加</p> <p>「トランスポンダのケイパビリティ情報が故障し少なくとも 4 秒に 1 回の更新レートで配信するときトランスポンダはデータリンクケイパビリティレポート（トランスポンダレジスタ 10hex）のビット 41 から 56 に 0 を挿入すること</p>
▼	3.1.2.6.10.2.2.3 note1	<p>下記を新規追加</p> <p>「ビット 1 から 8 は BDS1 および BDS2 コードを含む。ビット 16、37 から 40 は ACAS ケイパビリティ情報を含む。ビット 33 は、航空機 ID データの有効性を示しデータが、ADLP からでなく別のインタフェースから入力されトランスポンダによってセットされる。</p> <p>ビット 35 は SI コード表示である。これら全ビットはトランスポンダによって挿入される。</p>
▼	3.1.2.6.10.3	<p>文言の修正</p> <p>「Validation of declared on-the-ground status.」 ⇒ 「Validation of <u>automatic means for declaring the on-the-ground</u></p>

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.6.11.1.1.1 note	status. J 下記修正追記 「to the interrogator that the message has been received and stored by the transponder.」⇒ 「to the interrogator that the <u>interrogation has been accepted</u> by the transponder.」
▼	3.1.2.7.4.2.4	① Note1の追記 Note1 .-この最終セグメントの送信質問は何れのメッセージセグメントを含んでも可能 ②下記変更 「note」⇒「note2」
▼	3.1.2.7.6.1.1	①下記文言の削除 「If the enhanced protocols are supported, uplink ELMs delivered using the multisite protocol may be delivered without a prior reservation.」 ②下記noteの追加 「強化されたプロトコルがサポートされるならアップリンクELMは、先行する予約なしにマルチサイトプロトコルで送られる
▼	3.1.2.7.7.1.1.2	①下記文言の修正 「in the UM field and, if so, it may proceed to request」⇒「in the UM field and, if so, it is <u>authorised</u> to request」 ②下記文言の削除 「and a new reservation request may be made during the next scan.」 ③下記noteの追加 「note インタロゲータが予約サイトでないとき、新規の予約リクエストが次のスキャンで行われる
▼	3.1.2.7.9.1.1	①下記文言の削除 「If the enhanced protocols are supported, downlink ELMs delivered using the multisite-directed protocol may be delivered without a prior reservation.」 ②下記noteの追加

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.7.9.3.3	<p>「note 強化されたプロトコルがサポートされるならマルチサイトディレクテッドプロトコルを用いるダウンリンクELMの送信は、予め予約なしで配信される</p> <p>下記の文言修正</p> <p>「 and, if so, it may proceed to request delivery of the downlink ELM. The delivery shall be performed as specified in 3.1.2.7.7.2.」 ⇒ 「. <u>The delivery shall only be requested if it is the reserved site and shall be as specified in 3.1.2.7.7.2.</u>」</p>
▼	3.1.2.8.1.2	<p>Reply length.</p> <p>①コーディング定義の変更 「1 signifies no reply」⇒ 「1 signifies <u>a reply with DF=16</u>」</p> <p>②note を下記文章に変更 「DF=16 をサポートしない (ACAS クロスリンク能力をサポートせず、航空機衝突防止装置と結合しない) トランスポンダは RL=1 の UF=0 質問に回答しない」</p>
▼	3.1.2.8.6.3.1.3	<p>Control of ACS reporting. 下記文章を追加 「Transponder insertion of barometric altitude data in the ACS subfield shall take place when the ATS subfield has the value of ZERO.」</p>
▼	3.1.2.8.6.7	<p>Airborne/surface state determination. 下記文章を追加 「・表3-10に規定したものを除く。本表の使用は、電波高度計と最小として大気速度または対地速度データが提供される航空機にのみ適用可能。そうでなければ、大気速度および対地速度データが提供される規定されたカテゴリの航空機は次のとき surface format を放送すること airspeed < 50 knots AND ground speed < 50 knots note この技術を使うとCAフィールドのair ground statusが「飛行中またはon the ground」を示すとき surface position format が送信される</p>
▼	Table 3-10	表3-10 on-the-ground の自動判定手段のない surface format の放送

階層	Annex10 該当部分	改定内容					
▼	3.1.2.8.6.11	(表は省略) Data insertion. トランスポンダがairborne position squitter を送信する時刻と判断したとき、気圧高度の現在値（もしATSサブフィールド:3.1.2.8.6.2で禁止されてなかったら）と監視ステータスをレジスタ05hexの最適なフィールドにのせる。このレジスタの内容は、DF=17のMEフィールドに載せられ送信される。					
▼	3.1.2.8.6.11 note	Note. - この方法による挿入は次を保証する (1) スキッタが最新の高度と監視ステータスを持つ (2) レジスタ 05hex の地上からの読み取りは確実に同じ情報をモードS監視応答の AC フィールドとして得る					
▼	3.1.2.8.7	①文言修正 Extended squitter / supplementary, downlink format 18 ②AA と ME の標記削除					
		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">10010</td> <td style="padding: 2px;">CF:3</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">PI:24</td> </tr> </table>	10010	CF:3			PI:24
10010	CF:3			PI:24			
		③下記変更 「note」⇒「note 1」 ④note2 の追加 「note2 このフォーマットも ADS-B に関連した TIS-B のようなサービスの地上からの放送に用いる」 ⑤note3 の追加 「note3 DF=18 送信のフォーマットは CF フィールドの値で定義される」					
▼	3.1.2.8.7.1	ES supplementary format ES supplementary に使用する本フォーマットは 112 ビットのダウンリンクフォーマット (DF=18) で次のフィールドを含んでいる DF ダウンリンクフォーマット 3.1.2.3.2.1.2					
		ファイルド 参照 3.1.2.3.2.1.2					

階層	Annex10 該当部分	改定内容					
		<p>CF 制御フィールド 3.1.2.8.7.2</p> <p>PI パリティ/インタロゲータ識別 3.1.2.3.2.1.4</p> <p>PI フィールドは 11=0 でエンコードされる</p>					
▼	3.1.2.8.7.2	<p>Codeの定義の修正追加</p> <p>Code0 : 拡張スキッタ/非トランスポンダのADS-B ES/NTデバイスにはICAO24ビットアドレスをAAフィールド(3.1.2.8.7)に入れて通知</p> <p>Code1 : AAフィールドに他のアドレッシング技術を使用するES/NTデバイスのADS-Bに予約済</p> <p>Code2 : TIS-BメッセージのFINE FORMAT</p> <p>Code3 : TIS-BメッセージのCOARSE FORMAT</p> <p>Code4 : TIS-Bマネジメントメッセージに予約</p> <p>Code5 : 秘匿24ビットアドレスADS-Bメッセージに関連したTIS-Bメッセージ</p> <p>Code6 : DF=17のADS-Bメッセージに定義したものと同一タイプコードとメッセージを使用するADS-B放送</p> <p>Code7 : 予約済</p>					
▼	3.1.2.8.7.3	<p>ADS-B for extended squitter/non transponder (ES/NT) device</p> <table border="1" data-bbox="976 584 1034 1283"> <tr> <td>10010</td> <td>CF=0</td> <td>AA:24</td> <td>ME:56</td> <td>PI:24</td> </tr> </table>	10010	CF=0	AA:24	ME:56	PI:24
10010	CF=0	AA:24	ME:56	PI:24			
▼	3.1.2.8.7.3.1	<p>ES/NT format</p> <p>ES/NTIに使用するフォーマットは112ビットのダウンリンクフォーマット(DF=18)であり次のフィールドを含む</p> <p>フィールド 参照</p> <p>DF ダウンリンクフォーマット 3.1.2.3.2.1.2</p> <p>CF 制御フィールド=0 3.1.2.8.7.2</p>					

階層	Annex10 該当部分	改定内容
		AA アドレス通知 3.1.2.5.2.2.2 ME メッセージ拡張スキッタ 3.1.2.8.6.2 PI パリティ/インタロゲータ識別 3.1.2.3.2.1.4
▼	3.1.2.8.7.3.2	PI フィールドは II=0 でエンコードされること ES/NT squitter types
▼	3.1.2.8.7.3.2.1	項番変更 「3.1.2.8.7.3.1」⇒「3.1.2.8.7.3.2.1」
▼	3.1.2.8.7.3.2.2	項番変更 「3.1.2.8.7.3.2」⇒「3.1.2.8.7.3.2.2」
▼	3.1.2.8.7.3.2.3	項番変更 「3.1.2.8.7.3.3」⇒「3.1.2.8.7.3.2.3」
▼	3.1.2.8.7.3.2.4	項番変更 「3.1.2.8.7.3.4」⇒「3.1.2.8.7.3.2.4」
▼	3.1.2.8.7.3.2.5	項番変更 「3.1.2.8.7.3.5」⇒「3.1.2.8.7.3.2.5」
▼	3.1.2.8.7.3.3	項番変更 「3.1.2.8.7.4」⇒「3.1.2.8.7.3.3」
▼	3.1.2.8.7.3.3.1	①項番変更 「3.1.2.8.7.4.1」⇒「3.1.2.8.7.3.3.1」 ②note に文言追加 「・ until data insertion resumes, except for an ES/NT device operating on the surface (as specified in Annex10, VolumeⅢ, Part 1, Appendix 2 to Chapter 5, paragraph 2.4.4)」
▼	3.1.2.8.7.4.3.3.2	項番号変更 「3.1.2.8.7.4.2」⇒「3.1.2.8.7.4.3.3.2」

階層	Annex10 該当部分	改定内容
▼	3.1.2.8.7.3.3.2.1	項番号変更 「3.1.2.8.7.4.2.1」⇒「3.1.2.8.7.3.3.2.1」
▼	3.1.2.8.7.3.3.3	項番号変更 「3.1.2.8.7.5」⇒「3.1.2.8.7.3.3.3」 文言削除 「the two antennas and」⇒「the two antennas;」
▼	3.1.2.8.7.3.3.4	項番号変更 「3.1.2.8.7.6」⇒「3.1.2.8.7.3.3.4」 Register timeout. 下記文言を末尾に追加 「and Appendix 2 to Chapter 5, paragraph 2.4.4.」
▼	3.1.2.8.7.3.3.5	項番号変更 「3.1.2.8.7.7」⇒「3.1.2.8.7.3.3.5」 Airborne/surface state determination. 下記文言の追加 ① 「 <u>・ ・ surface message types except as specified in 3.1.2.6.10.3.1.</u> 」 ② 「 <u>・ ・ airborne type messages, except as specified in 3.1.2.8.6.7.</u> 」 Noteに下記文言の追加 「 <u>Mode A/C interrogation pulses and low level in band CW interference.</u> 」
▼	3.1.2.8.7.3.3.6	項番号変更 「3.1.2.8.7.8」⇒「3.1.2.8.7.3.3.6」
●	3.1.2.10.1.1.4	Reply ratio in the presence of low level in band CW interference. 周波数が 1030±0.2MHz、信号レベルが目的とするモード S 質問信号レベルより 20dB 以上低いコヒーレン トでない CW 干渉があるとき、トランスポンダは少なくとも質問の 90%には正確に応答すること
●	3.1.2.10.1.1.5	Spurious response

階層	Annex10 該当部分	改定内容
●	3.1.2.10.3.5.1	Unwanted Mode S replies in the presence of low level in band CW interference. 周波数が 1030±0.2MHz、信号レベルが-60dBm 以下のコヒーレントでない CW 干渉があり、確実な質問信号がないとき、モード S トランスポンダは不要なモード S 応答を 10 秒に 1 回より多く発生しないこと
●	3.1.2.10.5.1.3	Variable direct data. 下記変更 「may」⇒「can」
	Chapter5	新規 Chapter の一括追加 Chapter5 Mode S extended squitter



電波法令に影響する箇所を示す。

MLATが必要とする覆域の空中線電力の考察

MLATは、空港面を監視対象としているため、空港面に進入してくる目標、又は空港から出発する目標について捕捉する必要がある。このため、EUROCAE ED-117 よると、空港面より若干広い5NMから監視を行うこととしている。

ある送受信局から5NM離れた地点までの自由空間の伝播損失は、

$$L_{\text{pass}} = \left\{ \frac{\lambda}{4\pi R} \right\}^2 = -32.6985 - 20 \log R$$

ここで、 $\lambda = 3 \times 10^8 / 1,030 \times 10^6 \text{ m} = 0.29 \text{ m}$

から

$$L_{5\text{NM}} = -112.0 \text{ dB}$$

となる。

一方、航空機に搭載されているモードSのトランスポンダの受信装置の感度の条件は、ICAO Annex10に

3.1.1.7.5 Receiver Sensitivity and Dynamic Range

3.1.1.7.5.1 The minimum triggering level of the transponder shall be such that replies are generated to at least 90 per cent of the interrogationsignals when:

- a) the power pulses P1 and P3 constituting an interrogation are of equal amplitude and P2 is not detected; and
- b) the amplitude of these signals is nominally 71dB below 1mW, with limits between 69dB and 77dB below 1mW.

と規定があり、応答率が90パーセントになるためのトランスポンダ受信装置入力は-69dBmである。給電線損失=3.0dBとすると、送信側に必要な空中線電力は

$$P_{\text{out}_{5\text{NM}}} = 112.0 \text{ dB} - 69 \text{ dBm} + 3.0 \text{ dB} = 46 \text{ dBm}$$

となる。

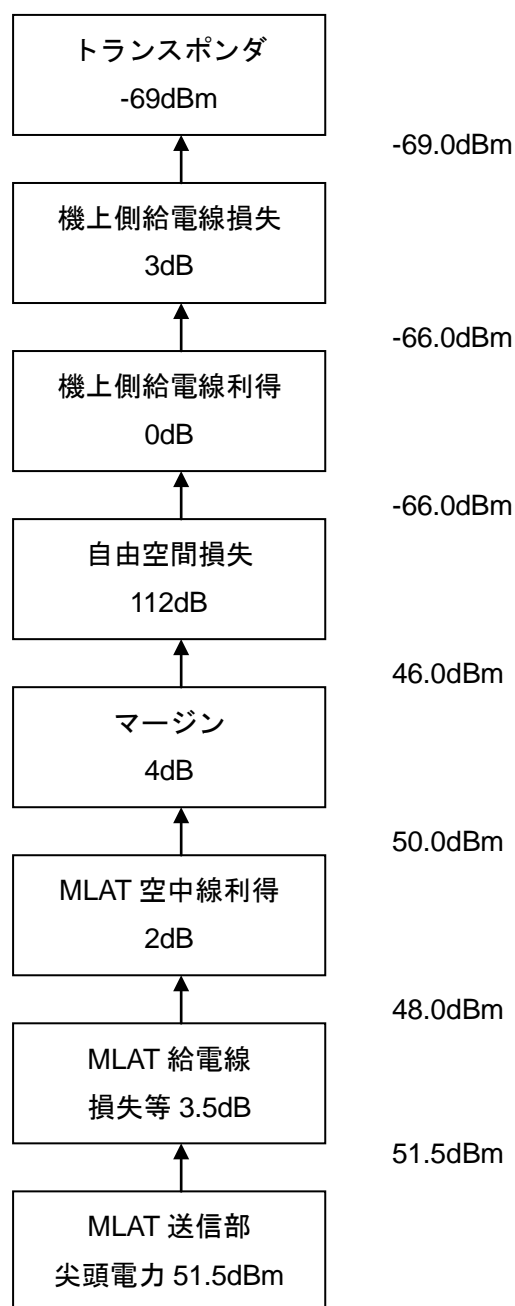
さらに、ICAOのManual of SSR Systems (Doc9684)によれば、4dBのマージンを必要とする。

また、MLAT-07の空中線利得を2dBとし、給電損失(3dB)とコネクタ部損失(0.5dB)を計上する。

$$P_{out} = 46\text{dBm} + 4\text{dB} - 2\text{dB} + 3\text{dB} + 0.5\text{dB} = 51.5\text{dBm} (141.3\text{W})$$

となる。

以上から、MLATの送信部の出力を150Wと導くことが可能となる。



空港面のモード S 拡張スキッタ信号環境

概要

空港面においてモード S 拡張スキッタ信号を送受信する場合の 1090MHz 信号環境についてまとめる。

空港面の受信機にて観測される 1090MHz 信号環境は、通常空域内信号環境と比較してマルチパス干渉の原因となる反射物体の立体角が比較的大きく、マルチパス反射の影響が大きい。

また、空港面にて ADS-B やマルチラレーションを使用する場合、ATC トランスポンダが密集運用される影響を配慮する必要がある。特に、ATC トランスポンダが、マルチパス干渉を伴う質問信号や低電力の質問信号を誤解釈する現象を無視することはできない。

空港面の 1090MHz 信号環境

1090MHz 信号環境は、次の二つの要素から構成される。

- ・ 1030MHz 帯域の信号を ATC トランスポンダが質問信号として受信解読したものへの応答信号
- ・ ATC トランスポンダによるスキッタ信号の送信

空港面において観測される 1090MHz 信号環境は、次のような特徴がある。

- ・ 地上の ATC トランスポンダがスキッタ信号と一部の応答信号を送信
- ・ 周辺を飛行中のトランスポンダが背景となる信号環境を形成
- ・ 格納庫など大きな平面を持つ建築物によるマルチパス発生が顕著

質問信号に対するマルチパスの影響

空港面では質問信号や SLS (Side Lobe Suppression) 信号にマルチパス反射波が重畳するため、トランスポンダの信号解読が正常に機能しない場合がある。

- ・ 質問信号のマルチパス反射にトランスポンダが応答する
- ・ 質問信号にマルチパス反射が重畳し、別の信号に誤解釈される
- ・ SLS 信号にマルチパス反射が重畳し、SLS 機能が動作しない

応答信号に対するマルチパスの影響

マルチパスの発生によりモード S 拡張スキッタ信号に干渉する信号の統計的性質が変化する (小瀬木:「空港面のモード S 拡張スキッタ信号環境」、電子情

報通信学会総合全国大会、2008年3月。

- ・ 直接波に対するマルチパス波の受信電力の減衰量は、最も少ない場合で約 6dB (RTCA の DME 規格、ENRI 測定で確認)
- ・ 受信処理方式によりモード S 拡張スキッタの解読性能に大差があるが既存技術により実用的な性能を実現済み
 - 固定閾値ではマルチパス干渉により高率で解読不能
 - 直接波受信電力から 6dB 下までの間に閾値を動的に設定する可変閾値ではマルチパス干渉の影響を受けにくい(ACAS 受信機に使用されている既存技術)

計算方法の確認

上記の想定を用いて、地上の ATC トランスポンダで受信される 1030MHz 信号数を概算し、これにトランスポンダの応答率と ICAO 規格に定められたスキッタ信号送信レートを用いて応答信号数とスキッタなど 1090MHz 信号数を概算した。信号環境を考える位置に ATC トランスポンダ (試行トランスポンダ) を置いたと想定し、そこで ATC トランスポンダが受信解読する質問信号、その結果に応じて送信する応答信号を算出する。

1030MHz の信号環境は、考えている地域にある SSR、IFF、ACAS 等の質問信号発生量を元に概算した。考える SSR 等は、試行トランスポンダを覆域内に持つ物を選択する。質問信号の送信電力、ATC トランスポンダの受信機感度、各機材のアンテナ利得や給電系損失は、公称値を用いた。

ただし、前述のように、ATC トランスポンダが解読する信号の数はこれらの機材が送信する質問信号発生量とは異なる値になるため、次の手順を用いた。

最初に、ATC トランスポンダの信号受信範囲内にある SSR 等の 1030MHz 信号送信機器の数と各機器の信号送信数を信号モード毎に想定する。この想定値を用いて、ATC トランスポンダに受信される信号の発生量を信号モード毎に算出する。

次に、マルチパス干渉による信号誤解読の影響を配慮して補正を加える。この計算では、マルチパスが質問信号解読に与える影響を考えて、トランスポンダ受信機のデコーダが検出する信号数を求めている。ここでは、1090MHz 信号環境に影響を与える現象として、SSR のサイドローブ抑圧 (SLS) 信号が質問信号に誤解読される現象 (SLS の機能不全) や別方向へのメインビーム送信信号の反射波への応答を考える。SLS 信号は、SSR のアンテナサイドローブ方向に送信される信号であるため、メインビームより受信電力が低く、またアンテナの回転方向に応じて大きく変化する。このため、SSR との距離に応じて受信率を想定する。SSR から 5NM 以内では、受信率 0.9 を想定している。10NM を超

える場合は、希に発生する SLS パンチアウト現象を配慮して、受信率 0.01 を想定している。これらの受信率は、アンテナサイドローブの信号受信電力が ATC トランスポンダの MTL を超える方向の割合を用いて概算できる。このようにして得られる SLS 信号受信数に、マルチパスによる誤解読発生率をかける事により、マルチパスが原因で発生する誤解読による質問信号数を算出できる。誤解読発生率は、SSR、ATC トランスポンダ、反射物体の位置関係や反射物体の材質や反射面の状態により変化する。空港面の特定の位置では誤解読率がほぼ 100% になるが、別の場所では 0% である。P1 パルスマルチパス遅延時間が 1.2~1.85 μ s の範囲にある場合に P2 パルスの検出が妨害されるため、誤解読率が高くなるためである。この遅延時間の範囲は、伝搬距離差にして 360~555m の約 200m の範囲に相当する。これを用いてインタロゲータとトランスポンダを焦点とする楕円を考えると、誤解読が発生し得る地理的範囲を求める事ができる。動作中のトランスポンダの移動範囲に重なる部分の割合から、空港や空域等、その地域の誤解読率を概算できる。

次に、低電力の質問信号に対する誤解読の影響を補正する。民間用 ATC トランスポンダでは、低い受信電力のモード S 信号やインターモード信号がモード A 質問信号に誤解読される現象が知られている (Phillip J. Woodall: "ATCRBS Transponder Issue with Decoding Mode S P6 as a Result of Failure to Detect the Mode S Interrogation (preamble) P1 Pulse that Produces False Targets at Interrogators", RTCA SC-209, WG#1, ModeS-WP01-18, April 2007)。この誤解読率はトランスポンダの機種に依存し、最大で 30% の誤解読率が測定されている。MTL の下約 6dB の受信電力範囲にて誤解読率は三角形に分布しているため、トランスポンダの受信機 MTL からその 6dB 下までの電力範囲内で受信されるモード S 質問信号の平均 15% がモード A と誤解読されると想定した。なお、実際の ATC トランスポンダと ACAS の間には公称覆域に対してリンクマージンが約 2.2dB あるため、トランスポンダの受信覆域を 1.29 倍に補正して計算する必要がある。また、ACAS やトランスポンダアンテナの利得指向性は、機体各部の反射等の影響を受けるため方向によって大きく変動する。この効果を考えると、トランスポンダが質問信号受信できる ACAS の数は、理想的な無指向性アンテナを想定する場合より約 2.26 倍になる。

以上の計算方式の確認のため、羽田空港近傍上空における 1030MHz 信号数の測定値と計算値を比較した。マルチパスによる誤解読率については、SSR から 3000m の細長い範囲に航空機が存在しその内の約 200m (面積比 0.08) にて受信された SLS 信号が質問信号に誤解読されると想定した。また、メインビームの主たる反射点を 10 カ所 (格納庫、ターミナルビル、燃料タンク、他の航空機等) 想定し、この方向がメインビーム内になる率 (0.08) をメインビーム反射による

マルチパス波に応答する率とした。以上合計の、0.15 を空港面におけるマルチパス誤解読率と想定した。

羽田空港近傍約 10000ft を飛行するモード S トランスポンダが解読する質問信号の構成を比較すると次の表のようになる。この表では、1 秒あたりの信号発生数を Hz として示している。

トランスポンダが解読する質問信号の構成の比較

信号モード	A/C	P1-P2 SLS	A/C only	S short
計算値	169 Hz 内誤解読 118 Hz	419 Hz	8.3 Hz	26 Hz 全機合計
測定値	170 Hz	400 Hz	8 Hz	25 Hz 全機合計

日本空域:小瀬木他:「1030MHz 帯の信号環境測定」、電子航法研究所報告、No.107、2004 年 1 月 (測定データは 2000 年 11 月)

この計算では、2000 年 11 月の羽田空港周辺におけるインタロゲータが次のように運用されると想定した。

空港周辺の運用インタロゲータの想定規格の構成

機器	台数	アンテナ ビーム幅	PRF	モードシーケンスおよび 備考
SSR	0	3 度	300	A, A, C
MSSR	空港内 2	3	180	A, A, C
MSSR	エンルート 2	3	180	A, A, C
SSR mode S	空港内 0	3	180	A only/S, A only/S, C only/S
SSR mode S	エンルート 0	3	180	A only/S, A only/S, C only/S
ACAS MLAT	飛行中 ACAS 7 MLAT 0	110		C only W/S, S 公称覆域内に ACAS は 7 機
IFF 地表等	11	3	300	2, A, C
IFF 機上	1	90	120	2, A, C

台数は 2000 年の値 (軍用機器のパラメタは推計値)

PRF はモード S ロールコール以外の信号について記載

質問信号解読数の計算結果は、全般的に測定値よりやや多めに評価しているが、測定値とよく一致していることがわかる。特にモード A/C 質問信号について誤解読がないとする単純な計算より多めに算出されている理由は、低電力質問信号への誤応答現象に比較的劣悪な条件を想定して計算したためである。毎

秒の誤解読数 118 の内、低電力質問の誤解読が 53 であり、ほぼ半分をしめる。測定に使用したモード S トランスポンダにも誤解読現象が観測されている。また、質問信号のドループ特性に応じて誤解読率は変化すると予想される。

1090MHz 信号発生量評価のためのパラメタの推定

以上のように算出された 1030MHz 質問信号解読数に、ATC トランスポンダ数と応答率をかけると応答信号発生数を概算できる。ただし、ATC トランスポンダの応答機能レベルに応じて、応答可能な信号のみを計算する必要がある。これに、各 ATC トランスポンダや ESNT（非トランスポンダの拡張スキッタ送信機）が送信するスキッタ信号の数を加算して 1090MHz 信号発生数を求める事ができる。このため、ATC トランスポンダ数等を機能レベルに応じて想定する。

羽田空港のスポット数は、現在約 160 である。また、瞬時のスポット利用率に 80% を想定すると、駐機数は 126 機である。ATC トランスポンダが運用状態（スキッタ等を送信できる Standby 以上の設定）になるのは、最多で駐機数の約 3 分の 1 と見込まれる（離発着時空港面走行合計 30 分弱、スポットにて離発着準備 1 時間）。このとき、運用状態のトランスポンダは 42 台になる。

また、将来は 2 倍弱の離発着量実現のためスポット数を 300 まで増加させるとして、空港面には最多で 60 台の ATC トランスポンダが運用されると想定する。

このようにして予測計算した総数の変化比は、航空局の統計予測発表値（年率 2.9% 増加）に従い設定したものとよく一致している。

この他に、機体の牽引移動も見られ、この牽引車両に ESNT を搭載すると想定する。導入初期は 10 台、その後、空港拡張に応じて 15 台を想定する。

空港面における信号の送信は、トランスポンダの規格に依存するため、運用中の機材についてその構成比（地上数／飛行数）を次の表のように想定する。想定においては、今後の航空機増加等を配慮し、新造機には新しい規格のトランスポンダが搭載されるとした。

運用トランスポンダ等の想定規格の構成
(数字は地上/飛行中)

ESNT 導入 シナリオ	ATCRBS モード A/C	モード S 機能有り			ESNT	総数	ACAS
		改訂 73	改訂 77	ES			
導入前: 2008	2/2	25/17	13/8	2/3	0/0	42/30	7.5/8
導入初期: 2012	1/1	22/12	10/7	9/12	10/0	52/32	9/8
普及期: 2025	1/1	22/12	10/7	28/25	15/0	76/45	13.5/12

また、着陸経路の航空機間隔や交通量の増加を考慮し、ACAS の覆域内にある他の ACAS 搭載機数も上記の表のように変化すると想定した。

空港周辺のその他のインタロゲータの運用については、次の表のように想定した。2000 年当時とは異なり、羽田空港 SSR は 2 基とも SSR モード S に換装されている。

空港周辺の運用インタロゲータの想定規格の構成

機器	台数	アンテナ ビーム幅	PRF	モードシーケンス
SSR	0	3 度	300	A, A, C
MSSR	エンルート 2	3	180	A, A, C
SSR mode S	空港内 2	3	180	A only/S, A only/S, C only/S
SSR mode S	エンルート 1	3	180	A only/S, A only/S, C only/S
ACAS MLAT	MLAT 導入後 は ACAS 数 +5	110		C only W/S, S
IFF 地上海上	11	3	300	2, A, C
IFF 機上	6	90	120	2, A, C

台数は 2009 年段階の値（軍用機器は推計値）

PRF はモード S ロールコール以外の信号について記載

ACAS は航空機数に比例して増加と想定

信号発生量の概算結果

同じ計算方法を羽田空港に当てはめて、シナリオに応じた 1030MHz 信号発生量を概算した結果を表に示す。

計算結果には、航空機密度の増加による ACAS 増加の影響が見られる。ACAS の増加の影響は、モード S 質問信号の増加、モード A/C only 質問信号を用いる Whisper/Shout 質問信号列による P1-P2 SLS 信号の増加やモード A/C only 質問信号の増加として観測される。しかし、モード A/C に解読される信号の増加も予想され、その主な原因は、低電力のモード S 信号や強力なマルチパス波の誤解読である。

また、送受信機等はすべて空港建築物の片方に集中している最悪の条件を想定している。実際には建物の遮蔽等があるため、これより少ない信号数になる。

また、新しいトランスポンダには低電力誤解読がみられないことが FAA から報告されているため、ESNT 普及期には誤解読がないと想定し MLAT を運用する場合についても計算も試みた。低電力のモード S 質問信号をモード A と誤解読する現象については、RTCA/EUROCAE にて規格改定案がまとまり、ICAO で

も改定案が検討されている。今回の計算では最悪の条件としてすべてのトランスポンダが誤解読することを想定しているが、実際の誤解読率はトランスポンダの機種や製造時期に依存しており、誤解読率は低下傾向にある。

トランスポンダが解読する質問信号の構成の変化

信号	モード A/C	P1-P2 SLS	モード A/C only	モード S
ESNT 導入前	170 Hz (46Hz)	419 Hz	12.8 Hz	37 Hz
	277 Hz (46Hz)	470 Hz	18.0 Hz	57 Hz
ESNT 導入初期	178 Hz (46Hz)	419 Hz	12.8 Hz	41 Hz
	288 Hz (46Hz)	470 Hz	18.0 Hz	138 Hz
ESNT 普及後	269 Hz (46Hz)	460 Hz	17.9 Hz	81 Hz
	503 Hz (46Hz)	512 Hz	22.2 Hz	257 Hz
ESNT 普及後 低電力誤解読無	- 150 Hz (46Hz)	- 512 Hz	- 22.2 Hz	- 257 Hz

() 内は低電力信号の誤解読がない場合：SSR 等が一定の想定のため一定上段は MLAT なし、下段は MLAT 送信機を空港内で 5 台運用を想定

このときに予想される 1090MHz 信号発生数概算値は次の表のようになる。この表では、空港面のトランスポンダ等からの送信数を示す。また、半分のトランスポンダ等が十分低速度であると想定し、可変送信レートを適用した場合も計算した。どの値も、現在の欧米の値（モード A/C：約 16000Hz 等）より低い。

空港面のトランスポンダ等による 1090MHz 信号発生数の構成の変化

シナリオ	モード A/C	モード S short 捕捉スキッタ	モード S long、拡張スキッタ	
			可変送信無し	可変送信有り
ESNT 導入前 2008	4610 Hz	198 Hz	8.4 Hz	5 Hz
	7519 Hz	201 Hz		
ESNT 導入初期 2012	4101 Hz	203 Hz	81 Hz	48 Hz
	6643 Hz	205 Hz	81 Hz	48 Hz
ESNT 普及期 2025	11269 Hz	296 Hz	182 Hz	108 Hz
	11569 Hz	300 Hz	182 Hz	108 Hz
ESNT 普及期 低電力誤解読無	3152 Hz	297 Hz	182 Hz	108 Hz

上段は MLAT なし、下段は MLAT 送信機を空港内で 5 台運用を想定

この概算結果より、次のことがわかる。

- ・ 質問信号は機材導入や航空機の増加に伴い増加傾向にある
- ・ 空港面から送信されるモード A/C 応答信号は、誤解読を含む質問信号解読数急増を想定したにもかかわらず、改訂 77 対応のトランスポンダの構成比増加により影響が緩和される
- ・ ESNT は、モード S 拡張スキッタを送信するのみで応答信号を送信しないため、信号環境への負荷は限定的である

また、この概算のための計算方法に関する調査から、次の事がわかる。

- ・ 能動型 MLAT が持つ送信機 1 台が信号環境に与える影響は、飛行中の ACAS 送信機 1 台とおおむね同等である

一般に、空港面ではマルチパス対策のため可変閾値方式を採用した受信機を使用することになる。空港面では多数のマルチラレーション受信機が使用され、スキッタ送信機との距離比を大きく取ることができるため信号受信電力の比が大きくなる。このため、多数の拡張スキッタが混信しても最も大電力の信号を正常に受信することができる。

諸外国の信号発生量との比較

国際民間航空機関 ICAO に設置された航空監視パネル会議 Aeronautical Surveillance Panel (以下 ASP と略称) では、参加国から 1030/1090MHz 信号環境に関する検討結果や測定等による現状評価結果が寄せられている。このなかで、欧州が飛行実験により測定した信号環境に関する報告があった。

トランスポンダが解読する質問信号の構成の比較

信号モード	A / C	P1-P2 SLS	A / C only	S short 全機 (自機)
測定値：東京空域 誤解読含む	170Hz	400Hz	8Hz	25 (-) Hz
計算値：東京空域 ESNT 導入初期	178 Hz 288 Hz	419 Hz 470 Hz	12.8 Hz 18.0 Hz	41 (6.0) Hz 138 (9.3) Hz
測定値：米国空域 誤解読含む	平均 280Hz 最大 600Hz	データなし	データなし	平均 170 (-) Hz 最大 250 (-) Hz
測定値：欧州空域 誤解読量不明	平均 241Hz	データなし	データなし	- (15.9) Hz
ATC トランスポンダ 応答能力規定値	1200Hz	注 1	注 2	応答すべき質問が 50 Hz

注 1：明確な限界の規定はないが、トランスポンダ占有率の余裕（応答動作に

対応するために必要な占有率を差し引いた残り)が限界を決める要因になる

注2:モード S 機能を持つトランスポンダは、応答することもなく処理時間が短いため影響をほとんど受けない。モード S 機能を持たないトランスポンダは通常のモード A/C 質問信号と同じ動作をする。

表のデータの根拠:

東京空域:小瀬木他:「1030MHz 帯の信号環境測定」、電子航法研究所報告、No.107、2004年1月 (測定データは2000年11月)

米国空域:FAA:“Low level mode S interrogations”, RTCA SC-209, WP05-13, February, 2008

欧州空域:Eric Potier:“Example of mode S transponder activities measured in Europe”, ICAO/ASP/TSG WP06-14, February, 2009 (測定データは2008年9月)

これらを比較すると、マルチラレーションや ESNT 導入後の信号環境は、空港面建築物による遮蔽を無視する最悪の条件であっても、現在の欧米の信号環境と同等である。トランスポンダの応答能力は、モード A/C 質問信号に対して毎秒 1200 回、モード S 質問信号に対して毎秒 50 回であり、十分な余裕がある。モード S 質問信号については、全質問信号の中で応答すべきものは一部であり、表では自機と記載した数である。また、応答信号の発生数も、多めに見積もっても現在の欧米の信号環境と同等(フランクフルト空域ではモード A/C が 16000Hz 等)までの増加であり、無線機器の正常な運用を期待できる。

以上のように、将来の日本の信号環境でも、信号発生数は増加するが無線機器の正常な動作を期待できる範囲である。

また、ATCRBS 質問信号解読数の多くは低電力のモード S 質問信号の誤解読によるものであり、RTCA や ICAO でもこの問題を解決する規格改定を進めている。現在も一部のトランスポンダにその症状が見られるが、今後はトランスポンダの世代交代が進むにつれてその影響は無視できるようになると期待され、ここに計算した信号環境より良好な環境になると見込まれる。

今後の無線機器の導入運用に関する考察

SSR などインタロゲータはトランスポンダの応答信号の検出率が 95%以上にて円滑に動作し十分な性能を発揮できる。多くの機材は 90%程度の応答率であっても十分な情報を利用者に提供できるが、ここでは余裕を見て応答検出率の劣化が 5%以下であることを目安とする。(ICAO Doc.9684: Manual of the Secondary Surveillance Rada (SSR) Systems,2.2.1.)

一般に、応答信号の受信検出率は、受信信号電力が受信機感度を超える確率(=ATC トランスポンダにて質問信号受信電力が受信機感度を超える確率×イ

ンタロゲータにて応答信号受信電力が受信機感度を超える確率) と、ATC トランスポンダが他の信号の処理に占有されていない確率 (= 1 - トランスポンダ占有率) の積になる。

付録参考資料に示したように、受信信号電力が受信機の信号検出閾値を超える確率は十分 1 に近くなるよう機器は設計運用されている。このため、トランスポンダ占有率に着目する必要がある、SSR 等が十分な性能を発揮するためには、その値を 5%以下に保つことが望ましい。

トランスポンダ占有率は、受信した質問信号や抑圧信号などの受信解読とこれらへの対応動作に必要な時間の和である。これらの対応動作に必要な時間は規格に定められており、その詳細も ICAO マニュアルにも記載されている (ICAO DOC 9684 - Manual of the Secondary Surveillance Radar (SSR) systems, chapter 8, table 8-1 and 8-2)。このため、ATC トランスポンダが受信解読する信号の種類毎に発生数を求め、これに種類毎の対応動作時間をかけることによりトランスポンダ占有率を概算できる。

現状のトランスポンダ占有率は、表のように予想される。トランスポンダ占有率は、トランスポンダの動作に依存するため、ATC トランスポンダの規格ごとに求めた。表のように、5%までには十分な余裕があり、特に、低電力質問信号の誤解読をしない機種種の ATC トランスポンダには誤解読による誤応答の動作負荷がないため余裕のある環境であることがわかる。

トランスポンダ占有率 (羽田空港周辺における現状の最大値)

トランスポンダの規格	ATCRBS	Amendment 77 前	Amendment 77 以降	ADS-B-OUT 機能付き
現状	3.7 %	4.0 %	4.0 %	4.1 %
	2.5 %	2.5 %	2.5 %	2.6 %

上段：低電力質問信号の誤解読有り、下段：低電力質問信号の誤解読無し

なお、ACAS については、一緒に搭載されているモード S トランスポンダから観測して、占有率が 2%以下になるように質問信号の送信動作が自動制御されている (ICAO ANNEX 10, Volume IV, 4.3.2.2 INTERFERENCE CONTROL)。このため、ACAS を搭載する航空機数が増加しても、他の SSR 等の監視性能に与える影響は限定的であり、運用に影響が出ないよう設計されている。

また、従来型 SSR 等を 1 台増設することによるトランスポンダ占有率への影響は、次の表のように予想される。一般に、サイドローブ抑圧 (SLS) のための信号が受信される範囲ではトランスポンダ占有率への影響が大きい、SSR や IFF が密集運用されない限りこのような SLS 覆域の重複は発生しない。

なお、この表には SSR モード S による影響を記載していない。SSR モード S は、周辺で運用されるモード S トランスポンダの数に応じて質問信号発生数が変化する。さらに、情報交換機能（航空機が持つ情報のダウンリンク等）をどこまで活用するかに応じてトランスポンダ占有率への影響が大きく異なる。このため、増設 1 台あたりのトランスポンダ占有率への影響は導入時の運用方式を配慮して算出する必要がある。ただし、監視のみの通常運用ではモノパルス SSR とほぼ同等と見込まれる。

MLAT によるトランスポンダ占有率への影響は、空港に設置されるモノパルス SSR (SLS 覆域内) より小さいと予想される。MLAT インタロゲータ 5 台設置しこれらすべての信号を受信する例（空港上空を低空飛行する航空機）でも、従来型（スライディング・ウインドウ処理型）の SSR2 台分と同程度と予想される。空港面においては、建物等の遮蔽により MLAT インタロゲータの内 2～3 台分の信号しか受信できないと見込まれるため、この表の値より影響が小さいと予想される。

1 台増設することによるトランスポンダ占有率への影響

トランスポンダの規格	ATCRBS	Amendment 77 前	Amendment 77 以降	ADS-B-OUT 機能付き
ターミナル SSR	0.33 % 0.013 %	0.33 % 0.013 %	0.33 % 0.013 %	0.33 % 0.013 %
エンルート SSR	0.21 % 0.013 %	0.21 % 0.013 %	0.21 % 0.013 %	0.21 % 0.013 %
ターミナル SSR モノパルス型	0.20 % 0.008 %	0.20 % 0.008 %	0.20 % 0.008 %	0.20 % 0.008 %
エンルート SSR モノパルス型	0.13 % 0.008 %	0.13 % 0.008 %	0.13 % 0.008 %	0.13 % 0.008 %
MLAT	0.12 %	0.11 %	0.11 %	0.11 %
注 1	0.12 %	0.11 %	0.11 %	0.11 %

上段：SLS 覆域内、下段：メインビーム覆域内（SLS 覆域外）

PRF：従来型 SSR=300Hz、モノパルス型=180Hz を想定

トランスポンダは飛行中と想定

注 1：モード S 質問信号の発生数は周辺で運用されるモード S トランスポンダ数（表では 100 台想定）に応じて変化するため、この表の値も変化する

まとめ

動作原理を考えると、能動型（インタロゲータを持つ）の空港面マルチラレテーションは ACAS とほぼ同じ質問信号発生数を持つため、1030MHz 信号環境に与える影響は MLAT インタロゲータ 1 台あたり飛行中の ACAS 1 台と同じである。

ESNT は応答機能を持たないため、スキッタの送信のみである。このため、ATC トランスポンダのように 1030MHz 質問信号環境の影響を受けることなく、1090MHz 信号環境に与える影響の予測も容易で限定的である。

また、新しい世代の ATC トランスポンダは各種の不要送信の軽減が期待され、航空機増加に伴う ATC トランスポンダ増加が信号環境に与える影響は従来の機種より小さく緩和される。このため、1090MHz 信号環境劣化の速度は従前ほど速くはないと期待される。

関連無線機器が多く日本で最も信号発生量が多いと考えられる羽田空港周辺において今後の航空機数の増大を想定しても、1030/1090MHz 信号環境に与える MLAT や ESNT の影響は限定的である。最悪の条件でも現在の欧米空域の信号環境と同等程度までと予想でき、無線機器の正常な運用を期待できる。

このため、我が国に MLAT や ESNT を導入しても 1030/1090MHz 信号環境に有害な影響を与えることなくその便益を教授できるものと期待される。

付記：ここに記載した各種の計算値は、現段階において得られている実験結果と計算結果が一致するよう各種無線機器の運転パラメータや混信の影響を示すパラメータを推定して得ている。測定結果によれば、無線機器は必要に応じて通電運用される機材もあり、常に一定の運用状態にあるわけではない。このため、想定とは異なる運用機器数や運転パラメータが選択された場合には、計算結果に誤差が発生する。

マルチパスの影響

マルチパスの発生によりモード S 拡張スキッタ信号に干渉する信号の統計的性質が変化する（小瀬木：「空港面のモード S 拡張スキッタ信号環境」、電子情報通信学会総合全国大会、2008 年 3 月）。

- ・ 反射物体により遮蔽される空間にある信号源からの干渉が減少
- ・ 遮蔽される信号源の代わりにマルチパス反射と等価な信号源が発生
 - 信号源の空間一様分布を想定すると、マルチパス反射と等価な信号源は遮蔽された信号源と同数
 - 信号源の空間分布に著しい偏りがある場合、受信機から見た信号源の数はマルチパスにより最大 2 倍になる
- ・ 目的の信号に干渉する信号の統計的性質がマルチパスにより変化
 - マルチパスがない場合、干渉信号数はポアソン分布で近似可能
 - マルチパスがある場合、これが目的の信号にほぼ確実に干渉
- ・ 干渉波の電力分布はマルチパスにより大きく変化する
 - マルチパスがない場合の干渉信号数の受信電力分布
 - ◇ 空間に一様分布する信号源からの干渉信号数は受信電力に反比例
 - ◇ 離発着経路に航空機が 1 列に並ぶ場合など距離一様分布する信号源からの干渉信号数は受信電力の平方根に反比例
 - マルチパスがある場合の干渉信号数の受信電力分布
 - ◇ 遮蔽されない信号源からの干渉信号数の受信電力分布はマルチパスがない場合と同じ
 - ◇ マルチパス波の受信電力分布は直接波からの遅延時間と反射物体の反射係数の関数
 - ◇ 直接波に対するマルチパス波の受信電力の減衰量は、最も少ない場合で約 6dB（RTCA の DME 規格、ENRI 測定で確認）
- ・ 受信処理方式によりモード S 拡張スキッタの解読性能に大差
 - 固定閾値ではマルチパス干渉により高率で解読不能
 - 直接波受信電力から 6dB 下までの間に閾値を動的に設定する可変閾値ではマルチパス干渉の影響を受けにくい（ACAS 受信機に使用されている既存技術）

