

920MHz帯 アクティブ小電力無線システム 技術的条件案

2011年4月4日

ユビキタスネットワーキングフォーラム

電子タグ高度利活用部会 無線通信専門委員会

UHF帯電子タグシステム標準化WG

概要

- 920MHz帯を利用するアクティブ小電力無線システムの技術条件案を提案する。

条件見直しの概要

■ 技術的条件の見直し

- アクティブ系小電力無線システムの特徴である「パケット通信」に適した条件とし、システムの共用性を高める。
- 国際協調やパッシブシステムとの共用を考慮したチャネルプランとする。

■ 送信出力の見直し

- 低出力無線局を、ETSIのSRD案に合わせて20mWとする。
- 中出力無線局として、パッシブシステムで実用実績のある250mWを追加する。

詳細条件

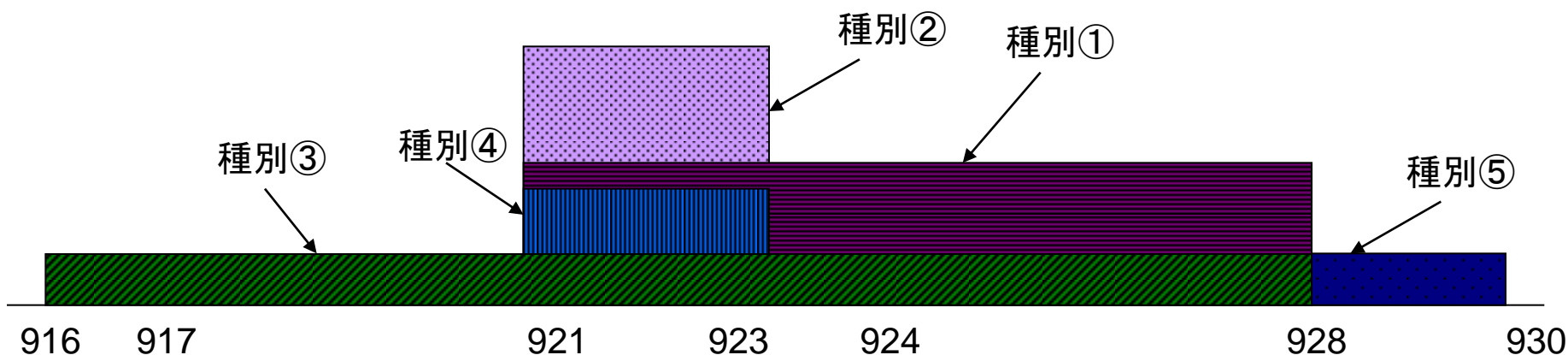
チャンネルプラン

■ 基本チャンネル

- 種別① 低出力チャンネル 20mW
- 種別② 中出力チャンネル 250mW

■ 各種システムとの共用のための措置

- 種別③ 国際物流向け措置 1mW
- 種別④ パッシブ共用措置 10mW
- 種別⑤ リモコン共用措置 1mW



種別①② 低・中出力チャネル

- 周波数 : 920.5 ~ 928.1MHz
- 主な用途 : センサーネットワーク、スマートメータ用途
- 空中線電力 : **20mW**以下(920.5~928.1MHzの場合)
250mW以下(920.5~923.5MHzの場合)
- 空中線利得 : 3dBi以下
- チャネル : 200kHz × n (n=1~5)
- 915-930MHz不要発射 : -36dBm(空中線電力が20mW以下の場合)
-29dBm(空中線電力が20mWを超える場合)
- 隣接チャネル漏洩 : -15dBm(空中線電力が20mW以下の場合)
-5dBm(空中線電力が20mWを超える場合)
- キャリアセンスレベル : -80dBm
- 共用条件 :

キャリアセンス時間	最大送信時間	休止時間	送信時間総和
128μs 以上	400ms以下	<ul style="list-style-type: none"> ● 送信時間が6msを超える場合 : 2ms ● 6ms以下 : 休止時間無し 	1時間あたりの送信時間の総和が360秒以下(デューティ10%以下)

種別③ 国際物流向け措置

- 周波数： 915.9～928.1MHz
- 主な用途： 国際物流向け
- 空中線電力： **1mW**以下
- 空中線利得： 3dBi以下
- チャンネル： 200kHz × n (n=1～5)
- 915-930MHz不要発射： -36dBm
- 隣接チャンネル漏洩： -26dBm
- 共用条件：

キャリアセンス時間	送信時間制御	送信時間総和
キャリアセンスなし	100ms以下送信後、100ms以上停止	1時間あたりの送信時間の総和が3.6秒以下(0.1%以下)

- 補足： ⇒ARIB STD T96 v2.0に規定
 - RFIDミラーサブキャリア方式のタグ応答チャンネルの保護の観点から、915.9～916.9 MHz(図C)は国際物流向けに使用可能とし、916.9～920.5 MHz(図D)は当面使用は想定しない。
 - チャンネルC,Dの条件案は、パッシブSWGにて継続検討中。

種別④ パッシブ共用措置

- 周波数 : 920.5～ 923.5MHz
- 主な用途 : テレメータ・テレコントロール、タグシステム向け
- 空中線電力 : **10mW**以下
- 空中線利得 : 3dBi以下
- チャンネル : 200kHz × n (n=1～5)
- 915-930MHz不要発射 : -36dBm
- 隣接チャンネル漏洩 : -18dBm
- キャリアセンスレベル : -75dBm
- 共用条件 :