トランスポンダが空港面にて高密度運用される影響

ADS-B やマルチラレーションなどの目的でトランスポンダが空港面におい

て運用される場合、次のような動作をする（ICAO ANNEX10, Volume IV）。

- ICAO ANNEX10 amendment77以降のモード S トランスポンダの場合
 - モード S 捕捉スキッタを送信
 - 送信機能を持つ物はモード S 拡張スキッタを送信
 - モード S ロールコール（個別質問）に応答
 - 在海上状態を判別し、モード S オールコールやモード A/C などには応答しない
- ICAO ANNEX10 amendment77以前のモード S トランスポンダの場合
 - モード S 捕捉スキッタを送信
 - モード S ロールコール（個別質問）に応答
 - 在海上状態を判別できず、モード S オールコールやモード A/C などにも応答
- モード A/C トランスポンダの場合
 - 全てのモード S スキッタおよびモード S 応答信号を送信しない
 - 在海上状態を判別できず、モード A/C 応答

このため、空港面においては次のような信号送信が考えられる。

- すべてのモード S トランスポンダより
 - ACAS からのモード S ロールコールへの応答
 - SSR モード S からのモード S ロールコールへの応答
 - モード S 捕捉スキッタの送信
- Amendment 77 以降に対応するモード S トランスポンダと ESNT より
 - モード S 拡張スキッタの送信
- Amendment 77 以降には対応しないモード S トランスポンダより
 - SSR モード S からのモード S オールコールへの応答
- Amendment 77 以降には対応しない全ての ATC トランスポンダより
 - SSR モード S からのインターモード質問への応答
 - ACAS からの Whisper/Shout 質問への応答
 - 従来型 SSR 等からのモード A/C 質問への応答

受信信号電力が受信機の信号検出閾値を超える確率

受信信号電力が受信機感度を超える確率は、リンクマージン[単位は dB]（＝受信信号電力[dBm]－受信検出閾値 [dBm]）と受信性能の確率分布を用いて算出できる。リンクマージンの値から、受信信号が受信機の信号検出閾値を超える確率を求めることができる。

リンクマージンの算出に必要な受信信号電力 P_r の計算には次の式が用いられる。

$$Pr = Pt Gt Gr \{ \lambda / (4 \pi R) \}^2 / L$$

ただし、送信電力 Pt、送信アンテナ利得 Gt、受信アンテナ利得 Gr、電波の波長 λ、送受信アンテナの距離 R、伝搬吸収損失等による減衰 L を用いている。

1030 MHz 質問信号リンクおよび 1090MHz 応答信号リンクに関する計算結果を表に示す。表のように、通常は 8dB を超えるリンクマージンが設定されている。

1030 MHz 質問信号リンクの計算結果

送信機	エンルート型 SSR	ターミナル型 SSR	ATC トランスポンダ
送信機出力	1.5 kW (64 dBm)	0.5 kW (57 dBm)	0.25 kW (54 dBm)
送信アンテナ系利得	26 dBi	26 dBi	0 dBi
監視距離	250 NM	100 NM	250 NM
信号波長 (周波数)	0.291 m (1030 MHz)	0.291 m (1090 MHz)	0.275 m (1090MHz)
監視距離における伝搬損失	- 146.0 dB	- 138.0 dB	- 146.0 dB
大気吸収損失	1.5 dB	1.5 dB	1.5 dB
受信アンテナ系利得	0 dBi	0 dBi	26 dBi
信号受信電力	- 59.8 dBm	- 56.8 dBm	-68.0 dBm
受信信号検出閾値 (最悪値)	ATC トランスポンダ: - 68.0 dBm	ATC トランスポンダ: - 68.0 dBm	SSR: - 78dBm
リンクマージン	8.2 dB	11.2 dB	10.0 dBm

SSR や ATC トランスポンダの受信信号電力の変動に最も大きく影響する要素は、ATC トランスポンダ用に航空機に搭載されたアンテナの利得変動である。航空機搭載アンテナの特性は、アンテナ周辺の機体構造による遮蔽や反射により、複雑な指向性になることが知られており、測定結果も報告されている (Harmann: “Effects of RF Power Distributions on BCAS Link Probability”, FAA-RD-77-78 (AD-A044312), June, 1977)。最近の機体については、航空機搭載アンテナを使う ACAS と ATC トランスポンダの間ではリンクマージン平均 2.2dB、分散 3.4dB になることが報告されている (Harmann: “Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) Feasibility of Long Range Air-toAir Surveillance”, MIT

Lincoln Laboratory, October 10, 1996)。このとき、送信側と受信側双方のアンテナがこの分散に同じ寄与をする場合、それぞれの分散が 2.4dB になる。その確率分布は正規分布で良好に近似されるため、8.2dB のリンクマージンは標準偏差 2.4dB の 3.42 倍である。このとき、受信信号電力 P_r が受信機の信号検出閾値を超える確率は 0.9997 である。

このように、SSR などインタロゲータと ATC トランスポンダの間は、必要とする覆域内にて十分な信号受信電力が得られるようリンクマージン（受信機感度に対する受信電力の比）が設定されている。以上の計算結果により、公称覆域内で質問信号や応答信号の受信信号が受信機感度を超える確率は 1 で近似できる。

以上

MLATの防護指針の考え方について

1 MLAT送信装置の電波防護指針に対する適合性

電波防護指針に対する適合性を検討するに際し、一般環境（条件G）を基準とする。MLATについては空港内に設置されることが前提のため、管理環境（条件P）を基準とするのが妥当であるが、すべての空港でそのような配置が可能かは不明であるため、本検討では条件Gとする。

(1) 無線設備の諸元

周波数：1030MHz

送信出力：150W

デューティ比：最大2%

アンテナ利得：1.6倍（2dB）

(2) 条件Gの離隔距離

$$f(\text{MHz})/1500=1,030/1500=0.687$$

表2. 4-4 条件Gの計算結果

アンテナとの距離(cm)	電力密度 (mW/cm ²)
23	0.722
24	0.663

一般環境では24cm離隔すればよい。

(3) 条件Pの離隔距離

$$f(\text{MHz})/300=1,030/300=3.433$$

表2. 4-5 条件Pの計算結果

アンテナとの距離(cm)	電力密度 (mW/cm ²)
10	3.820
11	3.157

管理環境では11cm離隔すればよい。

よって、運用形態をかんがみると、空中線に24cm以内に近づく恐れがないことから、適合性は満足するものとする。

2 MLAT送信基準装置の電波防護指針に対する適合性

電波防護指針に対する適合性を検討するに際し、一般環境（条件G）を基準とする。マルチラレーション装置については空港内に設置されることが前提のため、管理環境（条件P）を基準とするのが妥当であるが、すべての空港でそのような配置が可能かは不明であるため、本検討では条件Gとする。

(1) 無線設備の諸元

周波数：1090MHz

送信出力：150W

デューティ比：最大2%

アンテナ利得：1.6倍（2dB）

(2) 条件Gの離隔距離

$$f(\text{MHz})/1500=1,090/1500=0.727$$

表2. 4-7 条件Gの計算結果

アンテナとの距離(cm)	電力密度 (mW/cm ²)
22	0.789
23	0.722

一般環境では23cm離隔すればよい。

(3) 条件Pの離隔距離

$$f(\text{MHz})/300=1,090/300=3.633$$

表2. 4-8 条件Pの計算結果

アンテナとの距離(cm)	電力密度 (mW/cm ²)
10	3.820
11	3.157

管理環境では11cm離隔すればよい。

よって、運用形態をかんがみると、空中線に23cm以内に近づく恐れがないことから、適合性は満足するものとする。

3 車載型ノントランスポンダの電波防護指針に対する適合性

(1) 電磁界強度指針の限界値の計算

諮問第 89 号「電波利用における人体保護の在り方」より、人体の環境として電磁界にさらされている状況が認識され、電波の放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える条件であるので、本トランスポンダについては「管理環境」を適用するものとする。

管理環境における電磁界強度（平均時間 6 分間）の電力密度の指針値について、周波数 300MHz～1.5GHz については以下のように計算できる。

$$S [\text{mW}/\text{cm}^2] = \frac{f [\text{MHz}]}{300} \quad \dots \text{A}$$

A 式より、1090MHz における電力密度の限界値としては $3.633 [\text{mW}/\text{cm}^2] = 36.33 [\text{W}/\text{m}^2]$ となる。

また総務省「電波防護のための基準への適合確認の手引き」によると

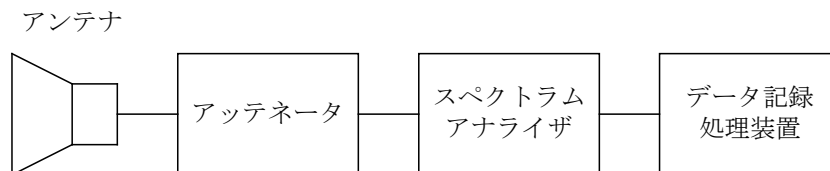
$$S [\text{mW}/\text{cm}^2] = \frac{f [\text{MHz}]}{1500} \quad \dots \text{A}$$

A 式より、1090MHz における電力密度の限界値としては $0.727 [\text{mW}/\text{cm}^2] = 7.27 [\text{W}/\text{m}^2]$ となる。

(2) 測定法

電気通信技術審議会（現、総務省情報通信審議会）：諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」より、電波防護指針の対象となる空間（場所）が、防護指針で示された管理指針（電磁界強度指針及び補助指針）及び基礎指針に照らして、安全側か否かの判断を行う際に必要な測定に関する技術的事項等を示す。

測定は一般的な測定器を用いるが、被測定変調波がパルス変調であることにより、下記の測定系を基本とする。



防護指針に置いては、生体組織における作用の評価基準に平均時間 6 分間における電磁界強度の自乗平均平方根値を適用していることから、時間領域での測定を原則とする。

電力密度が変化する場合には平均時間における平均値を用い、また、電界強度（又は磁界強度）が変化する場合には、平均時間内で電界強度（又は磁界強度）の実行値を自乗平方根した値（時間平均値）を適用する。

$$\bar{P} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

$$\bar{E} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T E^2(t) dt}$$

T : 測定時間（6分間）

\bar{P} : Tにおける電力密度の時間平均値

\bar{E} : Tにおける電界強度（または磁界強度）の時間平均値

$P(t)$: 電力密度（実行値の）瞬時値

$E(t)$: 電界強度（または磁界強度）（実行値）の瞬時値

ただし、電気通信技術審議会（現、総務省情報通信審議会）：諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」では、測定用アンテナと電磁波源、大地及び金属物体などとの最小測定距離は原則として10cm以上としているが、測定用アンテナを電磁波源や金属物体又は高誘電率物体に近づけると、両者間の容量結合やアンテナのインピーダンス変化が生じるほか、電磁放射源と比較して測定用アンテナが大きい場合は最小測定距離が10cm以上あったとしても電磁界の乱れや勾配の平均化などが付加されるため、測定誤差が無視できなくなる。

実際の測定で測定誤差が無視できなくなる状況においては、以下の簡易評価法によって安全性の確認を行う。

（3）簡易評価法による安全性の確認

電気通信技術審議会（現、総務省情報通信審議会）：諮問第89号「電波利用における人体保護の在り方」のアンテナ利得と空中線電力に基づく簡易評価法により、安全性の確認を行なう。

（1）例として、当該ノントランスポンダの諸元を以下のように設定する。

周波数 : 1090MHz

送信電力 : ア) Annex10 VolumeIV 5.1.1.2 Table5-2 Equipment Class B2 Low
の最大値となる

18.5dBW (70.8W)

イ) Annex10 VolumeIV 5.1.1.2 Table5-2 Equipment Class B2 の最大値となる

27 d B W (501.1W)

アンテナ利得 (ピーク) : 3 d B i

給電線損失 : 1.75 d B (使用ケーブル 3 D-F B で 5 m と仮定)

送信周期 : 6.2 回/秒

これらより、平均電力は

ア) の場合、0.025W

イ) の場合、0.18W

となる。

(4) ノントランスポンダの電磁波源と人体の距離の計算

諮問第 89 号「電波利用における人体保護の在り方」の評価法として、本ノントランスポンダについては、携帯・自動車電話基地局や V H F 帯以上の電波を用いるアマチュア無線局等に適用するものとした。

アンテナの入力電力を P [W]、アンテナの絶対利得 (給電線損失を含む) を G i [倍] とすれば、最大放射方向でアンテナから距離 R [m] の点における電力密度 S [W/m²] との関係は次式で与えられる。

$$S = \frac{P \cdot G_i}{40\pi R^2} \cdot K \quad \dots B$$

ここで、K は反射係数となるが、空中線は上方方向への放射という考えで K = 1 と想定した。

B 式に①項で定義した諸元を入れ、(1) 項の電磁界強度の限界値となる電磁波源 (アンテナ) と人体の距離を求めると、

ア) の場合、0.6 c m

イ) の場合、1.6 c m

となり、最大放射方向でも電磁波源から上記以上離せば安全性を確保できる。

(5) まとめ

B 式より簡易評価法では、使用するノントランスポンダ諸元により、安全性が確保できる電磁波源と人体の距離が異なるということが分かる。例として設定したノントランスポンダにおいては電磁波源の最大放射方向に 1.6 c m まで接近しても安全性が確保できるが、通常、送信アンテナは、車両の中央に配置される様 D0-260 にも規定されており、車外における人体との距離は 1.6 c m より近づくことはない。さらに、車内の人員に関しては、必ず車のボディが間に入るため、問題はないと考えられる。

SSRモードS信号のスキッタの概要

SSRモードSのスキッタ (Squitter) とは、応答信号と同じパルス波形の信号であって、質問信号に応答するほかランダムなタイミングで送信されるパルス位置変調のパルス列をいう。

スキッタには、データブロック長の異なる捕捉 (acquisition) スキッタ (56ビット) と拡張 (extended) スキッタ (112ビット) の2種類があるが、捕捉スキッタが情報として航空機の固有アドレスしか含まないのに対し、拡張スキッタは位置情報や速度情報等を含めることが可能である。

SSRモードSのスキッタについては、いずれもANNEX10に規定されているものであるが、このうち捕捉スキッタについては、電気通信技術審議会一部答申「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」(昭和63年7月)を、拡張スキッタについては、「航空監視システム及び航空無線電話システム等の高度化に係る無線設備の技術的条件」を踏まえ、郵政省告示第874号(昭和63年12月21日)に規定されている。

1 捕捉スキッタと拡張スキッタの比較

SSRモードS捕捉スキッタと拡張スキッタの比較を表7-1に示す。

表7-1 SSRモードS拡張スキッタと捕捉スキッタの比較

	拡張スキッタ	捕捉スキッタ
プロトコル	特定の受信者に一括送信、受信の確認無し	同左
物理層	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数1090MHz + / - 1MHz ・プリアンプル8μs ・データブロック112μs ・データブロック内112ビット ・パルス位置変調1Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・同左 ・データブロック56μs ・データブロック内56ビット ・同左
アクセス方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ランダムアクセス方式 ・ジッタを伴い平均4.2Hz (事象発生毎に2Hzまで追加) 	<ul style="list-style-type: none"> ・同左 ・平均1Hz (事象発生に伴う追加無し)
ネットワーク	一対特定多数、随時接続、モードS固有アドレスによる送信者識別	同左

トランスポート	24ビット巡回多項式を用いる符号化による誤り検出訂正方式	同左
セッション	近距離優先 コネクションレス	同左
プレゼンテーション	フォーマット番号+能力+送信者アドレス+データ+パリティ	フォーマット番号+能力+送信者アドレス+パリティ
出力 (モードSのATCトランスポンダの公称値)	<p>15,000ft以下のみを飛行する航空機用:</p> <p>18.5dBW以上 27dBW未満</p> <p>15,000ft以上を飛行できる航空機用:</p> <p>21dBW以上 27dBW未満</p> <p>175kt以上の巡航速度を持つ航空機用:</p> <p>21dBW以上 27dBW未満</p>	同左
送信間隔	1秒あたりの送信は6.2回を超えない。	0.8秒以上1.2秒以下の間隔において1回送信。
送信波形、データブロック	DF17 (コントロール、モードSアドレス、ADSデータ、パリティ)	DF11 (コントロール、モードSアドレス、パリティ)
空中線の使用条件	<p>ダイバシティを有するものは、</p> <ul style="list-style-type: none"> 飛行中では機体の上部及び下部に取り付けられた空中線から交互に送信すること。 地上では機体の上部に取り付けられた空中線を使用する。ただし、SSRモードSからの指示がある場合には当該指示に従う。 	同左
送信制御	<ul style="list-style-type: none"> ATCトランスポンダは通電開始後、56ビットスキッタのみを送信する。 送信すべき有効なデータが提供された時のみ112ビットスキッタを送信する。 	無し
パルス列	図7-1のとおり	図7-2のとおり

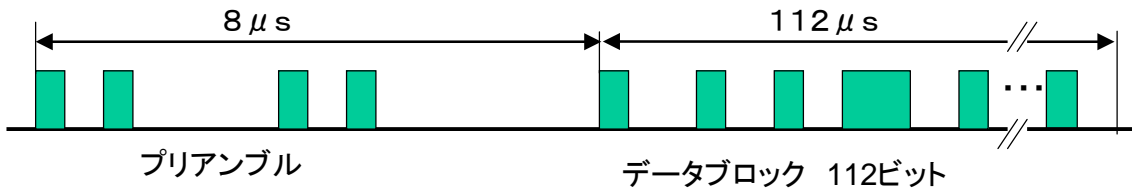


図7-1 S SRモードS拡張スキッタのパルスパターン

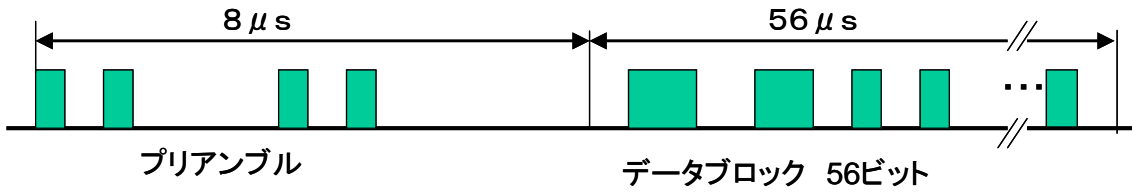


図7-2 S SRモードS捕捉スキッタのパルスパターン

CHAPTER 3. SURVEILLANCE SYSTEMS

3.1 SECONDARY SURVEILLANCE RADAR (SSR) SYSTEM CHARACTERISTICS

Note 1.— Section 3.1.1 prescribes the technical characteristics of SSR systems having only Mode A and Mode C capabilities. Section 3.1.2 prescribes the characteristics of systems with Mode S capabilities. Chapter 5 prescribes additional requirements on Mode S extended squitters.

Note 2.— Systems using Mode S capabilities are generally used for air traffic control surveillance systems. In addition, certain ATC applications may use Mode S emitters, e.g. for vehicle surface surveillance or for fixed target detection on surveillance systems. Under such specific conditions, the term "aircraft" can be understood as "aircraft or vehicle (AV)". While those applications may use a limited set of data, any deviation from standard physical characteristics must be considered very carefully by the appropriate authorities. They must take into account not only their own surveillance (SSR) environment but also possible effects on other systems like ACAS.

Note 3.— Non-Standard-International alternative units are used as permitted by Annex 5, Chapter 3, 3.2.2.

3.1.1 Systems having only Mode A and Mode C capabilities

Note 1.— In this section, SSR modes are designated by letters A and C. Suffixes letters, e.g. A₃, C₄, are used to designate the individual pulses used in the air-to-ground pulse trains. This common use of letters is not to be construed as implying any particular association of modes and codes.

Note 2.— Provisions for the recording and retention of radar data are contained in Annex 11, Chapter 6.

3.1.1.1 INTERROGATION AND CONTROL (INTERROGATION SIDE-LOBE SUPPRESSION) RADIO FREQUENCIES (GROUND-TO-AIR)

3.1.1.1.1 The carrier frequency of the interrogation and control transmissions shall be 1 030 MHz.

3.1.1.1.2 The frequency tolerance shall be plus or minus 0.2 MHz.

3.1.1.1.3 The carrier frequencies of the control transmission and of each of the interrogation pulse transmissions shall not differ from each other by more than 0.2 MHz.

3.1.1.2 REPLY CARRIER FREQUENCY (AIR-TO-GROUND)

3.1.1.2.1 The carrier frequency of the reply transmission shall be 1 090 MHz.

3.1.1.2.2 The frequency tolerance shall be plus or minus 3 MHz.

3.1.1.3 POLARIZATION

Polarization of the interrogation, control and reply transmissions shall be predominantly vertical.

3.1.1.4 INTERROGATION MODES (SIGNALS-IN-SPACE)

3.1.1.4.1 The interrogation shall consist of two transmitted pulses designated P_1 and P_3 . A control pulse P_2 shall be transmitted following the first interrogation pulse P_1 .

3.1.1.4.2 Interrogation Modes A and C shall be as defined in 3.1.1.4.3.

3.1.1.4.3 The interval between P_1 and P_3 shall determine the mode of interrogation and shall be as follows:

Mode A 8 ± 0.2 microseconds
Mode C 21 ± 0.2 microseconds

3.1.1.4.4 The interval between P_1 and P_2 shall be 2.0 plus or minus 0.15 microseconds.

3.1.1.4.5 The duration of pulses P_1 , P_2 and P_3 shall be 0.8 plus or minus 0.1 microsecond.

3.1.1.4.6 The rise time of pulses P_1 , P_2 and P_3 shall be between 0.05 and 0.1 microsecond.

Note 1.— The definitions are contained in Figure 3-1 "Definitions of secondary surveillance radar waveform shapes, intervals and the reference point for sensitivity and power".

Note 2.— The intent of the lower limit of rise time (0.05 microsecond) is to reduce sideband radiation. Equipment will meet this requirement if the sideband radiation is no greater than that which, theoretically, would be produced by a trapezoidal wave having the stated rise time.

3.1.1.4.7 The decay time of pulses P_1 , P_2 and P_3 shall be between 0.05 and 0.2 microsecond.

Note.— The intent of the lower limit of decay time (0.05 microsecond) is to reduce sideband radiation. Equipment will meet this requirement if the sideband radiation is no greater than that which, theoretically, would be produced by a trapezoidal wave having the stated decay time.

3.1.1.5 INTERROGATOR AND CONTROL TRANSMISSION CHARACTERISTICS (INTERROGATION SIDE-LOBE SUPPRESSION — SIGNALS-IN-SPACE)

3.1.1.5.1 The radiated amplitude of P_2 at the antenna of the transponder shall be:

- equal to or greater than the radiated amplitude of P_1 from the side-lobe transmissions of the antenna radiating P_1 ; and
- at a level lower than 9 dB below the radiated amplitude of P_1 , within the desired arc of interrogation.

3.1.1.5.2 Within the desired beam width of the directional interrogation (main lobe), the radiated amplitude of P_3 shall be within 1 dB of the radiated amplitude of P_1 .

3.1.1.6 REPLY TRANSMISSION CHARACTERISTICS (SIGNALS-IN-SPACE)

3.1.1.6.1 Framing pulses. The reply function shall employ a signal comprising two framing pulses spaced 20.3 microseconds as the most elementary code.

3.1.1.6.2 Information pulses. Information pulses shall be spaced in increments of 1.45 microseconds from the first framing pulse. The designation and position of these information pulses shall be as follows:

Pulses	Position (microseconds)
C ₁	1.45
A ₁	2.90
C ₂	4.35
A ₂	5.80
C ₄	7.25
A ₄	8.70
X	10.15
B ₁	11.60
D ₁	13.05
B ₂	14.50
D ₂	15.95
B ₄	17.40
D ₄	18.85

Note.—The Standard relating to the use of these pulses is given in 2.1.4.1. However, the position of the “X” pulse is specified only as a technical standard to safeguard possible future use.

3.1.1.6.3 Special position identification pulse (SPI). In addition to the information pulses provided, a special position identification pulse shall be transmitted but only as a result of manual (pilot) selection. When transmitted, it shall be spaced at an interval of 4.35 microseconds following the last framing pulse of Mode A replies only.

3.1.1.6.4 Reply pulse shape. All reply pulses shall have a pulse duration of 0.45 plus or minus 0.1 microsecond, a pulse rise time between 0.05 and 0.1 microsecond and a pulse decay time between 0.05 and 0.2 microsecond. The pulse amplitude variation of one pulse with respect to any other pulse in a reply train shall not exceed 1 dB.

Note.—The intent of the lower limit of rise and decay times (0.05 microsecond) is to reduce sideband radiation. Equipment will meet this requirement if the sideband radiation is not greater than that which, theoretically, would be produced by a trapezoidal wave having the stated rise and decay times.

3.1.1.6.5 Reply pulse position tolerances. The pulse spacing tolerance for each pulse (including the last framing pulse) with respect to the first framing pulse of the reply group shall be plus or minus 0.10 microsecond. The pulse interval tolerance of the special position identification pulse with respect to the last framing pulse of the reply group shall be plus or minus 0.10 microsecond. The pulse spacing tolerance of any pulse in the reply group with respect to any other pulse (except the first framing pulse) shall not exceed plus or minus 0.15 microsecond.

3.1.1.6.6 Code nomenclature. The code designation shall consist of digits between 0 and 7 inclusive, and shall consist of the sum of the subscripts of the pulse numbers given in 3.1.1.6.2 above, employed as follows:

Digit Pulse Group

First (most significant)	A
Second	B
Third	C
Fourth	D

3.1.1.7 TECHNICAL CHARACTERISTICS OF TRANSPONDERS WITH MODE A AND MODE C CAPABILITIES ONLY

3.1.1.7.1 Reply. The transponder shall reply (not less than 90 per cent triggering) when all of the following conditions have been met:

- the received amplitude of P_3 is in excess of a level 1 dB below the received amplitude of P_1 but no greater than 3 dB above the received amplitude of P_1 ;
- either no pulse is received in the interval 1.3 microseconds to 2.7 microseconds after P_1 , or P_1 exceeds by more than 9 dB any pulse received in this interval;
- the received amplitude of a proper interrogation is more than 10 dB above the received amplitude of random pulses where the latter are not recognized by the transponder as P_1 , P_2 or P_3 .

3.1.1.7.2 The transponder shall not reply under the following conditions:

- to interrogations when the interval between pulses P_1 and P_3 differs from those specified in 3.1.1.4.3 by more than plus or minus 1.0 microsecond;
- upon receipt of any single pulse which has no amplitude variations approximating a normal interrogation condition.

3.1.1.7.3 Dead time. After recognition of a proper interrogation, the transponder shall not reply to any other interrogation, at least for the duration of the reply pulse train. This dead time shall end no later than 125 microseconds after the transmission of the last reply pulse of the group.

3.1.1.7.4 SUPPRESSION

Note.—This characteristic is used to prevent replies to interrogations received via the side lobes of the interrogator antenna, and to prevent Mode A/C transponders from replying to Mode S interrogations.

3.1.1.7.4.1 The transponder shall be suppressed when the received amplitude of P_2 is equal to, or in excess of, the received amplitude of P_1 and spaced 2.0 plus or minus 0.15 microseconds. The detection of P_2 is not required as a prerequisite for initiation of suppression action.

3.1.1.7.4.2 The transponder suppression shall be for a period of 35 plus or minus 10 microseconds.

3.1.1.7.4.2.1 The suppression shall be capable of being reinitiated for the full duration within 2 microseconds after the end of any suppression period.

3.1.1.7.5 RECEIVER SENSITIVITY AND DYNAMIC RANGE

3.1.1.7.5.1 The minimum triggering level of the transponder shall be such that replies are generated to at least 90 per cent of the interrogation signals when:

- a) the two pulses P_1 and P_2 constituting an interrogation are of equal amplitude and P_2 is not detected; and
- b) the amplitude of these signals is nominally 71 dB below 1 mW, with limits between 69 dB and 77 dB below 1 mW.

3.1.1.7.5.2 The reply and suppression characteristics shall apply over a received amplitude of P_1 between minimum triggering level and 50 dB above that level.

3.1.1.7.5.3 The variation of the minimum triggering level between modes shall not exceed 1 dB for nominal pulse spacings and pulse widths.

3.1.1.7.6 *Pulse duration discrimination.* Signals of received amplitude between minimum triggering level and 6 dB above this level, and of a duration less than 0.3 microsecond, shall not cause the transponder to initiate reply or suppression action. With the exception of single pulses with amplitude variations approximating an interrogation, any single pulse of a duration more than 1.5 microseconds shall not cause the transponder to initiate reply or suppression action over the signal amplitude range of minimum triggering level (MTL) to 50 dB above that level.

3.1.1.7.7 *Echo suppression and recovery.* The transponder shall contain an echo suppression facility designed to permit normal operation in the presence of echoes of signals-in-space. The provision of this facility shall be compatible with the requirements for suppression of side lobes given in 3.1.1.7.4.1.

3.1.1.7.7.1 *Desensitization.* Upon receipt of any pulse more than 0.7 microsecond in duration, the receiver shall be desensitized by an amount that is within at least 9 dB of the amplitude of the desensitizing pulse but shall at no time exceed the amplitude of the desensitizing pulse, with the exception of possible overshoot during the first microsecond following the desensitizing pulse.

Note.— Single pulses of duration less than 0.7 microsecond are not required to cause the specified desensitization nor to cause desensitization of duration greater than permitted by 3.1.1.7.7.1 and 3.1.1.7.7.2.

3.1.1.7.7.2 *Recovery.* Following desensitization, the receiver shall recover sensitivity (within 3 dB of minimum triggering level) within 15 microseconds after reception of a desensitizing pulse having a signal strength up to 50 dB above minimum triggering level. Recovery shall be at an average rate not exceeding 4.0 dB per microsecond.

3.1.1.7.8 *Random triggering rate.* In the absence of valid interrogation signals, Mode A/C transponders shall not generate more than 30 unwanted Mode A or Mode C replies per second as integrated over an interval equivalent to at least 300 random triggers, or 30 seconds, whichever is less. This random triggering rate shall not be exceeded when all possible interfering equipments installed in the same aircraft are operating at maximum interference levels.

3.1.1.7.8.1 *Random triggering rate in the presence of low-level in-band continuous wave (CW) interference.* The total random trigger rate on all Mode A and/or Mode C replies shall not be greater than 10 reply pulse groups or suppressions per second, averaged over a period of 30 seconds, when operated in the presence of non-coherent CW interference at a frequency of 1 030 ±0.2 MHz and a signal level of -60 dBm or less.

±
3.1.1.7.9 REPLY RATE

3.1.1.7.9.1 The transponder shall be capable of at least 1 200 replies per second for a 15-pulse coded reply, except that, for transponder installations used solely below 4 500 m (15 000 ft), or below a lesser altitude established by the appropriate

3-5

22/11/07

authority or by regional air navigation agreement, transponders capable of at least 1 000 replies per second for a 15-pulse coded reply shall be permitted.

3.1.1.7.9.2 *Reply rate limit control.* To protect the system from the effects of transponder over-interrogation by preventing response to weaker signals when a predetermined reply rate has been reached, a sensitivity reduction type reply limit control shall be incorporated in the equipment. The range of this control shall permit adjustment, as a minimum, to any value between 500 and 2 000 replies per second, or to the maximum reply rate capability if less than 2 000 replies per second, without regard to the number of pulses in each reply. Sensitivity reduction in excess of 3 dB shall not take effect until 90 per cent of the selected value is exceeded. Sensitivity reduction shall be at least 30 dB for rates in excess of 150 per cent of the selected value.

3.1.1.7.9.3 **Recommendation.**— The reply rate limit should be set at 1 200 replies per second, or the maximum value below 1 200 replies per second of which the transponder is capable.

3.1.1.7.10 *Reply delay and jitter.* The time delay between the arrival, at the transponder receiver, of the leading edge of P_2 and the transmission of the leading edge of the first pulse of the reply shall be 3 plus or minus 0.5 microseconds. The total jitter of the reply pulse code group, with respect to P_2 , shall not exceed 0.1 microsecond for receiver input levels between 3 dB and 50 dB above minimum triggering level. Delay variations between modes on which the transponder is capable of replying shall not exceed 0.2 microsecond.

3.1.1.7.11 TRANSPONDER POWER OUTPUT AND DUTY CYCLE

3.1.1.7.11.1 The peak pulse power available at the antenna end of the transmission line of the transponder shall be at least 21 dB and not more than 27 dB above 1 W, except that for transponder installations used solely below 4 500 m (15 000 ft), or below a lesser altitude established by the appropriate authority or by regional air navigation agreement, a peak pulse power available at the antenna end of the transmission line of the transponder of at least 18.5 dB and not more than 27 dB above 1 W shall be permitted.

Note.— An extended squitter non-transponder device on an aerodrome surface vehicle may operate with a lower minimum power output as specified in 5.1.1.2.

3.1.1.7.11.2 **Recommendation.**— The peak pulse power specified in 3.1.1.7.11.1 should be maintained over a range of replies from code 0000 at a rate of 400 replies per second to a maximum pulse content at a rate of 1 200 replies per second or a maximum value below 1 200 replies per second of which the transponder is capable.

3.1.1.7.12 REPLY CODES

3.1.1.7.12.1 *Identification.* The reply to a Mode A interrogation shall consist of the two framing pulses specified in 3.1.1.6.1 together with the information pulses (Mode A code) specified in 3.1.1.6.2.

Note.— The Mode A code designation is a sequence of four digits in accordance with 3.1.1.6.6.

3.1.1.7.12.1.1 The Mode A code shall be manually selected from the 4 096 codes available.

3.1.1.7.12.2 *Pressure-altitude transmission.* The reply to Mode C interrogation shall consist of the two framing pulses specified in 3.1.1.6.1 above. When digitized pressure-altitude information is available, the information pulses specified in 3.1.1.6.2 shall also be transmitted.

3.1.1.7.12.2.1 Transponders shall be provided with means to remove the information pulses but to retain the framing pulses when the provision of 3.1.1.7.12.2.4 below is not complied with in reply to Mode C interrogation.

22/11/07

3-6

3.1.1.7.12.2.2 The information pulses shall be automatically selected by an analog-to-digital converter connected to a pressure-altitude data source in the aircraft referenced to the standard pressure setting of 1 013.25 hectopascals.

Note.—The pressure setting of 1 013.25 hectopascals is equal to 29.92 inches of mercury.

3.1.1.7.12.2.3 Pressure-altitude shall be reported in 100-ft increments by selection of pulses as shown in the Appendix to this chapter.

3.1.1.7.12.2.4 The digitizer code selected shall correspond to within plus or minus 38.1 m (125 ft), on a 95 per cent probability basis, with the pressure-altitude information (referenced to the standard pressure setting of 1 013.25 hectopascals), used on board the aircraft to adhere to the assigned flight profile.

3.1.1.7.13 *Transmission of the special position identification (SPI) pulse.* When required, this pulse shall be transmitted with Mode A replies, as specified in 3.1.1.6.3, for a period of between 15 and 30 seconds.

3.1.1.7.14 ANTENNA

3.1.1.7.14.1 The transponder antenna system, when installed on an aircraft, shall have a radiation pattern which is essentially omnidirectional in the horizontal plane.

3.1.1.7.14.2 **Recommendation.**—The vertical radiation pattern should be nominally equivalent to that of a quarter-wave monopole on a ground plane.

3.1.1.8 TECHNICAL CHARACTERISTICS OF GROUND INTERROGATORS WITH MODE A AND MODE C CAPABILITIES ONLY

3.1.1.8.1 *Interrogation repetition frequency.* The maximum interrogation repetition frequency shall be 450 interrogations per second.

3.1.1.8.1.1 **Recommendation.**—To minimize unnecessary transponder triggering and the resulting high density of mutual interference, all interrogators should use the lowest practicable interrogator repetition frequency that is consistent with the display characteristics, interrogator antenna beam width and antenna rotation speed employed.

3.1.1.8.2 RADIATED POWER

Recommendation.—In order to minimize system interference the effective radiated power of interrogators should be reduced to the lowest value consistent with the operationally required range of each individual interrogator site.

3.1.1.8.3 **Recommendation.**—When Mode C information is to be used from aircraft flying below transition levels, the altimeter pressure reference datum should be taken into account.

Note.—Use of Mode C below transition levels is in accordance with the philosophy that Mode C can usefully be employed in all environments.

3.1.1.9 INTERROGATOR RADIATED FIELD PATTERN

Recommendation.—The beam width of the directional interrogator antenna radiating P_3 should not be wider than is operationally required. The side- and back-lobe radiation of the directional antenna should be at least 24 dB below the peak of the main-lobe radiation.

3-7

22/11/07

3.1.1.10 INTERROGATOR MONITOR

3.1.1.10.1 The range and azimuth accuracy of the ground interrogator shall be monitored at sufficiently frequent intervals to ensure system integrity.

Note.—Interrogators that are associated with and operated in conjunction with primary radar may use the primary radar as the monitoring device; alternatively, an electronic range and azimuth accuracy monitor would be required.

3.1.1.10.2 **Recommendation.**—In addition to range and azimuth monitoring, provision should be made to monitor continuously the other critical parameters of the ground interrogator for any degradation of performance exceeding the allowable system tolerances and to provide an indication of any such occurrence.

3.1.1.11 SPURIOUS EMISSIONS AND SPURIOUS RESPONSES

3.1.1.11.1 SPURIOUS RADIATION

Recommendation.—CW radiation should not exceed 76 dB below 1 W for the interrogator and 70 dB below 1 W for the transponder.

3.1.1.11.2 SPURIOUS RESPONSES

Recommendation.—The response of both airborne and ground equipment to signals not within the receiver pass band should be at least 60 dB below normal sensitivity.

3.1.2 Systems having Mode S capabilities

3.1.2.1 *Interrogation signals-in-space characteristics.* The paragraphs herein describe the signals-in-space as they can be expected to appear at the antenna of the transponder.

Note.—Because signals can be corrupted in propagation, certain interrogation pulse duration, pulse spacing and pulse amplitude tolerances are more stringent for interrogators as described in 3.1.2.1.4.

3.1.2.1.1 *Interrogation carrier frequency.* The carrier frequency of all interrogations (uplink transmissions) from ground facilities with Mode S capabilities shall be 1 030 plus or minus 0.01 MHz.

3.1.2.1.2 *Interrogation spectrum.* The spectrum of a Mode S interrogation about the carrier frequency shall not exceed the limits specified in Figure 3-2.

Note.—The Mode S interrogation spectrum is data dependent. The broadest spectrum is generated by an interrogation that contains all binary ONEs.

3.1.2.1.3 *Polarization.* Polarization of the interrogation and control transmissions shall be nominally vertical.

3.1.2.1.4 *Modulation.* For Mode S interrogations, the carrier frequency shall be pulse modulated. In addition, the data pulse, P_6 , shall have internal phase modulation.

3.1.2.1.4.1 *Pulse modulation.* Intermode and Mode S interrogations shall consist of a sequence of pulses as specified in 3.1.2.1.5 and Tables 3-1, 3-2, 3-3, and 3-4.

22/11/07

3-8

Note.—The 0.8 microsecond pulses used in intermode and Mode S interrogations are identical in shape to those used in Modes A and C as defined in 3.1.1.4.

3.1.2.1.4.2 *Phase modulation.* The short (16.25-microsecond) and long (30.25-microsecond) P_6 pulses of 3.1.2.1.4.1 shall have internal binary differential phase modulation consisting of 180-degree phase reversals of the carrier at a 4 megabit per second rate.

3.1.2.1.4.2.1 *Phase reversal duration.* The duration of the phase reversal shall be less than 0.08 microsecond and the phase shall advance (or retard) monotonically throughout the transition region. There shall be no amplitude modulation applied during the phase transition.

Note.—The minimum duration of the phase reversal is not specified. Nonetheless, the spectrum requirements of 3.1.2.1.2 must be met.

3.1.2.1.4.2.2 *Phase relationship.* The tolerance on the 0 and 180-degree phase relationship between successive chips and on the sync phase reversal (3.1.2.1.5.2.2) within the P_6 pulse shall be plus or minus 5 degrees.

Note.—In Mode S a “chip” is the 0.25 microsecond carrier interval between possible data phase reversals.

3.1.2.1.5 *Pulse and phase reversal sequences.* Specific sequences of the pulses or phase reversals described in 3.1.2.1.4 shall constitute interrogations.

3.1.2.1.5.1 Intermode interrogation

3.1.2.1.5.1.1 *Mode A/C/S all-call interrogation.* This interrogation shall consist of three pulses: P_1 , P_3 , and the long P_4 as shown in Figure 3-3. One or two control pulses (P_2 alone, or P_1 and P_2) shall be transmitted using a separate antenna pattern to suppress responses from aircraft in the side lobes of the interrogator antenna.

Note.—The Mode A/C/S all-call interrogation elicits a Mode A or Mode C reply (depending on the P_1 - P_2 - P_3 pulse spacing) from a Mode A/C transponder because it does not recognize the P_4 pulse. A Mode S transponder recognizes the long P_4 pulse and responds with a Mode S reply. This interrogation was originally planned for use by isolated or clustered interrogators. Lockout for this interrogation was based on the use of I equals 0. The development of the Mode S subnetwork now dictates the use of a non-zero I code for communication purposes. For this reason, I equals 0 has been reserved for use in support of a form of Mode S acquisition that uses stochastic/lockout override (3.1.2.5.2.1.4 and 3.1.2.5.2.1.5). The Mode A/C/S all-call cannot be used with full Mode S operation since I equals 0 can only be locked out for short time periods (3.1.2.5.2.1.5.2.1). This interrogation cannot be used with stochastic/lockout override, since probability of reply cannot be specified.

3.1.2.1.5.1.2 *Mode A/C-only all-call interrogation.* This interrogation shall be identical to that of the Mode A/C/S all-call interrogation except that the short P_4 pulse shall be used.

Note.—The Mode A/C-only all-call interrogation elicits a Mode A or Mode C reply from a Mode A/C transponder. A Mode S transponder recognizes the short P_4 pulse and does not reply to this interrogation.

3.1.2.1.5.1.3 *Pulse intervals.* The pulse intervals between P_1 , P_2 and P_3 shall be as defined in 3.1.1.4.3 and 3.1.1.4.4. The pulse interval between P_3 and P_4 shall be 2 plus or minus 0.05 microsecond.

3.1.2.1.5.1.4 *Pulse amplitudes.* Relative amplitudes between pulses P_1 , P_2 and P_3 shall be in accordance with 3.1.1.5. The amplitude of P_4 shall be within 1 dB of the amplitude of P_3 .

3.1.2.1.5.2 *Mode S interrogation.* The Mode S interrogation shall consist of three pulses: P_1 , P_2 and P_6 as shown in Figure 3-4.

3-9

22/11/07

Note.— P_6 is preceded by a $P_1 - P_2 - P_3$ pair which suppresses replies from Mode A/C transponders to avoid synchronous garble due to random triggering by the Mode S interrogation. The sync phase reversal within P_6 is the timing mark for demodulation of a series of time intervals (chips) of 0.25 microsecond duration. This series of chips starts 0.5 microsecond after the sync phase reversal and ends 0.5 microsecond before the trailing edge of P_6 . A phase reversal may or may not precede each chip to encode its binary information value.

3.1.2.1.5.2.1 *Mode S side-lobe suppression.* The P_5 pulse shall be used with the Mode S-only all-call interrogation (UF = 11, see 3.1.2.5.2) to prevent replies from aircraft in the side and back lobes of the antenna (3.1.2.1.5.2.5). When used, P_5 shall be transmitted using a separate antenna pattern.

Note 1.—The action of P_5 is automatic. Its presence, if of sufficient amplitude at the receiving location, masks the sync phase reversal of P_6 .

Note 2.—The P_5 pulse may be used with other Mode S interrogations.

3.1.2.1.5.2.2 *Sync phase reversal.* The first phase reversal in the P_6 pulse shall be the sync phase reversal. It shall be the timing reference for subsequent transponder operations related to the interrogation.

3.1.2.1.5.2.3 *Data phase reversals.* Each data phase reversal shall occur only at a time interval (N times 0.25) plus or minus 0.02 microsecond (N equal to, or greater than 2) after the sync phase reversal. The 16.25-microsecond P_6 pulse shall contain at most 56 data phase reversals. The 30.25-microsecond P_6 pulse shall contain at most 112 data phase reversals. The last chip, that is the 0.25-microsecond time interval following the last data phase reversal position, shall be followed by a 0.5-microsecond guard interval.

Note.—The 0.5-microsecond guard interval following the last chip prevents the trailing edge of P_6 from interfering with the demodulation process.

3.1.2.1.5.2.4 *Intervals.* The pulse interval between P_1 and P_2 shall be 2 plus or minus 0.05 microsecond. The interval between the leading edge of P_2 and the sync phase reversal of P_6 shall be 2.75 plus or minus 0.05 microsecond. The leading edge of P_6 shall occur 1.25 plus or minus 0.05 microsecond before the sync phase reversal. P_5 , if transmitted, shall be centred over the sync phase reversal; the leading edge of P_5 shall occur 0.4 plus or minus 0.05 microsecond before the sync phase reversal.

3.1.2.1.5.2.5 *Pulse amplitudes.* The amplitude of P_2 and the amplitude of the first microsecond of P_6 shall be greater than the amplitude of P_1 minus 0.25 dB. Exclusive of the amplitude transients associated with phase reversals, the amplitude variation of P_6 shall be less than 1 dB and the amplitude variation between successive chips in P_6 shall be less than 0.25 dB. The radiated amplitude of P_5 at the antenna of the transponder shall be:

- a) equal to or greater than the radiated amplitude of P_6 from the side-lobe transmissions of the antenna radiating P_6 ; and
- b) at a level lower than 9 dB below the radiated amplitude of P_6 within the desired arc of interrogation.

3.1.2.2 REPLY SIGNALS-IN-SPACE CHARACTERISTICS

3.1.2.2.1 *Reply carrier frequency.* The carrier frequency of all replies (downlink transmissions) from transponders with Mode S capabilities shall be 1 090 plus or minus 1 MHz.

3.1.2.2.2 *Reply spectrum.* The spectrum of a Mode S reply about the carrier frequency shall not exceed the limits specified in Figure 3-5.

3.1.2.2.3 *Polarization.* Polarization of the reply transmissions shall be nominally vertical.

22/11/07

3-10

3.1.2.2.4 *Modulation.* The Mode S reply shall consist of a preamble and a data block. The preamble shall be a 4-pulse sequence and the data block shall be binary pulse-position modulated at a 1 megabit per second data rate.

3.1.2.2.4.1 *Pulse shapes.* Pulse shapes shall be as defined in Table 3-2. All values are in microseconds.

3.1.2.2.5 *Mode S reply.* The Mode S reply shall be as shown in Figure 3-6. The data block in Mode S replies shall consist of either 56 or 112 information bits.

3.1.2.2.5.1 *Pulse intervals.* All reply pulses shall start at a defined multiple of 0.5 microsecond from the first transmitted pulse. The tolerance in all cases shall be plus or minus 0.05 microsecond.

3.1.2.2.5.1.1 *Reply preamble.* The preamble shall consist of four pulses, each with a duration of 0.5 microsecond. The pulse intervals from the first transmitted pulse to the second, third and fourth transmitted pulses shall be 1, 3.5 and 4.5 microseconds, respectively.

3.1.2.2.5.1.2 *Reply data pulses.* The reply data block shall begin 8 microseconds after the leading edge of the first transmitted pulse. Either 56 or 112 one-microsecond bit intervals shall be assigned to each transmission. A 0.5-microsecond pulse shall be transmitted either in the first or in the second half of each interval. When a pulse is transmitted in the second half of one interval is followed by another pulse transmitted in the first half of the next interval, the two pulses merge and a one-microsecond pulse shall be transmitted.

3.1.2.2.5.2 *Pulse amplitudes.* The pulse amplitude variation between one pulse and any other pulse in a Mode S reply shall not exceed 2 dB.

3.1.2.3 MODE S DATA STRUCTURE

3.1.2.3.1 DATA ENCODING

3.1.2.3.1.1 *Interrogation data.* The interrogation data block shall consist of the sequence of 56 or 112 data chips positioned after the data phase reversals within P_6 (3.1.2.1.5.2.3). A 180-degree carrier phase reversal preceding a chip shall characterize that chip as a binary ONE. The absence of a preceding phase reversal shall denote a binary ZERO.

3.1.2.3.1.2 *Reply data.* The reply data block shall consist of 56 or 112 data bits formed by binary pulse position modulation encoding of the reply data as described in 3.1.2.2.5.1.2. A pulse transmitted in the first half of the interval shall represent a binary ONE whereas a pulse transmitted in the second half shall represent a binary ZERO.

3.1.2.3.1.3 *Bit numbering.* The bits shall be numbered in the order of their transmission, beginning with bit 1. Unless otherwise stated, numerical values encoded by groups (fields) of bits shall be encoded using positive binary notation and the first bit transmitted shall be the most significant bit (MSB). Information shall be coded in fields which consist of at least one bit.

Note. — In the description of Mode S formats the decimal equivalent of the binary code formed by the bit sequence within a field is used as the designator of the field function or command.

3.1.2.3.2 FORMATS OF MODE S INTERROGATIONS AND REPLIES

Note. — A summary of all Mode S interrogation and reply formats is presented in Figures 3-7 and 3-8. A summary of all fields appearing in uplink and downlink formats is given in Table 3-3 and a summary of all subfields is given in Table 3-4.

3.1.2.3.2.1 *Essential fields.* Every Mode S transmission shall contain two essential fields. One is a descriptor which shall uniquely define the format of the transmission. This shall appear at the beginning of the transmission for all formats.

3-11

22/11/07

The descriptors are designated by the UF (uplink format) or DF (downlink format) fields. The second essential field shall be a 24-bit field appearing at the end of each transmission and shall contain parity information. In all uplink and in currently defined downlink formats parity information shall be overlaid either on the aircraft address (3.1.2.4.1.2.3.1) or on the interrogator identifier according to 3.1.2.3.3.2. The designators are AP (address/parity) or PI (parity/interrogator identifier).

Note. — The remaining coding space is used to transmit the mission fields. For specific functions, a specific set of mission fields is prescribed. Mode S mission fields have two-letter designators. Subfields may appear within mission fields. Mode S subfields are labelled with three-letter designators.

3.1.2.3.2.1.1 *UF: Uplink format.* This uplink format field (5 bits long except in format 24 where it is 2 bits long) shall serve as the uplink format descriptor in all Mode S interrogations and shall be coded according to Figure 3-7.

3.1.2.3.2.1.2 *DF: Downlink format.* This downlink format field (5 bits long except in format 24 where it is 2 bits long) shall serve as the downlink format descriptor in all Mode S replies and shall be coded according to Figure 3-8.

3.1.2.3.2.1.3 *AP: Address/parity.* This 24-bit (33-56 or 89-112) field shall appear in all uplink and currently defined downlink formats except the Mode S-only all-call reply, DF = 11. The field shall contain parity overlaid on the aircraft address according to 3.1.2.3.3.2.

3.1.2.3.2.1.4 *PI: Parity/interrogator identifier.* This 24-bit (33-56) or (89-112) downlink field shall have parity overlaid on the interrogator's identity code according to 3.1.2.3.3.2 and shall appear in the Mode S all-call reply, DF = 11 and in the extended squitter, DF = 17 or DF = 18. If the reply is made in response to a Mode A/C/S all-call, a Mode S-only all-call with CL field (3.1.2.5.2.1.3) and IC field (3.1.2.5.2.1.2) equal to 0, or is an acquisition or an extended squitter (3.1.2.8.5, 3.1.2.8.6 or 3.1.2.8.7), the II and the SI codes shall be 0.

3.1.2.3.2.2 *Unassigned coding space.* Unassigned coding space shall contain all ZEROs as transmitted by interrogators and transponders.

Note. — Certain coding space indicated as unassigned in this section is reserved for other applications such as ACAS, data link, etc.

3.1.2.3.2.3 *Zero and unassigned codes.* A zero code assignment in all defined fields shall indicate that no action is required by the field. In addition, codes not assigned within the fields shall indicate that no action is required.

Note. — The provisions of 3.1.2.3.2.2 and 3.1.2.3.2.3 ensure that future assignments of previously unassigned coding space will not result in ambiguity. That is, Mode S equipment in which the new coding has not been implemented will clearly indicate that no information is being transmitted in newly assigned coding space.

3.1.2.3.2.4 *Formats reserved for military use.* States shall ensure that uplink formats are only used for selectively addressed interrogations and that transmissions of uplink or downlink formats do not exceed the RF power, interrogation rate, reply rate and squitter rate requirements of Annex 10.

3.1.2.3.2.4.1 **Recommendation.** — Through investigation and validation, States should ensure that military applications do not unduly affect the existing 1 030/1 090 MHz civil aviation operations environment.

3.1.2.3.3 ERROR PROTECTION

3.1.2.3.3.1 *Technique.* Parity check coding shall be used within Mode S interrogations and replies to provide protection against the occurrence of errors.

3.1.2.3.3.1.1 *Parity check sequence.* A sequence of 24 parity check bits shall be generated by the rule described in 3.1.2.3.3.1.2 and shall be incorporated into the field formed by the last 24 bits of all Mode S transmissions. The 24 parity check

22/11/07

3-12

bits shall be combined with either the address coding or the interrogator identifier coding as described in 3.1.2.3.3.2. The resulting combination then forms either the AP (address/parity, 3.1.2.3.2.1.3) field or the PI (parity/interrogator identifier, 3.1.2.3.2.1.4) field.

3.1.2.3.3.1.2 *Parity check sequence generation.* The sequence of 24 parity bits (p_1, p_2, \dots, p_{24}) shall be generated from the sequence of information bits (m_1, m_2, \dots, m_8) where k is 32 or 88 for short or long transmissions respectively. This shall be done by means of a code generated by the polynomial:

$$G(x) = 1 + x^3 + x^{10} + x^{12} + x^{13} + x^{14} + x^{15} + x^{16} \\ + x^{17} + x^{18} + x^{19} + x^{20} + x^{21} + x^{22} + x^{23} + x^{24}$$

When by the application of binary polynomial algebra, $x^{24} [M(x)]$ is divided by $G(x)$ where the information sequence $M(x)$ is:

$$m_k + m_{k+1}x + m_{k+2}x^2 + \dots + m_k x^{k-1}$$

the result is a quotient and a remainder $R(x)$ of degree less than 24. The bit sequence formed by this remainder represents the parity check sequence. Parity bit p_i for any i from 1 to 24, is the coefficient of x^{24+i} in $R(x)$.

Note.— The effect of multiplying $M(x)$ by x^{24} is to append 24 ZERO bits to the end of the sequence.

3.1.2.3.3.2 *AP and PI field generation.* Different address parity sequences shall be used for the uplink and downlink.

Note.— The uplink sequence is appropriate for a transponder decoder implementation. The downlink sequence facilitates the use of error correction in downlink decoding.

The code used in uplink AP field generation shall be formed as specified below from either the aircraft address (3.1.2.4.1.2.3.1.1), the all-call address (3.1.2.4.1.2.3.1.2) or the broadcast address (3.1.2.4.1.2.3.1.3).

The code used in downlink AP field generation shall be formed directly from the sequence of 24 Mode S address bits (a_1, a_2, \dots, a_{24}), where a_i is the i -th bit transmitted in the aircraft address (AA) field of an all-call reply (3.1.2.5.2.2.2).

The code used in downlink PI field generation shall be formed by a sequence of 24 bits (a_1, a_2, \dots, a_{24}), where the first 17 bits are ZEROS, the next three bits are a replica of the code label (CL) field (3.1.2.5.2.1.3) and the last four bits are a replica of the interrogator code (IC) field (3.1.2.5.2.1.2).

Note.— The PI code is not used in uplink transmissions.

A modified sequence (b_1, b_2, \dots, b_{24}) shall be used for uplink AP field generation. Bit b_i is the coefficient of x^{48i} in the polynomial $G(x)A(x)$, where:

$$A(x) = a_1x^{23} + a_2x^{22} + \dots + a_{24}$$

and

$G(x)$ is as defined in 3.1.2.3.3.1.2.

In the aircraft address a_i shall be the i -th bit transmitted in the AA field of an all-call reply. In the all-call and broadcast addresses a_i shall equal 1 for all values of i .

3.1.2.3.3.2.1 *Uplink transmission order.* The sequence of bits transmitted in the uplink AP field is:

$$k_{k+1}, k_{k+2}, \dots, k_{k+24}$$

where the bits are numbered in order of transmission, starting with $k+1$.

In uplink transmissions:

$$k_{k+i} = b_i \oplus p_i$$

where “ \oplus ” prescribes modulo-2 addition; i equals 1 is the first bit transmitted in the AP field.

3.1.2.3.3.2.2 *Downlink transmission order.* The sequence of bits transmitted in the downlink AP and PI field is:

$$k_{k+1}, k_{k+2}, \dots, k_{k+24}$$

where the bits are numbered in order of transmission, starting with $k+1$. In downlink transmissions:

$$k_{k+i} = a_i \oplus p_i$$

where “ \oplus ” prescribes modulo-2 addition; i equals 1 is the first bit transmitted in the AP or PI field.

3.1.2.4 GENERAL INTERROGATION-REPLY PROTOCOL

3.1.2.4.1 *Transponder transaction cycle.* A transponder transaction cycle shall begin when the SSR Mode S transponder has recognized an interrogation. The transponder shall then evaluate the interrogation and determine whether it shall be accepted. If accepted, it shall then process the received interrogation and generate a reply, if appropriate. The transaction cycle shall end when:

- a) any one of the necessary conditions for acceptance has not been met, or
- b) an interrogation has been accepted and the transponder has either:
 - 1) completed the processing of the accepted interrogation if no reply is required, or
 - 2) completed the transmission of a reply.

A new transponder transaction cycle shall not begin until the previous cycle has ended.

3.1.2.4.1.1 *Interrogation recognition.* SSR Mode S transponders shall be capable of recognizing the following distinct types of interrogations:

- a) Modes A and C;
- b) intermode; and
- c) Mode S.

Note.— The recognition process is dependent upon the signal input level and the specified dynamic range (3.1.2.10.1).

3.1.2.4.1.1.1 *Mode A and Mode C interrogation recognition.* A Mode A or Mode C interrogation shall be recognized when a $P_1 - P_3$ pulse pair meeting the requirements of 3.1.1.4 has been received, and the leading edge of a P_4 pulse with an amplitude that is greater than a level 6 dB below the amplitude of P_3 is not received within the interval from 1.7 to 2.3 microseconds following the leading edge of P_3 .

If a $P_1 - P_2$ suppression pair and a Mode A or Mode C interrogation are recognized simultaneously, the transponder shall be suppressed. An interrogation shall not be recognized as Mode A or Mode C if the transponder is in suppression (3.1.2.4.2). If a Mode A and a Mode C interrogation are recognized simultaneously the transponder shall complete the transaction cycle as if only a Mode C interrogation had been recognized.

3.1.2.4.1.1.2. *Intermode interrogation recognition.* An intermode interrogation shall be recognized when a $P_1 - P_3 - P_4$ pulse triplet meeting the requirements of 3.1.2.1.5.1 is received. An interrogation shall not be recognized as an intermode interrogation if:

- a) the received amplitude of the pulse in the P_4 position is smaller than 6 dB below the amplitude of P_3 ; or
- b) the pulse interval between P_3 and P_4 is larger than 2.3 microseconds or shorter than 1.7 microseconds; or
- c) the received amplitude of P_1 and P_3 is between MTL and -45 dBm and the pulse duration of P_1 or P_3 is less than 0.3 microsecond; or
- d) the transponder is in suppression (3.1.2.4.2).

If a $P_1 - P_2$ suppression pair and a Mode A or Mode C intermode interrogation are recognized simultaneously the transponder shall be suppressed.

3.1.2.4.1.1.3. *Mode S interrogation recognition.* A Mode S interrogation shall be recognized when a P_6 pulse is received with a sync phase reversal within the interval from 1.20 to 1.30 microseconds following the leading edge of P_6 . A Mode S interrogation shall not be recognized if a sync phase reversal is not received within the interval from 1.05 to 1.45 microseconds following the leading edge of P_6 .

3.1.2.4.1.2. *Interrogation acceptance.* Recognition according to 3.1.2.4.1 shall be a prerequisite for acceptance of any interrogation.

3.1.2.4.1.2.1. *Mode A and Mode C interrogation acceptance.* Mode A and Mode C intermode interrogations shall be accepted when recognized (3.1.2.4.1.1.1).

3.1.2.4.1.2.2. *Intermode interrogation acceptance*

3.1.2.4.1.2.2.1. *Mode A/C/S all-call interrogation acceptance.* A Mode A/C/S all-call interrogation shall be accepted if the trailing edge of P_4 is received within 3.45 to 3.75 microseconds following the leading edge of P_3 and no lockout condition (3.1.2.6.9) prevents acceptance. A Mode A/C/S all-call shall not be accepted if the trailing edge of P_4 is received earlier than 3.3 or later than 4.2 microseconds following the leading edge of P_3 , or if a lockout condition (3.1.2.6.9) prevents acceptance.

3.1.2.4.1.2.2.2. *Mode A/C-only all-call interrogation acceptance.* A Mode A/C-only all-call interrogation shall not be accepted by a Mode S transponder.

Note.—The technical condition for non-acceptance of a Mode A/C-only all-call is given in the preceding paragraph by the requirement for rejecting an intermode interrogation with a P_4 pulse having a trailing edge following the leading edge of P_3 by less than 3.3 microseconds.

3.1.2.4.1.2.3. *Mode S interrogation acceptance.* A Mode S interrogation shall only be accepted if:

- a) the transponder is capable of processing the uplink format (UF) of the interrogation (3.1.2.3.2.1.1);
- b) the address of the interrogation matches one of the addresses as defined in 3.1.2.4.1.2.3.1 implying that parity is established, as defined in 3.1.2.3.3;

- c) in the case of an all-call interrogation, no all-call lockout condition applies, as defined in 3.1.2.6.9; and
- d) the transponder is capable of processing the uplinked data of a long air-air surveillance (ACAS) interrogation (UF-16) and presenting it at an output interface as prescribed in 3.1.2.10.5.2.2.1.

Note.—A Mode S interrogation may be accepted if the conditions specified in 3.1.2.4.1.2.3 a) and b) are met and the transponder is not capable of both processing the uplinked data of a Comm-A interrogation (UF=20 and 21) and presenting it at an output interface as prescribed in 3.1.2.10.5.2.2.1.

3.1.2.4.1.2.3.1. *Addresses.* Mode S interrogations shall contain either:

- a) aircraft address; or
- b) the all-call address; or
- c) the broadcast address.

3.1.2.4.1.2.3.1.1. *Aircraft address.* If the aircraft's address is identical to the address extracted from a received interrogation according to the procedure of 3.1.2.3.3.2 and 3.1.2.3.3.2.1, the extracted address shall be considered correct for purposes of Mode S interrogation acceptance.

3.1.2.4.1.2.3.1.2. *All-call address.* A Mode S-only all-call interrogation (uplink format UF = 11) shall contain an address, designated the all-call address, consisting of twenty-four consecutive ONEs. If the all-call address is extracted from a received interrogation with format UF = 11 according to the procedure of 3.1.2.3.3.2 and 3.1.2.3.3.2.1, the address shall be considered correct for Mode S-only all-call interrogation acceptance.

3.1.2.4.1.2.3.1.3. *Broadcast address.* To broadcast a message to all Mode S transponders within the interrogator beam, a Mode S interrogation uplink format 20 or 21 shall be used and an address of twenty-four consecutive ONEs shall be substituted for the aircraft address. If the UF code is 20 or 21 and this broadcast address is extracted from a received interrogation according to the procedure of 3.1.2.3.3.2 and 3.1.2.3.3.2.1, the address shall be considered correct for Mode S broadcast interrogation acceptance.

Note.—Transponders associated with airborne collision avoidance systems also accept a broadcast with UF = 16.

3.1.2.4.1.3. *Transponder replies.* Mode S transponders shall transmit the following reply types:

- a) Mode A and Mode C replies; and
- b) Mode S replies.

3.1.2.4.1.3.1. *Mode A and Mode C replies.* A Mode A (Mode C) reply shall be transmitted as specified in 3.1.1.6 when a Mode A (Mode C) interrogation has been accepted.

3.1.2.4.1.3.2. *Mode S replies.* Replies to other than Mode A and Mode C interrogations shall be Mode S replies.

3.1.2.4.1.3.2.1. *Replies to intermode interrogations.* A Mode S reply with downlink format 11 shall be transmitted in accordance with the provisions of 3.1.2.5.2.2 when a Mode A/C/S all-call interrogation has been accepted.

Note.—Since Mode S transponders do not accept Mode A/C-only all-call interrogations, no reply is generated.

3.1.2.4.1.3.2.2. *Replies to Mode S interrogations.* The information content of a Mode S reply shall reflect the conditions existing in the transponder after completion of all processing of the interrogation eliciting that reply. The correspondence between uplink and downlink formats shall be as summarized in Table 3-5.

Note.— Four categories of Mode S replies may be transmitted in response to Mode S interrogations:

- a) Mode S all-call replies (DF = 11);
- b) surveillance and standard-length communications replies (DF = 4, 5, 20 and 21);
- c) extended length communications replies (DF = 24); and
- d) air-air surveillance replies (DF = 0 and 16).

3.1.2.4.1.3.2.2.1 Replies to SSR Mode S-only all-call interrogations. The downlink format of the reply to a Mode S-only all-call interrogation (if required) shall be DF = 11. The reply content and rules for determining the requirement to reply shall be as defined in 3.1.2.5.

Note.— A Mode S reply may or may not be transmitted when a Mode S interrogation with UF = 11 has been accepted.

3.1.2.4.1.3.2.2.2 Replies to surveillance and standard length communications interrogations. A Mode S reply shall be transmitted when a Mode S interrogation with UF = 4, 5, 20 or 21 and an aircraft address has been accepted. The contents of these interrogations and replies shall be as defined in 3.1.2.6.

Note.— If a Mode S interrogation with UF = 20 or 21 and a broadcast address is accepted, no reply is transmitted (3.1.2.4.1.3.1.3).

3.1.2.4.1.3.2.2.3 Replies to extended length communications interrogations. A series of Mode S replies ranging in number from 0 to 16 shall be transmitted when a Mode S interrogation with UF = 24 has been accepted. The downlink format of the reply (if any) shall be DF = 24. Protocols defining the number and content of the replies shall be as defined in 3.1.2.7.

3.1.2.4.1.3.2.2.4 Replies to air-air surveillance interrogations. A Mode S reply shall be transmitted when a Mode S interrogation with UF = 0 and an aircraft address has been accepted. The contents of these interrogations and replies shall be as defined in 3.1.2.8.

3.1.2.4.2 SUPPRESSION

3.1.2.4.2.1 Effects of suppression. A transponder in suppression (3.1.1.7.4) shall not recognize Mode A, Mode C or intermode interrogations if either the P_1 pulse alone or both the P_1 and P_2 pulses of the interrogation are received during the suppression interval. Suppression shall not affect the recognition of, acceptance of, or replies to Mode S interrogations.

3.1.2.4.2.2 Suppression pairs. The two-pulse Mode A/C suppression pair defined in 3.1.1.7.4.1 shall initiate suppression in a Mode S transponder regardless of the position of the pulse pair in a group of pulses, provided the transponder is not already suppressed or in a transaction cycle.

Note.— The $P_2 - P_1$ pair of the Mode A/C-only all-call interrogation both prevents a reply and initiates suppression. Likewise, the $P_1 - P_2$ preamble of a Mode S interrogation initiates suppression independently of the waveform that follows it.

3.1.2.5 INTERMODE AND MODE S ALL-CALL TRANSACTIONS

3.1.2.5.1 INTERMODE TRANSACTIONS

Note.— Intermode transactions permit the surveillance of Mode A/C-only aircraft and the acquisition of Mode S aircraft. The Mode A/C/S all-call interrogation allows Mode A/C-only and Mode S transponders to be interrogated by the same

transmissions. The Mode A/C-only all-call interrogation makes it possible to elicit replies only from Mode A/C transponders. In multisite scenarios, the interrogator must transmit its identifier code in the Mode S-only all-call interrogation. Thus, a pair of Mode S-only and Mode A/C-only all-call interrogations are used. The intermode interrogations are defined in 3.1.2.1.5.1 and the corresponding interrogation-reply protocols are defined in 3.1.2.4.

3.1.2.5.2 MODE S-ONLY ALL-CALL TRANSACTIONS

Note.— These transactions allow the ground to acquire Mode S aircraft by use of an interrogation addressed to all Mode S-equipped aircraft. The reply is via downlink format 11 which returns the aircraft address. The interrogation-reply protocols are defined in 3.1.2.4.

3.1.2.5.2.1 Mode S-only all-call interrogation, uplink format 11

1	6	10	14	17	33
UF	PR	IC	CL	AP	AP
5	9	13	16	32	56

The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
PR probability of reply	3.1.2.5.2.1.1
IC interrogator code	3.1.2.5.2.1.2
CL code label	3.1.2.5.2.1.3
spare — 16 bits	
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.5.2.1.1 PR: Probability of reply. This 4-bit (6-9) uplink field shall contain commands to the transponder specifying the probability of reply to that interrogation (3.1.2.5.4). Codes are as follows:

0	signifies reply with probability of 1
1	signifies reply with probability of 1/2
2	signifies reply with probability of 1/4
3	signifies reply with probability of 1/8
4	signifies reply with probability of 1/16
5, 6, 7	not assigned
8	signifies disregard lockout, reply with probability of 1
9	signifies disregard lockout, reply with probability of 1/2
10	signifies disregard lockout, reply with probability of 1/4
11	signifies disregard lockout, reply with probability of 1/8
12	signifies disregard lockout, reply with probability of 1/16
13, 14, 15	not assigned.

3.1.2.5.2.1.2 IC: Interrogator code. This 4-bit (10-13) uplink field shall contain either the 4-bit interrogator identifier code (3.1.2.5.2.1.2.3) or the lower 4 bits of the 6-bit surveillance identifier code (3.1.2.5.2.1.2.4) depending on the value of the CL field (3.1.2.5.2.1.3).

3.1.2.5.2.1.2.1 **Recommendation.**— It is recommended that whenever possible an interrogator should operate using a single interrogator code.

3.1.2.5.2.1.2.2 *The use of multiple interrogator codes by one interrogator.* An interrogator shall not interleave Mode S-only all-call interrogations using different interrogator codes.

Note.— An explanation of RF interference issues, sector size and impact on data link transactions is presented in the Manual of the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

3.1.2.5.2.1.2.3 *II: Interrogator identifier.* This 4-bit value shall define an interrogator identifier (II) code. These II codes shall be assigned to interrogators in the range from 0 to 15. The II code value of 0 shall only be used for supplementary acquisition in conjunction with acquisition based on lockout override (3.1.2.5.2.1.4 and 3.1.2.5.2.1.5). When two II codes are assigned to one interrogator only, one II code shall be used for full data link purposes.

Note.— Limited data link activity including single segment Comm-A, uplink and downlink broadcast protocols and GICB extraction may be performed by both II codes.

3.1.2.5.2.1.2.4 *SI: Surveillance identifier.* This 6-bit value shall define a surveillance identifier (SI) code. These SI codes shall be assigned to interrogators in the range from 1 to 63. The SI code value of 0 shall not be used. The SI codes shall be used with the multisite lockout protocols (3.1.2.6.9.1). The SI codes shall not be used with the multisite communications protocols (3.1.2.6.11.3.2, 3.1.2.7.4 or 3.1.2.7.7).

3.1.2.5.2.1.3 *CL: Code label.* This 3-bit (14–16) uplink field shall define the contents of the IC field.

Coding (in binary)

000 signifies that the IC field contains the II code
 001 signifies that the IC field contains SI codes 1 to 15
 010 signifies that the IC field contains SI codes 16 to 31
 011 signifies that the IC field contains SI codes 32 to 47
 100 signifies that the IC field contains SI codes 48 to 63

The other values of the CL field shall not be used.

3.1.2.5.2.1.3.1 *Surveillance identifier (SI) code capability report.* Transponders which process the SI codes (3.1.2.5.2.1.2.4) shall report this capability by setting bit 35 to 1 in the surveillance identifier capability (SIC) subfield of the MB field of the data link capability report (3.1.2.6.10.2.2).

3.1.2.5.2.1.4 *Operation based on lockout override*

Note 1.— The Mode S-only all-call lockout override provides the basis for acquisition of Mode S aircraft for interrogators that have not been assigned a unique IC (II or SI code) for full Mode S operation (protected acquisition by ensuring that no other interrogator on the same IC can lock out the target in the same coverage area).

Note 2.— Lockout override is possible using any interrogator code.

3.1.2.5.2.1.4.1 *Maximum Mode S-only all-call interrogation rate.* The maximum rate of Mode S-only all-call interrogations made by an interrogator using acquisition based on lockout override shall depend on the reply probability as follows:

- a) for a reply probability equal to 1.0:
 the smaller of 3 interrogations per 3 dB beam dwell or 30 interrogations per second;

3-19

22/11/07

- b) for a reply probability equal to 0.5:

the smaller of 5 interrogations per 3 dB beam dwell or 60 interrogations per second; and

- c) for a reply probability equal to 0.25 or less:

the smaller of 10 interrogations per 3 dB beam dwell or 125 interrogations per second.

Note.— These limits have been defined in order to minimize the RF pollution generated by such a method while keeping a minimum of replies to allow acquisition of aircraft within a beam dwell.

3.1.2.5.2.1.4.2 *Field content for a selectively addressed interrogation used by an interrogator without an assigned interrogator code.* An interrogator that has not been assigned with a unique discrete interrogator code and is authorized to transmit shall use the II code 0 to perform the selective interrogations. In this case, selectively addressed interrogations used in connection with acquisition using lockout override shall have interrogation field contents restricted as follows:

PC = 4, 5, 20 or 21
 RR = 0
 RR ≠ 16 if RRS = 0
 DI = 7
 IIS = 0
 LOS = 0 except as specified in 3.1.2.5.2.1.5
 TMS = 0

Note.— These restrictions permit surveillance and GICB transactions, but prevent the interrogation from making any changes to transponder multisite lockout or communications protocol states.

3.1.2.5.2.1.5 *Supplementary acquisition using II equals 0*

Note 1.— The acquisition technique defined in 3.1.2.5.2.1.4 provides rapid acquisition for most aircraft. Due to the probabilistic nature of the process, it may take many interrogations to acquire the last aircraft of a large set of aircraft in the same beam dwell and near the same range (termed a local garble zone). Acquisition performance is greatly improved for the acquisition of these aircraft through the use of limited selective lockout using II equals 0.

Note 2.— Supplementary acquisition consists of locking out acquired aircraft to II=0 followed by acquisition by means of the Mode S-only all-call interrogation with II=0. Only the aircraft not yet acquired and not yet locked-out will reply resulting in an easier acquisition.

3.1.2.5.2.1.5.1 *Lockout within a beam dwell*

3.1.2.5.2.1.5.1.1 **Recommendation.**— When II equals 0 lockout is used to supplement acquisition, all aircraft within the beam dwell of the aircraft being acquired should be commanded to lock out to II equals 0, not just those in the garble zone.

Note.— Lockout of all aircraft in the beam dwell will reduce the amount of all-call fruit replies generated to the II equals 0 all-call interrogations.

3.1.2.5.2.1.5.2 *Duration of lockout*

3.1.2.5.2.1.5.2.1 Interrogators performing supplementary acquisition using II equals 0 shall perform acquisition by transmitting a lockout command for no more than two consecutive scans to each of the aircraft already acquired in the beam dwell containing the garble zone and shall not repeat it before 48 seconds have elapsed.

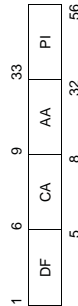
22/11/07

3-20

Note.— Minimizing the lockout time reduces the probability of conflict with the acquisition activities of a neighbouring interrogator that is also using *H* equals 0 for supplementary acquisition.

3.1.2.5.2.1.5.2.2 **Recommendation.**— Mode S only all-call interrogations with *H*=0 for the purpose of supplementary acquisition should take place within a garble zone over no more than two consecutive scans or a maximum of 18 seconds.

3.1.2.5.2.2 All-call reply, downlink format 11



The reply to the Mode S-only all-call or the Mode A/C/S all-call interrogation shall be the Mode S all-call reply, downlink format 11. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
CA capability	3.1.2.5.2.2.1
AA address announced	3.1.2.5.2.2.2
PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4

3.1.2.5.2.2.1 CA: Capability. This 3-bit (6-8) downlink field shall convey information on the transponder level, the additional information below, and shall be used in formats DF = 11 and DF = 17.

Coding

- 0 signifies Level 1 transponder (surveillance only), and no ability to set CA code 7 and either airborne or on the ground
- 1 reserved
- 2 reserved
- 3 reserved
- 4 signifies Level 2 or above transponder and ability to set CA code 7 and on the ground
- 5 signifies Level 2 or above transponder and ability to set CA code 7 and airborne
- 6 signifies Level 2 or above transponder and ability to set CA code 7 and either airborne or on the ground
- 7 signifies the DR field is not equal to 0 or the FS field equals 2, 3, 4 or 5, and either airborne or on the ground

When the conditions for CA code 7 are not satisfied, Level 2 or above transponders in installations that do not have automatic means to set the on-the-ground condition shall use CA code 6. Aircraft with automatic on-the-ground determination shall use CA code 4 when on the ground and 5 when airborne. Data link capability reports (3.1.2.6.10.2.2) shall be available from aircraft installations that set CA code 4, 5, 6 or 7.

Note.— CA codes 1 to 3 are reserved to maintain backward compatibility.

3.1.2.5.2.2.2 AA: Address announced. This 24-bit (9-32) downlink field shall contain the aircraft address which provides unambiguous identification of the aircraft.

3.1.2.5.3 Lockout protocol. The all-call lockout protocol defined in 3.1.2.6.9 shall be used by the interrogator with respect to an aircraft once the address of that specific aircraft has been acquired by an interrogator provided that:

— the interrogator is using an IC code different from zero; and

— the aircraft is located in an area where the interrogator is authorized to use lockout.

Note 1.— Following acquisition, a transponder is interrogated by discretely addressed interrogations as prescribed in 3.1.2.6, 3.1.2.7 and 3.1.2.8 and the all-call lockout protocol is used to inhibit replies to further all-call interrogations.

Note 2.— Regional IC allocation bodies may define rules limiting the use of selective interrogation and lockout protocol (e.g. no lockout in defined limited area, use of intermittent lockout in defined areas, and no lockout of aircraft not yet equipped with SI code capability).

3.1.2.5.4 Stochastic all-call protocol. The transponder shall execute a random process upon acceptance of a Mode S-only all-call with a PR code equal to 1 to 4 or 9 to 12. A decision to reply shall be made in accordance with the probability specified in the interrogation. A transponder shall not reply if a PR code equal to 5, 6, 7, 13, 14 or 15 is received (3.1.2.5.2.1.1).

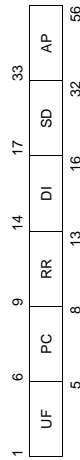
Note.— The random occurrence of replies makes it possible for the interrogator to acquire closely spaced aircraft, replies from which would otherwise synchronously garble each other.

3.1.2.6 ADDRESSED SURVEILLANCE AND STANDARD LENGTH COMMUNICATION TRANSACTIONS

Note 1.— The interrogations described in this section are addressed to specific aircraft. There are two basic interrogation and reply types, short and long. The short interrogations and replies are UF 4 and 5 and DF 4 and 5, while the long interrogations and replies are UF 20 and 21 and DF 20 and 21.

Note 2.— The communications protocols are given in 3.1.2.6.1.1. These protocols describe the control of the data exchange.

3.1.2.6.1 SURVEILLANCE, ALTITUDE REQUEST, UPLINK FORMAT 4



The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
PC protocol	3.1.2.6.1.1
RR reply request	3.1.2.6.1.2
DI designator identification	3.1.2.6.1.3
SD special designator	3.1.2.6.1.4
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.1.1 PC: Protocol. This 3-bit, (6-8) uplink field shall contain operating commands to the transponder. The PC field shall be ignored for the processing of surveillance or Comm-A interrogations containing DI = 3 (3.1.2.6.1.4.1).

- Coding**
- 0 signifies no action
 - 1 signifies non-selective all-call lockout (3.1.2.6.9.2)
 - 2 not assigned
 - 3 not assigned
 - 4 signifies close out Comm-B (3.1.2.6.11.3.2.3)
 - 5 signifies close out uplink ELM (3.1.2.7.4.2.8)
 - 6 signifies close out downlink ELM (3.1.2.7.7.3)
 - 7 not assigned.

3.1.2.6.1.2. *RR: Reply request.* This 5-bit, (9-13) uplink field shall command the length and content of a requested reply. The last four bits of the 5-bit RR code, transformed into their decimal equivalent, shall designate the BDSI code (3.1.2.6.11.2 or 3.1.2.6.11.3) of the requested Comm-B message if the most significant bit (MSB) of the RR code is 1 (RR is equal to or greater than 16).

- Coding**
- RR = 0-15 shall be used to request a reply with surveillance format (DF = 4 or 5);
 - RR = 16-31 shall be used to request a reply with Comm-B format (DF = 20 or 21);
 - RR = 16 shall be used to request transmission of an air-initiated Comm-B according to 3.1.2.6.11.3;
 - RR = 17 shall be used to request a data link capability report according to 3.1.2.6.10.2.2;
 - RR = 18 shall be used to request aircraft identification according to 3.1.2.9;
 - 19-31 are not assigned in section 3.1.

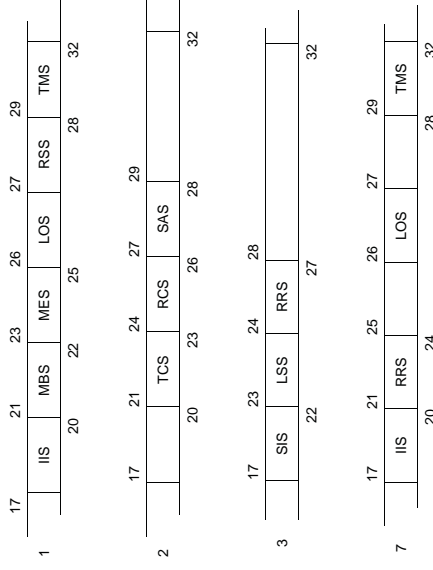
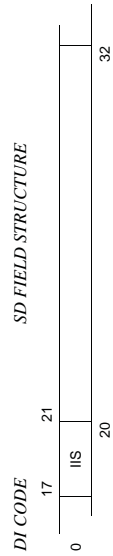
Note.— Codes 19-31 are reserved for applications such as data link communications, airborne collision avoidance systems (ACAS), etc.

3.1.2.6.1.3. *DI: Designator identification.* This 3-bit (14-16) uplink field shall identify the structure of the SD field (3.1.2.6.1.4).

- Coding**
- 0 signifies SD not assigned except for IIS
 - 1 signifies SD contains multisite and communications control information
 - 2 signifies SD contains control data for extended squitter
 - 3 signifies SD contains SI multisite lockout, broadcast and GFCB control information
 - 4-6 signifies SD not assigned
 - 7 signifies SD contains extended data readout request, multisite and communications control information.

3.1.2.6.1.4. *SD: Special designator.* This 16-bit (17-32) uplink field shall contain control codes which depend on the coding in the DI field.

Note.— The special designator (SD) field is provided to accomplish the transfer of multisite, lockout and communications control information from the ground station to the transponder.



3.1.2.6.1.4.1. *Subfields in SD.* The SD field shall contain information as follows:

- a) If DI = 0, 1 or 7:

IIS, the 4-bit (17-20) interrogator identifier subfield shall contain an assigned identifier code of the interrogator (3.1.2.5.2.1.2.3).

- b) If DI = 0:

bits 21-32 are not assigned.

- c) If DI = 1:

MBS, the 2-bit (21, 22) multisite Comm-B subfield shall have the following codes:

- 0 signifies no Comm-B action
- 1 signifies air-initiated Comm-B reservation request (3.1.2.6.11.3.1)
- 2 signifies Comm-B closeout (3.1.2.6.11.3.2.3)
- 3 not assigned.

MES, the 3-bit (23-25) multisite ELM subfield shall contain reservation and closeout commands for ELM as follows:

- 0 signifies no ELM action
- 1 signifies uplink ELM reservation request (3.1.2.7.4.1)
- 2 signifies uplink ELM closeout (3.1.2.7.4.2.8)
- 3 signifies downlink ELM reservation request (3.1.2.7.7.1.1)
- 4 signifies downlink ELM closeout (3.1.2.7.7.3)
- 5 signifies uplink ELM reservation request and downlink ELM closeout
- 6 signifies uplink ELM closeout and downlink ELM reservation request
- 7 signifies uplink ELM and downlink ELM closeouts.

RSS, the 2-bit (27, 28) reservation status subfield shall request the transponder to report its reservation status in the UM field. The following codes have been assigned:

- 0 signifies no request
- 1 signifies report Comm-B reservation status in UM
- 2 signifies report uplink ELM reservation status in UM
- 3 signifies report downlink ELM reservation status in UM.

d) If DI = 1 or 7:

LOS, the 1-bit (26) lockout subfield, if set to 1, shall signify a multisite lockout command from the interrogator indicated in IIS. LOS set to 0, shall be used to signify that no change in lockout state is commanded.

TMS, the 4-bit (29-32) tactical message subfield shall contain communications control information used by the data link avionics.

e) If DI = 7:

RRS, the 4-bit (21-24) reply request subfield in SD shall give the BDS2 code of a requested Comm-B reply.

Bits 25, 27 and 28 are not assigned.

f) If DI = 2:

TCS, the 3-bit (21-23) type control subfield in SD shall control the position type used by the transponder. The following codes have been assigned:

- 0 signifies no position type command
- 1 signifies use surface position type for the next 15 seconds
- 2 signifies use surface position type for the next 60 seconds
- 3 signifies cancel surface type command
- 4-7 not assigned.

RCS, the 3-bit (24-26) rate control subfield in SD shall control the squitter rate of the transponder when it is reporting the surface format. This subfield shall have no effect on the transponder squitter rate when it is reporting the airborne position type. The following codes have been assigned:

- 0 signifies no surface position extended squitter rate command
- 1 signifies report high surface position extended squitter rate for 60 seconds
- 2 signifies report low surface position extended squitter rate for 60 seconds
- 3 signifies suppress all surface position extended squitters for 60 seconds
- 4 signifies suppress all surface position extended squitters for 120 seconds
- 5-7 not assigned.

Note 1.—The definition of high and low squitter rates is given in 3.1.2.8.6.4.3.

Note 2.—As stated in 3.1.2.8.5.2.d), acquisition squitters are transmitted when surface position extended squitters are suppressed by using RCS=3 or 4.

SAS, the 2-bit (27-28) surface antenna subfield in SD shall control the selection of the transponder diversity antenna that is used for (1) the extended squitter when the transponder is reporting the surface format, and (2) the acquisition squitter when the transponder is reporting the on-the-ground status. This subfield shall have no effect on the transponder diversity antenna selection when it is reporting the airborne status. The following codes have been assigned:

- 0 signifies no antenna command
- 1 signifies alternate top and bottom antennas for 120 seconds
- 2 signifies use bottom antenna for 120 seconds
- 3 signifies return to the default.

Note.—The top antenna is the default condition (3.1.2.8.6.5).

g) If DI = 3:

SIS, the 6-bit (17-22) surveillance identifier subfield in SD shall contain an assigned surveillance identifier code of the interrogator (3.1.2.5.2.1.2.4).

LSS, the 1-bit (23) lockout surveillance subfield, if set to 1, shall signify a multisite lockout command from the interrogator indicated in SIS. If set to 0, LSS shall signify that no change in lockout state is commanded.

RRS, the 4-bit (24-27) reply request subfield in SD shall contain the BDS2 code of a requested GICB register.

Bits 28 to 32 are not assigned.

3.1.2.6.1.5 PC and SD field processing. When DI = 1, PC field processing shall be completed before processing the SD field.

3.1.2.6.2 COMM-A ALTITUDE REQUEST, UPLINK FORMAT 20

1	6	9	14	17	33	89
UF	PC	RR	DI	SD	MA	AP
5	8	13	16	32	88	112

The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
PC protocol	3.1.2.6.1.1
RR reply request	3.1.2.6.1.2
DI designator identification	3.1.2.6.1.3
SD special designator	3.1.2.6.1.4
MA message, Comm-A	3.1.2.6.2.1
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.2.1 MA: Message, Comm-A. This 56-bit (33-88) field shall contain a data link message to the aircraft.

3.1.2.6.3 SURVEILLANCE IDENTITY REQUEST, UPLINK FORMAT 5

1	6	9	14	17	33
UF	PC	RR	DI	SD	AP
5	8	13	16	32	56

The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
PC protocol	3.1.2.6.1.1
RR reply request	3.1.2.6.1.2
DI designator identification	3.1.2.6.1.3
SD special designator	3.1.2.6.1.4
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

1	6	9	14	17	33	89
UF	PC	RR	DI	SD	MA	AP
5	8	13	16	32	88	112

3.1.2.6.4 COMM-A IDENTITY REQUEST, UPLINK FORMAT 21

The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
PC protocol	3.1.2.6.1.1
RR reply request	3.1.2.6.1.2
DI designator identification	3.1.2.6.1.3
SD special designator	3.1.2.6.1.4
MA message, Comm-A	3.1.2.6.2.1
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.5 SURVEILLANCE ALTITUDE REPLY, DOWNLINK FORMAT 4

1	6	9	14	20	33
DF	FS	DR	UM	AC	AP
5	8	13	19	32	56

This reply shall be generated in response to an interrogation UF 4 or 20 with an RR field value less than 16. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
FS flight status	3.1.2.6.5.1
DR downlink request	3.1.2.6.5.2
UM utility message	3.1.2.6.5.3
AC altitude code	3.1.2.6.5.4
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3-27

22/11/07

3.1.2.6.5.1 FS: Flight status. This 3-bit (6-8) downlink field shall contain the following information:

Coding	
0	signifies no alert and no SPI, aircraft is airborne
1	signifies no alert and no SPI, aircraft is on the ground
2	signifies alert, no SPI, aircraft is airborne
3	signifies alert, no SPI, aircraft is on the ground
4	signifies alert and SPI, aircraft is airborne or on the ground
5	signifies no alert and SPI, aircraft is airborne or on the ground
6	reserved
7	not assigned

Note.— The conditions which cause an alert are given in 3.1.2.6.10.1.1.