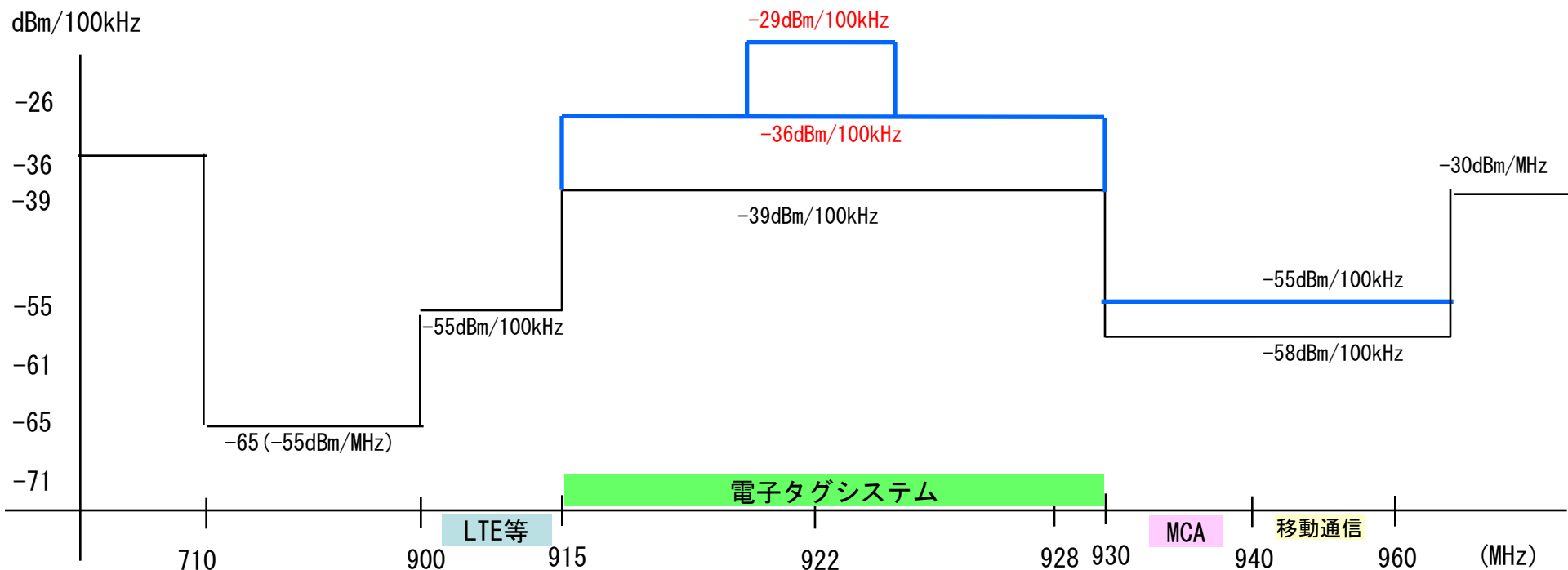
キャリアセンス時間	送信時間制御	送信時間総和
10ms以上	1s以下送信後、100ms以上停止	規定なし

種別⑤ リモコン共用措置

- 周波数 : 928.1 ~ 929.7MHz
- 主な用途 : リモコン向けチャネル
- 空中線電力 : 1mW以下
- 空中線利得 : 3dBi以下
- チャネル : 100kHz × n (n=1~5)
- 帯域内不要発射 : -36dBm
- 隣接チャネル漏洩 : -26dBm
- キャリアセンスレベル : -80dBm
- 共用条件 :

キャリアセンス時間	送信時間制御	送信時間総和
無し	送信時間50ms以下 休止時間100ms以上	規定無し
128us以上	送信時間1s以下 休止時間50ms以上	1時間あたりの送信時間の総和が1800秒以下 (デューティ50%以下)

アクティブの不要発射の許容値の規定



— 緩和案
— 現行 (利得3dBi以下)

補足資料

空中線電力の説明

■ 20mW

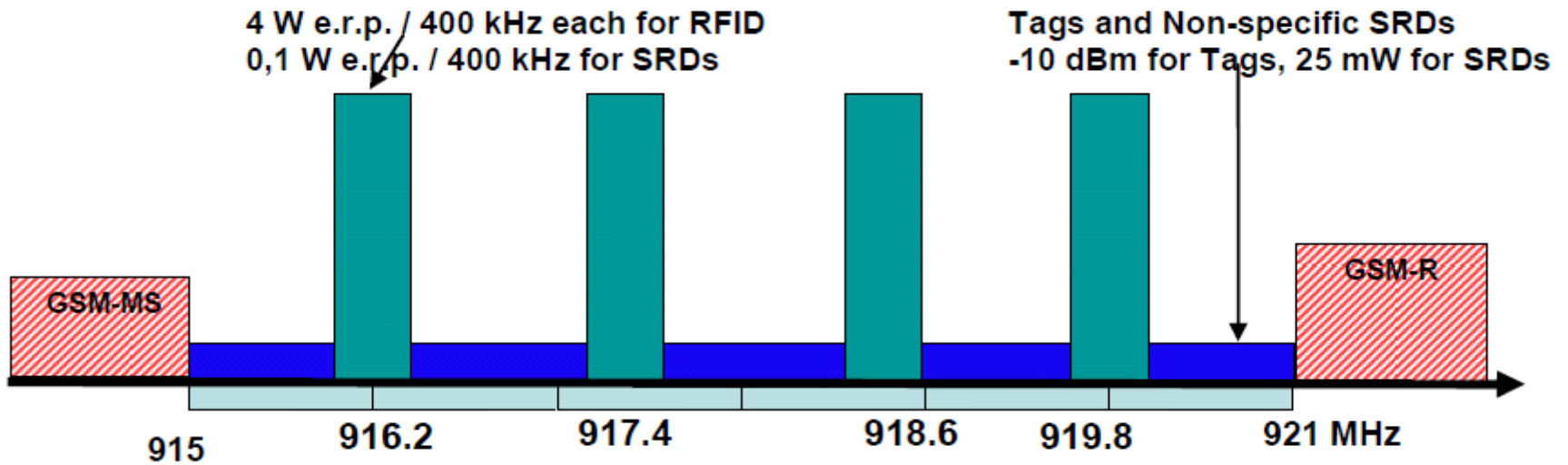
- ETSIの915MHz帯では、SRDとして25mW(erp)が議論されている。アンテナ利得3dBiとすると、空中線電力20mW程度に相当する。ETSIとの国際協調性を考慮して、20mWとする。