3.1.2.6.5.2 DR: Downlink request. This 5-bit (9-13) downlink field shall contain requests to downlink information.

Coding	
0	signifies no downlink request
1	signifies request to send Comm-B message
2	reserved for ACAS
3	reserved for ACAS
4	signifies Comm-B broadcast message 1 available
5	signifies Comm-B broadcast message 2 available
6	reserved for ACAS
7	reserved for ACAS
8-15	not assigned
16-31	see downlink ELM protocol (3.1.2.7.7.1)

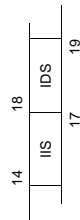
Codes 1-15 shall take precedence over codes 16-31.

Note.— Giving precedence to codes 1-15 permits the announcement of a Comm-B message to interrupt the announcement of a downlink ELM. This gives priority to the announcement of the shorter message.

3.1.2.6.5.3 UM: Utility message. This 6-bit (14-19) downlink field shall contain transponder communications status information as specified in 3.1.2.6.1.4.1 and 3.1.2.6.5.3.1.

3.1.2.6.5.3.1 Subfields in UM for multisite protocols

UM FIELD STRUCTURE



The following subfields shall be inserted by the transponder into the UM field of the reply if a surveillance or Comm-A interrogation (UF equals 4, 5, 20, 21) contains DI = 1 and RSS other than 0:

- IIS: The 4-bit (14-17) interrogator identifier subfield reports the identifier of the interrogator that is reserved for multisite communications.
- IDS: The 2-bit (18, 19) identifier designator subfield reports the type of reservation made by the interrogator identified in IIS.

3-28

22/11/07

Assigned coding is:

- 0 signifies no information
- 1 signifies IIS contains Comm-B II code
- 2 signifies IIS contains Comm-C II code
- 3 signifies IIS contains Comm-D II code.

3.1.2.6.5.3.2. *Multisite reservation status.* The interrogator identifier of the ground station currently reserved for multisite Comm-B delivery (3.1.2.6.1.1.3.1) shall be transmitted in the IIS subfield together with code 1 in the IDS subfield if the UM content is not specified by the interrogation (when DI = 0 or 7, or when DI = 1 and RSS = 0).

The interrogator identifier of the ground station currently reserved for downlink ELM delivery (3.1.2.7.6.1), if any, shall be transmitted in the IIS subfield together with code 3 in the IDS subfield if the UM content is not specified by the interrogation and there is no current Comm-B reservation.

3.1.2.6.5.4. *AC: Altitude code.* This 13-bit (20-32) field shall contain altitude coded as follows:

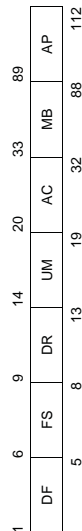
- a) Bit 26 is designated as the M bit, and shall be 0 if the altitude is reported in feet. M equals 1 shall be reserved to indicate that the altitude reporting is in metric units.
- b) If M equals 0, then bit 28 is designated as the Q bit. Q equals 0 shall be used to indicate that the altitude is reported in 100-foot increments. Q equals 1 shall be used to indicate that the altitude is reported in 25-foot increments.
- c) If the M bit (bit 26) and the Q bit (bit 28) equal 0, the altitude shall be coded according to the pattern for Mode C replies of 3.1.1.7.12.2.3. Starting with bit 20 the sequence shall be C1, A1, C2, A2, C4, A4, ZERO, B1, ZERO, B2, D2, B4, D4.
- d) If the M bit equals 0 and the Q bit equals 1, the 11-bit field represented by bits 20 to 25, 27 and 29 to 32 shall represent a binary coded field with a least significant bit (LSB) of 25 ft. The binary value of the positive decimal integer "N" shall be encoded to report pressure-altitude in the range [(25 N - 1 000) plus or minus 12.5 ft]. The coding of 3.1.2.6.5.4 c) shall be used to report pressure-altitude above 50 187.5 ft.

Note 1.— This coding method is only able to provide values between minus 1 000 ft and plus 50 175 ft.

Note 2.— The most significant bit (MSB) of this field is bit 20 as required by 3.1.2.3.1.3.

- e) If the M bit equals 1, the 12-bit field represented by bits 20 to 25 and 27 to 31 shall be reserved for encoding altitude in metric units.
- f) 0 shall be transmitted in each of the 13 bits of the AC field if altitude information is not available or if the altitude has been determined invalid.

3.1.2.6.6. COMM-B ALTITUDE REPLY, DOWNLINK FORMAT 20

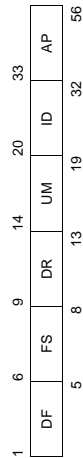


This reply shall be generated in response to an interrogation UF 4 or 20 with an RR field value greater than 15. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
FS flight status	3.1.2.6.5.1
DR downlink request	3.1.2.6.5.2
UM utility message	3.1.2.6.5.3
AC altitude code	3.1.2.6.5.4
MB message, Comm-B	3.1.2.6.6.1
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.6.1. *MB: Message, Comm-B.* This 56-bit (33-88) downlink field shall be used to transmit data link messages to the ground.

3.1.2.6.7. SURVEILLANCE IDENTITY REPLY, DOWNLINK FORMAT 5

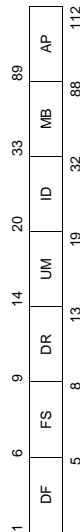


This reply shall be generated in response to an interrogation UF 5 or 21 with an RR field value less than 16. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
FS flight status	3.1.2.6.5.1
DR downlink request	3.1.2.6.5.2
UM utility message	3.1.2.6.5.3
ID identity	3.1.2.6.7.1
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.7.1. *ID: Identity (Mode A code).* This 13-bit (20-32) field shall contain aircraft identity code, in accordance with the pattern for Mode A replies in 3.1.1.6. Starting with bit 20, the sequence shall be C1, A1, C2, A2, C4, A4, ZERO, B1, D1, B2, D2, B4, D4.

3.1.2.6.8. COMM-B IDENTITY REPLY, DOWNLINK FORMAT 21



This reply shall be generated in response to an interrogation UF 5 or 21 with an RR field value greater than 15. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
FS flight status	3.1.2.6.5.1
DR downlink request	3.1.2.6.5.2
UM utility message	3.1.2.6.5.3
ID identity	3.1.2.6.7.1
MB message, Comm-B	3.1.2.6.6.1
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.6.9 LOCKOUT PROTOCOLS

3.1.2.6.9.1 Multisite all-call lockout

Note.—The multisite lockout protocol prevents transponder acquisition from being denied one ground station by lockout commands from an adjacent ground station that has overlapping coverage.

3.1.2.6.9.1.1 The multisite lockout command shall be transmitted in the SD field (3.1.2.6.1.4.1). A lockout command for an II code shall be transmitted in an SD with DI = 1 or DI = 7. An II lockout command shall be indicated by LOS code equals 1 and the presence of a non-zero interrogator identifier in the IIS subfield of SD. A lockout command for an SI code shall be transmitted in an SD with DI = 3. SI lockout shall be indicated by LSS equals 1 and the presence of a non-zero interrogator identifier in the SIS subfield of SD. After a transponder has accepted an interrogation containing a multisite lockout command, that transponder shall commence to lock out (i.e. not accept) any Mode S-only all-call interrogation which includes the identifier of the interrogator that commanded the lockout. The lockout shall persist for an interval T_L (3.1.2.10.3.9) after the last acceptance of an interrogation containing the multisite lockout command. Multisite lockout shall not prevent acceptance of a Mode S-only all-call interrogation containing PR codes 8 to 12. If a lockout command (LOS = 1) is received together with IIS = 0, it shall be interpreted as a non-selective all-call lockout (3.1.2.6.9.2).

Note 1.—Fifteen interrogators can send independent multisite II lockout commands. In addition, 63 interrogators can send independent SI lockout commands. Each of these lockout commands must be timed separately.

Note 2.—Multisite lockout (which only uses non-zero II codes) does not affect the response of the transponder to Mode S-only all-call interrogations containing II equals 0 or to Mode A/C/S all-call interrogations.

3.1.2.6.9.2 Non-selective all-call lockout

Note 1.—In cases where the multisite lockout protocol for II codes is not required (e.g. there is no overlapping coverage or there is ground station coordination via ground-to-ground communications) the non-selective lockout protocol may be used.

On acceptance of an interrogation containing code 1 in the PC field, a transponder shall commence to lock out (i.e. not accept) two types of all-call interrogations:

- the Mode S-only all-call (UF = 11), with II equals 0; and
- the Mode A/C/S all-call of 3.1.2.1.5.1.1.

3-31

22/11/07

This lockout condition shall persist for an interval T_D (3.1.2.10.3.9) after the last receipt of the command. Non-selective lockout shall not prevent acceptance of a Mode S-only all-call interrogation containing PR codes 8 to 12.

Note 2.—Non-selective lockout does not affect the response of the transponder to Mode S-only all-call interrogations containing II not equal to 0.

3.1.2.6.10 BASIC DATA PROTOCOLS

3.1.2.6.10.1 Flight status protocol. Flight status shall be reported in the FS field (3.1.2.6.5.1).

3.1.2.6.10.1.1 *Alert.* An alert condition shall be reported in the FS field if the Mode A identity code transmitted in Mode A replies and in downlink formats DF equals 5 and DF equals 21 are changed by the pilot.

3.1.2.6.10.1.1.1 *Permanent alert condition.* The alert condition shall be maintained if the Mode A identity code is changed to 7500, 7600 or 7700.

3.1.2.6.10.1.1.2 *Temporary alert condition.* The alert condition shall be temporary and shall cancel itself after T_C seconds if the Mode A identity code is changed to a value other than those listed in 3.1.2.6.10.1.1.1.

Note.—The value of T_C is given in 3.1.2.10.3.9.

3.1.2.6.10.1.1.3 *Termination of the permanent alert condition.* The permanent alert condition shall be terminated and replaced by a temporary alert condition when the Mode A identity code is set to a value other than 7500, 7600 or 7700.

3.1.2.6.10.1.2 *Ground report.* The on-the-ground status of the aircraft shall be reported in the CA field (3.1.2.5.2.2.1), the FS field (3.1.2.6.5.1), and the VS field (3.1.2.8.2.1). If an automatic indication of the on-the-ground condition (e.g. from a weight on wheels or strut switch) is available at the transponder data interface, it shall be used as the basis for the reporting of on-the-ground status except as specified in 3.1.2.6.10.3.1. If such indication is not available at the transponder data interface (3.1.2.10.5.1.3), the FS and VS codes shall indicate that the aircraft is airborne and the CA field shall indicate that the aircraft is either airborne or on the ground (CA=6).

3.1.2.6.10.1.3 *Special position identification (SPI).* An equivalent of the SPI pulse shall be transmitted by Mode S transponders in the FS field and the surveillance status subfield (SSS) when manually activated. This pulse shall be transmitted for T_I seconds after initiation (3.1.1.1.6.3, 3.1.1.7.1.3 and 3.1.2.8.6.3.1.1).

Note.—The value of T_I is given in 3.1.2.10.3.9.

3.1.2.6.10.2 *Capability reporting protocol.* The data structure and content of the data link capability report registers shall be implemented in such a way that interoperability is ensured.

Note 1.—Aircraft capability is reported in special fields as defined in the following paragraphs.

Note 2.—The data format of the registers for reporting capability is specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc. 9871).

3.1.2.6.10.2.1 *Capability report.* The 3-bit CA field, contained in the all-call reply, DF equals 11, shall report the basic capability of the Mode S transponder as described in 3.1.2.5.2.2.1.

3.1.2.6.10.2.2 *Data link capability report.* The data link capability report shall provide the interrogator with a description of the data link capability of the Mode S installation.

22/11/07

3-32

Note.— The data link capability report is contained in register 10₁₆ with a possible extension in registers 11₁₆ to 16₁₆ when any continuation will be required.

3.1.2.6.10.2.2.1 Extraction and subfields in MB for data link capability report.

3.1.2.6.10.2.2.1.1 Extraction of the data link capability report contained in register 10₁₆. The report shall be obtained by a ground-initiated Comm-B reply in response to an interrogation containing RR equals 17 and DI is not equal to 7 or DI equals 7 and RRS equals 0 (3.1.2.6.11.2).

3.1.2.6.10.2.2.1.2 Sources of data link capability. Data link capability reports shall contain the capabilities provided by the transponder, the ADLP, and the ACAS unit. If external inputs are lost, the transponder shall zero the corresponding bits in the data link report.

3.1.2.6.10.2.2.1.3 The data link capability report shall contain information on the following capabilities as specified in Table 3-3.

3.1.2.6.10.2.2.1.4 The Mode S subnetwork version number shall contain information to ensure interoperability with older airborne equipment.

3.1.2.6.10.2.2.1.4.1 The Mode S subnetwork version number shall indicate that all implemented subnetwork functions are in compliance with the requirements of the indicated version number. The Mode S subnetwork version number shall be set to a non-zero value if at least one DTE or Mode S specific service is installed.

Note.— The version number does not indicate that all possible functions of that version are implemented.

3.1.2.6.10.2.2.2 Updating of the data link capability report. The transponder shall, at intervals not exceeding four seconds, compare the current data link capability status (bits 41-88 in the data link capability report) with that last reported and shall, if a difference is noted, initiate a revised data link capability report by Comm-B broadcast (3.1.2.6.11.4) for BDS1 = 1 (33-36) and BDS2 = 0 (37-40). The transponder shall initiate, generate and transmit the revised capability report even if the aircraft data link capability is degraded or lost. The transponder shall set the BDS code for the data link capability report.

Note.— The setting of the BDS code by the transponder ensures that a broadcast change of capability report will contain the BDS code for all cases of data link failure (e.g. the loss of the transponder data link interface).

3.1.2.6.10.2.3 Zeroing of bits in the data link capability report

If capability information to the transponder fails to provide an update at a rate of at least once every 4 seconds, the transponder shall insert ZERO in bits 41 to 56 of the data link capability report (transponder register 10₁₆).

Note.— Bits 1 to 8 contain the BDS1 and BDS2 codes. Bits 16 and 37 to 40 contain ACAS capability information. Bit 33 indicates the availability of aircraft identification data and is set by the transponder when the data comes from a separate interface and not from the ADLP. Bit 35 is the SI code indication. All of these bits are inserted by the transponder.

3.1.2.6.10.2.3 Common usage GICB capability report. Common usage GICB services which are being actively updated shall be indicated in transponder register 17₁₆.

3.1.2.6.10.2.4 Mode S specific services GICB capability reports. GICB services that are installed shall be reported in registers 18₁₆ to 1C₁₆.

3.1.2.6.10.2.5 Mode S specific services MSP capability reports. MSP services that are installed shall be reported in registers 1D₁₆ to 1F₁₆.

3-33

22/11/07

3.1.2.6.10.3 Validation of on-the-ground status declared by an automatic means

Note.— For aircraft with an automatic means of determining vertical status, the CA field reports whether the aircraft is airborne or on the ground. ACAS II acquires aircraft using the short or extended squitter, both of which contain the CA field. If an aircraft reports on-the-ground status, that aircraft will not be interrogated by ACAS II in order to reduce unnecessary interrogation activity. If the aircraft is equipped to report extended squitter messages, the function that formats these messages may have information available to validate that an aircraft reporting “on-the-ground” is actually airborne.

3.1.2.6.10.3.1 Aircraft with an automatic means for determining the on-the-ground condition that are equipped to format extended squitter messages shall perform the following validation check:

If the automatically determined air/ground status is not available or is “airborne”, no validation shall be performed. If the automatically determined air/ground status is available and “on-the-ground” condition is being reported, the air/ground status shall be overridden and changed to “airborne” if the conditions given for the vehicle category in Table 3-3^v are satisfied.

Note.— While this test is only required for aircraft that are equipped to format extended squitter messages, this feature is desirable for all aircraft.

3.1.2.6.11 STANDARD LENGTH COMMUNICATIONS PROTOCOLS

Note 1.— The two types of standard length communications protocols are Comm-A and Comm-B; messages using these protocols are transferred under the control of the interrogator. Comm-A messages are sent directly to the transponder and are completed within one transaction. A Comm-B message is used to transfer information from air to ground and can be initiated either by the interrogator or the transponder. In the case of ground-initiated Comm-B transfers, the interrogator requests data to be read out from the transponder, which delivers the message in the same transaction. In the case of air-initiated Comm-B transfers, the transponder announces the intention to transmit a message; in a subsequent transaction an interrogator will extract the message.

Note 2.— In a non-selective air-initiated Comm-B protocol all transactions necessary can be controlled by any interrogator.

Note 3.— In some areas of overlapping interrogator coverage there may be no means for coordinating interrogator activities via ground communications. Air-initiated Comm-B communications protocols require more than one transaction for completion. Provision is made to ensure that a Comm-B message is closed out only by the interrogator that actually transferred the message. This can be accomplished through the use of the multisite Comm-B communications protocols or through the use of the enhanced Comm-B communications protocols.

Note 4.— The multisite and the non-selective communications protocols cannot be used simultaneously in a region of overlapping interrogator coverage unless the interrogators coordinate their communications activities via ground communications.

Note 5.— The multisite communications protocol is independent of the multisite lockout protocol. That is, the multisite communications protocol may be used with the non-selective lockout protocol and vice versa. The choice of lockout and communications protocols to be used depends upon the network management technique being used.

Note 6.— The broadcast Comm-B protocol can be used to make a message available to all active interrogators.

3.1.2.6.11.1 Comm-A. The interrogator shall deliver a Comm-A message in the MA field of an interrogation UF = 20 or 21.

3.1.2.6.11.1.1 Comm-A technical acknowledgement. Acceptance of a Comm-A interrogation shall be automatically technically acknowledged by the transponder, by the transmission of the requested reply (3.1.2.10.5.2.2.1).

22/11/07

3-34

Note.—The receipt of a reply from the transponder according to the rules of 3.1.2.4.1.2.3 d) and 3.1.2.4.1.3.2.2.2 is the acknowledgement to the interrogator that the interrogation has been accepted by the transponder. If either uplink or downlink fail, this reply will be missing and the interrogator will normally send the message again. In the case of downlink failure, the transponder may receive the message more than once.

3.1.2.6.11.1.2 *Comm-A broadcast.* If a Comm-A broadcast interrogation is accepted (3.1.2.4.1.2.3.1.3) information transfer shall be handled according to 3.1.2.10.5.2.1.1 but other transponder functions shall not be affected and a reply shall not be transmitted.

Note 1.—There is no technical acknowledgement to a Comm-A broadcast message.

Note 2.—Since the transponder does not process the control fields of a Comm-A broadcast interrogation, the 27 bits following the UF field are also available for user data.

3.1.2.6.11.2 Ground-initiated Comm-B

3.1.2.6.11.2.1 *Comm-B data selector, BDS.* The 8-bit BDS code shall determine the register whose contents shall be transferred in the MB field of the Comm-B reply. It shall be expressed in two groups of 4 bits each, BDS1 (most significant 4 bits) and BDS2 (least significant 4 bits).

Note.—The transponder register allocation is specified in Annex 10, Volume III, Part I, Chapter 5, Table 5-24.

3.1.2.6.11.2.2 *BDS1 code.* The BDS1 code shall be as defined in the RR field of a surveillance or Comm-A interrogation.

3.1.2.6.11.2.3 *BDS2 code.* The BDS2 code shall be as defined in the RRS subfield of the SD field (3.1.2.6.1.4.1) when DI = 7. If no BDS2 code is specified (i.e. DI is not equal to 7) it shall signify that BDS2 = 0.

3.1.2.6.11.2.4 *Protocol.* On receipt of such a request, the MB field of the reply shall contain the contents of the requested ground-initiated Comm-B register.

3.1.2.6.11.3 Air-initiated Comm-B

3.1.2.6.11.3.1 *General protocol.* The transponder shall announce the presence of an air-initiated Comm-B message with the insertion of code 1 in the DR field. To extract an air-initiated Comm-B message, the interrogator shall transmit a request for a Comm-B message reply in a subsequent interrogation with RR equal to 16 and, if DI equals 7, RRS must be equal to 0 (3.1.2.6.11.3.2.1 and 3.1.2.6.11.3.3.1). Receipt of this request code shall cause the transponder to transmit the air-initiated Comm-B message. If a command to transmit an air-initiated Comm-B message is received while no message is waiting to be transmitted, the reply shall contain all ZEROs in the MB field.

The reply that delivers the message shall continue to contain code 1 in the DR field. After a Comm-B closeout has been accomplished, the message shall be cancelled and the DR code belonging to this message immediately removed. If another air-initiated Comm-B message is waiting to be transmitted, the transponder shall set the DR code to 1, so that the reply contains the announcement of this next message.

Note.—The announcement and cancellation protocol ensures that an air-initiated message will not be lost due to uplink or downlink failures that occur during the delivery process.

3.1.2.6.11.3.2 Additional protocol for multisite air-initiated Comm-B

Note.—The announcement of an air-initiated Comm-B message waiting to be delivered may be accompanied by a multisite reservation status report in the UM field (3.1.2.6.5.3.2).

Recommendation.—An interrogator should not attempt to extract a message if it has determined that it is not the reserved site.

3.1.2.6.11.3.2.1 *Message transfer.* An interrogator shall request a Comm-B reservation and extract an air-initiated Comm-B message by transmitting a surveillance or Comm-A interrogation UF equals 4, 5, 20 or 21 containing:

RR = 16
DI = 1
IIS = assigned interrogator identifier
MBS = 1 (Comm-B reservation request)

Note.—A Comm-B multisite reservation request is normally accompanied by a Comm-B reservation status request (RSS = 1). This causes the interrogator identifier of the reserved site to be inserted in the UM field of the reply.

3.1.2.6.11.3.2.1.1 Protocol procedure in response to this interrogation shall depend upon the state of the B-timer which indicates if a Comm-B reservation is active. This timer shall run for T_R seconds.

Note 1.—The value of T_R is given in 3.1.2.10.3.9.

- a) If the B-timer is not running, the transponder shall grant a reservation to the requesting interrogator by:
 - 1) storing the IIS of the interrogation as the Comm-B II; and
 - 2) starting the B-timer.

A multisite Comm-B reservation shall not be granted by the transponder unless an air-initiated Comm-B message is waiting to be transmitted and the requesting interrogation contains RR equals 16, DI equals 1, MBS equals 1 and IIS is not 0.

- b) If the B-timer is running and the IIS of the interrogation equals the Comm-B II, the transponder shall restart the B-timer.

- c) If the B-timer is running and the IIS of the interrogation does not equal the Comm-B II, then there shall be no change to the Comm-B II or the B-timer.

Note 2.—In case c) the reservation request has been denied.

3.1.2.6.11.3.2.1.2 In each case the transponder shall reply with the Comm-B message in the MB field.

3.1.2.6.11.3.2.1.3 An interrogator shall determine if it is the reserved site for this message through coding in the UM field. If it is the reserved site it shall attempt to close out the message in a subsequent interrogation. If it is not the reserved site it shall not attempt to close out the message.

3.1.2.6.11.3.2.2 *Multisite-directed Comm-B transmissions.* To direct an air-initiated Comm-B message to a specific interrogator, the multisite Comm-B protocol shall be used. When the B-timer is not running, the interrogator identifier of the desired destination shall be stored as the Comm-B II. Simultaneously the B-timer shall be started and the DR code shall be set to 1. For a multisite-directed Comm-B message, the B-timer shall not automatically time out but shall continue to run until:

- a) the message is read and closed out by the reserved site; or
 b) the message is cancelled (3.1.2.10.5.4) by the data link avionics.

Note.—The protocols of 3.1.2.6.5.3 and 3.1.2.6.11.3.2.1 will then result in delivery of the message to the reserved site. The data link avionics may cancel the message if delivery to the reserved site cannot be accomplished.

3.1.2.6.11.3.2.3 *Multisite Comm-B closeout.* The interrogator shall close out a multisite air-initiated Comm-B by transmitting either a surveillance or a Comm-A interrogation containing:

either
 DI = 1
 IIS = assigned interrogator identifier
 MBS = 2 (Comm-B closeout)

or

DI = 0, 1 or 7
 IIS = assigned interrogator identifier
 PC = 4 (Comm-B closeout)

The transponder shall compare the IIS of the interrogation to the Comm-B II and if the interrogator identifiers do not match, the message shall not be cleared and the status of the Comm-B II, B-timer, and DR code shall not be changed. If the interrogator identifiers match, the transponder shall set the Comm-B II to 0, reset the B-timer, clear the DR code for this message and clear the message itself. The transponder shall not close out a multisite air-initiated Comm-B message unless it has been read out at least once by the reserved site.

3.1.2.6.11.3.2.4 *Automatic expiration of Comm-B reservation.* If the B-timer period expires before a multisite closeout has been accomplished, the Comm-B II shall be set to 0 and the B-timer reset. The Comm-B message and the DR field shall not be cleared by the transponder.

Note.—This makes it possible for another site to read and clear this message.

3.1.2.6.11.3.3 *Additional protocol for non-selective air-initiated Comm-B*

Note.—In cases where the multisite protocols are not required (i.e. no overlapping coverage or sensor coordination via ground-to-ground communication), the non-selective air-initiated Comm-B protocol may be used.

3.1.2.6.11.3.3.1 *Message transfer.* The interrogator shall extract the message by transmitting either RR equals 16 and DI is not equal to 7, or RR equals 16, DI equals 7 and RRS equals 0 in a surveillance or Comm-A interrogation.

3.1.2.6.11.3.3.2 *Comm-B closeout.* The interrogator shall close out a non-selective air-initiated Comm-B message by transmitting PC equals 4 (Comm-B closeout). On receipt of this command, the transponder shall perform closeout, unless the B-timer is running. If the B-timer is running, indicating that a multisite reservation is in effect, closeout shall be accomplished as per 3.1.2.6.11.3.2.3. The transponder shall not close out a non-selective air-initiated Comm-B message unless it has been read out at least once by an interrogation using non-selective protocols.

3.1.2.6.11.3.4 *Enhanced air-initiated Comm-B protocol*

Note.—The enhanced air-initiated Comm-B protocol provides a higher data link capacity by permitting parallel delivery of air-initiated Comm-B messages by up to sixteen interrogators, one for each II code. Operation without the need for multisite Comm-B reservations is possible in regions of overlapping coverage for interrogators equipped for the enhanced air-initiated Comm-B protocol. The protocol is fully conformant to the standard multisite protocol and thus is compatible with interrogators that are not equipped for the enhanced protocol.

3-37

22/11/07

3.1.2.6.11.3.4.1 The transponder shall be capable of storing each of the sixteen II codes: (1) an air-initiated or multisite-directed Comm-B message and (2) the contents of GICB registers 2 through 4.

Note.—GICB registers 2 through 4 are used for the Comm-B linking protocol defined in the Mode S subnetwork SARP's (Annex 10, Volume III, Part I, Chapter 5).

3.1.2.6.11.3.4.2 *Enhanced multisite air-initiated Comm-B protocol*

3.1.2.6.11.3.4.2.1 *Initiation.* An air-initiated Comm-B message input into the transponder shall be stored in the registers assigned to II = 0.

3.1.2.6.11.3.4.2.2 *Announcement and extraction.* A waiting air-initiated Comm-B message shall be announced in the DR field of the replies to all interrogators for which a multisite directed Comm-B message is not waiting. The UM field of the announcement reply shall indicate that the message is not reserved for any II code, i.e. the IIS subfield shall be set to 0. When a command to read this message is received from a given interrogator, the reply containing the message shall contain an IIS subfield content indicating that the message is reserved for the II code contained in the interrogation from that interrogator. After readout and until closeout, the message shall continue to be assigned to that II code. Once a message is assigned to a specific II code, announcement of this message shall be no longer made in the replies to interrogators with other II codes. If the message is not closed out by the assigned interrogator for the period of the B-timer, the message shall revert back to multisite air-initiated status and the process shall repeat. Only one multisite air-initiated Comm-B message shall be in process at a time.

3.1.2.6.11.3.4.2.3 *Closeout.* A closeout for a multisite air-initiated message shall only be accepted from the interrogator that is currently assigned to transfer the message.

3.1.2.6.11.3.4.2.4 *Announcement of the next message waiting.* The DR field shall indicate a message waiting in the reply to an interrogation containing a Comm-B closeout if an unassigned air-initiated message is waiting and has not been assigned to a II code, or if a multisite-directed message is waiting for that II code (3.1.2.6.11.3.4.3).

3.1.2.6.11.3.4.3 *Enhanced multisite directed Comm-B protocol*

3.1.2.6.11.3.4.3.1 *Initiation.* When a multisite directed message is input into the transponder, it shall be placed in the Comm-B registers assigned to the II code specified for the message. If the registers for this II code are already occupied, (i.e. a multisite directed message is already in process to this II code) the new message shall be queued until the current transaction with that II code is closed out.

3.1.2.6.11.3.4.3.2 *Announcement.* Announcement of a Comm-B message waiting transfer shall be made using the DR field as specified in 3.1.2.6.5.2 with the destination interrogator II code contained in the IIS subfield as specified in 3.1.2.6.5.3.2. The DR field and IIS subfield contents shall be set specifically for the interrogator that is to receive the reply. A waiting multisite directed message shall only be announced in the replies to the intended interrogator. It shall not be announced in the replies to other interrogators.

Note 1.—If a multisite-directed message is waiting for II = 2, the surveillance replies to that interrogator will contain DR = I and IIS = 2. If this is the only message in process, replies to all other interrogators will indicate that no message is waiting.

Note 2.—In addition to permitting parallel operation, this form of announcement enables a greater degree of announcement of downlink ELMs. The announcements for the downlink ELM and the Comm-B share the DR field. Only one announcement can take place at a time due to coding limitations. In case both a Comm-B and a downlink ELM are waiting, announcement preference is given to the Comm-B. In the example above, if an air-directed Comm-B was waiting for II = 2 and a multisite-directed downlink ELM was waiting for II = 6, both interrogators would see their respective announcements on the first scan since there would be no Comm-B announcement to II = 6 to block the announcement of the waiting downlink ELM.

3-38

22/11/07

3.1.2.6.1.1.3.4.3.3 *Closeout.* Closeout shall be accomplished as specified in 3.1.2.6.11.3.2.3.

3.1.2.6.1.1.3.4.3.4 *Announcement of the next message waiting.* The DR field shall indicate a message waiting in the reply to an interrogation containing a Comm-B closeout if another multisite directed message is waiting for that II code, or if an air-initiated message is waiting and has not been assigned to a II code. (See 3.1.2.6.11.3.4.2.4.)

3.1.2.6.11.3.4.4 *Enhanced non-selective Comm-B protocol.* The availability of a non-selective Comm-B message shall be announced to all interrogators. Otherwise, the protocol shall be as specified in 3.1.2.6.11.3.3.

3.1.2.6.11.4 Comm-B broadcast

Note 1.— A Comm-B message may be broadcast to all active interrogators within range. Messages are alternately numbered 1 and 2 and are self-cancelling after 18 seconds. Interrogators have no means to cancel Comm-B broadcast messages.

Note 2.— Use of the Comm-B broadcast is restricted to transmission of information which does not require a subsequent ground-initiated uplink response.

Note 3.— The timer used for the Comm-B broadcast cycle is the same as that used for the Comm-B multisite protocol.

Note 4.— Data formats for Comm-B broadcast are specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

3.1.2.6.11.4.1 *Initiation.* A Comm-B broadcast cycle shall not be initiated when an air-initiated Comm-B is waiting to be transmitted. A Comm-B broadcast cycle shall begin with:

- a) the insertion of DR code 4 or 5, (3.1.2.6.5.2) into replies with DF 4, 5, 20 or 21; and
- b) the starting of the B-timer.

3.1.2.6.11.4.2 *Extraction.* To extract the broadcast message, an interrogator shall transmit RR equals 16 and DI not equal to 7 or RR equals 16 and DI equals 7 with RRS equals 0 in a subsequent interrogation.

3.1.2.6.11.4.3 *Expiration.* When the B-timer period expires, the transponder shall clear the DR code for this message, discard the present broadcast message and change the broadcast message number (from 1 to 2 or 2 to 1) in preparation for a subsequent Comm-B broadcast.

3.1.2.6.11.4.4 *Interruption.* In order to prevent a Comm-B broadcast cycle from delaying the delivery of an air-initiated Comm-B message, provision shall be made for an air-initiated Comm-B to interrupt a Comm-B broadcast cycle. If a broadcast cycle is interrupted, the B-timer shall be reset, the interrupted broadcast message shall be retained and the message number shall not be changed. Delivery of the interrupted broadcast message shall recommence when no air-initiated Comm-B transaction is in effect. The message shall then be broadcast for the full duration of the B-timer.

3.1.2.6.11.4.5 *Enhanced broadcast Comm-B protocol.* A broadcast Comm-B message shall be announced to all interrogators using II codes. The message shall remain active for the period of the B-timer for each II code. The provision for interruption of a broadcast by non-broadcast Comm-B as specified in 3.1.2.6.11.4.4 shall apply separately to each II code. When the B-timer period has been achieved for all II codes, the broadcast message shall be automatically cleared as specified in 3.1.2.6.11.4.3. A new broadcast message shall not be initiated until the current broadcast has been cleared.

Note.— Due to the fact that broadcast message interruption occurs independently for each II code, it is possible that the broadcast message timeout will occur at different times for different II codes.

3-39

22/11/07

3.1.2.7 EXTENDED LENGTH COMMUNICATION TRANSACTIONS

Note 1.— Long messages, either on the uplink or the downlink, can be transferred by the extended length message (ELM) protocols through the use of Comm-C (UF = 24) and Comm-D (DF = 24) formats respectively. The ELM uplink protocol provides for the transmission on the uplink of up to sixteen 80-bit message segments before requiring a reply from the transponder. They also allow a corresponding procedure on the downlink.

Note 2.— In some areas of overlapping interrogator coverage there may be no means for coordinating interrogator activities via ground communications. However, the ELM communication protocols require more than one transaction for completion; coordination is thus necessary to ensure that segments from different messages are not interleaved and that transactions are not inadvertently closed out by the wrong interrogator. This can be accomplished through the use of the multisite communications protocols or through the use of the enhanced ELM protocols.

Note 3.— Downlink extended length messages are transmitted only after authorization by the interrogator. The segments to be transmitted are contained in Comm-D replies. As with air-initiated Comm-B messages, downlink ELMs are either announced to all interrogators or directed to a specific interrogator. In the former case an individual interrogator can use the multisite protocol to reserve for itself the ability to close out the downlink ELM transaction. A transponder can be instructed to identify the interrogator that has reserved the transponder for an ELM transaction. Only that interrogator can close out the ELM transaction and reservation.

Note 4.— The multisite protocol and the non-selective protocol cannot be used simultaneously in a region of overlapping interrogator coverage unless the interrogators coordinate their communications activities via ground communications.

3.1.2.7.1 COMM-C: UPLINK FORMAT 24

1	3	5	9	89
UF	RC	NC	MC	AP
2	4	8	88	112

The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	3.1.2.3.2.1.1
RC reply control	3.1.2.7.1.1
NC number of C-segment	3.1.2.7.1.2
MC message, Comm-C	3.1.2.7.1.3
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.7.1.1 *RC: Reply control.* This 2-bit (3-4) uplink field shall designate segment significance and reply decision.

Coding

- RC = 0 signifies uplink ELM initial segment in MC
 = 1 signifies uplink ELM intermediate segment in MC
 = 2 signifies uplink ELM final segment in MC
 = 3 signifies a request for downlink ELM delivery (3.1.2.7.2)

3.1.2.7.1.2 *NC: Number of C-segment.* This 4-bit (5-8) uplink field shall designate the number of the message segment contained in MC (3.1.2.7.4.2.1). NC shall be coded as a binary number.

22/11/07

3-40

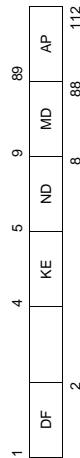
- 3.1.2.7.1.3 *MC: Message, Comm-C.* This 80-bit (9-88) uplink field shall contain:
- one of the segments of a sequence used to transmit an uplink ELM to the transponder containing the 4-bit (9-12) IIS subfield; or
 - control codes for a downlink ELM, the 16-bit (9-24) SRS subfield (3.1.2.7.2.1) and the 4-bit (25-28) IIS subfield.

Note. — *Message content and codes are not included in this chapter except for 3.1.2.7.2.1.*

3.1.2.7.2 INTERROGATION-REPLY PROTOCOL FOR UF24

Note. — *Interrogation-reply coordination for the above format follows the protocol outlined in Table 3-5 (3.1.2.4.1.3.2.2).*

3.1.2.7.3 COMM-D, DOWNLINK FORMAT 24



The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format spare — 1 bit	3.1.2.3.2.1.2
KE control, ELM	3.1.2.7.3.1
ND number of D-segment	3.1.2.7.3.2
MD message, Comm-D	3.1.2.7.3.3
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.7.3.1 *KE: Control, ELM.* This 1-bit (4) downlink field shall define the content of the ND and MD fields.

Coding
 KE = 0 signifies downlink ELM transmission
 1 signifies uplink ELM acknowledgement

3.1.2.7.3.2 *ND: Number of D-segment.* This 4-bit (5-8) downlink field shall designate the number of the message segment contained in MD (3.1.2.7.2). ND shall be coded as a binary number.

3.1.2.7.3.3 *MD: Message, Comm-D.* This 80-bit (9-88) downlink field shall contain:

- one of the segments of a sequence used to transmit a downlink ELM to the interrogator; or
- control codes for an uplink ELM.

3.1.2.7.4 MULTISITE UPLINK ELM PROTOCOL

3.1.2.7.4.1 *Multisite uplink ELM reservation.* An interrogator shall request a reservation for an uplink ELM by transmitting a surveillance or Comm-A interrogation containing:

DI = 1
 IIS = assigned interrogator identifier
 MES = 1 or 5 (uplink ELM reservation request)

Note. — *A multisite uplink ELM reservation request is normally accompanied by an uplink ELM reservation status request (RSS = 2). This causes the interrogator identifier of the reserved site to be inserted in the UM field of the reply.*

3.1.2.7.4.1.1 Protocol procedure in response to this interrogation shall depend upon the state of the C-timer which indicates if an uplink ELM reservation is active. This timer shall run for T_R seconds.

Note 1. — *The value of T_R is given in 3.1.2.10.3.9.*

- If the C-timer is not running, the transponder shall grant a reservation to the requesting interrogator by:
 - storing the IIS of the interrogation as the Comm-C II and,
 - starting the C-timer.
- If the C-timer is running and the IIS of the interrogation equals the Comm-C II, the transponder shall restart the C-timer.
- If the C-timer is running and the IIS of the interrogation does not equal the Comm-C II, there shall be no change to the Comm-C II or the C-timer.

Note 2. — *In case c) the reservation request has been denied.*

3.1.2.7.4.1.2 An interrogator shall not start ELM activity unless, during the same scan, having requested an uplink ELM status report, it has received its own interrogator identifier as the reserved interrogator for uplink ELM in the UM field.

Note. — *If ELM activity is not started during the same scan as the reservation, a new reservation request may be made during the next scan.*

3.1.2.7.4.1.3 If uplink ELM delivery is not completed on the current scan, the interrogator shall ensure that it still has a reservation before delivering additional segments on a subsequent scan.

3.1.2.7.4.2 *Multisite uplink ELM delivery.* The minimum length of an uplink ELM shall be 2 segments, the maximum length shall be 16 segments.

3.1.2.7.4.2.1 *Initial segment transfer.* The interrogator shall begin the ELM uplink delivery for an n-segment message (NC values from 0 to n-1) by a Comm-C transmission containing RC equals 0. The message segment transmitted in the MC field shall be the last segment of the message and shall carry NC equals n-1.

On receipt of an initializing segment (RC = 0) the transponder shall establish a “setup” defined as:

- clearing the number and content of previous segment storage registers and the associated TAS field;
- assigning storage space for the number of segments announced in NC of this interrogation; and
- storing the MC field of the segment received.

The transponder shall not reply to this interrogation.

Receipt of another initializing segment shall result in a new setup within the transponder.

3.1.2.7.4.2.2 *Transmission acknowledgement.* The transponder shall use the TAS subfield to report the segments received so far in an uplink ELM sequence. The information contained in the TAS subfield shall be continually updated by the transponder as segments are received.

Note.— Segments lost in uplink transmission are noted by their absence in the TAS report and are retransmitted by the interrogator which will then send further final segments to assess the extent of message completion.

3.1.2.7.4.2.2.1 *TAS transmission acknowledgement subfield in MD.* This 16-bit (17-32) downlink subfield in MD reports the segment numbers received so far in an uplink ELM sequence. Starting with bit 17, which denotes segment number 0, each of the following bits shall be set to ONE if the corresponding segment of the sequence has been received. TAS shall appear in MD if KE equals 1 in the same reply.

3.1.2.7.4.2.3 *Intermediate segment transfer.* The interrogator shall transfer intermediate segments by transmitting Comm-C interrogations with RC equals 1. The transponder shall store the segments and update TAS only if the setup of 3.1.2.7.4.2.1 is in effect and if the received NC is smaller than the value stored at receipt of the initial segment. No reply shall be generated on receipt of an intermediate segment.

Note.— Intermediate segments may be transmitted in any order.

3.1.2.7.4.2.4 *Final segment transfer.* The interrogator shall transfer a final segment by transmitting a Comm-C interrogation with RC equals 2. The transponder shall store the content of the MC field and update TAS if the setup of 3.1.2.7.4.2.1 is in effect and if the received NC is smaller than the value of the initial segment NC. The transponder shall reply under all circumstances as per 3.1.2.7.4.2.5.

Note 1.— This final segment transfer interrogation can contain any message segment.

Note 2.— RC equals 2 is transmitted any time that the interrogator wants to receive the TAS subfield in the reply. Therefore, more than one "final" segment may be transferred during the delivery of an uplink ELM.

3.1.2.7.4.2.5 *Acknowledgement reply.* On receipt of a final segment, the transponder shall transmit a Comm-D reply (DF = 24), with KE equals 1 and with the TAS subfield in the MD field. This reply shall be transmitted at 128 microseconds plus or minus 0.25 microsecond following the sync phase reversal of the interrogation delivering the final segment.

3.1.2.7.4.2.6 *Completed message.* The transponder shall deem the message complete if all segments announced by NC in the initializing segment have been received. If the message is complete, the message content shall be delivered to the outside via the ELM interface of 3.1.2.10.5.2.1.3 and cleared. No later-arriving segments shall be stored. The TAS content shall remain unchanged until either a new setup is called for (3.1.2.7.4.2.1) or until closeout (3.1.2.7.4.2.8).

3.1.2.7.4.2.7 *C-timer restart.* The C-timer shall be restarted each time that a received segment is stored and the Comm-C II is not 0.

Note.— The requirement for the Comm-C II to be non-zero prevents the C-timer from being restarted during a non-selective uplink ELM transaction.

3.1.2.7.4.2.8 *Multisite uplink ELM closeout.* The interrogator shall close out a multisite uplink ELM by transmitting either a surveillance or a Comm-A interrogation containing:

either

DI = 1
IIS = assigned interrogator identifier
MES = 2, 6 or 7 (uplink ELM closeout)

or

DI = 0, 1 or 7
IIS = assigned interrogator identifier
PC = 5 (uplink ELM closeout)

3-43

22/11/07

The transponder shall compare the IIS of the interrogation to the Comm-C II and if the interrogator identifiers do not match, the state of the ELM uplink process shall not be changed.

If the interrogator identifiers match, the transponder shall set the Comm-C II to 0, reset the C-timer, clear the stored TAS and discard any stored segments of an incomplete message.

3.1.2.7.4.2.9 *Automatic multisite uplink ELM closeout.* If the C-timer period expires before a multisite closeout has been accomplished the closeout actions described in 3.1.2.7.4.2.8 shall be initiated automatically by the transponder.

3.1.2.7.5 NON-SELECTIVE UPLINK ELM

Note.— In cases where the multisite protocols are not required (for example, no overlapping coverage or sensor coordination via ground-to-ground communication), the non-selective uplink ELM protocol may be used.

Non-selective uplink ELM delivery shall take place as for multisite uplink ELMs described in 3.1.2.7.4.2. The interrogator shall close out an uplink ELM by transmitting PC equals 5 (uplink ELM closeout) in a surveillance or Comm-A interrogation. On receipt of this command, the transponder shall perform closeout, unless the C-timer is running. If the C-timer is running, indicating that a multisite reservation is in effect, the closeout shall be accomplished as per 3.1.2.7.4.2.8. An uncompleted message, present when the closeout is accepted, shall be cancelled.

3.1.2.7.6 ENHANCED UPLINK ELM PROTOCOL

Note.— The enhanced uplink ELM protocol provides a higher data link capacity by permitting parallel delivery of uplink ELM messages by up to sixteen interrogators, one for each II code. Operation without the need for multisite uplink ELM reservations is possible in regions of overlapping coverage for interrogators equipped for the enhanced uplink ELM protocol. The protocol is fully conformant to the standard multisite protocol and thus is compatible with interrogators that are not equipped for the enhanced protocol.

3.1.2.7.6.1 General

3.1.2.7.6.1.1 The interrogator shall determine from the data link capability report whether the transponder supports the enhanced protocols. If the enhanced protocols are not supported by both the interrogator and the transponder, the multisite reservation protocols specified in 3.1.2.7.4.1 shall be used.

Note.— If the enhanced protocols are supported, uplink ELMs delivered using the multisite protocol may be delivered without a prior reservation.

3.1.2.7.6.1.2 **Recommendation.**— If the transponder and the interrogator are equipped for the enhanced protocol, the interrogator should use the enhanced uplink protocol.