■ 250mW

- パッシブシステムとして既に250mWの運用がされており、アクティブシステムとしても同等の空中線電力を規定することで、郊外における中継機等の利用が有効になる。
- 内蔵アンテナを基本とするスマートメータのパイプシャフト間通信において、250mWを用いると安定した通信が可能となる実験結果もある。

(参考)空中線電力① 20mW

ETSI TR 102 649-2 V1.1.1 (2008-09)



(参考) 空中線電力② 250mW

■ パイプシャフト(PS)間通信

- 測定結果より、隣接するPS間通信の中には、マージンが十分取れないケースあり。
(受信電力が-90dBm程度)
- 内蔵アンテナ化するとアンテナ利得が低下するため、高出力化で補う必要がある。
- 試算
 - ▶ 内蔵アンテナ化によるアンテナ利得の損失: 10dB (1アンテナ当り)
(所要出力値) = 4dBm + 10dB x 2 = 24dBm (250mW)

測定機器 緒元

機能	仕様
無線部	周波数帯: 950MHz 無線規格: IEEE802.15.4d 変調方式: GFSK 通信速度: 100kbps 送信出力: 3~4dBm 受信感度: -100dBm
アンテナ	外付けロッドアンテナ(2.14dBi)

測定場所



測定結果

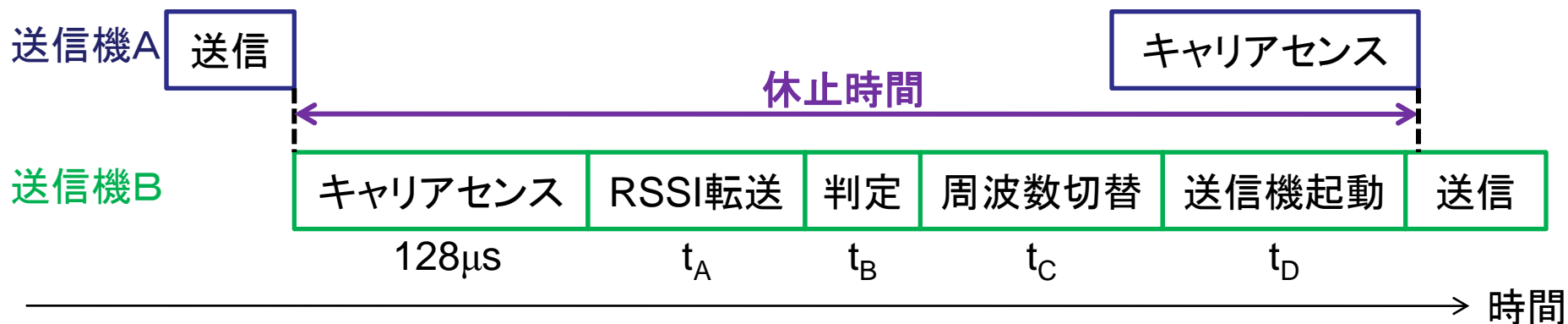
SRC	DST	RSSI
403	501	-96dBm
501	403	-96dBm
403	401	-86dBm
401	403	-86dBm
403	301	-93dBm
301	403	-92dBm
403	201	-92dBm
201	403	-84dBm
403	101	-73dBm
101	403	-86dBm

送信時間制御の説明① 最大送信時間

スマートメータ用無線規格であるIEEE802.15.4gにおいて、必須事項として規定されている以下の最大送信時間を利用できるようにする。

	ビットレート	SHR		PHY header [octet]	PHY payload [octet]	Max frame size	
		Preamble [octet]	SFD [octet]			[octet]	[msec]
15.4d BPSK	20kbps	4	1	1	127	133	53.2
15.4d GFSK	100kbps	4	1	1	127	133	10.64
15.4g FSK	50kbps	4	2	2	2047	2055	<u>328.8</u>
	100kbps	4	2	2	2047	2055	164.4

送信時間制御の説明② 休止時間



デバイス例	CC1100	MRF89XA	Si4430
t _A	160 µs	162 µs	160 µs
t _C	0 µs	400 µs	200 µs
t _D	9.6 µs	900 µs	
デバイス例	MSP430 (4MHz)	R8C (3.8MHz)	PIC16F (2 MHz)
t _B	40 µs	25 µs	180 µs

処理時間 約0.3~1.8ms

低電力(低速)デバイスとの共用には2ms程度の休止時間が望ましい

リモコン共用措置の条件① - キャリアセンスなし

干渉範囲の検討

送受信空中線利得3dBi, キャリアセンスレベル-75dBmとして

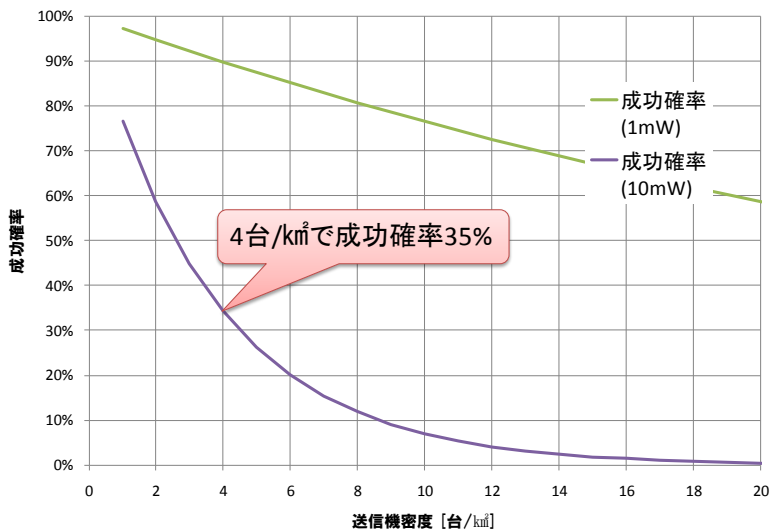
空中線電力	所要離隔距離	干渉範囲
1mW	291.2 m	26.6万m ²
10mW	920.7 m	266.3万m ²



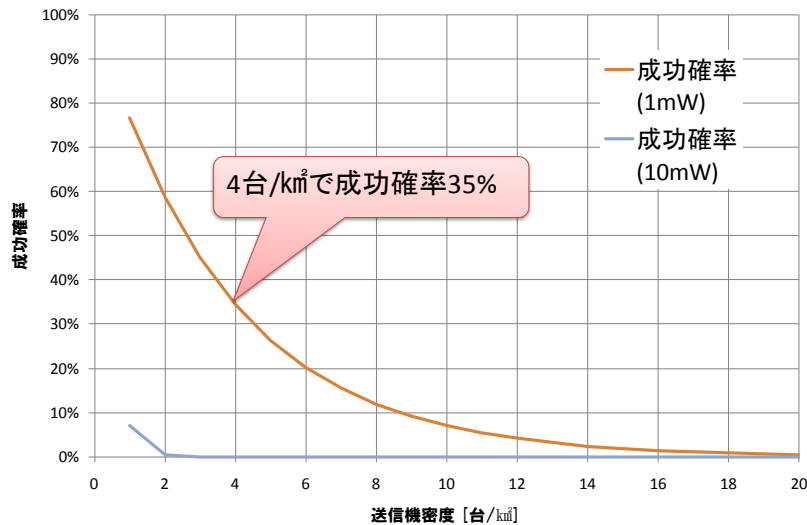
端末分布が同一なら
干渉範囲内の無線局
数は10分の1

通信成功確率(送信時間率)の検討

キャリアセンスシステムの送信成功確率(時間率10%)



pureALOHAシステムの伝送成功確率(時間率50%)



時間率50%で10mW／10%のキャリアセンスシステムと同等

リモコン共用措置の条件② - 送信時間と休止時間

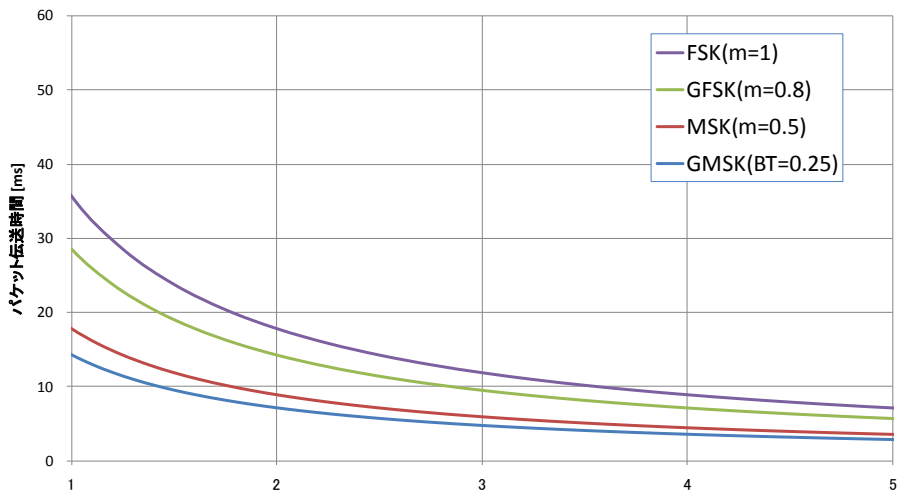
単信システムの想定用途

想定システム	動作の形態	伝送データ
リモコン等	数種の動作を操作者が選ぶ	ID+操作種別
見守り・物品管理等のアクティブタグ	IDデータの間欠送信	ID
位置・時刻等のビーコン送出機	アクティブタグに場所IDや時刻等を報知	ID+時刻情報等
報知型ワイヤレスセンサー等	センサー情報を定期的に報知	ID+センシングデータ

想定するフレーム構造と最大フレーム長

同期信号等	ID	データ	誤り検出等
64 bit	256 bit	512 bit	32 bit

同時使用チャネル数とパケット伝送時間



合計: 108byte

連続送信時間は
50ms程度必要

同時使用チャネル数 (n x 100kHz) (カーソン帯域の125%で近似)