3.1.2.7.6.1.3 The transponder shall be capable of storing a sixteen segment message for each of the sixteen II codes.

3.1.2.7.6.2 *Reservation processing.* The transponder shall support reservation processing for each II code as specified in 3.1.2.7.4.1

Note 1.— Reservation processing is required for interrogators that do not support the enhanced protocol.

Note 2.— Since the transponder can process simultaneous uplink ELMs for all sixteen II codes, a reservation will always be granted.

22/11/07

3-44

3.1.2.7.6.3 *Enhanced uplink ELM delivery and closeout.* The transponder shall process received segments separately by II code. For each value of II code, uplink ELM delivery and closeout shall be performed as specified in 3.1.2.7.4.2 except that the MD field used to transmit the technical acknowledgment shall also contain the 4-bit (33-36) IIS subfield.

Note.— The interrogator may use the II code contained in the technical acknowledgement in order to verify that it has received the correct technical acknowledgement.

3.1.2.7.7 MULTISITE DOWNLINK ELM PROTOCOL

3.1.2.7.7.1 *Initialization.* The transponder shall announce the presence of a downlink ELM of n segments by making the binary code corresponding to the decimal value $15 + n$ available for insertion in the DR field of a surveillance or Comm-B reply, DF equals 4, 5, 20, 21. This announcement shall remain active until the ELM is closed out (3.1.2.7.7.3, 3.1.2.7.8.1).

3.1.2.7.7.1.1 *Multisite downlink ELM reservation.* An interrogator shall request a reservation for extraction of a downlink ELM by transmitting a surveillance or Comm-A interrogation containing:

DI = 1
IIS = assigned interrogator identifier
MES = 3 or 6 (downlink ELM reservation request)

Note.— A multisite downlink ELM reservation request is normally accompanied by a downlink ELM reservation status request (RSS = 3). This causes the interrogator identifier of the reserved interrogator to be inserted in the UM field of the reply.

3.1.2.7.7.1.1.1 Protocol procedure in response to this interrogation shall depend upon the state of the D-timer which indicates if a downlink ELM reservation is active. This timer shall run for T_R seconds.

Note 1.— The value of T_R is given in 3.1.2.10.3.9.

a) if the D-timer is not running, the transponder shall grant a reservation to the requesting interrogator by:

- 1) storing the IIS of the interrogation as the Comm-D II; and
- 2) starting the D-timer.

A multisite downlink ELM reservation shall not be granted by the transponder unless a downlink ELM is waiting to be transmitted.

b) if the D-timer is running and the IIS of the interrogation equals the Comm-D II, the transponder shall restart the D-timer; and

c) if the D-timer is running and the IIS of the interrogation does not equal the Comm-D II, there shall be no change to the Comm-D II or D-timer.

Note 2.— In case c) the reservation request has been denied.

3.1.2.7.7.1.1.2 An interrogator shall determine if it is the reserved site through coding in the UM field and, if so, it is authorized to request delivery of the downlink ELM. Otherwise, ELM activity shall not be started during this scan.

Note.— If the interrogator is not the reserved site, a new reservation request may be made during the next scan.

3.1.2.7.7.1.1.3 If downlink ELM activity is not completed on the current scan, the interrogator shall ensure that it still has a reservation before requesting additional segments on a subsequent scan.

3-45

22/11/07

3.1.2.7.7.1.2 *Multisite-directed downlink ELM transmissions.* To direct a downlink ELM message to a specific interrogator, the multisite downlink ELM protocol shall be used. When the D-timer is not running, the interrogator identifier of the desired destination shall be stored as the Comm-D II. Simultaneously, the D-timer shall be started and the DR code (3.1.2.7.7.1) shall be set. For a multisite-directed downlink ELM, the D-timer shall not automatically time out but shall continue to run until:

- a) the message is read and closed out by the reserved site; or
- b) the message is cancelled (3.1.2.10.5.4) by the data link avionics.

Note.— The protocols of 3.1.2.7.7.1 will then result in the delivery of the message to the reserved site. The data link avionics may cancel the message if delivery to the reserved site cannot be accomplished.

3.1.2.7.7.2 *Delivery of downlink ELMs.* The interrogator shall extract a downlink ELM by transmitting a Comm-C interrogation with RC equals 3. This interrogation shall carry the SRS subfield which specifies the segments to be transmitted. On receipt of this request, the transponder shall transfer the requested segments by means of Comm-D replies with KE equals 0 and ND corresponding to the number of the segment in MD. The first segment shall be transmitted 128 microseconds plus or minus 0.25 microsecond following the sync phase reversal of the interrogation requesting delivery and subsequent segments shall be transmitted at a rate of one every 136 microseconds plus or minus 1 microsecond. If a request is received to transmit downlink ELM segments and no message is waiting, each reply segment shall contain all ZEROs in the MD field.

Note 1.— The requested segments may be transmitted in any order.

Note 2.— Segments lost in downlink transmissions will be requested again by the interrogator on a subsequent interrogation carrying the SRS subfield. This process is repeated until all segments have been transferred.

3.1.2.7.7.2.1 *SRS, segment request subfield in MC.* This 16-bit (9-24) uplink subfield in MC shall request the transponder to transfer downlink ELM segments. Starting with bit 9, which denotes segment number 0, each of the following bits shall be set to ONE if the transmission of the corresponding segment is requested. SRS shall appear in MC if RC equals 3 in the same interrogation.

3.1.2.7.7.2.2 *D-timer restart.* The D-timer shall be restarted each time that a request for Comm-D segments is received if the Comm-D II is non-zero.

Note.— The requirement for the Comm-D II to be non-zero prevents the D-timer from being restarted during a non-selective downlink ELM transaction.

3.1.2.7.7.3 *Multisite downlink ELM closeout.* The interrogator shall close out a multisite downlink ELM by transmitting either a surveillance or a Comm-A interrogation containing:

either DI = 1
IIS = assigned interrogator identifier
MES = 4, 5 or 7 (downlink ELM closeout)

or
DI = 0, 1 or 7
IIS = assigned interrogator identifier
PC = 6 (downlink ELM closeout).

The transponder shall compare the IIS of the interrogation to the Comm-D II and if the interrogator identifiers do not match, the state of the downlink process shall not be changed.

22/11/07

3-46

If the interrogator identifiers match, and if a request for transmission has been complied with at least once, the transponder shall set the Comm-D II to 0, reset the D-timer, clear the DR code for this message and clear the message itself.

If another downlink ELM is waiting to be transmitted, the transponder shall set the DR code (if no Comm-B message is waiting to be delivered) so that the reply contains the announcement of the next message.

3.1.2.7.7.4 *Automatic expiration of downlink ELM reservation.* If the D-timer period expires before a multisite closeout has been accomplished, the Comm-D II shall be set to 0, and the D-timer reset. The message and DR code shall not be cleared.

Note.— This makes it possible for another site to read and clear this message.

3.1.2.7.8 NON-SELECTIVE DOWNLINK ELM

Note.— In cases where the multisite protocols are not required (i.e. no overlapping coverage or sensor coordination via ground-to-ground communication), the non-selective downlink ELM protocol may be used.

Non-selective downlink ELM delivery shall take place as described in 3.1.2.7.7.2.

3.1.2.7.8.1 *Non-selective downlink ELM closeout.* The interrogator shall close out a non-selective downlink ELM by transmitting PC equals 6 (downlink ELM closeout) in a surveillance or Comm-A interrogation. On receipt of this command, and if a request for transmission has been complied with at least once, the transponder shall perform closeout unless the D-timer is running. If the D-timer is running, indicating that a multisite reservation is in effect, the closeout shall be accomplished as per 3.1.2.7.7.3.

3.1.2.7.9 ENHANCED DOWNLINK ELM PROTOCOL

Note.— The enhanced downlink ELM protocol provides a higher data link capacity by permitting parallel delivery of downlink ELM messages by up to sixteen interrogators, one for each II code. Operation without the need for multisite downlink ELM reservations is possible in regions of overlapping coverage for interrogators equipped for the enhanced downlink ELM protocol. The protocol is fully conformant to the standard multisite protocol and thus is compatible with interrogators that are not equipped for the enhanced protocol.

3.1.2.7.9.1 General

3.1.2.7.9.1.1 The interrogator shall determine from the data link capability report whether the transponder supports the enhanced protocols. If the enhanced protocols are not supported by both the interrogator and the transponder, the multisite reservation protocols specified in 3.1.2.6.11 shall be used for multisite and multisite-directed downlink ELMs.

Note.— If the enhanced protocols are supported, downlink ELMs delivered using the multisite-directed protocol can be delivered without a prior reservation.

3.1.2.7.9.1.2 **Recommendation.—** If the transponder and the interrogator are equipped for the enhanced protocol, the interrogator should use the enhanced downlink protocol.

3.1.2.7.9.2 Enhanced multisite downlink ELM protocol

3.1.2.7.9.2.1 The transponder shall be capable of storing a sixteen segment message for each of the sixteen II codes.

3.1.2.7.9.2.2 *Initialization.* A multisite message input into the transponder shall be stored in the registers assigned to II = 0.

3.1.2.7.9.2.3 *Announcement and extraction.* A waiting multisite downlink ELM message shall be announced in the DR field of the replies to all interrogators for which a multisite directed downlink ELM message is not waiting. The UM field of the announcement reply shall indicate that the message is not reserved for any II code, i.e. the IIS subfield shall be set to 0. When a command to reserve this message is received from a given interrogator, the message shall be reserved for the II code contained in the interrogation from that interrogator. After readout and until closeout, the message shall continue to be assigned to that II code. Once a message is assigned to a specific II code, announcement of this message shall no longer be made in the replies to interrogators with other II codes. If the message is not closed out by the associated interrogator for the period of the D-timer, the message shall revert back to multisite status and the process shall repeat. Only one multisite downlink ELM message shall be in process at a time.

3.1.2.7.9.2.4 *Closeout.* A closeout for a multisite message shall only be accepted from the interrogator that was assigned most recently to transfer the message.

3.1.2.7.9.2.5 *Announcement of the next message waiting.* The DR field shall indicate a message waiting in the reply to an interrogation containing a downlink ELM closeout if an unassigned multisite downlink ELM is waiting, or if a multisite directed message is waiting for that II code (3.1.2.7.9.2).

3.1.2.7.9.3 Enhanced multisite directed downlink ELM protocol

3.1.2.7.9.3.1 *Initialization.* When a multisite directed message is input into the transponder, it shall be placed in the downlink ELM registers assigned to the II code specified for the message. If the registers for this II code are already in use (i.e. a multisite directed downlink ELM message is already in process for this II code), the new message shall be queued until the current transaction with that II code is closed out.

3.1.2.7.9.3.2 *Announcement.* Announcement of a downlink ELM message waiting transfer shall be made using the DR field as specified in 3.1.2.7.7.1 with the destination interrogator II code contained in the IIS subfield as specified in 3.1.2.6.5.3.2. The DR field and IIS subfield contents shall be set specifically for the interrogator that is to receive the reply. A waiting multisite directed message shall only be announced in the replies to the intended interrogator. It shall not be announced in replies to other interrogators.

3.1.2.7.9.3.3 *Delivery.* An interrogator shall determine if it is the reserved site through coding in the UM field. The delivery shall only be requested if it is the reserved site and shall be as specified in 3.1.2.7.7.2. The transponder shall transmit the message contained in the buffer associated with the II code specified in the IIS subfield of the segment request interrogation.

3.1.2.7.9.3.4 *Closeout.* Closeout shall be accomplished as specified in 3.1.2.7.7.3 except that a message closeout shall only be accepted from the interrogator with a II code equal to the one that transferred the message.

3.1.2.7.9.3.5 *Announcement of the next message waiting.* The DR field shall indicate a message waiting in the reply to an interrogation containing a downlink ELM closeout if another multisite directed message is waiting for that II code, or if a downlink message is waiting that has not been assigned a II code (3.1.2.7.9.2).

3.1.2.7.9.4 *Enhanced non-selective downlink ELM protocol.* The availability of a non-selective downlink ELM message shall be announced to all interrogators. Otherwise, the protocol shall be as specified in 3.1.2.7.7.

3.1.2.8 AIR-AIR SERVICE AND SQUITTER TRANSACTIONS

Note.— Airborne collision avoidance system (ACAS) equipment uses the formats UF or DF equals 0 or 16 for air-air surveillance.

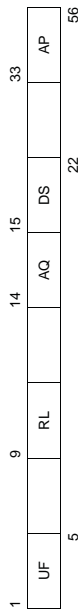
22/11/07

3-48

3-47

22/11/07

3.1.2.8.1 SHORT AIR-AIR SURVEILLANCE, UPLINK FORMAT 0



The format of this interrogation shall consist of these fields:

Field	Reference
UF uplink format	
spare — 3 bits	3.1.2.3.2.1.1
RL reply length	3.1.2.8.1.2
spare — 4 bits	
AQ acquisition	3.1.2.8.1.1
DS data selector	3.1.2.8.1.3
spare — 10 bits	
AP address/parity	3.1.2.3.2.1.3

- 3.1.2.8.1.1 AQ: Acquisition. This 1-bit (14) uplink field shall contain a code which controls the content of the RI field.
- 3.1.2.8.1.2 RL: Reply length. This 1-bit (9) uplink field shall command the format to be used for the reply.

Coding
 0 signifies a reply with DF = 0
 1 signifies a reply with DF = 16

Note. — A transponder that does not support DF = 16 (i.e. transponder which does not support the ACAS cross-link capability and is not associated with airborne collision avoidance equipment) would not reply to a UF=0 interrogation with RL=1

- 3.1.2.8.1.3 DS: Data selector. This 8-bit (15-22) uplink field shall contain the BDS code (3.1.2.6.11.2.1) of the GICB register whose contents shall be returned to the corresponding reply with DF = 16.

3.1.2.8.2 SHORT AIR-AIR SURVEILLANCE, DOWNLINK FORMAT 0



This reply shall be sent in response to an interrogation with UF equals 0 and RL equals 0. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
VS vertical status	3.1.2.8.2.1
CC cross-link capability	3.1.2.8.2.3
spare — 6 bits	
RI reply information	3.1.2.8.2.2

3-49

22/11/07

Annex 10 — Aeronautical Telecommunications

- spare — 2 bits
- AC altitude code
- AP address/parity

3.1.2.6.5.4
 3.1.2.3.2.1.3

- 3.1.2.8.2.1 VS: Vertical status: This 1-bit (6) downlink field shall indicate the status of the aircraft (3.1.2.6.10.1.2).

Coding
 0 signifies that the aircraft is airborne
 1 signifies that the aircraft is on the ground

- 3.1.2.8.2.2 RI: Reply information, air-air. This 4-bit (14-17) downlink field shall report the aircraft's maximum cruising true airspeed capability and type of reply to interrogating aircraft. The coding shall be as follows:

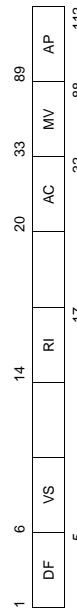
- 0 signifies a reply to an air-air interrogation UF = 0 with AQ = 0, no operating ACAS reserved for ACAS
- 1-7 signifies a reply to an air-air interrogation UF = 0 with AQ = 1 and that the maximum airspeed is as follows:
 - 8 no maximum airspeed data available
 - 9 maximum airspeed is .LE. 140 km/h (75 kt)
 - 10 maximum airspeed is .GT. 140 and .LE. 280 km/h (75 and 150 kt)
 - 11 maximum airspeed is .GT. 280 and .LE. 560 km/h (150 and 300 kt)
 - 12 maximum airspeed is .GT. 560 and .LE. 1 110 km/h (300 and 600 kt)
 - 13 maximum airspeed is .GT. 1 110 and .LE. 2 220 km/h (600 and 1 200 kt)
 - 14 maximum airspeed is more than 2 220 km/h (1 200 kt)
 - 15 not assigned.

Note. — ".LE." means "less than or equal to" and ".GT." means "greater than".

- 3.1.2.8.2.3 CC: Cross-link capability. This 1-bit (7) downlink field shall indicate the ability of the transponder to support the cross-link capability, i.e. decode the contents of the DS field in an interrogation with UF equals 0 and respond with the contents of the specified GICB register in the corresponding reply with DF equals 16.

Coding
 0 signifies that the transponder cannot support the cross-link capability
 1 signifies that the transponder supports the cross-link capability.

3.1.2.8.3 LONG AIR-AIR SURVEILLANCE, DOWNLINK FORMAT 16



This reply shall be sent in response to an interrogation with UF equals 0 and RL equals 1. The format of this reply shall consist of these fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
VS vertical status	3.1.2.8.2.1
spare — 7 bits	
RI reply information	3.1.2.8.2.2

3-50

22/11/07

- spare — 2 bits
- AC altitude code 3.1.2.6.5.4
- MV message, ACAS 3.1.2.8.3.1
- AP address/parity 3.1.2.3.2.1.3

3.1.2.8.3.1 *MV: Message ACAS.* This 56-bit (33-88) downlink field shall contain GICB information as requested in the DS field of the UF: 0 interrogation that elicited the reply.

Note. — The MV field is also used by ACAS for air-air coordination (4.3.8.4.2.4).

3.1.2.8.4 AIR-AIR TRANSACTION PROTOCOL

Note. — Interrogation-reply coordination for the air-air formats follows the protocol outlined in Table 3-5 (3.1.2.4.1.3.2.2).

The most significant bit (bit 14) of the RI field of an air-air reply shall replicate the value of the AQ field (bit 14) received in an interrogation with UF equals 0.

If AQ equals 0 in the interrogation, the RI field of the reply shall contain the value 0.

If AQ equals 1 in the interrogation, the RI field of the reply shall contain the maximum cruising true airspeed capability of the aircraft as defined in 3.1.2.8.2.2.

In response to a UF = 0 with RL = 1 and DS ≠ 0, the transponder shall reply with a DF = 16 reply in which the MV field shall contain the contents of the GICB register designated by the DS value. In response to a UF = 0 with RL = 1 and DS = 0, the transponder shall reply with a DF = 16 with an MV field of all zeros. Receipt of a UF = 0 with DS ≠ 0 but RL = 0 shall have no associated ACAS cross-link action, and the transponder shall reply as specified in 3.1.2.8.2.2.

3.1.2.8.5 ACQUISITION SQUITTER

Note. — SSR Mode S transponders transmit acquisition squitters (unsolicited downlink transmissions) to permit passive acquisition by interrogators with broad antenna beams, where active acquisition may be hindered by all-call synchronous garble. Examples of such interrogators are an airborne collision avoidance system and an airport surface surveillance system.

3.1.2.8.5.1 *Acquisition squitter format.* The format used for acquisition squitter transmissions shall be the all-call reply, (DF = 11) with $\Pi = 0$.

3.1.2.8.5.2 *Acquisition squitter rate.* Acquisition squitter transmissions shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range from 0.8 to 1.2 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous acquisition squitter, with the following exceptions:

- a) the scheduled acquisition squitter shall be delayed if the transponder is in a transaction cycle (3.1.2.4.1);
- b) the acquisition squitter shall be delayed if an extended squitter is in process;
- c) the scheduled acquisition squitter shall be delayed if a mutual suppression interface is active (see Note 1 below); or
- d) acquisition squitters shall only be transmitted on the surface if the transponder is not reporting the surface position type of Mode S extended squitter.

An acquisition squitter shall not be interrupted by link transactions or mutual suppression activity after the squitter transmission has begun.

Note 1. — A mutual suppression system may be used to connect onboard equipment operating in the same frequency band in order to prevent mutual interference. Acquisition squitter action resumes as soon as practical after a mutual suppression interval.

Note 2. — The surface report type may be selected automatically by the aircraft or by commands from a squitter ground station (3.1.2.8.6.7).

3.1.2.8.5.3 *Acquisition squitter antenna selection.* Transponders operating with antenna diversity (3.1.2.10.4) shall transmit acquisition squitters as follows:

- a) when airborne (3.1.2.8.6.7), the transponder shall transmit acquisition squitters alternately from the two antennas; and
- b) when on the surface (3.1.2.8.6.7), the transponder shall transmit acquisition squitters under control of SAS (3.1.2.6.1.4.1 f). In the absence of any SAS commands, use of the top antenna only shall be the default.

Note. — Acquisition squitters are not emitted on the surface if the transponder is reporting the surface type of extended squitter (3.1.2.8.6.4.3).

3.1.2.8.6 EXTENDED SQUITTER, DOWNLINK FORMAT 17

1	6	9	33	89					
DF	CA	AA	ME	PI					
5	8	32	88	112					

Note. — SSR Mode S transponders transmit extended squitters to support the broadcast of aircraft-derived position for surveillance purposes. The broadcast of this type of information is a form of automatic dependent surveillance (ADS) known as ADS-broadcast (ADS-B).

3.1.2.8.6.1 *Extended squitter format.* The format used for the extended squitter shall be a 112-bit downlink format (DF = 17) containing the following fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
CA capability	3.1.2.5.2.2.1
AA address, announced	3.1.2.5.2.2.2
ME message, extended squitter	3.1.2.8.6.2
PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4

The PI field shall be encoded with Π equal to 0.

3.1.2.8.6.2 *ME: Message, extended squitter.* This 56-bit (33-88) downlink field in DF = 17 shall be used to transmit broadcast messages. Extended squitter shall be supported by registers 05, 06, 07, 08, 09, 0A (HEX) and 61-6F (HEX) and shall conform to either version 0 or version 1 message formats as described below:

- a) Version 0 ES message formats and related requirements are suitable for early implementation of extended squitter applications. Surveillance quality is reported by navigation uncertainty category (NUC), which can be an indication of either the accuracy or integrity of the navigation data used by ADS-B. However, there is no indication as to which of these, integrity or accuracy, the NUC value is providing an indication of.

- b) Version 1 ES message formats and related requirements apply to more advanced ADS-B applications. Surveillance accuracy and integrity are reported separately as navigation accuracy category (NAC), navigation integrity category (NIC) and surveillance integrity level (SIL). Version 1 ES formats also include provisions for enhanced reporting of status information.

Note 1.— The formats and update rates of each register are specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Note 2.— The formats for the two versions are interoperable. An extended squitter receiver can recognize and decode both version 0 and version 1 message formats.

Note 3.— Guidance material on transponder register formats and data sources is included in the Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688).

3.1.2.8.6.3 Extended squitter types

3.1.2.8.6.3.1 *Airborne position squitter.* The airborne position extended squitter type shall use format DF = 17 with the contents of GICB register 05 {HEX} inserted in the ME field.

Note.— A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DI equals 7 and RRS equals 5 will cause the resulting reply to contain the airborne position report in its MB field.

3.1.2.8.6.3.1.1 *SSS, surveillance status subfield in ME.* The transponder shall report the surveillance status of the transponder in this 2-bit (38, 39) subfield of ME when ME contains an airborne position squitter report.

Code	Meaning
0	signifies no status information
1	signifies transponder reporting permanent alert condition (3.1.2.6.10.1.1.1)
2	signifies transponder reporting a temporary alert condition (3.1.2.6.10.1.1.2)
3	signifies transponder reporting SPI condition (3.1.2.6.10.1.3)

Codes 1 and 2 shall take precedence over code 3.

3.1.2.8.6.3.1.2 *ACS, altitude code subfield in ME.* Under control of ATS (3.1.2.8.6.3.1.3), the transponder shall report either navigation-derived altitude, or the barometric altitude code in this 12-bit (41-52) subfield of ME when ME contains an airborne position report. When barometric altitude is reported, the contents of the ACS shall be as specified for the 13-bit AC field (3.1.2.6.5.4) except that the M-bit (bit 26) shall be omitted.

3.1.2.8.6.3.1.3 *Control of ACS reporting.* Transponder reporting of altitude data in ACS shall depend on the altitude type subfield (ATS) as specified in 3.1.2.8.6.8.2. Transponder insertion of barometric altitude data in the ACS subfield shall take place when the ATS subfield has the value of ZERO. Transponder insertion of barometric altitude data in ACS shall be inhibited when ATS has the value 1.

3.1.2.8.6.3.2 *Surface position squitter.* The surface position extended squitter type shall use format DF = 17 with the contents of GICB register 06 {HEX} inserted in the ME field.

Note.— A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DI equals 7 and RRS equals 6 will cause the resulting reply to contain the surface position report in its MB field.

3.1.2.8.6.3.3 *Aircraft identification squitter.* The aircraft identification extended squitter type shall use format DF = 17 with the contents of GICB register 08 {HEX} inserted in the ME field.

Note.— A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DI equals 7 and RRS equals 8 will cause the resulting reply to contain the aircraft identification report in its MB field.

3.1.2.8.6.3.4 *Airborne velocity squitter.* The airborne velocity extended squitter type shall use format DF = 17 with the contents of GICB register 09 {HEX} inserted in the ME field.

Note.— A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DI equals 7 and RRS equals 9 will cause the resulting reply to contain the airborne velocity report in its MB field.

3.1.2.8.6.3.5 *Event-driven squitter.* The event-driven extended squitter type shall use format DF = 17 with the contents of GICB register 0A {HEX} inserted in the ME field.

Note.— A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DI equals 7 and RRS equals 10 will cause the resulting reply to contain the event-driven report in its MB field.

3.1.2.8.6.4 Extended squitter rate

3.1.2.8.6.4.1 *Initialization.* At power up initialization, the transponder shall commence operation in a mode in which it broadcasts only acquisition squitters (3.1.2.8.5). The transponder shall initiate the broadcast of extended squitters for airborne position, surface position, airborne velocity and aircraft identification when data are inserted into transponder registers 05, 06, 09 and 08 {HEX}, respectively. This determination shall be made individually for each squitter type. When extended squitters are broadcast, transmission rates shall be as indicated in the following paragraphs. Acquisition squitters shall be reported in addition to extended squitters unless the acquisition squitter is inhibited (2.1.5.4). Acquisition squitters shall always be reported if position or velocity extended squitters are not reported.

Note 1.— This suppresses the transmission of extended squitters from aircraft that are unable to report position, velocity or identity. If input to the register for a squitter type stops for 60 seconds, broadcast of that extended squitter type will be discontinued until data insertion is resumed.

Note 2.— After timeout (3.1.2.8.6.6), this squitter type may contain an ME field of all zeroes.

3.1.2.8.6.4.2 *Airborne position squitter rate.* Airborne position squitter transmissions shall be emitted when the aircraft is airborne (3.1.2.8.6.7) at random intervals that are uniformly distributed over the range from 0.4 to 0.6 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous airborne position squitter, with the exceptions as specified in 3.1.2.8.6.4.7.

3.1.2.8.6.4.3 *Surface position squitter rate.* Surface position squitter transmissions shall be emitted when the aircraft is on the surface (3.1.2.8.6.7) using one of two rates depending upon whether the high or low squitter rate has been selected (3.1.2.8.6.9). When the high squitter rate has been selected, surface position squitters shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range from 0.4 to 0.6 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous surface position squitter (termed the high rate). When the low squitter rate has been selected, surface position squitters shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range of 4.8 to 5.2 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous surface position squitter (termed the low rate). Exceptions to these transmission rates are specified in 3.1.2.8.6.4.7.

3.1.2.8.6.4.4 *Aircraft identification squitter rate.* Aircraft identification squitter transmissions shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range of 4.8 to 5.2 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous identification squitter when the aircraft is reporting the airborne position squitter type, or when the aircraft is reporting the surface position squitter type and the high surface squitter rate has been selected. When the surface position squitter type is being reported at the low surface rate, the aircraft identification squitter shall be emitted at random intervals that are uniformly distributed over the range of 9.8 to 10.2 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous identification squitter. Exceptions to these transmission rates are specified in 3.1.2.8.6.4.7.

3.1.2.8.6.4.5 *Airborne velocity squitter rate.* Airborne velocity squitter transmissions shall be emitted when the aircraft is airborne (3.1.2.8.6.7) at random intervals that are uniformly distributed over the range from 0.4 to 0.6 seconds using a time quantization of no greater than 15 milliseconds relative to the previous airborne velocity squitter, with the exceptions as specified in 3.1.2.8.6.4.7.

3.1.2.8.6.4.6 *Event-driven squitter rate.* The event-driven squitter shall be transmitted once, each time that GICB register OA (HEX) is loaded, while observing the delay conditions specified in 3.1.2.8.6.4.7. The maximum transmission rate for the event-driven squitter shall be limited by the transponder to twice per second. If a message is inserted in the event-driven register and cannot be transmitted due to rate limiting, it shall be held and transmitted when the rate limiting condition has cleared. If a new message is received before transmission is permitted, it shall overwrite the earlier message.

Note.— *The squitter transmission rate and the duration of squitter transmissions is application-dependent. Choices made for each application must take into account interference considerations (Manual of the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684), Chapter 8 refers).*

3.1.2.8.6.4.7 *Delayed transmission.* Extended squitter transmission shall be delayed in the following circumstances:

- a) if the transponder is in a transaction cycle (3.1.2.4.1);
- b) if an acquisition or another type of extended squitter is in process; or
- c) if a mutual suppression interface is active.

The delayed squitter shall be transmitted as soon as the transponder becomes available.

3.1.2.8.6.5 *Extended squitter antenna selection.* Transponders operating with antenna diversity (3.1.2.10.4) shall transmit extended squitters as follows:

- a) when airborne (3.1.2.8.6.7), the transponder shall transmit each type of extended squitter alternately from the two antennas; and
- b) when on the surface (3.1.2.8.6.7), the transponder shall transmit extended squitters under control of SAS (3.1.2.6.1.4.1 f).

In the absence of any SAS commands, use of the top antenna only shall be the default condition.

3.1.2.8.6.6 *Register time-out.* The transponder shall clear all 56-bits of the airborne position, surface position, squitter status and airborne velocity information transponder registers 05, 06, 07 and 09 (HEX) if these registers are not updated within two seconds of the previous update. This time-out shall be determined separately for each of these registers.

Note 1.— *Termination of extended squitter broadcast is specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).*

Note 2.— *These registers are cleared to prevent the reporting of outdated position, velocity and squitter rate information.*

3.1.2.8.6.7 *Airborne/surface state determination.* Aircraft with an automatic means of determining on-the-ground conditions shall use this input to select whether to report the airborne or surface message types. Aircraft without such means shall report the airborne type messages, except as specified in Table 3-2. Use of this table shall only be applicable to aircraft that are equipped to provide data for radio altitude AND, as a minimum, airspeed OR ground speed. Otherwise, aircraft in the specified categories that are only equipped to provide data for airspeed and ground speed shall broadcast the surface format if:

airspeed <50 knots AND ground speed <50 knots.

Aircraft with or without such automatic on-the-ground determination shall use position message types as commanded by control codes in TCS (3.1.2.6.1.4.1 f). After time-out of the TCS commands, control of airborne/surface determination shall revert to the means described above.

Note 1.— *Use of this technique may result in the surface position format being transmitted when the air-ground status in the CA fields indicates "airborne or on the ground".*

Note 2.— *Extended squitter ground stations determine aircraft airborne or surface status by monitoring aircraft position, altitude and ground speed. Aircraft determined to be on the ground that are not reporting the surface position message type will be commanded to report the surface format via TCS (3.1.2.6.1.4.1 f). The normal return to the airborne position message type is via a ground command to report the airborne message type. To guard against loss of communications after take-off, commands to report the surface position message type automatically time-out.*

3.1.2.8.6.8 *Squitter status reporting.* A GICB request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 16 and DJ equals 7 and RRS equals 7 shall cause the resulting reply to contain the squitter status report in its MB field.

3.1.2.8.6.8.1 *TRS, transmission rate subfield in MB.* The transponder shall report the capability of the aircraft to automatically determine its surface squitter rate and its current squitter rate in this 2-bit (33, 34) subfield of MB.

Coding	
0	signifies no capability to automatically determine surface squitter rate
1	signifies that the high surface squitter rate has been selected
2	signifies that the low surface squitter rate has been selected
3	unassigned

Note 1.— *High and low squitter rate is determined on board the aircraft.*

Note 2.— *The low rate is used when the aircraft is stationary and the high rate is used when the aircraft is moving. For details of how "moving" is determined, see the data format of register 07₁₆ in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).*

3.1.2.8.6.8.2 *ATS, altitude type subfield in MB.* The transponder shall report the type of altitude being provided in the airborne position extended squitter in this 1-bit (35) subfield of MB when the reply contains the contents of transponder register 07 (HEX).

Coding	
0	signifies that barometric altitude shall be reported in the ACS (3.1.2.8.6.3.1.2) of transponder register 05 (HEX).
1	signifies that navigation-derived altitude shall be reported in the ACS (3.1.2.8.6.3.1.2) of transponder register 05 (HEX).

Note.— *Details of the contents of transponder registers 05 (HEX) and 07 (HEX) are shown in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).*

3.1.2.8.6.9 *Surface squitter rate control.* Surface squitter rate shall be determined as follows:

- a) once per second the contents of the TRS shall be read. If the value of TRS is 0 or 1, the transponder shall transmit surface squitters at the high rate. If the value of TRS is 2, the transponder shall transmit surface squitters at the low rate;

- b) the squitter rate determined via TRS shall be subject to being overridden by commands received via RCS (3.1.2.6.1.4.1 f). RCS code 1 shall cause the transponder to squitter at the high rate for 60 seconds. RCS code 2 shall cause the transponder to squitter at the low rate for 60 seconds. These commands shall be able to be refreshed for a new 60 second period before time-out of the prior period; and
- c) after time-out and in the absence of RCS codes 1 and 2, control shall return to TRS.

3.1.2.8.6.10 *Latitude/longitude coding using compact position reporting (CPR)*. Mode S extended squitter shall use compact position reporting (CPR) to encode latitude and longitude efficiently into messages.

Note.— The method used to encode/decode CPR is specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

3.1.2.8.6.11 *Data insertion*. When the transponder determines that it is time to emit an airborne position squitter, it shall insert the current value of the barometric altitude (unless inhibited by the ATS subfield, 3.1.2.8.6.8.2) and surveillance status into the appropriate fields of register 05 (HEX). The contents of this register shall then be inserted into the ME field of DF = 17 and transmitted.

Note.— Insertion in this manner ensures that (1) the squitter contains the latest altitude and surveillance status, and (2) ground read-out of register 05 (HEX) will yield exactly the same information as the AC field of a Mode S surveillance reply.

3.1.2.8.7 EXTENDED SQUITTER/SUPPLEMENTARY, DOWNLINK FORMAT 18

10010	CF=3		PI:24
-------	------	--	-------

Note 1.— This format supports the broadcast of extended squitter ADS-B messages by non-transponder devices, i.e. they are not incorporated into a Mode S transponder. A separate format is used to clearly identify this non-transponder case to prevent ACAS II or extended squitter ground stations from attempting to interrogate these devices.

Note 2.— This format is also used for ground broadcast of ADS-B related services such as traffic information broadcast (TIS-B).

Note 3.— The format of the DF = 18 transmission is defined by the value of the CF field.

3.1.2.8.7.1 *ES supplementary format*. The format used for ES supplementary shall be a 112-bit downlink format (DF = 18) containing the following fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
CF control field	3.1.2.8.7.2
PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4

The PI field shall be encoded with II equal to zero.

3.1.2.8.7.2 *Control field*. This 3-bit (6-8) downlink field in DF = 18 shall be used to define the format of the 112-bit transmission as follows.

Code 0 = ADS-B ES/NT devices that report the ICAO 24-bit address in the AA field (3.1.2.8.7)

3-57

22/11/07

Code 1 = Reserved for ADS-B for ES/NT devices that use other addressing techniques in the AA field (3.1.2.8.7.3)

Code 2 = Fine format TIS-B message

Code 3 = Coarse format TIS-B message

Code 4 = Reserved for TIS-B management messages

Code 5 = TIS-B messages that relay ADS-B messages that use other addressing techniques in the AA field

Code 6 = ADS-B rebroadcast using the same type codes and message formats as defined for DF = 17 ADS-B messages

Code 7 = Reserved

Note 1.— Administrations may wish to make address assignments for ES/NT devices in addition to the 24-bit addresses allocated by ICAO (Annex 10, Volume III, Part I, Chapter 9) in order to increase the available number of 24-bit addresses.

Note 2.— These non-ICAO 24-bit addresses are not intended for international use.

3.1.2.8.7.3 ADS-B for extended squitter/non-transponder (ES/NT) devices

10010	CF=0	AA:24	ME:56	PI:24
-------	------	-------	-------	-------

3.1.2.8.7.3.1 *ES/NT format*. The format used for ES/NT shall be a 112-bit downlink format (DF = 18) containing the following fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
CF control field = 0	3.1.2.8.7.2
AA address, announced	3.1.2.5.2.2.2
ME message, extended squitter	3.1.2.8.6.2
PI parity/interrogator identifier	3.1.2.3.2.1.4

The PI field shall be encoded with II equal to zero.

3.1.2.8.7.3.2 ES/NT squitter types

3.1.2.8.7.3.2.1 *Airborne position squitter*. The airborne position type ES/NT shall use format DF = 18 with the format for register 05 (HEX) as defined in 3.1.2.8.6.2 inserted in the ME field.

3.1.2.8.7.3.2.2 *Surface position squitter*. The surface position type ES/NT shall use format DF = 18 with the format for register 06 (HEX) as defined in 3.1.2.8.6.2 inserted in the ME field.

3.1.2.8.7.3.2.3 *Aircraft identification squitter*. The aircraft identification type ES/NT shall use format DF = 18 with the format for register 08 (HEX) as defined in 3.1.2.8.6.2 inserted in the ME field.

3.1.2.8.7.3.2.4 *Airborne velocity squitter*. The airborne velocity type ES/NT shall use format DF = 18 with the format for register 09 (HEX) as defined in 3.1.2.8.6.2 inserted in the ME field.

3.1.2.8.7.3.2.5 *Event-driven squitter*. The event-driven type ES/NT shall use format DF = 18 with the format for register 0A (HEX) as defined in 3.1.2.8.6.2 inserted in the ME field.

3-58

22/11/07

3.1.2.8.7.3.3 ES/NT squitter rate

3.1.2.8.7.3.3.1 *Initialization.* At power up initialization, the non-transponder device shall commence operation in a mode in which it does not broadcast any squitters. The non-transponder device shall initiate the broadcast of ES/NT squitters for airborne position, surface position, airborne velocity and aircraft identification when data are available for inclusion in the ME field of these squitter types. This determination shall be made individually for each squitter type. When ES/NT squitters are broadcast, transmission rates shall be as indicated in 3.1.2.8.6.4.2 to 3.1.2.8.6.4.6.

Note 1.— This suppresses the transmission of extended squitters from aircraft that are unable to report position, velocity or identity. If input to the register for squitter types stops for 60 seconds, broadcast for this extended squitter type will cease until data insertion resumes, except for an ES/NT device operating on the surface (as specified for extended squitter Version 1 formats in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871)).

Note 2.— After timeout (3.1.2.8.7.6) this squitter type may contain an ME field of all zeros.

3.1.2.8.7.3.3.2 *Delayed transmission.* ES/NT squitter transmission shall be delayed if the non-transponder device is busy broadcasting one of the other squitter types.

3.1.2.8.7.3.3.2.1 The delayed squitter shall be transmitted as soon as the non-transponder device becomes available.

3.1.2.8.7.3.3.3 *ES/NT antenna selection.* Non-transponder devices operating with antenna diversity (3.1.2.10.4) shall transmit ES/NT squitters as follows:

- a) when airborne (3.1.2.8.6.7), the non-transponder device shall transmit each type of ES/NT squitter alternately from the two antennas; and
- b) when on the surface (3.1.2.8.6.7), the non-transponder device shall transmit ES/NT squitters using the top antenna.

3.1.2.8.7.3.3.4 *Register timeout.* The non-transponder device shall clear all 56-bits of the airborne position, surface position and velocity registers used for these messages if these registers are not updated within two seconds of the previous update. This timeout shall be determined separately for each of these registers.

Note 1.— The termination of an extended squitter broadcast is specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Note 2.— These registers are cleared to prevent the reporting of outdated position and velocity information.

3.1.2.8.7.3.3.5 *Airborne/surface state determination.* Aircraft with an automatic means of determining on-the-ground condition shall use this input to select whether to report the airborne or surface message types except as specified in 3.1.2.6.10.3.1. Aircraft without such means shall report the airborne type message, except as specified in 3.1.2.8.6.7.

3.1.2.8.7.3.3.6 *Surface squitter rate control.* Aircraft motion shall be determined once per second. The surface squitter rate shall be set according to the results of this determination.

Note.— The algorithm to determine aircraft motion is specified in the definition of register 07₁₆ in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

3.1.2.8.8 EXTENDED SQUITTER MILITARY APPLICATION, DOWNLINK FORMAT 19

10011	AF:3
-------	------

3-59

22/11/07

Note.— This format supports the broadcast of extended squitter ADS-B messages in support of military applications. A separate format is used to distinguish these extended squitters from the standard ADS-B message set broadcast using DF = 17 or 18.

3.1.2.8.8.1 *Military format.* The format used for DF = 19 shall be a 112-bit downlink format containing the following fields:

Field	Reference
DF downlink format	3.1.2.3.2.1.2
AF control field	3.1.2.8.8.2

3.1.2.8.8.2 *Application field.* This 3-bit (6-8) downlink field in DF = 19 shall be used to define the format of the 112-bit transmission.

Code 0 to 7 = Reserved

3.1.2.8.9 EXTENDED SQUITTER MAXIMUM TRANSMISSION RATE

3.1.2.8.9.1 The maximum total number of extended squitters (DF = 17, 18 or 19) emitted by any extended squitter installation shall not exceed 6.2 per second.

3.1.2.9 AIRCRAFT IDENTIFICATION PROTOCOL

3.1.2.9.1 *Aircraft identification reporting.* A ground-initiated Comm-B request (3.1.2.6.11.2) containing RR equals 18 and either DI does not equal 7 or DI equals 7 and RRS equals 0 shall cause the resulting reply to contain the aircraft identification in its MB field.

3.1.2.9.1.1 *AIS, aircraft identification subfield in MB.* The transponder shall report the aircraft identification in the 48-bit (41-88) AIS subfield of MB. The aircraft identification transmitted shall be that employed in the flight plan. When no flight plan is available, the registration marking of the aircraft shall be inserted in this subfield.

Note.— When the registration marking of the aircraft is used, it is classified as “fixed direct data” (3.1.2.10.5.1.1). When another type of aircraft identification is used, it is classified as “variable direct data” (3.1.2.10.5.1.3).

3.1.2.9.1.2 *Coding of the AIS subfield.* The AIS subfield shall be coded as follows:

BDS	Char. 1	Char. 2	Char. 3	Char. 4	Char. 5	Char. 6	Char. 7	Char. 8
33	41	47	53	59	65	71	77	83
40	46	52	58	64	70	76	82	88

Note.— Aircraft identification coding provides up to eight characters.

The BDS code for the aircraft identification message shall be BDS1 equals 2 (33-36) and BDS2 equals 0 (37-40).

Each character shall be coded as a 6-bit subset of the International Alphabet Number 5 (IA-5) as illustrated in Table 3-9. The character code shall be transmitted with the high order unit (b_6) first and the reported aircraft identification shall be transmitted with its left-most character first. Characters shall be coded consecutively without intervening SPACE code. Any unused character spaces at the end of the subfield shall contain a SPACE character code.

22/11/07

3-60

3.1.2.9.1.3 *Aircraft identification capability report.* Transponders which respond to a ground-initiated request for aircraft identification shall report this capability in the data link capability report (3.1.2.6.10.2.2.2) by setting bit 33 of the MB subfield to 1.

3.1.2.9.1.4 *Change of aircraft identification.* If the aircraft identification reported in the AIS subfield is changed in flight, the transponder shall report the new identification to the ground by use of the Comm-B broadcast message protocol of 3.1.2.6.11.4.

3.1.2.10 ESSENTIAL SYSTEM CHARACTERISTICS OF THE SSR MODE S TRANSPONDER

3.1.2.10.1 *Transponder sensitivity and dynamic range.* Transponder sensitivity shall be defined in terms of a given interrogation signal input level and a given percentage of corresponding replies. Only correct replies containing the required bit pattern for the interrogation received shall be counted. Given an interrogation that requires a reply according to 3.1.2.4, the minimum triggering level, MTL, shall be defined as the minimum input power level for 90 per cent reply-to-interrogation ratio. The MTL shall be -74 dBm ± 3 dB. The reply-to-interrogation ratio of a Mode S transponder shall be:

- at least 99 per cent for signal input levels between 3 dB above MTL and -21 dBm; and
- no more than 10 per cent at signal input levels below -81 dBm.

Note.— *Transponder sensitivity and output power are described in this section in terms of signal level at the terminals of the antenna. This gives the designer freedom to arrange the installation, optimizing cable length and receiver-transmitter design, and does not exclude receiver and/or transmitter components from becoming an integral part of the antenna subassembly.*

3.1.2.10.1.1 Reply ratio in the presence of interference

Note.— *The following paragraphs present measures of the performance of the Mode S transponder in the presence of interfering Mode A/C interrogation pulses and low-level in-band CW interference.*

3.1.2.10.1.1.1 *Reply ratio in the presence of an interfering pulse.* Given a Mode S interrogation which requires a reply (3.1.2.4), the reply ratio of a transponder shall be at least 95 per cent in the presence of an interfering Mode A/C interrogation pulse if the level of the interfering pulse is 6 dB or more below the signal level for Mode S input signal levels between -68 dBm and -21 dBm and the interfering pulse overlaps the P_s pulse of the Mode S interrogation anywhere after the sync phase reversal.