	1919.6MHzを超えるもの: -47dBm/MHz	変更なし	
3.4 制御装置			
(1) 送信時間制限装置	ア【10ms】 電波を放射してから送信時間1秒以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間100msを経過した後でなければその後の送信を行わないものであること。 ただし、最初に電波を放射してから連続する1秒以内に限り、その放射を停止した後100msの送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。 その場合の再送信は最初に電波を放射してから連続する1秒以内に完了することとする。	【10ms】 中心周波数が 920.6MHz以上923.4MHz以下 の場合、電波を放射してから送信時間1秒以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間100msを経過した後でなければその後の送信を行わないものであること。 ただし、最初に電波を放射してから連続する1秒以内に限り、その放射を停止した後100msの送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。 その場合の再送信は最初に電波を放射してから連続する1秒以内に完了することとする。	種別④
	イ【128μs】 電波を放射してから送信時間100ms以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間100msを経過した後でなければその後の送信を行わないものであり、かつ、1時間当りの送信時間の総和が360秒以下であること。 ただし、最初に電波を放射してから連続する100ms以内に限り、その放射を停止した後100msの送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。 その場合の再送信は最初に電波を放射してから連続する100ms以内に完了することとする。	【128μs】以下の条件を満たすこと。 ① 中心周波数が 921.0MHz以上928.0MHz以下 の場合、電波を放射してから送信時間 400ms 以内にその電波の放射を停止し、1時間当りの送信時間の総和が 360秒 以下であること。 ただし、送信時間が 6ms を超える場合、送信休止時間 2ms を経過した後でなければその後の送信を行わないものであること。 ② 中心周波数が 928.15MHz以上929.65MHz以下 の場合、電波を放射してから送信時間 1s 以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間 50ms を経過した後でなければその後の送信を行わないものであり、かつ、1時間当りの送信時間の総和が 1800秒 以下であること。	条件①:種別①② 条件②:種別⑤
	ウ【キャリアセンス無し】 電波を放射してから送信時間100ms以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間100msを経過した後でなければその後送信を行わないものであり、かつ、1時間当りの送信時間の総和が3.6秒以下であること。 ただし、最初に電波を放射してから連続する100ms以内に限り、その放射を停止した後100msの送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。 その場合の再送信は最初に電波を放射してから連続する100ms以内に完了することとする。	【キャリアセンス無し】以下の条件を満たすこと。 ① 中心周波数が 916.0MHz以上928.0MHz以下 の場合、電波を放射してから送信時間 100ms 以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものであり、かつ、1時間当りの送信時間の総和が 3.6秒 以下であること。 ただし、最初に電波を放射してから連続する100ms以内に限り、その放射を停止した後100msの送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。 その場合の再送信は最初に電波を放射してから連続する100ms以内に完了することとする。 ② 中心周波数が 928.15MHz以上929.65MHz以下 の場合、電波を放射してから送信時間 50ms 以内にその電波の放射を停止し、送信休止時間 50ms を経過した後でなければその後の送信を行わないものであること。	条件①:種別③ 条件②:種別⑤
(2) キャリアセンス	ア 無線設備は新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。	変更なし	
	イ キャリアセンスは、電波を放射する周波数が含まれる全ての単位チャネルに対して行い、128μs以上行うものであること。	変更なし	
	ウ キャリアセンスレベルは、電波を放射しようとする周波数が含まれる全ての単位チャネルにおける受信電力の総和が給電線入力点において-75dBmとし、これを超える場合、送信を行わないものであること。	ウ キャリアセンスレベルは、電波を放射しようとする周波数が含まれる全ての単位チャネルにおける受信電力の総和が給電線入力点において -80dBm とし、これを超える場合、送信を行わないものであること。 ただし、3.4 (1) アの条件を満たす場合は、 -75dBm とする。	種別①②⑤:-80dBm 種別④:-75dBm
	エ 空中線電力1mW以下で使用するものであって、3.4 (1) ウに規定する送信時間制御の条件を満たす場合は、キャリアセンスの備付けを要さないこととする。	変更なし	
(3) 混信防止機能	通信する相手方を識別するための符号(識別符号)を自動的に送信し、又は受信するものであること。	変更なし	
3.5 筐体	空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。	変更なし	
3.6 電気通信回線との接続	(省略)	変更なし	
3.7 空中線			
空中線利得	3dB以下(絶対利得) ただし、等価等方輻射電力が絶対利得3dBの送信空中線に3.2 (1)で規定している空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。	変更なし	

920MHz帯電子タグシステム等の 技術的条件の検討について パッシブシステム編

平成23年4月4日

UNF UHF帯電子タグシステム標準化WG

パッシブSWG

920MHz帯電子タグパッシブシステム 基本的な考え方

- UHF帯電子タグシステム標準化WG方針遵守
- 国際競争力の確保
 - 高速複数読取性能の確保
 - リアルタイム性の確保
 - データリターンチャンネルの確保
 - ミラーサブキャリア方式の積極的採用
 - 高密度配置への対応
 - 機器の低価格化
 - マスク、スプリアス規格の緩和
(他システムの状況に合わせて規格緩和実施)
- 特定小電力無線局の技術基準見直し
 - 送信電力250mW の新規導入
 - 既存システム保護のため10mW局の確保
 - 特定小電力無線局として、12チャンネルを設定

920MHz帯電子タグシステム等の技術的条件

	パッシブタグシステム		
	構内無線局		特定小電力無線局①、②
局種	免許局	登録局	現簡易無線局相当及び 現特定小電力無線局の和
空中線電力	1W以下	1W以下	①250mW以下 ②10mW以下
空中線利得	6dBi以下	6dBi以下	3dBi以下
周波数帯(中心周波数)	917.0～920.6 MHz	917.0～921.0 MHz	917.0～922.2MHz
チャンネル幅	200kHz	200kHz	200kHz
チャンネル数	4ch	6ch	13ch (その他、アクティブとの共 用chは6ch)
無線チャンネル	-----	1～3	1～5
キャリアセンス時間	-----	5mS	5mS
キャリアセンスレベル	-----	-74dBm	①-74dBm ②-64dBm
最大送信時間	-----	4S	4S
送信後の停止時間	-----	50mS以上	50mS

UHF帯電子タグシステム標準化WG パッシブSWG（順不同）	
主査	社団法人日本自動認識システム協会
副主査	三菱電機株式会社
副主査	オムロン株式会社
委員	株式会社デンソーウエーブ
委員	富士通フロンテック株式会社
委員	日本電気株式会社
委員	リンテック株式会社
委員	大日本印刷株式会社
委員	日本アイ・ビー・エム株式会社
委員	ミツミ電機株式会社
委員	株式会社ウェルキャット
委員	株式会社日立製作所
委員	株式会社サトー
委員	東芝テック株式会社
委員	日本信号株式会社
委員	トッパン・フォームズ株式会社
委員	株式会社RFIDアライアンス
委員	NECエンジニアリング株式会社
委員	シャープマニファクチャリングシステム株式会社
委員	パナソニック株式会社

920MHz帯電子タグシステム等の
技術的条件の検討について
パッシブシステム編(詳細資料)

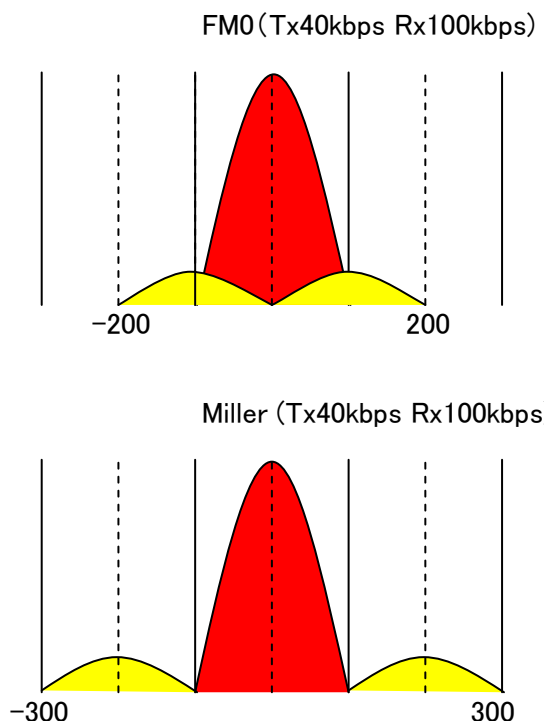
平成23年4月4日

UNF UHF帯電子タグシステム標準化WG

パッシブSWG

1. Millerサブキャリア方式の特長およびFM0方式との比較

Millerサブキャリア方式(下図下)は、同じ通信速度を実現するためにはFM0方式(下図上)の1.5倍の周波数帯域を必要とする。

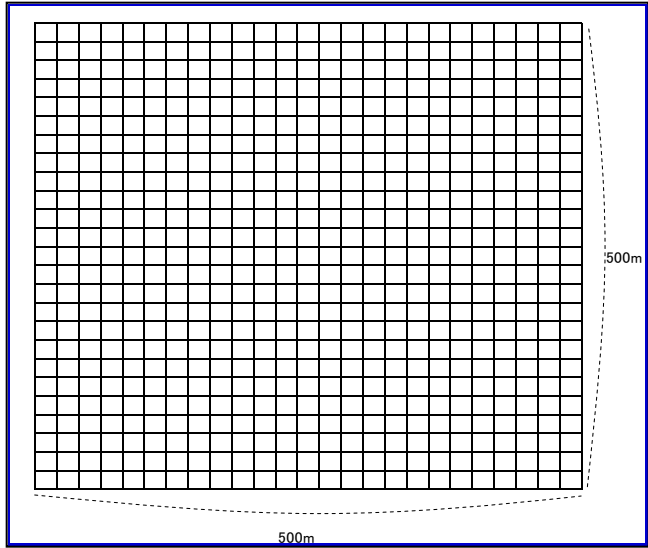


ただしリーダからの送信波(赤)の帯域とタグからの受信波(黄)の帯域が異なるため、複数のリーダ間で送受信帯域を統一してあれば、他のリーダの送信波(赤)によりタグからの受信波(黄色)をつぶされることがなくなる。

このため、リーダ同士を20m程度まで近づけても、同じチャンネルで同時にそれぞれタグ交信を行うことができる。(FM0は互いに数100m~kmオーダーで離さないとな複数のリーダが同じチャンネルで同時にタグ交信することができない。)

このため一見周波数利用効率が悪いように見えるMillerサブキャリア方式は、空間効率を勘案すると逆に利用効率が高い。

図. 送信40kbps・受信100kbpsを実現するためのFM0とMillerの比較図



例えばFM0方式のリーダーは500m四方に一台しか設置できない場合と、Millerサブキャリア方式のリーダーを20m四方に一台設置した場合で比較すると、左図の升目一つずつ配置することが出来るので計算上625倍の設置密度が可能と言う計算になる。(左図)

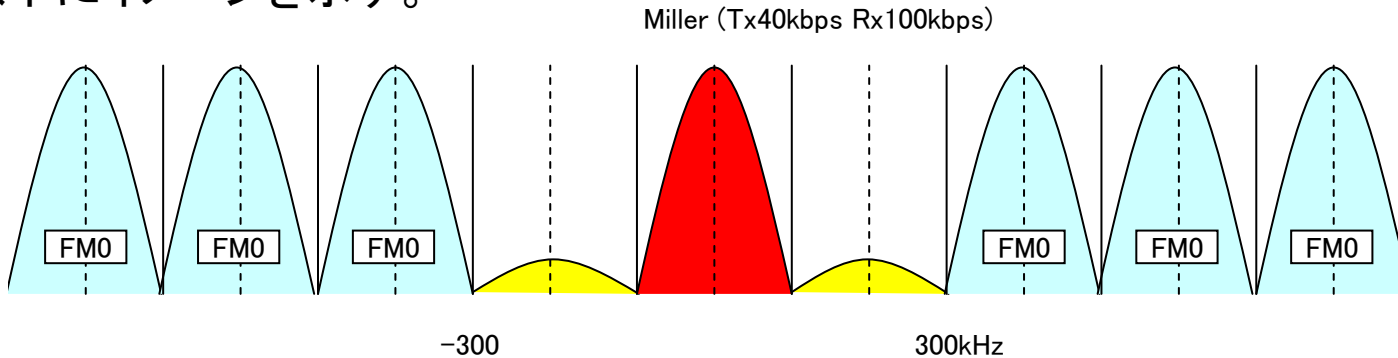
先の、同一速度に必要な利用周波数帯域幅比を勘案しても数100倍の効率(625÷1.5)を持つ。