Under the same conditions, the reply ratio shall be at least 50 per cent if the interference pulse level is 3 dB or more below the signal level.

3.1.2.10.1.1.2 *Reply ratio in the presence of pulse pair interference.* Given an interrogation which requires a reply (3.1.2.4), the reply ratio of a transponder shall be at least 90 per cent in the presence of an interfering $P_1 - P_2$ pulse pair if the level of the interfering pulse pair is 9 dB or more below signal level for input signal levels between -68 dBm and -21 dBm and the P_1 pulse of the interfering pair occurs no earlier than the P_1 pulse of the Mode S signal.

3.1.2.10.1.1.3 *Reply ratio in the presence of low level asynchronous interference.* For all received signals between -65 dBm and -21 dBm and given a Mode S interrogation that requires a reply according to 3.1.2.4 and if no lockout condition is in effect, the transponder shall reply correctly with at least 95 per cent reply ratio in the presence of asynchronous interference. Asynchronous interference shall be taken to be a single Mode A/C interrogation pulse occurring at all repetition rates up to 10 000 Hz at a level 12 dB or more below the level of the Mode S signal.

Note.— *Such pulses may combine with the P_1 and P_2 pulses of the Mode S interrogation to form a valid Mode A/C-only all-call interrogation. The Mode S transponder does not respond to Mode A/C-only all-call interrogations. A preceding pulse*

may also combine with the P_2 of the Mode S interrogation to form a valid Mode A or Mode C interrogation. However, the $P_1 - P_2$ pair of the Mode S preamble takes precedence (3.1.2.4.1.1). The Mode S decoding process is independent of the Mode A/Mode C decoding process and the Mode S interrogation is accepted.

3.1.2.10.1.1.4 *Reply ratio in the presence of low-level in-band CW interference.* In the presence of non-coherent CW interference at a frequency of 1 030 ± 0.2 MHz at signal levels of 20 dB or more below the desired Mode A/C or Mode S interrogation signal level, the transponder shall reply correctly to at least 90 per cent of the interrogations.

3.1.2.10.1.1.5 Spurious response

Recommendation.— *The response to signals not within the receiver pass band should be at least 60 dB below normal sensitivity.*

3.1.2.10.2 *Transponder peak pulse power.* The peak power of each pulse of a reply shall:

- not be less than 18.5 dBW for aircraft not capable of operating at altitudes exceeding 4 570 m (15 000 ft);
- not be less than 21.0 dBW for aircraft capable of operating above 4 570 m (15 000 ft);
- not be less than 21.0 dBW for aircraft with maximum cruising speed exceeding 324 km/h (175 kt); and
- not exceed 27.0 dBW.

3.1.2.10.2.1 *Inactive state transponder output power.* When the transponder is in the inactive state the peak pulse power at 1 090 MHz plus or minus 3 MHz shall not exceed -50 dBm. The inactive state is defined to include the entire period between transmissions less 10-microsecond transition periods preceding the first pulse and following the last pulse of the transmission.

Note.— *Inactive state transponder power is constrained in this way to ensure that an aircraft, when located as near as 185 m (0.1 NM) to a Mode A/C or Mode S interrogator, does not cause interference to that installation. In certain applications of Mode S, airborne collision avoidance for example, where a 1 090 MHz transmitter and receiver are in the same aircraft, it may be necessary to further constrain the inactive state transponder power.*

3.1.2.10.2.2 Spurious emission radiation

Recommendation.— *CW radiation should not exceed 70 dB below 1 watt.*

3.1.2.10.3 SPECIAL CHARACTERISTICS

3.1.2.10.3.1 Mode S side-lobe suppression

Note.— *Side-lobe suppression for Mode S formats occurs when a P_2 pulse overlaps the location of the sync phase reversal of P_s , causing the transponder to fail to recognize the interrogation (3.1.2.4.1.1.3).*

Given a Mode S interrogation that requires a reply, the transponder shall:

- at all signal levels between MTL +3 dB and -21 dBm, have a reply ratio of less than 10 per cent if the received amplitude of P_s exceeds the received amplitude of P_e by 3 dB or more;

b) at all signal levels between MTL +3 dB and -21 dBm, have a reply ratio of at least 99 per cent if the received amplitude of P_r exceeds the received amplitude of P_s by 12 dB or more.

3.1.2.10.3.2 *Mode S dead time.* Dead time shall be defined as the time interval beginning at the end of a reply transmission and ending when the transponder has regained sensitivity to within 3 dB of MTL. Mode S transponders shall not have more than 125 microseconds' dead time.

3.1.2.10.3.3 *Mode S receiver desensitization.* The transponder's receiver shall be desensitized according to 3.1.1.7.7.1 on receipt of any pulse of more than 0.7 microseconds duration.

3.1.2.10.3.3.1 *Recovery from desensitization.* Recovery from desensitization shall begin at the trailing edge of each pulse of a received signal and shall occur at the rate prescribed in 3.1.1.7.7.2, provided that no reply or data transfer is made in response to the received signal.

3.1.2.10.3.4 *Recovery after Mode S interrogations that do not elicit replies*

3.1.2.10.3.4.1 *Recovery after a single Mode S interrogation*

3.1.2.10.3.4.1.1 The transponder shall recover sensitivity to within 3 dB of MTL no later than 128 microseconds after receipt of the sync phase reversal following a Mode S interrogation that is not accepted (3.1.2.4.1.2) or that is accepted but requires no reply.

3.1.2.10.3.4.1.2 **Recommendation.**—*The transponder should recover sensitivity to within 3 dB of MTL no later than 45 microseconds after receipt of the sync phase reversal following a Mode S interrogation that is not accepted (3.1.2.4.1.2) or that is accepted but requires no reply.*

3.1.2.10.3.4.1.3 All Mode S transponders installed on or after 1 January 1999 shall recover sensitivity to within 3 dB of MTL no later than 45 microseconds after receipt of the sync phase reversal following a Mode S interrogation that is not accepted (3.1.2.4.1.2) or that is accepted but requires no reply.

3.1.2.10.3.4.2 *Recovery after a Mode S Comm-C interrogation.* A Mode S transponder with Comm-C capability shall recover sensitivity to within 3 dB of MTL no later than 45 microseconds after receipt of the sync phase reversal following acceptance of a Comm-C interrogation for which no reply is required.

3.1.2.10.3.5 *Unwanted Mode S replies.* Mode S transponders shall not generate unwanted Mode S replies more often than once in 10 seconds. Installation in the aircraft shall be made in such a manner that this standard shall be achieved when all possible interfering equipments installed in the same aircraft are operating at maximum interference levels.

3.1.2.10.3.5.1 *Unwanted Mode S replies in the presence of low-level in-band CW interference.* In the presence of non-coherent CW interference at a frequency of 1 030 ±0.2 MHz and at signal levels of -60 dBm or less, and in the absence of valid interrogation signals, Mode S transponders shall not generate unwanted Mode S replies more often than once per 10 seconds.

3.1.2.10.3.6 *Reply rate limiting*

Note.—*Reply rate limiting is prescribed separately for Modes A and C and for Mode S.*

3.1.2.10.3.6.1 *Mode S reply rate limiting.* Reply rate limiting is not required for the Mode S formats of a transponder. If such limiting is incorporated for circuit protection, it shall permit the minimum reply rates required in 3.1.2.10.3.7.2 and 3.1.2.10.3.7.3.

3-63

22/11/07

3.1.2.10.3.6.2 *Modes A and C reply rate limiting.* Reply rate limiting for Modes A and C shall be effected according to 3.1.1.7.9.1. The prescribed sensitivity reduction (3.1.1.7.9.2) shall not affect the Mode S performance of the transponder.

3.1.2.10.3.7 *Minimum reply rate capability, Modes A, C and S*

3.1.2.10.3.7.1 All reply rates specified in 3.1.2.10.3.7 shall be in addition to any squitter transmissions that the transponder is required to make.

3.1.2.10.3.7.2 *Minimum reply rate capability, Modes A and C.* The minimum reply rate capability for Modes A and C shall be in accordance with 3.1.1.7.9.

3.1.2.10.3.7.3 *Minimum reply rate capability, Mode S.* A transponder capable of transmitting only short Mode S replies shall be able to generate replies at the following rates:

- 50 Mode S replies in any 1-second interval
- 18 Mode S replies in a 100-millisecond interval
- 8 Mode S replies in a 25-millisecond interval
- 4 Mode S replies in a 1.6-millisecond interval

In addition to any downlink ELM transmissions, a level 2, 3 or 4 transponder shall be able to generate as long replies at least:

- 16 of 50 Mode S replies in any 1-second interval
- 6 of 18 Mode S replies in a 100-millisecond interval
- 4 of 8 Mode S replies in a 25-millisecond interval
- 2 of 4 Mode S replies in a 1.6-millisecond interval

In addition to downlink ELM transmissions, a level 5 transponder shall be able to generate as long replies at least:

- 24 of 50 Mode S replies in any 1-second interval
- 9 of 18 Mode S replies in a 100-millisecond interval
- 6 of 8 Mode S replies in a 25-millisecond interval
- 2 of 4 Mode S replies in a 1.6-millisecond interval

In addition, a transponder within an ACAS installation shall be able to generate as ACAS coordination replies at least 3 of 50 Mode S replies in any 1-second interval.

3.1.2.10.3.7.4 *Minimum Mode S ELM peak reply rate*

Note 1.—*When a downlink ELM is initialized (3.1.2.7.1), the Mode S transponder announces the length (in segments) of the waiting message. The transponder must be able to transmit this number of segments, plus an additional margin to make up for missed replies, during the beam dwell of the ground interrogator.*

At least once every second a Mode S transponder equipped for ELM downlink operation shall be capable of transmitting in a 25-millisecond interval, at least 25 per cent more segments than have been announced in the initialization (3.1.2.7.1). The minimum length downlink ELM capability for level 4 and 5 transponders shall be as specified in 3.1.2.10.5.2.2.2.

Note 2.—*A transponder capable of processing the maximum length downlink ELM (16 segments) is therefore required to be able to transmit 20 long replies under the above conditions. Level 4 transponders may be built which process less than the maximum message length. These transponders cannot initialize a message length that exceeds their transmitter capability. For example, a transponder that can transmit at most 10 long replies under the above conditions can never announce a message of more than 8 segments.*

22/11/07

3-64

3.1.2.10.3.8 Reply delay and jitter

Note.— After an interrogation has been accepted and if a reply is required, this reply transmission begins after a fixed delay needed to carry out the protocols. Different values for this delay are assigned for Modes A and C, for Mode S and for Modes A/C/S all-call replies.

3.1.2.10.3.8.1 Reply delay and jitter for Modes A and C. The reply delay and jitter for Modes A and C transmissions shall be as prescribed in 3.1.1.7.10.

3.1.2.10.3.8.2 Reply delay and jitter for Mode S. For all input signal levels between MTL and -21 dBm, the leading edge of the first preamble pulse of the reply (3.1.2.2.5.1.1) shall occur 128 plus or minus 0.25 microsecond after the sync phase reversal (3.1.2.1.5.2.2) of the received P_6 . The jitter of the reply delay shall not exceed 0.08 microsecond, peak (99.9 percentile).

3.1.2.10.3.8.3 Reply delay and jitter for Modes A/C/S all call. For all input signal levels between MTL $+3$ dB and -21 dBm the leading edge of the first preamble pulse of the reply (3.1.2.2.5.1.1) shall occur 128 plus or minus 0.5 microseconds after the leading edge of the P_4 pulse of the interrogation (3.1.2.1.5.1.1). Jitter shall not exceed 0.1 microsecond, peak (99.9 percentile).

Note.— A peak jitter of 0.1 microsecond is consistent with the jitter prescribed in 3.1.1.7.10.

3.1.2.10.3.9 Timers. Duration and features of timers shall be as shown in Table 3-10.

All timers shall be capable of being restarted. On receipt of any start command, they shall run for their specified times. This shall occur regardless of whether they are in the running or the non-running state at the time that the start command is received. A command to reset a timer shall cause the timer to stop running and to return to its initial state in preparation for a subsequent start command.

3.1.2.10.3.10 Inhibition of replies. Replies to Mode A/C/S all-call and Mode S-only all-call interrogations shall always be inhibited when the aircraft declares the on-the-ground state. It shall not be possible to inhibit replies to discretely addressed Mode S interrogations regardless of whether the aircraft is airborne or on the ground.

3.1.2.10.3.10.1 Recommendation.—Aircraft should provide means to determine the on-the-ground state automatically and provide that information to the transponder.

3.1.2.10.3.10.2 Recommendation.—Mode A/C replies should be inhibited when the aircraft is on the ground to prevent interference when in close proximity to an interrogator or other aircraft.

Note.— Mode S discretely addressed interrogations do not give rise to such interference and may be required for data link communications with aircraft on the airport surface. Acquisition squitter transmissions may be used for passive surveillance of aircraft on the airport surface.

3.1.2.10.3.10.3 Inhibition of squitter transmissions. It shall not be possible to inhibit extended squitter transmissions except as specified in 3.1.2.8.6 or acquisition squitter transmissions except as specified in 3.1.2.8.5 regardless of whether the aircraft is airborne or on the ground.

Note.— For additional information on squitter inhibition see the Manual of the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

3.1.2.10.4 Transponder antenna system and diversity operation. Mode S transponders equipped for diversity operation shall have two RF ports for operation with two antennas, one antenna on the top and the other on the bottom of the aircraft's fuselage. The received signal from one of the antennas shall be selected for acceptance and the reply shall be transmitted from the selected antenna only.

3-65

22/11/07

3.1.2.10.4.1 Radiation pattern. The radiation pattern of Mode S antennas when installed on an aircraft shall be nominally equivalent to that of a quarter-wave monopole on a ground plane.

Note.— Transponder antennas designed to increase gain at the expense of vertical beamwidth are undesirable because of their poor performance during turns.

3.1.2.10.4.2 Antenna location. The top and bottom antennas shall be mounted as near as possible to the centre line of the fuselage. Antennas shall be located so as to minimize obstruction to their fields in the horizontal plane.

3.1.2.10.4.2.1 Recommendation.—The horizontal distance between the top and bottom antennas should not be greater than 7.6 m (25 ft).

Note.— This recommendation is intended to support the operation of any diversity transponder (including cables) with any diversity antenna installation and still satisfy the requirement of 3.1.2.10.4.5.

3.1.2.10.4.3 Antenna selection. Mode S transponders equipped for diversity operation shall have the capability to evaluate a pulse sequence simultaneously received on both antenna channels to determine individually for each channel if the P_1 pulse and the P_2 pulse of a Mode S interrogation preamble meet the requirements for a Mode S interrogation as defined in 3.1.2.1 and if the P_1 pulse and the P_3 pulse of a Mode A, Mode C or intermode interrogation meet the requirements for Mode A and Mode C interrogations as defined in 3.1.1.

Note.— Transponders equipped for diversity operation may optionally have the capability to evaluate additional characteristics of the received pulses of the interrogations in making a diversity channel selection. The transponder may as an option evaluate a complete Mode S interrogation simultaneously received on both channels to determine individually for each channel if the interrogation meets the requirements for Mode S interrogation acceptance as defined in 3.1.2.4.1.2.3.

3.1.2.10.4.3.1 If the two channels simultaneously receive at least a $P_1 - P_2$ pulse pair that meets the requirements for a Mode S interrogation, or a $P_1 - P_3$ pulse pair that meets the requirements for a Mode A or Mode C interrogation, or if the two channels simultaneously accept a complete interrogation, the antenna at which the signal strength is greater shall be selected for the reception of the remainder (if any) of the interrogation and for the transmission of the reply.

3.1.2.10.4.3.2 If only one channel receives a pulse pair that meets the requirements for an interrogation, or if only one channel accepts an interrogation, the antenna associated with that channel shall be selected regardless of received signal strength.

3.1.2.10.4.3.3 Selection threshold. If antenna selection is based on signal level, it shall be carried out at all signal levels between MTL and -21 dBm.

Note.— Either antenna may be selected if the difference in signal level is less than 3 dB.

3.1.2.10.4.3.4 Received signal delay tolerance. If an interrogation is received at one antenna 0.125 microsecond or less in advance of reception at the other antenna, the interrogations shall be considered to be simultaneous interrogations, and the above antenna selection criteria applied. If an accepted interrogation is received at either antenna 0.375 microsecond or more in advance of reception at the other antenna, the antenna selected for the reply shall be that which received the earlier interrogation. If the relative time of receipt is between 0.125 and 0.375 microsecond, the transponder shall select the antenna for reply either on the basis of the simultaneous interrogation criteria or on the basis of the earlier time of arrival.

3.1.2.10.4.4 Diversity transmission channel isolation. The peak RF power transmitted from the selected antenna shall exceed the power transmitted from the non-selected antenna by at least 20 dB.

3.1.2.10.4.5 Reply delay of diversity transponders. The total two-way transmission difference in mean reply delay between the two antenna channels (including the differential delay caused by transponder-to-antenna cables and the horizontal distance along the aircraft centre line between the two antennas) shall not exceed 0.13 microsecond for interrogations of equal

3-66

22/11/07

amplitude. This requirement shall hold for interrogation signal strengths between MTL +3 dB and -21 dBm. The jitter requirements on each individual channel shall remain as specified for non-diversity transponders.

Note.— This requirement limits apparent jitter caused by antenna switching and by cable delay differences.

3.1.2.10.5 DATA PROCESSING AND INTERFACES

3.1.2.10.5.1 *Direct data.* Direct data shall be those which are required for the surveillance protocol of the Mode S system.

3.1.2.10.5.1.1 *Fixed direct data.* Fixed direct data are data from the aircraft which do not change in flight and shall be:

- a) the aircraft address (3.1.2.4.1.2.3.1.1 and 3.1.2.5.2.2.2);
- b) the maximum airspeed (3.1.2.8.2.2); and
- c) the registration marking if used for flight identification (3.1.2.9.1.1).

3.1.2.10.5.1.2 *Interfaces for fixed direct data*

Recommendation.— Interfaces from the transponder to the aircraft should be designed such that the values of the fixed direct data become a function of the aircraft installation rather than of the transponder configuration.

Note.— The intent of this recommendation is to encourage an interface technique which permits transponder exchange without manipulation of the transponder itself for setting the fixed direct data.

3.1.2.10.5.1.3 *Variable direct data.* Variable direct data are data from the aircraft which can change in flight and shall be:

- a) the Mode C altitude code (3.1.2.6.5.4);
- b) the Mode A identity code (3.1.2.6.7.1);
- c) the on-the-ground condition (3.1.2.5.2.2.1, 3.1.2.6.5.1 and 3.1.2.8.2.1);
- d) the aircraft identification if different from the registration marking (3.1.2.9.1.1); and
- e) the SPI condition (3.1.2.6.10.1.3).

3.1.2.10.5.1.4 *Interfaces for variable direct data.* A means shall be provided for the Mode A identity code, the SPI condition and, for transponders of Level 2 and above, the aircraft identification to be inserted by the pilot via a variable data interface.

Interfaces shall be included to accept the pressure-altitude and on-the-ground coding.

Note.— A specific interface design for the variable direct data is not prescribed.

3.1.2.10.5.2 Indirect data

Note.— Indirect data are those which pass through the transponder in either direction but which do not affect the surveillance function.

If origins and/or destinations of indirect data are not within the transponder's enclosure, interfaces shall be used for the necessary connections.

3.1.2.10.5.2.1 The function of interfaces

Note.— Indirect data interfaces for standard transactions serve interrogations which require a reply and the broadcast function. Indirect data interfaces for ELM serve that system and require buffering and protocol circuitry within the transponder. Interface ports can be separate for each direction and for each service or can be combined in any manner.

3.1.2.10.5.2.1.1 *Uplink standard length transaction interface.* The uplink standard length transaction interface shall transfer all bits of accepted interrogations, (with the possible exception of the AP field), except for UF = 0, 11 or 16.

Note.— AP can also be transferred to aid in integrity implementation.

3.1.2.10.5.2.1.2 *Downlink standard length transaction interface.* A transponder which transmits information originating in a peripheral device shall be able to receive bits or bit patterns for insertion at appropriate locations within the transmission. These locations shall not include those into which bit patterns generated internally by the transponder are inserted, nor the AP field of the reply.

A transponder which transmits information using the Comm-B format shall have immediate access to requested data in the sense that the transponder shall respond to an interrogation with data requested by that interrogation.

Note.— This requirement may be met in two ways:

- a) the transponder may have provisions for internal data and protocol buffering;
- b) the transponder may employ a "real time" interface which operates such that uplink data leave the transponder before the corresponding reply is generated and downlink data enter the transponder in time to be incorporated in the reply.

3.1.2.10.5.2.1.3 Extended length message interface

Note.— The ELM interface extracts from, and enters into, the transponder the data exchanged between air and ground by means of the ELM protocol (3.1.2.7).

3.1.2.10.5.2.2 Indirect data transaction rates

3.1.2.10.5.2.2.1 *Standard length transactions.* A transponder equipped for information transfer to and from external devices shall be capable of processing the data at least as many replies as prescribed for minimum reply rates in 3.1.2.10.3.7.2 and uplink data from interrogations being delivered at a rate of at least:

- 50 long interrogations in any 1-second interval
- 18 long interrogations in a 100-millisecond interval
- 8 long interrogations in a 25-millisecond interval
- 4 long interrogations in a 1.6-millisecond interval.

Note 1.— A transponder capable of reply rates higher than the minimum of 3.1.2.10.3.7.2 need not accept long interrogations after reaching the uplink data processing limits above.

Note 2.— The Mode S reply is the sole means of acknowledging receipt of the data content of a Mode S interrogation. Thus, if the transponder is capable of replying to an interrogation, the Mode S installation must be capable of accepting the data contained in that interrogation regardless of the timing between it and other accepted interrogations. Overlapping Mode S beams from several interrogators could lead to the requirement for considerable data processing and buffering. The minimum described here reduces data processing to a realistic level and the non-acceptance provision provides for notification to the interrogator that data will temporarily not be accepted.

3.1.2.10.5.2.2.2 *Extended length transactions.* Level 3 (2.1.5.1.3) and level 4 (2.1.5.1.4) transponders shall be able to transfer data from at least four complete sixteen segment uplink ELMs (3.1.2.7.4) in any four second interval. A level 5 transponder (2.1.5.1.5) shall be able to transfer the data from at least four complete sixteen segment uplink ELMs in any one second interval and shall be capable of accepting at least two complete sixteen segment uplink ELMs with the same II code in a 250 millisecond interval. A level 4 transponder shall be able to transmit at least one four-segment downlink ELM (3.1.2.7.7 and 3.1.2.10.3.7.3) in any one second interval. A level 5 transponder shall be able to transmit at least one sixteen segment downlink ELM in any one second interval.

3.1.2.10.5.2.2.1 **Recommendation.**— *Level 3 and level 4 transponders should be able to accept at least two complete sixteen segment uplink ELMs in a 250 millisecond interval.*

3.1.2.10.5.2.3 *Data formats for standard length transactions and required downlink aircraft parameters (DAPs)*

3.1.2.10.5.2.3.1 All level 2 and above transponders shall support the following registers:

- the capability reports (3.1.2.6.10.2);
- the aircraft identification protocol register 20 {HEX} (3.1.2.9); and
- for ACAS-equipped aircraft, the active resolution advisory register 30 {HEX} (4.3.8.4.2.2).

3.1.2.10.5.2.3.2 Where required, DAPs shall be supported by the registers listed in Table 3-11. The formats and minimum update rates of transponder registers shall be implemented consistently to ensure interoperability.

3.1.2.10.5.2.3.3 The downlink standard length transaction interface shall deliver downlink aircraft parameters (DAPs) to the transponder which makes them available to the ground. Each DAP shall be packed into the Comm-B format ('MIB' field) and can be extracted using either the ground-initiated Comm-B (GICB) protocol, or using MSP downlink channel 3 via the dataflash application.

Note.— *The formats and update rates of each register and the dataflash application are specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).*

3.1.2.10.5.3 *Integrity of data content transfer.* A transponder which employs data interfaces shall include sufficient protection to ensure error rates of less than one error in 10^8 messages and less than one undetected error in 10^7 112-bit transmissions in both directions between the antenna and each interface port.

3.1.2.10.5.4 *Message cancellation.* The downlink standard length transaction interface and the extended length message interface shall include the capability to cancel a message sent to the transponder for delivery to the ground, but whose delivery cycle has not been completed (i.e. a closeout has not been accomplished by a ground interrogator).

Note.— *One example of the need for this capability is to cancel a message if delivery is attempted when the aircraft is not within coverage of a Mode S ground station. The message must then be cancelled to prevent it from being read and interpreted as a current message when the aircraft re-enters Mode S airspace.*

3.1.2.10.5.5 *Air-directed messages.* The transfer of this type of message requires all of the actions indicated in 3.1.2.10.5.4 plus the transfer to the transponder of the interrogator identifier of the site that is to receive the message.

3.1.2.11 ESSENTIAL SYSTEM CHARACTERISTICS OF THE GROUND INTERROGATOR

Note.— *To ensure that Mode S interrogator action is not detrimental to Mode A/C interrogators, performance limits exist for Mode S interrogators.*

3.1.2.11.1 *Interrogation repetition rates.* Mode S interrogators shall use the lowest practicable interrogation repetition rates for all interrogation modes.

Note.— *Accurate azimuth data at low interrogation rates can be obtained with monopulse techniques.*

3.1.2.11.1.1 *All-call interrogation repetition rate.* The interrogation repetition rate for the Mode A/C/S all-call, used for acquisition, shall be less than 250 per second. This rate shall also apply to the paired Mode S-only and Mode A/C-only all-call interrogations used for acquisition in the multistate mode.

3.1.2.11.1.2 *Interrogation repetition rate to a single aircraft*

3.1.2.11.1.2.1 *Interrogations requiring a reply.* Mode S interrogations requiring a reply shall not be transmitted to a single aircraft at intervals shorter than 400 microseconds.

3.1.2.11.1.2.2 *Uplink ELM interrogations.* The minimum time between the beginning of successive Comm-C interrogations shall be 50 microseconds.

3.1.2.11.1.3 *Transmission rate for selective interrogations*

3.1.2.11.1.3.1 For all Mode S interrogators, the transmission rate for selective interrogations shall be:

- a) less than 2 400 per second averaged over a 40-millisecond interval; and
- b) less than 480 into any 3-degree sector averaged over a 1-second interval.

3.1.2.11.1.3.2 Additionally, for a Mode S interrogator that has overlapping coverage with the sidelobes of any other Mode S interrogator, the transmission rate for selective interrogations shall be:

- a) less than 1 200 per second averaged over a 4-second interval; and
- b) less than 1 800 per second averaged over a 1-second interval.

Note.— *Typical minimum distance to ensure sidelobe separation between interrogators is 35 km.*

3.1.2.11.2 *INTERROGATOR-EFFECTIVE RADIATED POWER*

Recommendation.— *The effective radiated power of all interrogation pulses should be minimized as described in 3.1.1.8.2.*

3.1.2.11.3 *Inactive-state interrogator output power.* When the interrogator transmitter is not transmitting an interrogation, its output shall not exceed -5 dBm effective radiated power at any frequency between 960 MHz and 1 215 MHz.

Note.— *This constraint ensures that aircraft flying near the interrogator (as close as 1.85 km (1 NM)) will not receive interference that would prevent them from being tracked by another interrogator. In certain instances even smaller interrogator-to-aircraft distances are of significance, for example if Mode S surveillance on the airport surface is used. In such cases a further restraint on inactive state interrogator output power may be necessary.*

3.1.2.11.3.1 *Spurious emission radiation*

Recommendation.— *CW radiation should not exceed 76 dB below 1 watt.*

3.1.2.11.4 *Tolerances on transmitted signals.* In order that the signal-in-space be received by the transponder as described in 3.1.2.1, the tolerances on the transmitted signal shall be as summarized in Table 3-12.

3.1.2.11.5 *SPURIOUS RESPONSE*

Recommendation.— *The response to signals not within the passband should be at least 60 dB below normal sensitivity.*
 3.1.2.11.6 *Lockout coordination.* A Mode S interrogator shall not be operated using all-call lockout until coordination has been achieved with all other operating Mode S interrogators having any overlapping coverage volume in order to ensure that no interrogator can be denied the acquisition of Mode S-equipped aircraft.

Note.— *This coordination may be via ground network or by the allocation of interrogator identifier (II) codes and will involve regional agreements where coverage overlaps international boundaries.*

3.1.2.11.7 *MOBILE INTERROGATORS*

Recommendation.— *Mobile interrogators should acquire, whenever possible, Mode S aircraft through the reception of squitters.*

Note.— *Passive squitter acquisition reduces channel loading and can be accomplished without the need for coordination.*

TABLES FOR CHAPTER 3

Table 3-1. Pulse shapes — Mode S and intermode interrogations

Pulse	Duration	Duration tolerance	(Rise time)		(Decay time)	
			Min.	Max.	Min.	Max.
P_1, P_3, P_5	0.8	±0.1	0.05	0.1	0.05	0.2
P_4 (short)	0.8	±0.1	0.05	0.1	0.05	0.2
P_4 (long)	1.6	±0.1	0.05	0.1	0.05	0.2
P_6 (short)	16.25	±0.25	0.05	0.1	0.05	0.2
P_6 (long)	30.25	±0.25	0.05	0.1	0.05	0.2

Table 3-2. Pulse shapes — Mode S replies

Pulse duration	Duration tolerance	(Rise time)		(Decay time)	
		Min.	Max.	Min.	Max.
0.5	±0.05	0.05	0.1	0.05	0.2
1.0	±0.05	0.05	0.1	0.05	0.2

Table 3-3. Field definitions

Designator	Field Function	Format		Reference
		UF	DF	
AA	Address announced		11, 17, 18	3.1.2.5.2.2.2
AC	Altitude code		4, 20	3.1.2.6.5.4
AF	Application field		19	3.1.2.8.8.2
AP	Address/parity	All	0, 4, 5, 16, 20, 21, 24	3.1.2.3.2.1.3
AQ	Acquisition	0		3.1.2.8.1.1
CA	Capability		11, 17	3.1.2.5.2.2.1
CC	Cross-link capability		0	3.1.2.8.2.3
CF	Control field		18	3.1.2.8.7.2
CL	Code label	11		3.1.2.5.2.1.3
DF	Downlink format		All	3.1.2.3.2.1.2
DI	Designator identification	4, 5, 20, 21		3.1.2.6.1.3
DR	Downlink request		4, 5, 20, 21	3.1.2.6.5.2
DS	Data selector	0		3.1.2.8.1.3
FS	Flight status		4, 5, 20, 21	3.1.2.6.5.1
IC	Interrogator code	11		3.1.2.5.2.1.2
ID	Identity		5, 21	3.1.2.6.7.1

Designator	Field	Format		Reference
		UF	DF	
KE	Control, ELM	20, 21	24	3.1.2.7.3.1
MA	Message, Comm-A	20, 21		3.1.2.6.2.1
MB	Message, Comm-B	24		3.1.2.6.6.1
MC	Message, Comm-C	24		3.1.2.7.1.3
MD	Message, Comm-D	17, 18		3.1.2.7.3.3
ME	Message, extended squitter	16		3.1.2.8.6.2
MU	Message, ACAS			4.3.8.4.2.3
MV	Message, ACAS			3.1.2.8.3.1, 4.3.8.4.2.4
NC	Number of C-segment	24		3.1.2.7.1.2
ND	Number of D-segment	4, 5, 20, 21		3.1.2.7.3.2
PC	Protocol			3.1.2.6.1.1
PI	Parity/interrogator identifier		11, 17, 18	3.1.2.3.2.1.4
PR	Probability of reply	11		3.1.2.5.2.1.1
RC	Reply control	24		3.1.2.7.1.1
RI	Reply information	0		3.1.2.8.2.2
RL	Reply length	4, 5, 20, 21		3.1.2.8.1.2
RR	Reply request	4, 5, 20, 21		3.1.2.6.1.2
SD	Special designator	4, 5, 20, 21		3.1.2.6.1.4
UF	Uplink format	All		3.1.2.3.2.1.1
UM	Utility message		4, 5, 20, 21	3.1.2.6.5.3
VS	Vertical status		0	3.1.2.8.2.1

Table 3-4. Subfield definitions

Designator	Subfield		Reference
	Function	Field	
ACS	Altitude code subfield	ME	3.1.2.8.6.3.1.2
AIS	Aircraft identification subfield	MB	3.1.2.9.1.1
ATS	Altitude type subfield	MB	3.1.2.8.6.8.2
BDS 1	Comm-B data selector subfield 1	MB	3.1.2.6.1.1.2.1
BDS 2	Comm-B data selector subfield 2	MB	3.1.2.6.1.1.2.1
IDS	Identifier designator subfield	UM	3.1.2.6.5.3.1
IIS	Interrogator identifier subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 a)
LOS	Lockout subfield	UM	3.1.2.6.5.3.1
LSS	Lockout surveillance subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 d)
MBS	Multisite Comm-B subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 g)
MES	Multisite ELM subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 e)

Designator	Subfield		Reference
	Function	Field	
RCS	Rate control subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 f)
RRS	Reply request subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 e) and g)
RSS	Reservation status subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 c)
SAS	Surface antenna subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 f)
SCS	Squitter capability subfield	MB	3.1.2.6.10.2.2.1
SIC	Surveillance identifier capability	MB	3.1.2.6.10.2.2.1
SIS	Surveillance identifier subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 g)
SRS	Segment request subfield	MC	3.1.2.7.7.2.1
SSS	Surveillance status subfield	ME	3.1.2.8.6.3.1.1
TAS	Transmission acknowledgement subfield	MD	3.1.2.7.4.2.6
TCS	Type control subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 f)
TMS	Tactical message subfield	SD	3.1.2.6.1.4.1 d)
TRS	Transmission rate subfield	MB	3.1.2.8.6.8.1

Table 3-5. Interrogation — reply protocol summary

Interrogation UF	Special conditions		Reply DF
	UF	DF	
0	RL (3.1.2.8.1.2) equals 0		0
	RL (3.1.2.8.1.2) equals 1		16
4	RR (3.1.2.6.1.2) less than 16		4
	RR (3.1.2.6.1.2) equal to or greater than 16		20
5	RR (3.1.2.6.1.2) less than 16		5
	RR (3.1.2.6.1.2) equal to or greater than 16		21
11	Transponder locked out to interrogator code, IC (3.1.2.5.2.1.2)		No reply
	Stochastic reply test fails (3.1.2.5.4)		No reply
	Otherwise		11
20	RR (3.1.2.6.1.2) less than 16		4
	RR (3.1.2.6.1.2) equal to or greater than 16		20
	AP contains broadcast address (3.1.2.4.1.2.3.1.3)		No reply
21	RR (3.1.2.6.1.2) less than 16		5
	RR (3.1.2.6.1.2) equal to or greater than 16		21
	AP contains broadcast address (3.1.2.4.1.2.3.1.3)		No reply
24	RC (3.1.2.7.1.1) equals 0 or 1		No reply
	RC (3.1.2.7.1.1) equals 2 or 3		24

Table 3-5. Table for register 10₁₆

Subfields of register 10 ₁₆	MB bits	Comm-B bits
Continuation flag	9	41
ACAS capability	16 and 37-40	48 and 69-72
Mode S subnetwork version number	17-23	49-55
Transponder enhanced protocol indicator	24	56
Specific services capability	25	57
Uplink ELM capability	26-28	58-60
Downlink ELM capability	29-32	61-64
Aircraft identification capability	33	65
Squitter capability subfield (SCS)	34	66
Surveillance identifier code capability (SIC)	35	67
Common usage GICB capability report	36	68
Status of DTE sub-addresses 0 to 15	41-56	73-88

Table 3-7. Validation of on-the-ground status

AV category	Determination of airborne status		Radio altitude
	Ground speed	Airspeed	
No information	No change to on-the-ground status		
Weight < 15 500 lbs (7 031 kg)	No change to on-the-ground status		
Weight ≥ 15 500 lbs (7 031 kg)	>100 knots or >100 knots	>100 knots or >100 knots	>50 feet or >50 feet
High performance (>5 g acceleration and >400 knots)	>100 knots or >100 knots	>100 knots or >100 knots	>50 feet or >50 feet
Rotorcraft	No change to on-the-ground status		

Table 3-A. Surface format broadcast without an automatic means of on-the-ground determination

ADS-B Emitter Category set "A"			
Coding	Meaning	Ground Speed	Radio Altitude
0	No ADS-B emitter category information	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)	
1	Light (<15 500 lbs or 7 031 kg)	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)	
2	Small (15 500 to 75 000 lbs or 7 031 to 34 019 kg)	< 100 knots and < 100 knots	< 50 feet and < 50 feet
3	Large (75 000 lbs to 300 000 lbs or 34 019 to 136 078 kg)	< 100 knots and < 100 knots	< 50 feet and < 50 feet

4	High-vortex aircraft	<100 knots and <100 knots	<50 feet and <50 feet
5	Heavy (> 300 000 lbs or 136 078 kg)	<100 knots and <100 knots	<50 feet and <50 feet
6	High performance (>5g acceleration and >400 knots)	<100 knots and <100 knots	<50 feet and <50 feet
7	Rotorcraft	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)	

ADS-B Emitter Category Set "B"

Coding	Meaning	Ground Speed	Airspeed	Radio Altitude
0	No ADS-B emitter category information	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
1	Glider/sailplane	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
2	Lighter-than-air	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
3	Parachutist/skydiver	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
4	Ultra-light hang glider/paraglider	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
5	Reserved	Reserved		
6	Unmanned aerial vehicle	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
7	Space/trans-atmospheric vehicle	<100 knots and <100 knots	<100 knots and <100 knots	<50 feet and <50 feet

ADS-B Emitter Category Set "C"

Coding	Meaning	Ground Speed	Airspeed	Radio Altitude
0	No ADS-B emitter category information	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
1	Surface vehicle – emergency vehicle	Always report surface position message (3.1.2.8.6.3.2)		
2	Surface vehicle - service vehicle	Always report surface position message (3.1.2.8.6.3.2)		
3	Fixed ground or tethered obstruction	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
4 – 7	Reserved	Reserved		

ADS-B Emitter Category Set "D"

Coding	Meaning	Ground Speed	Airspeed	Radio Altitude
0	No ADS-B emitter category information	Always report airborne position message (3.1.2.8.6.3.1)		
1 – 7	Reserved	Reserved		

Table 3-9. Character coding for transmission of aircraft identification by data link
(subset of IA-5 — see 3.1.2.9.1.2)

	b ₆		b ₅		b ₄		b ₃		b ₂		b ₁		
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	A	Q	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	B	R	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	C	S	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	D	T	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	E	U	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	F	V	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	G	W	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	H	X	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	I	Y	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	J	Z	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	K		0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	L		0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	M		0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	N		0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	O		0	0	0	0	0	0	0

Table 3-10. Timer characteristics

Timer	Name	Number	Reference	Symbol	Duration		Tolerance	Resetable
					s	s		
Non-selective lock-out		1	3.1.2.6.9.2	T _D	18	±1	no	
Temporary alert		1	3.1.2.6.10.1.1.2	T _C	18	±1	no	
SPI		1	3.1.2.6.10.1.3	T _I	18	±1	no	
Reservations B, C, D		3*	3.1.2.6.11.3.1	T _R	18	±1	yes	
Multisite lockout		78	3.1.2.6.9.1	T _L	18	±1	no	

* As required

Table 3-11. DAPs registers

Register	Name	Data content	Bits
40 (HEX)	Selected vertical intention	MCP/FCU selected altitude	1-13
		FMS selected altitude	14-26
		Barometric pressure setting minus 800 mb	27-39
		MCP/FCU mode bits	48-51
		Target altitude source bits	54-56
50 (HEX)	Track and turn report	Roll angle	1-11
		True track angle	12-23
		Ground speed	24-34
		Track angle rate	35-45
		True airspeed	46-56
		Magnetic heading	1-12
		Indicated airspeed	13-23
60 (HEX)	Heading and speed report	Mach	24-34
		Barometric altitude rate	35-45
		Inertial vertical velocity	46-56

Table 3-12. Transmitted signal tolerances

Reference	Function	Tolerance
3.1.2.1.4.1	Pulse duration P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 Pulse duration P_6	± 0.09 microsecond ± 0.20 microsecond
3.1.1.4	Pulse duration $P_1 - P_3$ Pulse duration $P_1 - P_2$	± 0.18 microsecond ± 0.10 microsecond
3.1.2.1.5.1.3	Pulse duration $P_3 - P_4$	± 0.04 microsecond
3.1.2.1.5.2.4	Pulse duration $P_1 - P_2$ Pulse duration P_2 — sync phase reversal Pulse duration P_6 — sync phase reversal Pulse duration P_5 — sync phase reversal	± 0.04 microsecond ± 0.04 microsecond ± 0.04 microsecond ± 0.05 microsecond
3.1.1.5	Pulse amplitude P_3	$P_1 \pm 0.5$ dB
3.1.2.1.5.1.4	Pulse amplitude P_4	$P_3 \pm 0.5$ dB
3.1.2.1.5.2.5	Pulse amplitude P_6	Equal to or greater than $P_2 - 0.25$ dB
3.1.2.1.4.1	Pulse rise times	0.05 microsecond minimum, 0.1 microsecond maximum
3.1.2.1.4.1	Pulse decay times	0.05 microsecond minimum, 0.2 microsecond maximum

FIGURES FOR CHAPTER 3

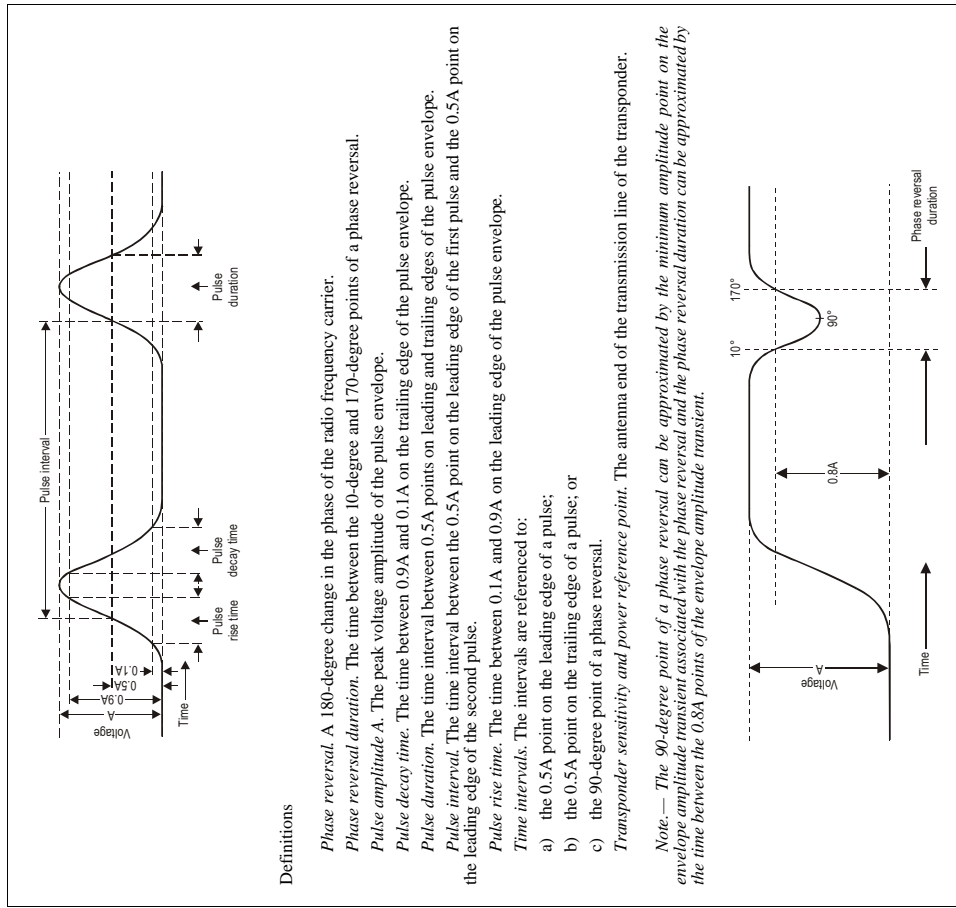


Figure 3-1. Definitions of secondary surveillance radar waveform shapes, intervals and the reference point for sensitivity and power

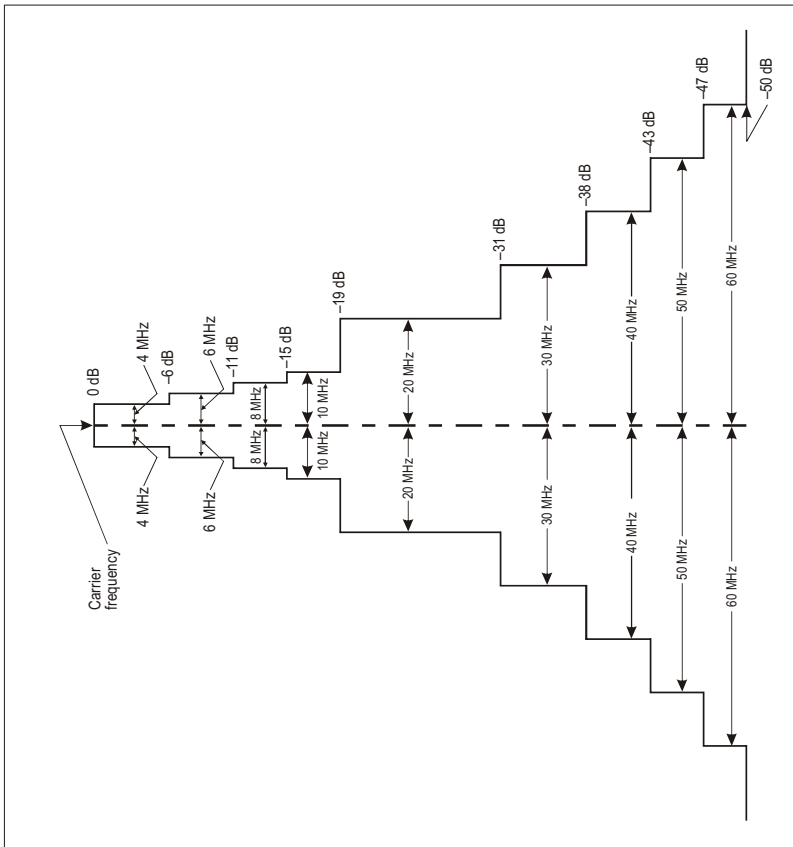


Figure 3-2. Required spectrum limits for interrogator transmitter

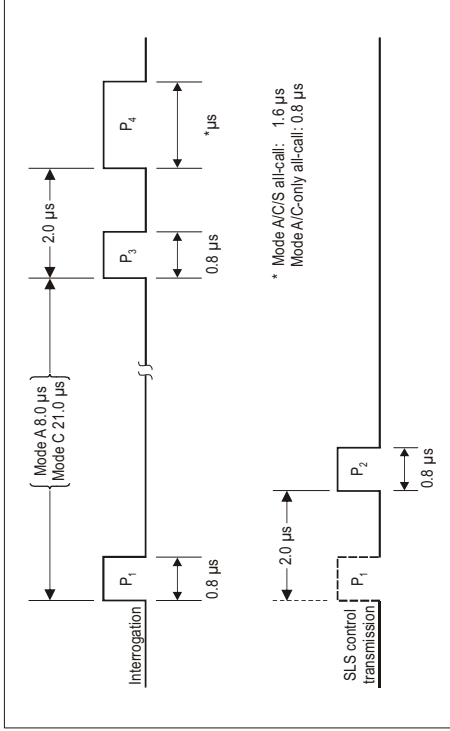


Figure 3-3. Intermode interrogation pulse sequence

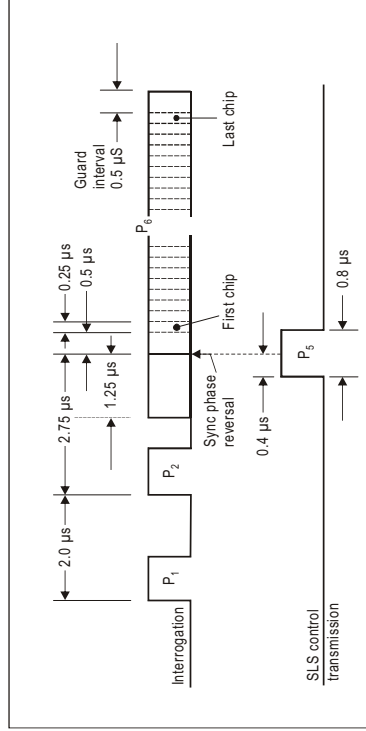


Figure 3-4. Mode S interrogation pulse sequence

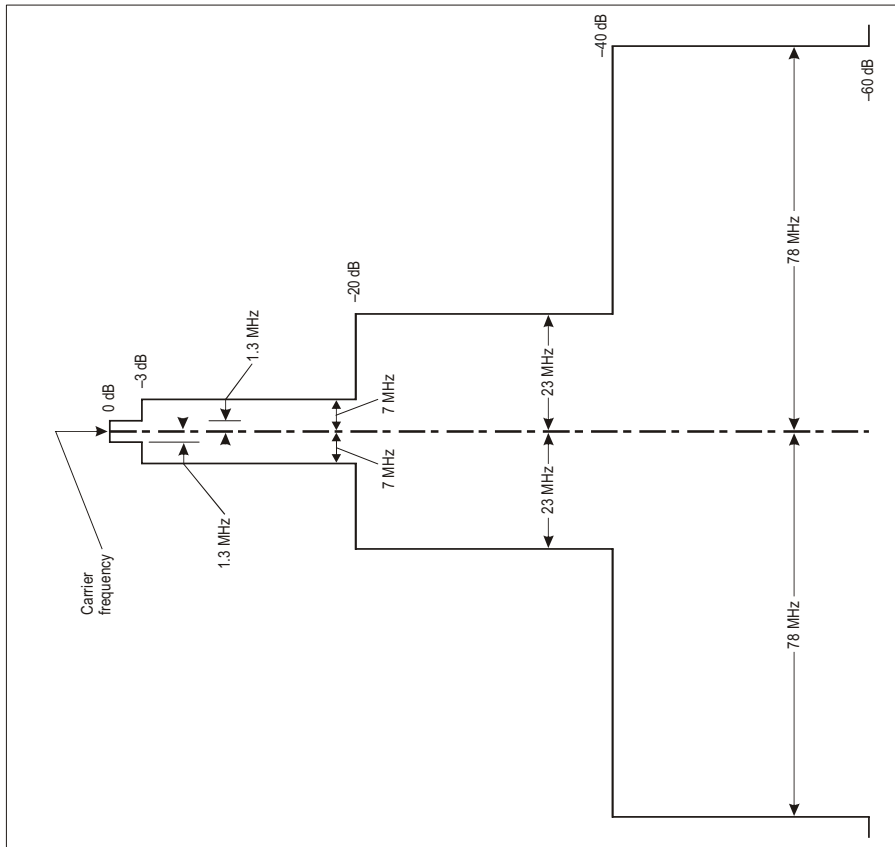


Figure 3-5. Required spectrum limits for transponder transmitter

Note.— This figure shows the spectrum centred on the carrier frequency and will therefore shift in its entirety plus or minus 1 MHz along with the carrier frequency.

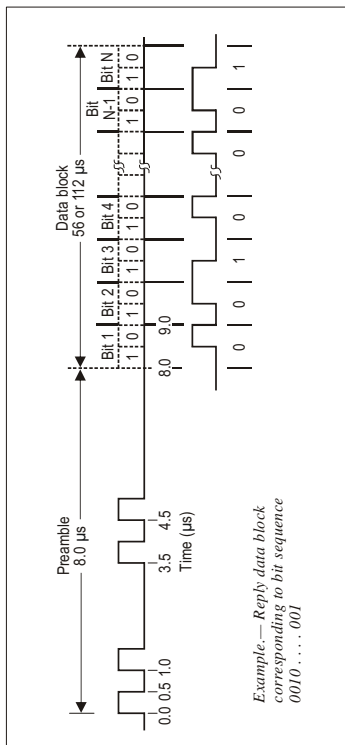


Figure 3-6. Mode S reply

Format No.	UF	3	4	16	AP:24	Short air-air surveillance (ACAS)
0	00000	RL:1	AO:1	AP:24	AP:24	Short air-air surveillance (ACAS)
1	00001	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
2	00010	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
3	00011	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
4	00100	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	Surveillance, altitude request
5	00101	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	Surveillance, identify request
6	00110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
7	00111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
8	01000	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
9	01001	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
10	01010	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
11	01011	PR:4	IC:4	CL:3	16	Mode S only air-call
12	01100	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
13	01101	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
14	01110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
15	01111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
16	10000	3	RL:1	AO:1	MU:56	Long air-air surveillance (ACAS)
17	10001	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
18	10010	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
19	10011	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved for military use
20	10100	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	Comm-A, altitude request
21	10101	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	Comm-A, identify request
22	10110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved for military use
23	10111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
24	11	RC:2	NC:4	MC:80	AP:24	Comm-C (ELM)

NOTES:

1. **XX:M** denotes a field designated "XX" which is assigned M bits.
2. denotes unassigned coding space with N available bits. These shall be coded as ZEROS for transmission.
3. For uplink formats (UF) 0 to 23 the format number corresponds to the binary code in the first five bits of the interrogation. Format number 24 is defined as the format beginning with "11" in the first two bit positions while the following three bits vary with the interrogation content.
4. All formats are shown for completeness, although a number of them are unused. Those formats for which no application is presently defined remain undefined in length. Depending on future assignment they may be short (36 bits) or long (112 bits) formats. Specific formats associated with Mode S capability levels are described in later paragraphs.
5. The PC, RR, DI and SD fields do not apply to a Comm-A broadcast interrogation.

Figure 3-7. Summary of Mode S interrogation or uplink formats

Format No.	DF	7	2	AC:13	AP:24	Short air-air surveillance (ACAS)
0	00000	VS:1	RI:4	AC:13	AP:24	Short air-air surveillance (ACAS)
1	00001	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
2	00010	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
3	00011	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
4	00100	FS:3	DR:5	UM:6	AC:13	Surveillance, altitude reply
5	00101	FS:3	DR:5	UM:6	ID:13	Surveillance, identify reply
6	00110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
7	00111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
8	01000	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
9	01001	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
10	01010	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
11	01011	CA:3	AA:24	AA:24	PI:24	Air-call reply
12	01100	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
13	01101	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
14	01110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
15	01111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
16	10000	VS:1	RI:4	AC:13	MU:56	Long air-air surveillance (ACAS)
17	10001	CA:3	AA:24	ME:56	PI:24	Extended squitter
18	10010	CF:3	AA:24	ME:56	PI:24	Extended squitter/non transponder
19	10011	AF:3	104	104	104	Military extended squitter
20	10100	FS:3	DR:5	UM:6	AC:13	Comm-B, altitude reply
21	10101	FS:3	DR:5	UM:6	ID:13	Comm-B, identify reply
22	10110	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved for military use
23	10111	27 or 83	AP:24	AP:24	AP:24	Reserved
24	11	KE:1	ND:4	MD:80	AP:24	Comm-D (ELM)

NOTES:

1. **XX:M** denotes a field designated "XX" which is assigned M bits.
2. denotes unassigned coding space with N available bits. These shall be coded as ZEROS for transmission.
3. For downlink formats (DF) 0 to 23 the format number corresponds to the binary code in the first five bits of the reply. Format number 24 is defined as the format beginning with "11" in the first two bit positions while the following three bits may vary with the reply content.
4. All formats are shown for completeness, although a number of them are unused. Those formats for which no application is presently defined remain undefined in length. Depending on future assignment they may be short (56 bits) or long (112 bits) formats. Specific formats associated with Mode S capability levels are described in later paragraphs.

Figure 3-8. Summary of Mode S reply or downlink formats

APPENDIX TO CHAPTER 3

SSR automatic pressure-altitude transmission code
(pulse position assignment)

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₁	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	
Increments (Feet)												
-1 000 to -950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
-950 to -850	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
-850 to -750	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
-750 to -650	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
-650 to -550	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
-550 to -450	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
-450 to -350	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
-350 to -250	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
-250 to -150	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
-150 to -50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
-50 to 50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
50 to 150	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
150 to 250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
250 to 350	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
350 to 450	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
450 to 550	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
550 to 650	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
650 to 750	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
750 to 850	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
850 to 950	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
950 to 1 050	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
1 050 to 1 150	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
1 150 to 1 250	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
1 250 to 1 350	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1 350 to 1 450	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
1 450 to 1 550	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
1 550 to 1 650	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
1 650 to 1 750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1 750 to 1 850	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1 850 to 1 950	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
1 950 to 2 050	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
2 050 to 2 150	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
2 150 to 2 250	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
2 250 to 2 350	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
2 350 to 2 450	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
2 450 to 2 550	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
2 550 to 2 650	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
2 650 to 2 750	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₁	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂	C ₃	
Increments (Feet)												
2 750 to 2 850	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
2 850 to 2 950	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
2 950 to 3 050	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
3 050 to 3 150	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
3 150 to 3 250	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
3 250 to 3 350	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
3 350 to 3 450	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
3 450 to 3 550	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
3 550 to 3 650	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
3 650 to 3 750	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
3 750 to 3 850	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
3 850 to 3 950	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
3 950 to 4 050	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
4 050 to 4 150	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
4 150 to 4 250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
4 250 to 4 350	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
4 350 to 4 450	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
4 450 to 4 550	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
4 550 to 4 650	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
4 650 to 4 750	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
4 750 to 4 850	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
4 850 to 4 950	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
4 950 to 5 050	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
5 050 to 5 150	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
5 150 to 5 250	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
5 250 to 5 350	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
5 350 to 5 450	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
5 450 to 5 550	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
5 550 to 5 650	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
5 650 to 5 750	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
5 750 to 5 850	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
5 850 to 5 950	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
5 950 to 6 050	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
6 050 to 6 150	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
6 150 to 6 250	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
6 250 to 6 350	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
6 350 to 6 450	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
6 450 to 6 550	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
6 550 to 6 650	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
6 650 to 6 750	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6 750 to 6 850	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
6 850 to 6 950	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
6 950 to 7 050	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
7 050 to 7 150	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
7 150 to 7 250	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄		
Increments (Feet)													
7 250 to 7 350	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0		
7 350 to 7 450	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0		
7 450 to 7 550	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0		
7 550 to 7 650	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1		
7 650 to 7 750	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1		
7 750 to 7 850	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1		
7 850 to 7 950	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1		
7 950 to 8 050	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0		
8 050 to 8 150	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0		
8 150 to 8 250	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0		
8 250 to 8 350	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0		
8 350 to 8 450	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0		
8 450 to 8 550	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0		
8 550 to 8 650	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1		
8 650 to 8 750	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1		
8 750 to 8 850	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1		
8 850 to 8 950	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1		
8 950 to 9 050	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0		
9 050 to 9 150	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0		
9 150 to 9 250	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0		
9 250 to 9 350	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0		
9 350 to 9 450	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0		
9 450 to 9 550	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0		
9 550 to 9 650	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1		
9 650 to 9 750	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1		
9 750 to 9 850	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1		
9 850 to 9 950	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1		
9 950 to 10 050	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0		
10 050 to 10 150	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0		
10 150 to 10 250	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0		
10 250 to 10 350	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0		
10 350 to 10 450	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0		
10 450 to 10 550	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0		
10 550 to 10 650	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1		
10 650 to 10 750	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1		
10 750 to 10 850	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1		
10 850 to 10 950	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1		
10 950 to 11 050	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0		
11 050 to 11 150	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0		
11 150 to 11 250	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0		
11 250 to 11 350	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0		
11 350 to 11 450	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0		
11 450 to 11 550	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0		
11 550 to 11 650	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1		
11 650 to 11 750	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1		

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄		
Increments (Feet)													
11 750 to 11 850	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1		
11 850 to 11 950	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1		
11 950 to 12 050	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0		
12 050 to 12 150	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0		
12 150 to 12 250	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0		
12 250 to 12 350	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0		
12 350 to 12 450	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0		
12 450 to 12 550	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0		
12 550 to 12 650	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1		
12 650 to 12 750	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1		
12 750 to 12 850	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1		
12 850 to 12 950	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1		
12 950 to 13 050	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0		
13 050 to 13 150	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0		
13 150 to 13 250	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0		
13 250 to 13 350	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0		
13 350 to 13 450	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0		
13 450 to 13 550	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0		
13 550 to 13 650	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1		
13 650 to 13 750	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1		
13 750 to 13 850	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1		
13 850 to 13 950	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1		
13 950 to 14 050	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0		
14 050 to 14 150	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0		
14 150 to 14 250	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
14 250 to 14 350	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0		
14 350 to 14 450	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0		
14 450 to 14 550	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0		
14 550 to 14 650	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1		
14 650 to 14 750	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1		
14 750 to 14 850	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1		
14 850 to 14 950	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1		
14 950 to 15 050	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0		
15 050 to 15 150	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0		
15 150 to 15 250	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0		
15 250 to 15 350	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0		
15 350 to 15 450	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0		
15 450 to 15 550	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0		
15 550 to 15 650	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1		
15 650 to 15 750	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1		
15 750 to 15 850	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1		
15 850 to 15 950	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1		
15 950 to 16 050	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0		
16 050 to 16 150	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0		
16 150 to 16 250	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0		

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	Increments (Feet)		D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
16 250 to 16 350	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
16 350 to 16 450	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
16 450 to 16 550	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
16 550 to 16 650	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
16 650 to 16 750	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
16 750 to 16 850	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
16 850 to 16 950	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
16 950 to 17 050	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
17 050 to 17 150	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
17 150 to 17 250	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
17 250 to 17 350	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
17 350 to 17 450	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
17 450 to 17 550	100	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
17 550 to 17 650	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
17 650 to 17 750	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	
17 750 to 17 850	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
17 850 to 17 950	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
17 950 to 18 050	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
18 050 to 18 150	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
18 150 to 18 250	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
18 250 to 18 350	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
18 350 to 18 450	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
18 450 to 18 550	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
18 550 to 18 650	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
18 650 to 18 750	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
18 750 to 18 850	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
18 850 to 18 950	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	
18 950 to 19 050	100	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	
19 050 to 19 150	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
19 150 to 19 250	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
19 250 to 19 350	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
19 350 to 19 450	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
19 450 to 19 550	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
19 550 to 19 650	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
19 650 to 19 750	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	
19 750 to 19 850	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
19 850 to 19 950	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	
19 950 to 20 050	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
20 050 to 20 150	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
20 150 to 20 250	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
20 250 to 20 350	100	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
20 350 to 20 450	100	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	
20 450 to 20 550	100	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
20 550 to 20 650	100	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
20 650 to 20 750	100	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	Increments (Feet)		D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
20 750 to 20 850	100	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	
20 850 to 20 950	100	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	
20 950 to 21 050	100	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
21 050 to 21 150	100	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
21 150 to 21 250	100	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	
21 250 to 21 350	100	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
21 350 to 21 450	100	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	
21 450 to 21 550	100	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
21 550 to 21 650	100	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	
21 650 to 21 750	100	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	
21 750 to 21 850	100	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	
21 850 to 21 950	100	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	
21 950 to 22 050	100	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	
22 050 to 22 150	100	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
22 150 to 22 250	100	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	
22 250 to 22 350	100	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	
22 350 to 22 450	100	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	
22 450 to 22 550	100	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	
22 550 to 22 650	100	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	
22 650 to 22 750	100	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
22 750 to 22 850	100	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
22 850 to 22 950	100	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
22 950 to 23 050	100	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
23 050 to 23 150	100	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
23 150 to 23 250	100	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
23 250 to 23 350	100	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	
23 350 to 23 450	100	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	
23 450 to 23 550	100	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
23 550 to 23 650	100	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	
23 650 to 23 750	100	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
23 750 to 23 850	100	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
23 850 to 23 950	100	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
23 950 to 24 050	100	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	
24 050 to 24 150	100	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	
24 150 to 24 250	100	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	
24 250 to 24 350	100	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	
24 350 to 24 450	100	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	
24 450 to 24 550	100	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
24 550 to 24 650	100	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	
24 650 to 24 750	100	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	
24 750 to 24 850	100	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	
24 850 to 24 950	100	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	
24 950 to 25 050	100	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	
25 050 to 25 150	100	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	
25 150 to 25 250	100	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)													
	Increments (Feet)													
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
25 250 to 25 350	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
25 350 to 25 450	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
25 450 to 25 550	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
25 550 to 25 650	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
25 650 to 25 750	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
25 750 to 25 850	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
25 850 to 25 950	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
25 950 to 26 050	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
26 050 to 26 150	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
26 150 to 26 250	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
26 250 to 26 350	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
26 350 to 26 450	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
26 450 to 26 550	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
26 550 to 26 650	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
26 650 to 26 750	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
26 750 to 26 850	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
26 850 to 26 950	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
26 950 to 27 050	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
27 050 to 27 150	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
27 150 to 27 250	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
27 250 to 27 350	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1
27 350 to 27 450	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
27 450 to 27 550	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
27 550 to 27 650	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
27 650 to 27 750	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
27 750 to 27 850	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
27 850 to 27 950	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
27 950 to 28 050	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
28 050 to 28 150	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
28 150 to 28 250	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
28 250 to 28 350	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
28 350 to 28 450	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
28 450 to 28 550	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
28 550 to 28 650	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
28 650 to 28 750	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
28 750 to 28 850	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
28 850 to 28 950	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
28 950 to 29 050	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
29 050 to 29 150	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
29 150 to 29 250	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
29 250 to 29 350	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
29 350 to 29 450	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
29 450 to 29 550	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
29 550 to 29 650	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
29 650 to 29 750	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)													
	Increments (Feet)													
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
29 750 to 29 850	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
29 850 to 29 950	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
29 950 to 30 050	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
30 050 to 30 150	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
30 150 to 30 250	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
30 250 to 30 350	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
30 350 to 30 450	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
30 450 to 30 550	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
30 550 to 30 650	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
30 650 to 30 750	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30 750 to 30 850	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30 850 to 30 950	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
30 950 to 31 050	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
31 050 to 31 150	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
31 150 to 31 250	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
31 250 to 31 350	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
31 350 to 31 450	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
31 450 to 31 550	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
31 550 to 31 650	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
31 650 to 31 750	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
31 750 to 31 850	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
31 850 to 31 950	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
31 950 to 32 050	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
32 050 to 32 150	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
32 150 to 32 250	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
32 250 to 32 350	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
32 350 to 32 450	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
32 450 to 32 550	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
32 550 to 32 650	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
32 650 to 32 750	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
32 750 to 32 850	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
32 850 to 32 950	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
32 950 to 33 050	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
33 050 to 33 150	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
33 150 to 33 250	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
33 250 to 33 350	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
33 350 to 33 450	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
33 450 to 33 550	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
33 550 to 33 650	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
33 650 to 33 750	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
33 750 to 33 850	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
33 850 to 33 950	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
33 950 to 34 050	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
34 050 to 34 150	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
34 150 to 34 250	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)													
	Increments (Feet)													
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
34 250 to 34 350	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
34 350 to 34 450	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
34 450 to 34 550	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
34 550 to 34 650	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
34 650 to 34 750	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
34 750 to 34 850	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
34 850 to 34 950	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
34 950 to 35 050	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
35 050 to 35 150	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
35 150 to 35 250	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
35 250 to 35 350	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
35 350 to 35 450	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
35 450 to 35 550	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
35 550 to 35 650	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
35 650 to 35 750	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1
35 750 to 35 850	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
35 850 to 35 950	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
35 950 to 36 050	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
36 050 to 36 150	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
36 150 to 36 250	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
36 250 to 36 350	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
36 350 to 36 450	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
36 450 to 36 550	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
36 550 to 36 650	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
36 650 to 36 750	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
36 750 to 36 850	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
36 850 to 36 950	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
36 950 to 37 050	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
37 050 to 37 150	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0
37 150 to 37 250	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
37 250 to 37 350	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
37 350 to 37 450	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
37 450 to 37 550	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
37 550 to 37 650	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
37 650 to 37 750	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
37 750 to 37 850	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
37 850 to 37 950	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
37 950 to 38 050	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
38 050 to 38 150	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
38 150 to 38 250	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
38 250 to 38 350	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
38 350 to 38 450	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
38 450 to 38 550	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
38 550 to 38 650	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
38 650 to 38 750	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)													
	Increments (Feet)													
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
38 750 to 38 850	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
38 850 to 38 950	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
38 950 to 39 050	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
39 050 to 39 150	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
39 150 to 39 250	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
39 250 to 39 350	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
39 350 to 39 450	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
39 450 to 39 550	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
39 550 to 39 650	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
39 650 to 39 750	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
39 750 to 39 850	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
39 850 to 39 950	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
39 950 to 40 050	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
40 050 to 40 150	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
40 150 to 40 250	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
40 250 to 40 350	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
40 350 to 40 450	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
40 450 to 40 550	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
40 550 to 40 650	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
40 650 to 40 750	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
40 750 to 40 850	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
40 850 to 40 950	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
40 950 to 41 050	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
41 050 to 41 150	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
41 150 to 41 250	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
41 250 to 41 350	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
41 350 to 41 450	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
41 450 to 41 550	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
41 550 to 41 650	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
41 650 to 41 750	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
41 750 to 41 850	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
41 850 to 41 950	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
41 950 to 42 050	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
42 050 to 42 150	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0
42 150 to 42 250	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0
42 250 to 42 350	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
42 350 to 42 450	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
42 450 to 42 550	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
42 550 to 42 650	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
42 650 to 42 750	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
42 750 to 42 850	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
42 850 to 42 950	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
42 950 to 43 050	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
43 050 to 43 150	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
43 150 to 43 250	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
Increments (Feet)												
43 250 to 43 350	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
43 350 to 43 450	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
43 450 to 43 550	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
43 550 to 43 650	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
43 650 to 43 750	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
43 750 to 43 850	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
43 850 to 43 950	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
43 950 to 44 050	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
44 050 to 44 150	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
44 150 to 44 250	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
44 250 to 44 350	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
44 350 to 44 450	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
44 450 to 44 550	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
44 550 to 44 650	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
44 650 to 44 750	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
44 750 to 44 850	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
44 850 to 44 950	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
44 950 to 45 050	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
45 050 to 45 150	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
45 150 to 45 250	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
45 250 to 45 350	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
45 350 to 45 450	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
45 450 to 45 550	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
45 550 to 45 650	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1
45 650 to 45 750	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
45 750 to 45 850	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
45 850 to 45 950	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
45 950 to 46 050	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0
46 050 to 46 150	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
46 150 to 46 250	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
46 250 to 46 350	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
46 350 to 46 450	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
46 450 to 46 550	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
46 550 to 46 650	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
46 650 to 46 750	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
46 750 to 46 850	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
46 850 to 46 950	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
46 950 to 47 050	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
47 050 to 47 150	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
47 150 to 47 250	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
47 250 to 47 350	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
47 350 to 47 450	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
47 450 to 47 550	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
47 550 to 47 650	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
47 650 to 47 750	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
Increments (Feet)												
47 750 to 47 850	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
47 850 to 47 950	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
47 950 to 48 050	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
48 050 to 48 150	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
48 150 to 48 250	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
48 250 to 48 350	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
48 350 to 48 450	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
48 450 to 48 550	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
48 550 to 48 650	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
48 650 to 48 750	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
48 750 to 48 850	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
48 850 to 48 950	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
48 950 to 49 050	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
49 050 to 49 150	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
49 150 to 49 250	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
49 250 to 49 350	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
49 350 to 49 450	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
49 450 to 49 550	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
49 550 to 49 650	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
49 650 to 49 750	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1
49 750 to 49 850	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
49 850 to 49 950	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
49 950 to 50 050	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
50 050 to 50 150	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
50 150 to 50 250	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
50 250 to 50 350	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
50 350 to 50 450	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
50 450 to 50 550	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
50 550 to 50 650	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
50 650 to 50 750	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
50 750 to 50 850	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
50 850 to 50 950	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
50 950 to 51 050	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
51 050 to 51 150	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
51 150 to 51 250	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
51 250 to 51 350	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
51 350 to 51 450	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
51 450 to 51 550	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
51 550 to 51 650	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
51 650 to 51 750	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
51 750 to 51 850	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
51 850 to 51 950	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
51 950 to 52 050	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
52 050 to 52 150	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
52 150 to 52 250	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
52 250 to 52 350	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0
52 350 to 52 450	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
52 450 to 52 550	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
52 550 to 52 650	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
52 650 to 52 750	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
52 750 to 52 850	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1
52 850 to 52 950	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
52 950 to 53 050	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
53 050 to 53 150	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
53 150 to 53 250	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
53 250 to 53 350	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
53 350 to 53 450	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
53 450 to 53 550	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0
53 550 to 53 650	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
53 650 to 53 750	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
53 750 to 53 850	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
53 850 to 53 950	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1
53 950 to 54 050	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
54 050 to 54 150	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
54 150 to 54 250	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
54 250 to 54 350	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
54 350 to 54 450	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
54 450 to 54 550	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
54 550 to 54 650	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
54 650 to 54 750	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
54 750 to 54 850	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
54 850 to 54 950	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
54 950 to 55 050	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
55 050 to 55 150	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0
55 150 to 55 250	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
55 250 to 55 350	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
55 350 to 55 450	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0
55 450 to 55 550	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
55 550 to 55 650	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
55 650 to 55 750	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
55 750 to 55 850	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
55 850 to 55 950	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
55 950 to 56 050	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
56 050 to 56 150	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
56 150 to 56 250	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
56 250 to 56 350	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
56 350 to 56 450	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
56 450 to 56 550	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
56 550 to 56 650	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
56 650 to 56 750	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
56 750 to 56 850	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
56 850 to 56 950	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
56 950 to 57 050	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
57 050 to 57 150	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
57 150 to 57 250	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
57 250 to 57 350	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
57 350 to 57 450	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
57 450 to 57 550	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
57 550 to 57 650	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
57 650 to 57 750	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
57 750 to 57 850	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
57 850 to 57 950	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
57 950 to 58 050	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0
58 050 to 58 150	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
58 150 to 58 250	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
58 250 to 58 350	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
58 350 to 58 450	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
58 450 to 58 550	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
58 550 to 58 650	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
58 650 to 58 750	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
58 750 to 58 850	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
58 850 to 58 950	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
58 950 to 59 050	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
59 050 to 59 150	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
59 150 to 59 250	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
59 250 to 59 350	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
59 350 to 59 450	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
59 450 to 59 550	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
59 550 to 59 650	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
59 650 to 59 750	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
59 750 to 59 850	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
59 850 to 59 950	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
59 950 to 60 050	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
60 050 to 60 150	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
60 150 to 60 250	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
60 250 to 60 350	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
60 350 to 60 450	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
60 450 to 60 550	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
60 550 to 60 650	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
60 650 to 60 750	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
60 750 to 60 850	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
60 850 to 60 950	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
60 950 to 61 050	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
61 050 to 61 150	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
61 150 to 61 250	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
61 250 to 61 350	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
61 350 to 61 450	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
61 450 to 61 550	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
61 550 to 61 650	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
61 650 to 61 750	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
61 750 to 61 850	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
61 850 to 61 950	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
61 950 to 62 050	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
62 050 to 62 150	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
62 150 to 62 250	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
62 250 to 62 350	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
62 350 to 62 450	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
62 450 to 62 550	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
62 550 to 62 650	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
62 650 to 62 750	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
62 750 to 62 850	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
62 850 to 62 950	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
62 950 to 63 050	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
63 050 to 63 150	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
63 150 to 63 250	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
63 250 to 63 350	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
63 350 to 63 450	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
63 450 to 63 550	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
63 550 to 63 650	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
63 650 to 63 750	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
63 750 to 63 850	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
63 850 to 63 950	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
63 950 to 64 050	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
64 050 to 64 150	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
64 150 to 64 250	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
64 250 to 64 350	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
64 350 to 64 450	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
64 450 to 64 550	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
64 550 to 64 650	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
64 650 to 64 750	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
64 750 to 64 850	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
64 850 to 64 950	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
64 950 to 65 050	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
65 050 to 65 150	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
65 150 to 65 250	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
65 250 to 65 350	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
65 350 to 65 450	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
65 450 to 65 550	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
65 550 to 65 650	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
65 650 to 65 750	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
65 750 to 65 850	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
65 850 to 65 950	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
65 950 to 66 050	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
66 050 to 66 150	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
66 150 to 66 250	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
66 250 to 66 350	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
66 350 to 66 450	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
66 450 to 66 550	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
66 550 to 66 650	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
66 650 to 66 750	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
66 750 to 66 850	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
66 850 to 66 950	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
66 950 to 67 050	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
67 050 to 67 150	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
67 150 to 67 250	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
67 250 to 67 350	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
67 350 to 67 450	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
67 450 to 67 550	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0
67 550 to 67 650	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
67 650 to 67 750	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
67 750 to 67 850	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
67 850 to 67 950	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
67 950 to 68 050	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
68 050 to 68 150	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
68 150 to 68 250	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
68 250 to 68 350	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
68 350 to 68 450	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
68 450 to 68 550	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
68 550 to 68 650	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
68 650 to 68 750	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
68 750 to 68 850	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
68 850 to 68 950	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
68 950 to 69 050	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
69 050 to 69 150	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
69 150 to 69 250	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
69 250 to 69 350	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0
69 350 to 69 450	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
69 450 to 69 550	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
69 550 to 69 650	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
69 650 to 69 750	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
69 750 to 69 850	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
69 850 to 69 950	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
69 950 to 70 050	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
70 050 to 70 150	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
70 150 to 70 250	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0

RANGE Increments (Feet)	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
70 250 to 70 350	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
70 350 to 70 450	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
70 450 to 70 550	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
70 550 to 70 650	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
70 650 to 70 750	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
70 750 to 70 850	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
70 850 to 70 950	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
70 950 to 71 050	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
71 050 to 71 150	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
71 150 to 71 250	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
71 250 to 71 350	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
71 350 to 71 450	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
71 450 to 71 550	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
71 550 to 71 650	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
71 650 to 71 750	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
71 750 to 71 850	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1
71 850 to 71 950	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
71 950 to 72 050	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
72 050 to 72 150	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
72 150 to 72 250	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
72 250 to 72 350	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
72 350 to 72 450	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
72 450 to 72 550	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
72 550 to 72 650	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
72 650 to 72 750	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
72 750 to 72 850	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1
72 850 to 72 950	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
72 950 to 73 050	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
73 050 to 73 150	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
73 150 to 73 250	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
73 250 to 73 350	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
73 350 to 73 450	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
73 450 to 73 550	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0
73 550 to 73 650	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
73 650 to 73 750	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
73 750 to 73 850	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
73 850 to 73 950	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1
73 950 to 74 050	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
74 050 to 74 150	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
74 150 to 74 250	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
74 250 to 74 350	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0
74 350 to 74 450	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
74 450 to 74 550	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
74 550 to 74 650	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
74 650 to 74 750	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1

RANGE Increments (Feet)	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
74 750 to 74 850	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
74 850 to 74 950	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
74 950 to 75 050	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
75 050 to 75 150	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
75 150 to 75 250	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
75 250 to 75 350	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
75 350 to 75 450	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
75 450 to 75 550	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
75 550 to 75 650	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1
75 650 to 75 750	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
75 750 to 75 850	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
75 850 to 75 950	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
75 950 to 76 050	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
76 050 to 76 150	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
76 150 to 76 250	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
76 250 to 76 350	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
76 350 to 76 450	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
76 450 to 76 550	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
76 550 to 76 650	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
76 650 to 76 750	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
76 750 to 76 850	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
76 850 to 76 950	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
76 950 to 77 050	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
77 050 to 77 150	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
77 150 to 77 250	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
77 250 to 77 350	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
77 350 to 77 450	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
77 450 to 77 550	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
77 550 to 77 650	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
77 650 to 77 750	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
77 750 to 77 850	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
77 850 to 77 950	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
77 950 to 78 050	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
78 050 to 78 150	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0
78 150 to 78 250	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
78 250 to 78 350	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
78 350 to 78 450	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
78 450 to 78 550	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
78 550 to 78 650	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
78 650 to 78 750	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
78 750 to 78 850	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
78 850 to 78 950	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
78 950 to 79 050	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
79 050 to 79 150	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
79 150 to 79 250	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
79 250 to 79 350	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	
79 350 to 79 450	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	
79 450 to 79 550	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	
79 550 to 79 650	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	
79 650 to 79 750	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	
79 750 to 79 850	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
79 850 to 79 950	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
79 950 to 80 050	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
80 050 to 80 150	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
80 150 to 80 250	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
80 250 to 80 350	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
80 350 to 80 450	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
80 450 to 80 550	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
80 550 to 80 650	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
80 650 to 80 750	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
80 750 to 80 850	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
80 850 to 80 950	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
80 950 to 81 050	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
81 050 to 81 150	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
81 150 to 81 250	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
81 250 to 81 350	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
81 350 to 81 450	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
81 450 to 81 550	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
81 550 to 81 650	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
81 650 to 81 750	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
81 750 to 81 850	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
81 850 to 81 950	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
81 950 to 82 050	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
82 050 to 82 150	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
82 150 to 82 250	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	
82 250 to 82 350	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
82 350 to 82 450	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
82 450 to 82 550	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
82 550 to 82 650	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	
82 650 to 82 750	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
82 750 to 82 850	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	
82 850 to 82 950	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	
82 950 to 83 050	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	
83 050 to 83 150	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	
83 150 to 83 250	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
83 250 to 83 350	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	
83 350 to 83 450	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	
83 450 to 83 550	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	
83 550 to 83 650	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
83 650 to 83 750	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
83 750 to 83 850	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	
83 850 to 83 950	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
83 950 to 84 050	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
84 050 to 84 150	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
84 150 to 84 250	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
84 250 to 84 350	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
84 350 to 84 450	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
84 450 to 84 550	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	
84 550 to 84 650	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	
84 650 to 84 750	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	
84 750 to 84 850	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	
84 850 to 84 950	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	
84 950 to 85 050	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
85 050 to 85 150	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
85 150 to 85 250	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	
85 250 to 85 350	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	
85 350 to 85 450	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	
85 450 to 85 550	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	
85 550 to 85 650	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	
85 650 to 85 750	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	
85 750 to 85 850	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	
85 850 to 85 950	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	
85 950 to 86 050	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	
86 050 to 86 150	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	
86 150 to 86 250	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	
86 250 to 86 350	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	
86 350 to 86 450	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	
86 450 to 86 550	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	
86 550 to 86 650	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	
86 650 to 86 750	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
86 750 to 86 850	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
86 850 to 86 950	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
86 950 to 87 050	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
87 050 to 87 150	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	
87 150 to 87 250	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	
87 250 to 87 350	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	
87 350 to 87 450	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	
87 450 to 87 550	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
87 550 to 87 650	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	
87 650 to 87 750	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	
87 750 to 87 850	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	
87 850 to 87 950	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	
87 950 to 88 050	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	
88 050 to 88 150	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	
88 150 to 88 250	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
88 250 to 88 350	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
88 350 to 88 450	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
88 450 to 88 550	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
88 550 to 88 650	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
88 650 to 88 750	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
88 750 to 88 850	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
88 850 to 88 950	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
88 950 to 89 050	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
89 050 to 89 150	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
89 150 to 89 250	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
89 250 to 89 350	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
89 350 to 89 450	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
89 450 to 89 550	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
89 550 to 89 650	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
89 650 to 89 750	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
89 750 to 89 850	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
89 850 to 89 950	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
89 950 to 90 050	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
90 050 to 90 150	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
90 150 to 90 250	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
90 250 to 90 350	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
90 350 to 90 450	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0
90 450 to 90 550	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
90 550 to 90 650	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
90 650 to 90 750	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
90 750 to 90 850	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
90 850 to 90 950	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
90 950 to 91 050	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
91 050 to 91 150	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0
91 150 to 91 250	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
91 250 to 91 350	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0
91 350 to 91 450	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
91 450 to 91 550	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
91 550 to 91 650	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
91 650 to 91 750	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
91 750 to 91 850	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
91 850 to 91 950	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
91 950 to 92 050	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
92 050 to 92 150	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
92 150 to 92 250	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
92 250 to 92 350	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
92 350 to 92 450	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
92 450 to 92 550	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
92 550 to 92 650	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
92 650 to 92 750	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
92 750 to 92 850	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
92 850 to 92 950	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
92 950 to 93 050	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
93 050 to 93 150	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
93 150 to 93 250	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
93 250 to 93 350	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
93 350 to 93 450	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
93 450 to 93 550	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
93 550 to 93 650	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
93 650 to 93 750	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
93 750 to 93 850	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
93 850 to 93 950	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
93 950 to 94 050	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
94 050 to 94 150	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
94 150 to 94 250	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
94 250 to 94 350	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
94 350 to 94 450	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
94 450 to 94 550	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
94 550 to 94 650	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
94 650 to 94 750	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
94 750 to 94 850	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
94 850 to 94 950	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
94 950 to 95 050	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
95 050 to 95 150	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
95 150 to 95 250	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
95 250 to 95 350	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
95 350 to 95 450	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
95 450 to 95 550	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
95 550 to 95 650	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
95 650 to 95 750	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
95 750 to 95 850	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
95 850 to 95 950	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
95 950 to 96 050	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
96 050 to 96 150	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
96 150 to 96 250	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
96 250 to 96 350	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
96 350 to 96 450	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
96 450 to 96 550	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
96 550 to 96 650	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
96 650 to 96 750	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
96 750 to 96 850	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
96 850 to 96 950	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
96 950 to 97 050	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
97 050 to 97 150	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
97 150 to 97 250	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
97 250 to 97 350	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
97 350 to 97 450	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
97 450 to 97 550	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
97 550 to 97 650	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
97 650 to 97 750	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
97 750 to 97 850	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
97 850 to 97 950	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
97 950 to 98 050	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
98 050 to 98 150	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
98 150 to 98 250	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
98 250 to 98 350	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
98 350 to 98 450	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
98 450 to 98 550	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
98 550 to 98 650	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1
98 650 to 98 750	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
98 750 to 98 850	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
98 850 to 98 950	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
98 950 to 99 050	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
99 050 to 99 150	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0
99 150 to 99 250	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
99 250 to 99 350	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
99 350 to 99 450	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0
99 450 to 99 550	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
99 550 to 99 650	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
99 650 to 99 750	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
99 750 to 99 850	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
99 850 to 99 950	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
99 950 to 100 050	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
100 050 to 100 150	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
100 150 to 100 250	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
100 250 to 100 350	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
100 350 to 100 450	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
100 450 to 100 550	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
100 550 to 100 650	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
100 650 to 100 750	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
100 750 to 100 850	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
100 850 to 100 950	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
100 950 to 101 050	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
101 050 to 101 150	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
101 150 to 101 250	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
101 250 to 101 350	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
101 350 to 101 450	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
101 450 to 101 550	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
101 550 to 101 650	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
101 650 to 101 750	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
101 750 to 101 850	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
101 850 to 101 950	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
101 950 to 102 050	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
102 050 to 102 150	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
102 150 to 102 250	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
102 250 to 102 350	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
102 350 to 102 450	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
102 450 to 102 550	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
102 550 to 102 650	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
102 650 to 102 750	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
102 750 to 102 850	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
102 850 to 102 950	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
102 950 to 103 050	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
103 050 to 103 150	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
103 150 to 103 250	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
103 250 to 103 350	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
103 350 to 103 450	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
103 450 to 103 550	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
103 550 to 103 650	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
103 650 to 103 750	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
103 750 to 103 850	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
103 850 to 103 950	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
103 950 to 104 050	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
104 050 to 104 150	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
104 150 to 104 250	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
104 250 to 104 350	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
104 350 to 104 450	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
104 450 to 104 550	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0
104 550 to 104 650	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
104 650 to 104 750	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
104 750 to 104 850	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
104 850 to 104 950	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
104 950 to 105 050	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
105 050 to 105 150	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
105 150 to 105 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
105 250 to 105 350	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
105 350 to 105 450	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
105 450 to 105 550	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
105 550 to 105 650	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
105 650 to 105 750	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
105 750 to 105 850	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
105 850 to 105 950	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
105 950 to 106 050	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
106 050 to 106 150	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
106 150 to 106 250	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
106 250 to 106 350	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
106 350 to 106 450	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
106 450 to 106 550	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
106 550 to 106 650	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
106 650 to 106 750	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
106 750 to 106 850	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
106 850 to 106 950	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
106 950 to 107 050	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
107 050 to 107 150	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
107 150 to 107 250	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0
107 250 to 107 350	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
107 350 to 107 450	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
107 450 to 107 550	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
107 550 to 107 650	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
107 650 to 107 750	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
107 750 to 107 850	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
107 850 to 107 950	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
107 950 to 108 050	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
108 050 to 108 150	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
108 150 to 108 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
108 250 to 108 350	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
108 350 to 108 450	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
108 450 to 108 550	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
108 550 to 108 650	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
108 650 to 108 750	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
108 750 to 108 850	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
108 850 to 108 950	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
108 950 to 109 050	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
109 050 to 109 150	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
109 150 to 109 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
109 250 to 109 350	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
109 350 to 109 450	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
109 450 to 109 550	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
109 550 to 109 650	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
110 050 to 110 150	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
110 150 to 110 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
110 250 to 110 350	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
110 350 to 110 450	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
110 450 to 110 550	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
110 550 to 110 650	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
110 650 to 110 750	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄
110 750 to 110 850	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
110 850 to 110 950	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
110 950 to 111 050	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
111 050 to 111 150	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
111 150 to 111 250	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
111 250 to 111 350	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
111 350 to 111 450	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
111 450 to 111 550	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
111 550 to 111 650	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
111 650 to 111 750	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
111 750 to 111 850	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
111 850 to 111 950	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
111 950 to 112 050	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
112 050 to 112 150	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
112 150 to 112 250	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
112 250 to 112 350	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
112 350 to 112 450	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
112 450 to 112 550	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
112 550 to 112 650	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1
112 650 to 112 750	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
112 750 to 112 850	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
112 850 to 112 950	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
112 950 to 113 050	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
113 050 to 113 150	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
113 150 to 113 250	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
113 250 to 113 350	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
113 350 to 113 450	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
113 450 to 113 550	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
113 550 to 113 650	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
113 650 to 113 750	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
113 750 to 113 850	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
113 850 to 113 950	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
113 950 to 114 050	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
114 050 to 114 150	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
114 150 to 114 250	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
114 250 to 114 350	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
114 350 to 114 450	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
114 450 to 114 550	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
114 550 to 114 650	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
114 650 to 114 750	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
114 750 to 114 850	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
114 850 to 114 950	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
114 950 to 115 050	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
115 050 to 115 150	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
115 150 to 115 250	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
Increments (Feet)												
115 250 to 115 350	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	
115 350 to 115 450	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
115 450 to 115 550	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	
115 550 to 115 650	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	
115 650 to 115 750	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	
115 750 to 115 850	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
115 850 to 115 950	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
115 950 to 116 050	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
116 050 to 116 150	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
116 150 to 116 250	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
116 250 to 116 350	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
116 350 to 116 450	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
116 450 to 116 550	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
116 550 to 116 650	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
116 650 to 116 750	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
116 750 to 116 850	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
116 850 to 116 950	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
116 950 to 117 050	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
117 050 to 117 150	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
117 150 to 117 250	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
117 250 to 117 350	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
117 350 to 117 450	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
117 450 to 117 550	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
117 550 to 117 650	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
117 650 to 117 750	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
117 750 to 117 850	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
117 850 to 117 950	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
117 950 to 118 050	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
118 050 to 118 150	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
118 150 to 118 250	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
118 250 to 118 350	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
118 350 to 118 450	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
118 450 to 118 550	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
118 550 to 118 650	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
118 650 to 118 750	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
118 750 to 118 850	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	
118 850 to 118 950	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
118 950 to 119 050	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
119 050 to 119 150	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
119 150 to 119 250	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	
119 250 to 119 350	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
119 350 to 119 450	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
119 450 to 119 550	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
119 550 to 119 650	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	
119 650 to 119 750	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)											
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₄	
Increments (Feet)												
119 750 to 119 850	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
119 850 to 119 950	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	
119 950 to 120 050	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
120 050 to 120 150	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
120 150 to 120 250	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	
120 250 to 120 350	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
120 350 to 120 450	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
120 450 to 120 550	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	
120 550 to 120 650	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	
120 650 to 120 750	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
120 750 to 120 850	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
120 850 to 120 950	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
120 950 to 121 050	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
121 050 to 121 150	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
121 150 to 121 250	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
121 250 to 121 350	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
121 350 to 121 450	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
121 450 to 121 550	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
121 550 to 121 650	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
121 650 to 121 750	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
121 750 to 121 850	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
121 850 to 121 950	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
121 950 to 122 050	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
122 050 to 122 150	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
122 150 to 122 250	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
122 250 to 122 350	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
122 350 to 122 450	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
122 450 to 122 550	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
122 550 to 122 650	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
122 650 to 122 750	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
122 750 to 122 850	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
122 850 to 122 950	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
122 950 to 123 050	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
123 050 to 123 150	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
123 150 to 123 250	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	
123 250 to 123 350	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
123 350 to 123 450	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
123 450 to 123 550	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
123 550 to 123 650	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	
123 650 to 123 750	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
123 750 to 123 850	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
123 850 to 123 950	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
123 950 to 124 050	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	
124 050 to 124 150	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	
124 150 to 124 250	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	

RANGE	PULSE POSITIONS (0 or 1 in a pulse position denotes absence or presence of a pulse, respectively)												
	D ₂	D ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
124 250 to 124 350	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
124 350 to 124 450	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
124 450 to 124 550	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
124 550 to 124 650	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
124 650 to 124 750	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
124 750 to 124 850	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
124 850 to 124 950	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
124 950 to 125 050	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
125 050 to 125 150	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
125 150 to 125 250	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
125 250 to 125 350	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
125 350 to 125 450	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
125 450 to 125 550	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
125 550 to 125 650	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
125 650 to 125 750	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
125 750 to 125 850	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
125 850 to 125 950	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
125 950 to 126 050	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
126 050 to 126 150	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
126 150 to 126 250	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
126 250 to 126 350	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
126 350 to 126 450	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
126 450 to 126 550	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
126 550 to 126 650	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
126 650 to 126 750	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

CHAPTER 5. MODE S EXTENDED SQUITTER

Note 1.— A functional model of Mode S extended squitter systems supporting ADS-B and/or TIS-B is depicted in Figure 5-1.