現実には写真のように物流ゲート(リーダー)が隣立するアプリケーションでは、FM0ならばゲート数に近い数10チャンネルがないとLBT待ちが頻発して荷物がさしかかったタイミングでタグ交信することができず、満足に運用できないが、Millerサブキャリア方式ならば2~3チャンネルで全ゲートでの同時交信が可能となる。

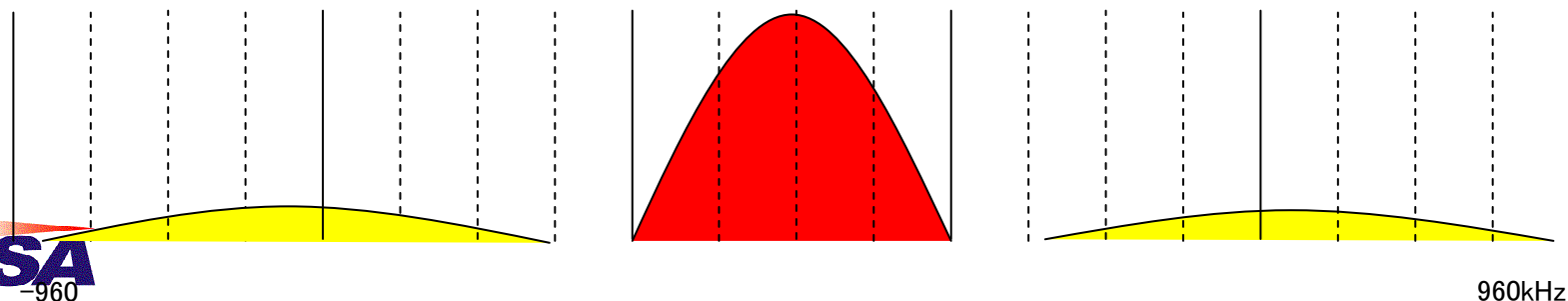
ISO18000-6C準拠のタグチップは全てFM0にもMillerサブキャリア方式に対応しており、リーダからのコマンドで選択することができる。また交信速度もリーダからのコマンドで制御できる。

例1) 現行の国内チャンネルプラン (ARIB) ではMillerサブキャリアを想定したチャンネルは送信200kHz + 受信200kHz (各サイド) のセットとなっている。ISO18000-6Cの規格ではこのチャンネルセットで実現できる限界は送信40kbps/受信100kbpsである。以下にイメージを示す。



一方現在EU (ETSI) で検討されているチャンネルプランは送信400kHz、受信800kHz (各サイド) のセットとなっている。同規格のMillerサブキャリア方式での最高速度 (送信80kbps/受信320kbps) を実現することを目的としている。

Miller (Tx80kbps Rx320kbps)



2. パッシブRFIDチャンネルプランにおける 200kHzバンド幅選択理由

背景

- ETSIでは920MHz帯にUHF帯パッシブRFIDの拡張帯域の新設を検討しており、ここでは高速通信を目的に400kHz幅のチャンネルを1.2MHz離調で配置する案を検討している。ただし従来の200kHzチャンネル帯を別途860MHz帯に残しているため920MHz帯は高速通信専用とすることができている。
- 一方日本は一つの帯域にすべてのニーズを集約する必要があるため、ETSIと同じく高速通信を追求する一方で、200kHzチャンネルの低速通信も同時に実現するという、日本事情に最適なプランを用意する必要がある。

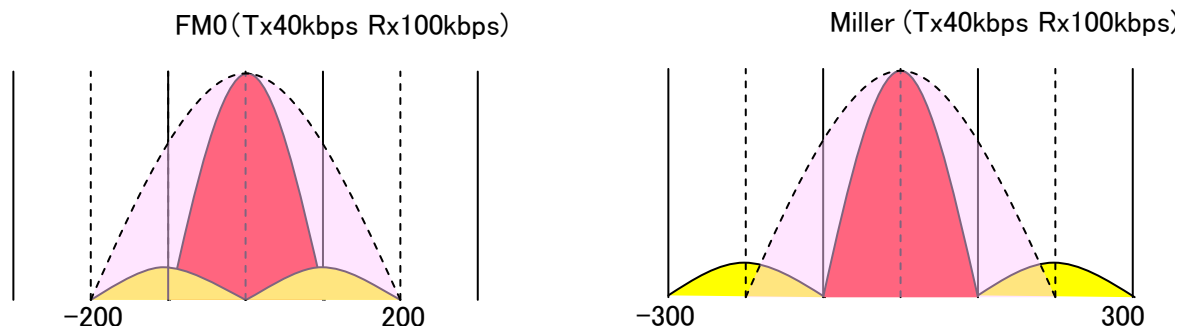
検討結果

- 400kHz/200kHz各案についてSWGで技術検討した結果、以下の理由により日本では200kHzチャンネル幅を採用することを提案する。
 - ・ 200kHzでも1.2MHz離調であれば十分な性能を出せるチャンネルプランが組める
 - ・ 200kHzであれば免許局と免許不要局がチャンネルを共有できる(有効活用・バランス型のチャンネルプランが可能)、
 - ・ 200kHzであっても高速通信を目的とし、1.2MHz離調での周波数ダイバーシティを持ち、周波数エリアを共有している、という点で欧州(ETSI)協調を実現している
 - ・ 400kHzチャンネルの技術検証が国内で行われていない