Note 2.— Airborne systems transmit ADS-B messages (ADS-B OUT) and may also receive ADS-B and TIS-B messages (ADS-B IN and TIS-B IN). Ground systems (i.e. ground stations) transmit TIS-B (as an option) and receive ADS-B messages.

Note 3.— Although not explicitly depicted in the functional model presented in Figure 5-1, extended squitter systems installed on aerodrome surface vehicles or fixed obstacles may transmit ADS-B messages (ADS-B OUT).

5.1 MODE S EXTENDED SQUITTER TRANSMITTING SYSTEM CHARACTERISTICS

Note.— Many of the requirements associated with the transmission of Mode S extended squitter are included in Chapter 2 and Chapter 3 for Mode S transponder and non-transponder devices using the message formats defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871). The provisions presented within the following subsections are focused on requirements applicable to specific classes of airborne and ground transmitting systems that are supporting the applications of ADS-B and TIS-B.

5.1.1 ADS-B out requirements

5.1.1.1 Aircraft, surface vehicles and fixed obstacles supporting an ADS-B capability shall incorporate the ADS-B message generation function and the ADS-B message exchange function (transmit) as depicted in Figure 5-1.

5.1.1.1.1 ADS-B transmissions from aircraft shall include position, aircraft identification and type, airborne velocity, and event driven messages including emergency/priority information.

Note.— The data formats and protocols for messages transferred via extended squitter are specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

5.1.1.2 Extended squitter ADS-B transmission requirements. Mode S extended squitter transmitting equipment shall be classified according to the unit's range capability and the set of parameters that it is capable of transmitting consistent with the following definition of general equipment classes and the specific equipment classes defined in Tables 5-1 and 5-2:

- a) Class A extended squitter airborne systems support an interactive capability incorporating both an extended squitter transmission capability (i.e. ADS-B OUT) with a complementary extended squitter reception capability (i.e. ADS-B IN) in support of onboard ADS-B applications;
- b) Class B extended squitter systems provide a transmission only (i.e. ADS-B OUT) without an extended squitter reception capability) for use on aircraft, surface vehicles, or fixed obstructions; and
- c) Class C extended squitter systems have only a reception capability and thus have no transmission requirements.

5.1.1.3 Class A extended squitter system requirements. Class A extended squitter airborne systems shall have transmitting and receiving subsystem characteristics of the same class (i.e. A0, A1, A2, or A3) as specified in 5.1.1.1 and 5.2.1.2.

Note.— Class A transmitting and receiving subsystems of the same specific class (e.g. Class A2) are designed to complement each other with their functional and performance capabilities. The minimum air-to-air range that extended squitter transmitting and receiving systems of the same class are designed to support are:

- a) A0-to-A0 nominal air-to-air range is 10 NM;
- b) A1-to-A1 nominal air-to-air range is 20 NM;
- c) A2-to-A2 nominal air-to-air range is 40 NM; and
- d) A3-to-A3 nominal air-to-air range is 90 NM.

The above ranges are design objectives and the actual effective air-to-air range of the Class A extended squitter systems may be larger in some cases (e.g. in environments with low levels of 1 090 MHz fruit) and shorter in other cases (e.g. in environments with very high levels of 1 090 MHz fruit).

5.1.2 TIS-B out requirements

5.1.2.1 Ground stations supporting a TIS-B capability shall incorporate the TIS-B message generation function and the TIS-B message exchange function (transmit).

5.1.2.2 The extended squitter messages for TIS-B shall be transmitted by an extended squitter ground station when connected to an appropriate source of surveillance data.

Note 1.— Extended squitter messages for TIS-B are specified in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Note 2.— Ground stations supporting TIS-B use an extended squitter transmission capability. The characteristics of such ground stations, in terms of transmitter power, antenna gain, transmission rates, etc., are to be tailored to the desired TIS-B service volume of the specific ground station assuming airborne users are equipped with (at least) Class A1 receiving systems.

5.1.2.3 Recommendation.— The maximum transmission rates and effective radiated power of the transmissions should be controlled to avoid unacceptable levels of RF interference to other 1 090 MHz systems (i.e. SSR and ACAS).

5.2 MODE S EXTENDED SQUITTER RECEIVING SYSTEM CHARACTERISTICS (ADS-B IN AND TIS-B IN)

Note 1.— The paragraphs herein describe the required capabilities for 1 090 MHz receivers used for the reception of Mode S extended squitter transmissions that convey ADS-B and/or TIS-B messages. Airborne receiving systems support ADS-B and TIS-B reception while ground receiving systems support only ADS-B reception.

Note 2.— Detailed technical provisions for Mode S extended squitter receivers can be found within RTCA DO-260A, "Minimum Operational Performance Standards for 1 090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services – Broadcast (TIS-B)."

5.2.1 Mode S extended squitter receiving system functional requirements

5.2.1.1 Mode S extended squitter receiving systems shall perform the message exchange function (receive) and the report assembler function.

Note.— The extended squitter receiving system receives ADS-B Mode S extended squitter messages and outputs ADS-B reports to client applications. Airborne receiving systems also receive TIS-B extended squitter messages and output TIS-B ADS-B receiving systems. This functional model (shown in Figure 5-1) depicts both airborne and ground 1 090 MHz ADS-B receiving systems.

5.2.1.2 Mode S extended squitter receiver classes. The required functionality and performance characteristics for the Mode S extended squitter receiving system will vary depending on the ADS-B and TIS-B client applications to be supported and the operational use of the system. Airborne Mode S extended squitter receivers shall be consistent with the definition of receiving system classes shown in Table 5-3.

Note.— Different equipment classes of Mode S extended squitter installations are possible. The characteristics of the receiver associated with a given equipment class are intended to be appropriate to support the required level of operational capability. Equipment classes A0 through A3 are applicable to those Mode S extended airborne installations that include a Mode S extended squitter transmission (ADS-OUT) and reception (ADS-B IN) capability. Equipment classes B0 through B3 are applicable to Mode S extended installations with only a transmission (ADS-B OUT) capability and includes equipment classes applicable to airborne, surface vehicles and fixed obstructions. Equipment classes C1 through C3 are applicable to Mode S extended squitter ground receiving systems. Guidance on the Mode S extended squitter equipment classes is provided in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

5.2.2 Message exchange function

5.2.2.1 The message exchange function shall include the 1 090 MHz receiving antenna and the radio equipment (receiver/demodulator/decoder/data buffer) sub-functions.

5.2.2.2 Message exchange functional characteristics. The airborne Mode S extended squitter receiving system shall support the reception and decoding of all extended squitter messages as listed in Table 5-3. The ground ADS-B extended squitter receiving system shall, as a minimum, support the reception and decoding of all of the extended squitter message types that convey information needed to support the generation of the ADS-B reports of the types required by the client ATM ground applications.

5.2.2.3 Required message reception performance. The airborne Mode S extended squitter receiver/demodulation/decoder shall employ the reception techniques and have a receiver minimum trigger threshold level (MTL) as listed in Table 5-3 as a function of the airborne receiver class. The reception technique and MTL for extended squitter ground receiver shall be selected to provide the reception performance (i.e. range and update rates) as required by the client ATM ground applications.

5.2.2.4 Enhanced reception techniques. Class A1, A2 and A3 airborne receiving systems shall include the following features to provide improved probability of Mode S extended squitter reception in the presence of multiple overlapping Mode A/C fruit and/or in the presence of an overlapping stronger Mode S fruit, as compared to the performance of the standard reception technique required for Class A0 airborne receiving systems:

- a) Improved Mode S extended squitter preamble detection.
- b) Enhanced error detection and correction.
- c) Enhanced bit and confidence declaration techniques applied to the airborne receiver classes as shown below:

- 1) Class A1 – Performance equivalent to or better than the use of the “Centre Amplitude” technique.
 - 2) Class A2 – Performance equivalent to or better than the use of the “Multiple Amplitude Samples” baseline technique, where at least 8 samples are taken for each Mode S bit position and are used in the decision process.
 - 3) Class A3 – Performance equivalent to or better than the use of the “Multiple Amplitude Samples” baseline technique, where at least 10 samples are taken for each Mode S bit position and are used in the decision process.
- Note 1.— The above enhanced reception techniques are as defined in RTCA DO-260A, Appendix I.
- Note 2.— The performance provided for each of the above enhanced reception techniques when used in a high fruit environment (i.e. with multiple overlapping Mode A/C fruit) is expected to be at least equivalent to that provided by the use of the techniques described in RTCA DO-260A, Appendix I.
- Note 3.— It is considered appropriate for ground extended squitter receiving systems to employ the enhanced reception techniques equivalent to those specified for airborne Class A2 or A3 receiving systems.

5.2.3 Report assembler function

5.2.3.1 The report assembler function shall include the message decoding, report assembly, and output interface sub-functions.

5.2.3.2 When an extended squitter message is received, the message shall be decoded and the applicable ADS-B report(s) of the types defined in 5.2.3.3 shall be generated within 0.5 seconds.

Note 1.— Two configurations of extended squitter airborne receiving systems, which include the reception portion of the ADS-B message exchange function and the ADS-B/TIS-B report assembly function, are allowed:

- a) Type I extended squitter receiving systems receive ADS-B and TIS-B messages and produce application-specific subsets of ADS-B and TIS-B reports. Type I extended squitter receiving systems are customized to the particular client applications using ADS-B and TIS-B reports. Type I extended squitter receiving systems may additionally be controlled by an external entity to produce installation-defined subsets of the reports that those systems are capable of producing.
- b) Type II extended squitter receiving systems receive ADS-B and TIS-B messages and are capable of producing complete ADS-B and TIS-B reports in accordance with the equipment class. Type II extended squitter receiving systems may be controlled by an external entity to produce installation-defined subsets of the reports that those systems are capable of producing.

Note 2.— Extended squitter ground receiving systems receive ADS-B messages and produce either application-specific subsets or complete ADS-B reports based on the needs of the ground service provider, including the client applications to be supported.

Note 3.— The extended squitter message reception function may be physically partitioned into hardware separate from those that implement the report assembly function.

5.2.3.3 ADS-B REPORT TYPES

Note 1.— The ADS-B report refers to the restructuring of ADS-B message data received from Mode S extended squitter broadcasts into various reports that can be used directly by a set of client applications. Five ADS-B report types are defined by the following subparagraphs for output to client applications. Additional information on the ADS-B report contents and the

applicable mapping from extended squitter messages to ADS-B reports can be found in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684) and RTCA DO-260A.

Note 2.— The use of precision (e.g. GNSS UTC measured time) versus non-precision (e.g. internal receiving system clock) time sources as the basis for the reported time of applicability is described in 5.2.3.5.

5.2.3.3.1 State vector report. The state vector report shall contain time of applicability, information about an airborne or vehicle’s current kinematic state (e.g. position, velocity), as well as a measure of the integrity of the navigation data, based on information received in airborne or ground position, airborne velocity, and identification and type extended squitter messages. Since separate messages are used for position and velocity, the time of applicability shall be reported individually for the position related report parameters and the velocity related report parameters. Also, the state vector report shall include a time of applicability for the estimated position and/or estimated velocity information (i.e. not based on a message with updated position or velocity information) when such estimated position and/or velocity information is included in the state vector report.

Note.— Specific requirements for the customization of this type of report may vary according to the needs of the client applications of each participant (ground or airborne). The state vector data is the most dynamic of the four ADS-B reports; hence, the applications require frequent updates of the state vector to meet the required accuracy for the operational dynamics of the typical airborne or ground operations of airborne and surface vehicles.

5.2.3.3.2 Mode status report. The mode status report shall contain time of applicability and current operational information about the transmitting participant, including airborne/vehicle address, call sign, ADS-B version number, airborne/vehicle length and width information, state vector quality information, and other information based on information received in operational status, airborne identification and type, airborne velocity and airborne status extended squitter messages. Each time that a mode status report is generated, the report assembler function shall update the report time of applicability. Parameters for which valid data is not available shall either be indicated as invalid or omitted from the mode status report.

Note 1.— Specific requirements for the customization of this type of report may vary according to the needs of the client applications of each participant (ground or airborne).

Note 2.— Once the target state and status message (as shown in the Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688)) becomes available, certain parameters conveyed in that message type are also to be included in the mode status reports.

Note 3.— The age of the information being reported within the various data elements of a mode status report may vary as a result of the information having been received within different extended squitter messages at different times. Data being reported beyond the useful life of that parameter type may be either indicated as invalid or omitted from the mode status report as described in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

5.2.3.3.3 Air referenced velocity report. Air referenced velocity reports shall be generated when air referenced velocity information is received in airborne velocity extended squitter messages. The air referenced velocity report shall contain time of applicability, airspeed and heading information. Only certain classes of extended squitter receiving systems, as defined in 5.2.3.5, are required to generate air referenced velocity reports. Each time that an individual mode status report is generated, the report assembly function shall update the report time of applicability.

Note 1.— The air referenced velocity report contains velocity information that is received in airborne velocity messages along with additional information received in airborne identification and type extended squitter messages. Air referenced velocity reports are not generated when ground referenced velocity information is being received in the airborne velocity extended squitter messages. Guidance on the air referenced velocity report contents is provided in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

Note 2.— Specific requirements for the customization of this type of report may vary according to the needs of the client applications of each participant (ground or airborne).

5.2.3.3.4 Resolution advisory (RA) report. The RA report shall contain time of applicability and the contents of an active ACAS resolution advisory (RA) as received in a Type=28 and Subtype=2 extended squitter message.

Note.— The RA report is only intended to be generated by ground receiving subsystems when supporting a ground ADS-B client application(s) requiring active RA information. An RA report will nominally be generated each time a Type=28, Subtype=2 extended squitter message is received.

5.2.3.3.5 TARGET STATE REPORT

Note.— The requirements for reporting of target state information is not at the same level of maturity as for the other ADS-B report types. The reporting of target state information is currently not required, but may in the future be required for Class A2 and A3 airborne receiving systems. Once supported, the target state report will be generated when information is received in target state and status messages, along with additional information received in airborne identification and type extended squitter messages. The target state and status message is defined in the Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688). Specific requirements for the customization of this type of report may vary according to the needs of the client applications of each participant (ground or airborne). Guidance on the target state report contents is provided in the Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688).

5.2.3.4 TIS-B REPORT TYPES

5.2.3.4.1 As TIS-B messages are received by airborne receiving systems, the information shall be reported to client applications. Each time that an individual TIS-B report is generated, the report assembly function shall update the report time of applicability to the current time.

Note 1.— The TIS-B message formats are defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Note 2.— The TIS-B report refers to the restructuring of TIS-B message data received from ground Mode S extended squitter broadcasts into reports that can be used by a set of client applications. Two ADS-B report types are defined by the following subparagraphs for output to client applications. Additional information on the TIS-B report contents and the applicable mapping from extended squitter messages to ADS-B reports can be found in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684).

Note 3.— The use of precision (e.g. GNSS UTC measured time) versus non-precision (e.g. internal receiving system clock) time sources as the basis for the reported time of applicability is described in 5.2.3.5.

5.2.3.4.2 TIS-B target report. All received information elements, other than position, shall be reported directly, including all reserved fields for the TIS-B fine format messages and the entire message content of any received TIS-B management message. The reporting format is not specified in detail, except that the information content reported shall be the same as the information content received.

5.2.3.4.3 When a TIS-B position message is received, it is compared with tracks to determine whether it can be decoded into target position (i.e. correlated to an existing track). If the message is decoded into target position, a report shall be generated within 0.5 seconds. The report shall contain the received position information with a time of applicability, the most recently received velocity measurement with a time of applicability, the estimated position and velocity applicable to a common time of applicability, airborne/vehicle address, and all other information in the received message. The estimated values shall be based on the received position information and the track history of the target.

5.2.3.4.4 When a TIS-B velocity message is received, if it is correlated to a complete track, a report shall be generated within 0.5 seconds of the message reception. The report shall contain the received velocity information with a time of applicability, the estimated position and velocity applicable to a common time of applicability, airborne/vehicle address, and all other information in the received message. The estimated values shall be based on the received ground reference velocity information and the track history of the target.

5.2.3.4.5 TIS-B management report. The entire message content of any received TIS-B management message shall be reported directly to the client applications. The information content reported shall be the same as the information content received.

5.2.3.4.5.1 The contents of any received TIS-B management message shall be reported bit-for-bit to the client applications.

Note.— The processing of TIS-B management messages is defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

5.2.3.5 REPORT TIME OF APPLICABILITY

The receiving system shall use a local source of reference time as the basis for reporting the time of applicability, as defined for each specific ADS-B and TIS-B report type (see 5.2.3.3 and 5.2.3.4).

5.2.3.5.1 Precision time reference. Receiving systems intended to generate ADS-B and/or TIS-B reports based on the reception of surface position messages, airborne position messages, and/or TIS-B messages shall use GNSS UTC measured time for the purpose of generating the report time applicability for the following cases of received messages:

- a) version zero (0) ADS-B messages, as defined in 3.1.2.8.6.2, when the navigation uncertainty category (NUC) is 8 or 9; or
- b) version one (1) ADS-B or TIS-B messages, as defined in 3.1.2.8.6.2 and 3.1.2.8.7 respectively, when the navigation integrity category (NIC) is 10 or 11;

UTC measured time data shall have a minimum range of 300 seconds and a resolution of 0.0078125 (1/128) seconds.

5.2.3.5.2 NON-PRECISION LOCAL TIME REFERENCE

5.2.3.5.2.1 For receiving systems not intended to generate ADS-B and/or TIS-B reports based on reception of ADS-B or TIS-B messages meeting the NUC or NIC criteria as indicated in 5.2.3.5.1, a non-precision time source shall be allowed. In such cases, where there is no appropriate precision time source available, the receiving system shall establish an appropriate internal clock or counter having a maximum clock cycle or count time of 20 milliseconds. The established cycle or clock count shall have a minimum range of 300 seconds and a resolution of 0.0078125 (1/128) seconds.

Note.— The use of a non-precision time reference as described above is intended to allow the report time of applicability to accurately reflect the time intervals applicable to reports within a sequence. For example the applicable time interval between state vector reports could be accurately determined by a client application, even though the absolute time (e.g. UTC measured time) would not be indicated by the report.

5.2.3.6 REPORTING REQUIREMENTS

5.2.3.6.1 Reporting requirements for Type I Mode S extended squitter airborne receiving systems. As a minimum, the report assembler function associated with Type I Mode S extended squitter receiving systems, as defined in 5.2.3, shall support that subset of ADS-B and TIS-B reports and report parameters, that are required by the specific client applications being served by that receiving system.

5.2.3.6.2 Reporting requirements for Type II Mode S extended squitter airborne receiving systems. The report assembler function associated with Type II receiving systems, as defined in 5.2.3, shall generate ADS-B and TIS-B reports according to the class of the receiving system as shown in Table 5-4 when the prerequisite ADS-B and/or TIS-B messages are being received.

5.2.3.6.3 Reporting requirements for Mode S extended squitter ground receiving systems. As a minimum, the report assembler function associated with Mode S extended squitter ground receiving systems, as defined in 5.2.3, shall support that subset of ADS-B reports and report parameters, that are required by the specific client applications being served by that receiving system.

5.2.4 Interoperability

The Mode S extended squitter receiving system shall provide interoperability with both version 0 and version 1 extended squitter ADS-B message formats.

Note 1 — Version 0 and version 1 messages are defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Note 2 — Techniques for providing interoperability of version 0 and version 1 ADS-B message formats are described in the Manual on the Secondary Surveillance Radar (SSR) Systems (Doc 9684) and further information is provided in RTCA DO-260A, Appendix N.

5.2.4.1 INITIAL MESSAGE DECODING

The Mode S extended squitter receiving system shall, upon acquiring a new ADS-B target, initially apply the decoding provisions applicable to version 0 (zero) ADS-B messages until or unless an operational status message is received indicating version 1 (one) message format is in use.

5.2.4.2 APPLYING VERSION NUMBER

The Mode S extended squitter receiving system shall decode the version number information conveyed in the operational status message and shall apply the corresponding decoding rules, version 0 (zero) or version 1 (one), for the decoding of the subsequent extended squitter ADS-B messages from that specific airborne or vehicle.

5.2.4.3 HANDLING OF RESERVED MESSAGE SUBFIELDS

The Mode S extended squitter receiving system shall ignore the contents of any message subfield defined as reserved.

Note. — This provision supports interoperability between message versions by allowing the definition of additional parameters that will be ignored by earlier receiver versions and correctly decoded by newer receiver versions.

TABLES FOR CHAPTER 5

Table 5-1. ADS-B Class A equipment characteristics

Equipment class	Minimum transmit power (at antenna terminal)	Maximum transmit power (at antenna terminal)	Airborne or surface	Minimum extended squitter message capability required (see Note 2)
A0 (Minimum)	18.5 dBW (see Note 1)	27 dBW	Airborne	Airborne position A/C identification and type Airborne velocity A/C operational status Extended squitter A/C status
A1 (Basic)	21 dBW	27 dBW	Airborne	Airborne position A/C identification and type Airborne velocity A/C operational status Extended squitter A/C status
A2 (Enhanced)	21 dBW	27 dBW	Airborne	Airborne position A/C identification and type Airborne velocity A/C operational status Extended squitter A/C status Reserved for target state and status
A3 (Extended)	23 dBW	27 dBW	Airborne	Airborne position A/C identification and type Airborne velocity A/C operational status Extended squitter A/C status Reserved for target state and status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
			Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status

Note 1. — See Chapter 3, 3.1.2.10.2 for restrictions on the use of this category of Mode S transmitter.

Note 2. — The extended squitter messages applicable to Class A equipment are defined in Version 1 of extended squitter formats of the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Table 5-2. ADS-B Class B equipment characteristics

Equipment class	Minimum transmit power (at antenna terminal)	Maximum transmit power (at antenna terminal)	Airborne or surface	Minimum extended squitter message capability required
B0 (Airborne)	18.5 dBW (see Note 1)	27 dBW	Airborne	Airborne position A/C identification and type Airborne velocity A/C operational status Extended squitter A/C status
B1 (Airborne)	21 dBW	27 dBW	Airborne	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
B2 Low (Ground Vehicle)	8.5 dBW	< 18.5 dBW (see Note 2)	Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status Extended squitter A/C status
B2 (Ground Vehicle)	18.5 dBW	27 dBW (see Note 2)	Surface	Surface position A/C identification and type A/C operational status
B3 (Fixed Obstacle)	18.5 dBW	27 dBW (see Note 2)	Airborne (see Note 3)	Airborne position A/C identification and type A/C operational status

Note 1.— See Chapter 3, 3.1.2.10.2 for restrictions on the use of this category of Mode S transponder.

Note 2.— The appropriate ATS authority is expected to get the maximum power level permitted.

Note 3.— Fixed obstacles use the airborne ADS-B message formats since knowledge of their location is of primary interest to airborne aircraft.

Table 5-3. Reception performance for airborne receiving systems

Receiver class	Intended air-to-air operational range	Receiver minimum trigger threshold level (MTL)	Reception technique	Required extended squitter ADS-B message support (see Note 3)	Required extended squitter TIS-B message support (see Note 4)
A0 (Basic VFR)	10 nmi.	-72 dBm (see Note 1)	Standard (See Note 2)	Airborne position Surface position Airborne velocity Airborne identification and type Extended squitter airborne status Airborne operational status	Fine airborne position Coarse airborne position Fine surface position Identification and type Airborne velocity Airborne velocity Management
A1 (Basic IFR)	20 nmi.	-79 dBm (see Note 1)	Enhanced (See Note 2)	Airborne position Surface position Airborne velocity Airborne identification and type Extended squitter airborne status Airborne operational status	Fine airborne position Coarse airborne position Fine surface position Identification and type Airborne velocity Airborne velocity Management
A2 (Enhanced IFR)	40 nmi.	-79 dBm (see Note 1)	Enhanced (See Note 2)	Airborne position Surface position Airborne velocity Airborne identification and type Extended squitter airborne status Airborne operational status Reserved for target state and status	Fine airborne position Coarse airborne position Fine surface position Identification and type Airborne velocity Airborne velocity Management
A3 (Extended capability)	90 nmi.	-84 dBm (and -87 dBm at 19% probability of reception – see Note 1)	Enhanced (See Note 2)	Airborne position Surface position Airborne velocity Airborne identification and type Extended squitter airborne status Airborne operational status Reserved for target state and status	Fine airborne position Coarse airborne position Fine surface position Identification and type Airborne velocity Airborne velocity Management

Note 1.— Specific MTL is referenced to the signal level at the output terminal of the antenna, assuming a passive antenna. If electronic amplification is integrated into the antenna assembly, then the MTL is referenced at the input to the amplifier. For Class A3 receivers, a second performance level is defined at a received signal level of -87 dBm where 15 per cent of the messages are to be successfully received. MTL values refer to reception under non-interference conditions.

Note 2.— The extended squitter receiver reception techniques are defined in 5.2.2.4. “Standard” reception techniques refer to the baseline techniques, as required for ACAS 1090 MHz receivers, that are intended to handle single overlapping Mode A/C fruit. “Enhanced” reception techniques refer to techniques intended to provide improved reception performance in the presence of multiple overlapping Mode A/C fruit and improved decoder re-triggering in the presence of overlapping stronger Mode S fruit. The requirements for the enhanced reception techniques that are applicable to the specific airborne receiver classes are defined in 5.2.2.4.

Note 3.— The extended squitter messages are defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871). However, the target state and status message, as defined in the Manual on Mode S Specific Services (Doc 9688), is not yet at the same level of maturity as the other ADS-B messages.

Note 4.— The TIS-B messages are defined in the Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter (Doc 9871).

Table 5-4. Mode S extended squitter airborne receiving system reporting requirements

Receiver class	Minimum ADS-B reporting requirements	Minimum TIS-B reporting requirements
A0 (Basic VFR)	ADS-B state vector report (per 5.2.3.1.1) and ADS-B mode status report (per 5.2.3.1.2)	TIS-B state report and TIS-B management report
A1 (Basic IFR)	ADS-B state vector report (per 5.2.3.1.1) and ADS-B mode status report (per 5.2.3.1.2) and ADS-B air referenced velocity report (ARV) (per 5.2.3.1.3)	TIS-B state report and TIS-B management report
A2 (Enhanced IFR)	ADS-B state vector report (per 5.2.3.1.1) and ADS-B mode status report (per 5.2.3.1.2) and ADS-B ARV report (per 5.2.3.1.3) and Reserved for ADS-B target state report (per 5.2.3.1.4)	TIS-B state report and TIS-B management report
A3 (Extended capability)	ADS-B state vector report (per 5.2.3.1.1) and ADS-B mode status report (per 5.2.3.1.2) and ADS-B ARV report (per 5.2.3.1.3) and Reserved for ADS-B target state report (per 5.2.3.1.4)	TIS-B state report and TIS-B management report

FIGURE FOR CHAPTER 5

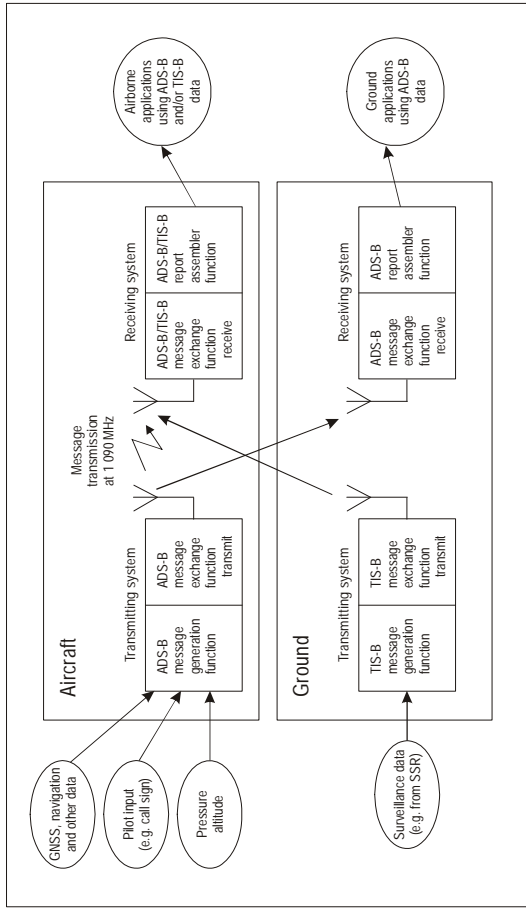


Figure 5-1. ADS-B/TIS-B system functional model

SSRモードSの占有周波数帯幅について

1 地上局設備の占有周波数帯幅の許容値

電波法施行規則第2条の規定によると、占有周波数帯幅とは「その上限の周波数をこえて輻射され、及びその下限の周波数未満において輻射される全平均電力がそれぞれ与えられた発射によって輻射される全平均電力の0.5%に等しい上限及び下限の周波数帯域」である。しかし、モードSの質問信号はパルスと位相変調の複合信号であるため、これを簡単な計算により求めることは難しいので、ICAOで規定している送信スペクトラムの許容範囲（図5.2-3）を尊重し、これから占有周波数帯幅を求めることにする。

図によると、少なくとも側帯波1波で0.5%(-23dB以下のスペクトラムレベル)を越えない周波数の範囲は、スペクトラムレベルが-19dB以下である±10MHzから-31dBになる20MHzの間であることから、エネルギーの99%が含まれる周波数範囲は±20MHz、即ち40MHzであると考えることができる。

一方、送信信号波形はICAO Annex 10, 3.8.2.1.4.2 に規定されているとうり、パルス波と4Mbit/s 位相変調(DPSK)の複合波で構成されるが、最も広帯域信号が発生するのはDPSKの位相反転部分である。Annex 10によれば、P6パルス内の位相反転部分は振幅変調成分を持たず、位相変化は単調であり、位相反転時間は0.08μs以内でかつ上記のスペクトラムを満足できるものであるとされている。

種々の位相反転時間でのスペクトラム計算例を別添1に示す。実際のスペクトラムはこれにパルスによる成分が重畳するので更に複雑になるが、Annex 10の規格は位相反転時間0.06μsから0.08μsの間で満足できることが予想される。

以上の考察により、質問信号の占有周波数帯幅の許容値は40MHz とすることが適当である。

2 トランスポンダの占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値はICAOが規定している送信スペクトラムの許容範囲（図5.2-5）によれば、少なくとも側帯波1波で0.5%(-23dB以下のスペクトラムレベル)を越えない周波数範囲はスペクトラムレベルが-40dB以上の±26MHzになる。しかし、CCIR Rep. 836によれば、立上がり/立下がり時間がパルス幅に対して非常に短い台形パルス波の周波数帯幅は次の式で求められるとしている。

$$B = 1.79 / (T \cdot T_r)^{1/2}$$

T: パルス幅(50%値)

T_r: 立上がり/立下がり時間(10-90%)

この式にモードS応答信号パルス波形の最少値(T=0.45μs、T_r=0.05μs)をあてはめて計算すると帯域幅は11.9MHzになる。同様の結果は、別添2に示す別の計算方法によっても得られる。

一方、モードA/C トランスポンダの占有周波数帯幅の許容値は、無線設備規則第45条別図第8号で14.5MHz が用いられており、モードS装置はモードA/C 装置を兼ねる場合があると考えられるので、同じ値を用いることにする。

3 DME等との間の干渉

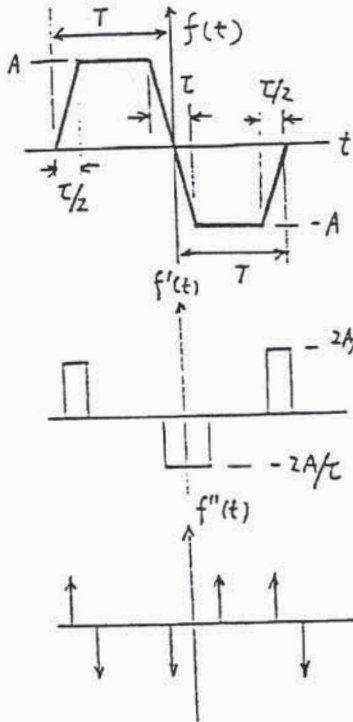
モードSの信号は現行のSSR モードA/C に比べて帯域幅が広いので、DME 等との干渉は従来に比べて幾分増加する可能性が考えられる。この点に関しては、DABSのシステム設計時点で、解析と実験によりDME/N に対する影響は軽微であることが確かめられ、モードSの開発が進められた。

その後確立されたDME/P に関しては、受信帯域が拡大すること及び高精度を狙う必要などからDME/N とは同じようにはならないことが分った。しかしDME/P とSSR モードSとの最少周波数間隔を広くとるなど、別添3のようなチャンネル割当て上の配慮により、SSR モードSとDME 間の干渉問題は避けられるとしている。この考え方はICAO SICASパネル第2回会議において米国の寄与文書をもとに討議され、国際的な了解事項となっている。

別添 1

DPSK 変調波のスペクトラム

(1) DPSK 波形モデル



$$f''(t) = \frac{2A}{\tau} \left[\delta(t+T) - \delta(t+T-\frac{\tau}{2}) - \delta(t+\frac{\tau}{2}) + \delta(t-\frac{\tau}{2}) + \delta(t-T+\frac{\tau}{2}) - \delta(t-T) \right]$$

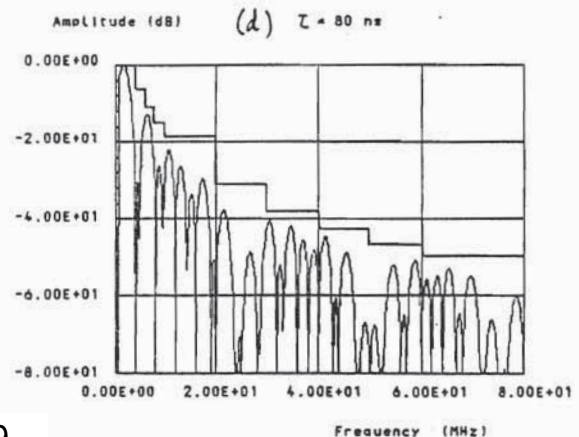
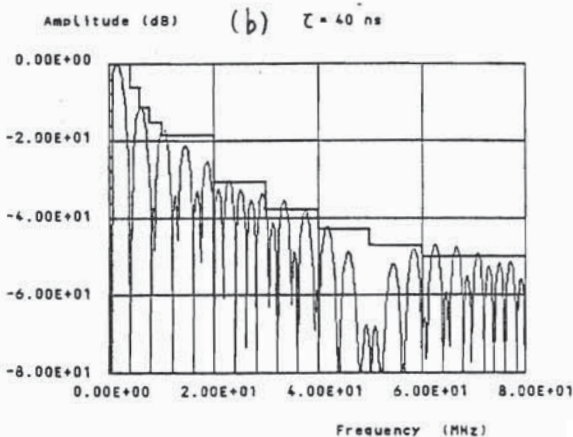
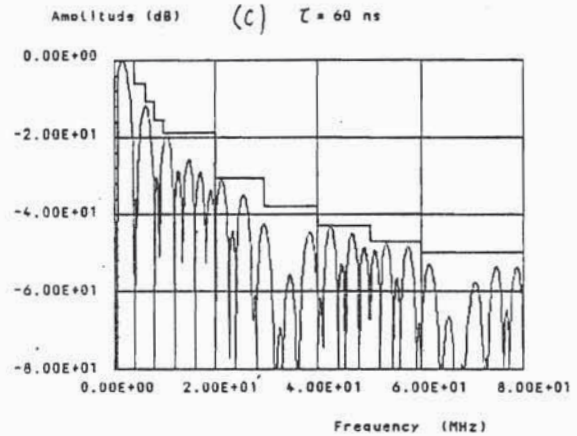
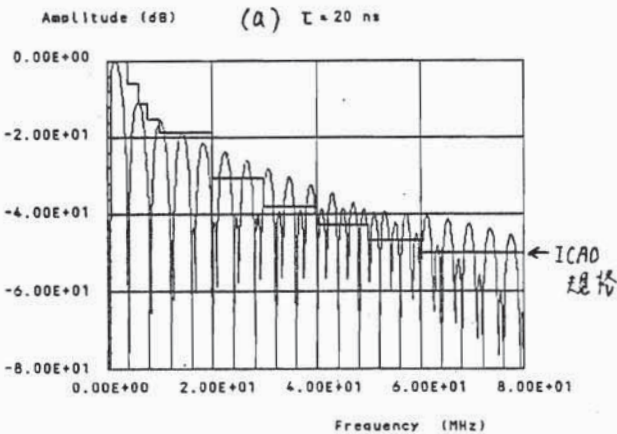
$$\frac{d^n}{dt^n} f(t) \leftrightarrow (j\omega)^n F(\omega), \delta(t-t_0) \leftrightarrow e^{j\omega t_0} \delta(\omega)$$

$$F(\omega) = -\frac{2A}{\tau\omega^2} \left[e^{j\omega T} - e^{j\omega(T-\frac{\tau}{2})} - e^{j\omega\frac{\tau}{2}} + e^{j\omega\frac{\tau}{2}} + e^{j\omega(T-\frac{\tau}{2})} - e^{j\omega T} \right]$$

$$= -j \frac{4A}{\tau\omega^2} \left[\sin(\omega T) - \sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) - \sin\left\{\omega\left(T-\frac{\tau}{2}\right)\right\} \right]$$

但し、 δ はデルタ関数である。

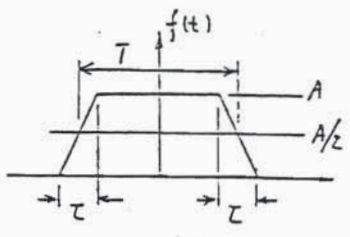
(2) $T = 0.25 \mu s$ での計算結果



別添 2

台形波パルスの占有帯域幅

(1) モデル波形



$$F(f) = AT \cdot \frac{\sin(\pi T f)}{\pi T f} \cdot \frac{\sin(\pi \tau f)}{\pi \tau f}$$

(2) BT積の中に含まれる電力の割合

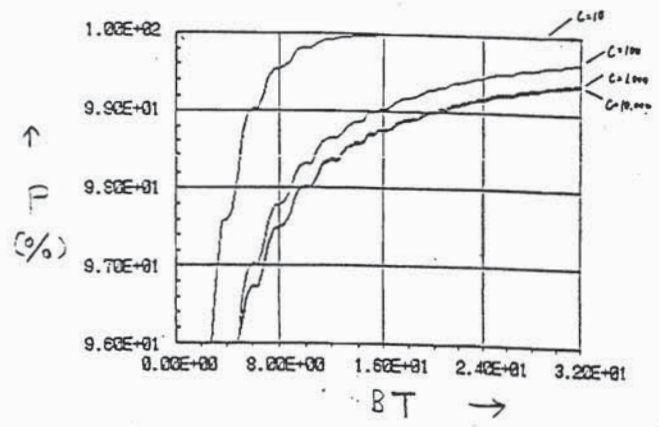
全送信電力に対するBT積の中に含まれる電力の割合をPとすると

$$P = \frac{\int_{-B/2}^{B/2} F^2(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} F^2(f) df} \times 100 (\%) = \frac{100}{\pi(1 - \frac{1}{3C})} \int_{-\pi TB/2}^{\pi TB/2} \left(\frac{\sin x}{x} \cdot \frac{\sin(x/c)}{x/c} \right)^2 dx$$

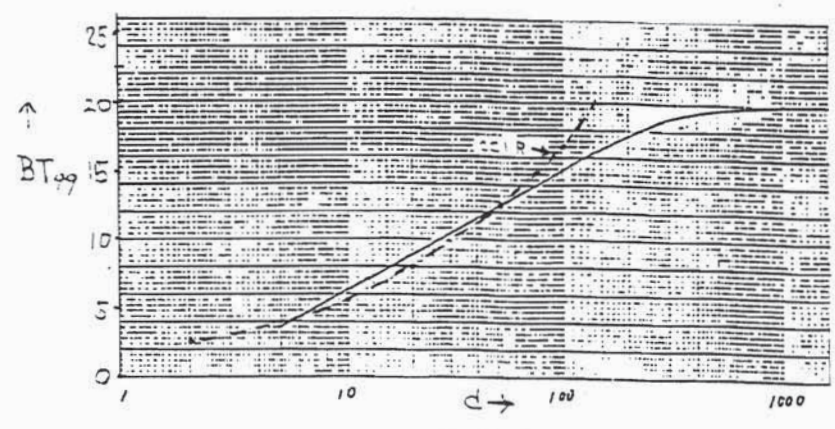
但し $C = T/\tau$ とする。

となる。

これを計算すると
右図の様になる



(3) Cに対する99%帯域幅



ここで $T = 0.45 \mu s$ 、 $\tau = 0.05 \mu s$ とすれば $C = 0.45 / 0.05 = 9$ 、 $BT_{99} = 6$ であるから $B = 13.3 \text{ MHz}$ となる。

別添 3

DMEのチャンネルの割当て状況(一部)

質問	回答
No. 1 X 1025 MHz	米国では4~10 MHz離している。 ・ ICAOチャンネル表ではDME/N 国内用として認めている。 ・ 5 MHz以上離しての免許が一般的 これ以上をDME/Pに割り当てる(ILS,MLS と組で)。
No. 6 X 1030MHz	
Y1091 MHz X 967 MHz	
No.17 X 1041 MHz	

ICAOの国際用チャンネル表によれば、上記のようにDME/Pとの間には少なくとも10MHz以上の周波数間隔があることとなる。上表に掲げたほかに70ch付近、126ch付近にも近接する割り当てがある。