詳細(1)

250mW LBT局(200kHz)とのバランス

- 400kHzの帯域は高速帯域専用となり、200kHzで低速通信を行う250mWの中出力や10mWの特小リーダはこの帯域を使うことができない。



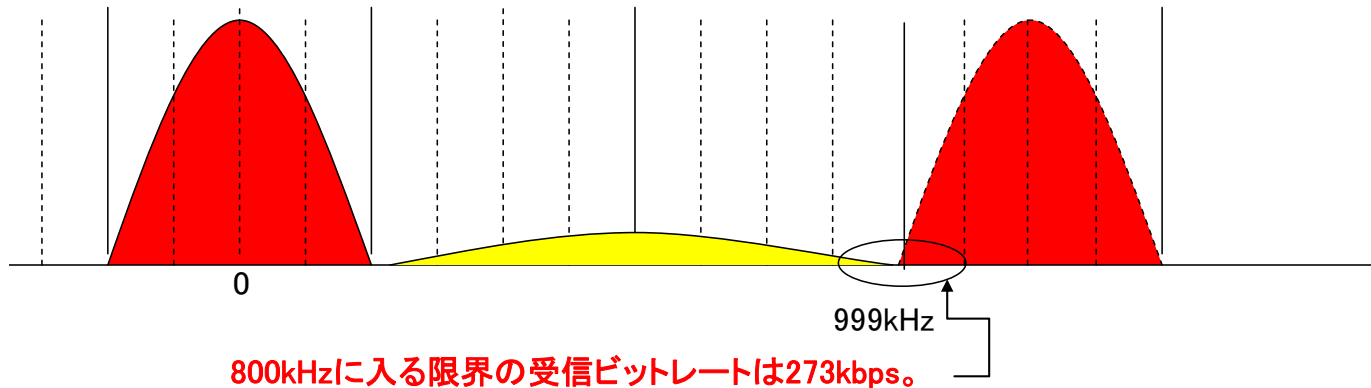
- 中出力区分は今回免許不要の「特小」区分に変更できることが見込まれており、国内におけるUHF帯RFID普及の鍵と考えられている。
- しかし免許不要である以上、LBTを必要とするため、チャンネル数が少ないとLBT待ちが多く発生し、これら免許不要局の使い勝手が低下する。
- 高速通信向け帯域を200kHz幅にすれば、LBT局用のチャンネル数を増やすことができ、「新」特小リーダを持つメーカーの事業発展に寄与する。

詳細(2)

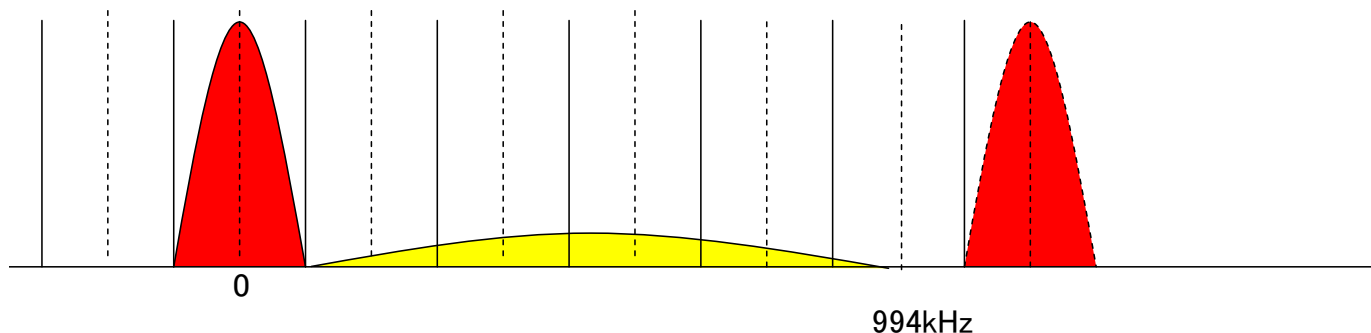
受信ビットレート比較

- タグに許容されている周波数偏差を勘案すると、400kHzチャンネル幅のETSI検討プランでも、パッシブSWG提案の200kHzチャンネル幅プランも同等のと受信ビットレートは272~273kbpsが得られる。

400kHzチャンネル案: 現実Rx最大(偏差22%考慮) (Tx140kbps Rx273kb)



200kHzチャンネル案: 現実Rx最大(偏差22%考慮) (Tx70kbps Rx272kb)



200kHzプランの送信ビットレート限界が70kbpsと仮定すると、規格上受信ビットレートの上限は272kbpsとなり、400kHzプランと変わらない。

詳細(3)

性能比較

性能比較

前ページで割り出した各プランのビットレートを用いて、物流ゲートアプリケーションのケーススタディを行う：

パッシブRFIDの代表的なアプリケーション「物流ゲート」では、ゲートを通った瞬間に荷物に貼付されたタグを一括読取する。国内事例における一括読取枚数は、従来は100枚(段ボール100個)程度であったが、近年はパレット等リターンブル容器の一括読取が200~300枚を求められるようになり、現行チャンネルプランでは限界にきている。また海外では数百枚を越える読み取りが行われており、国際競争力、およびアプリケーションの国際協調のためには現行以上の高速通信を可能とする必要がある。

下表では、現行チャンネルプラン、提案の200kHzプラン、ETSI検討中のプラン、無制限(干渉覚悟でチャンネルプラン無視)の各性能を記す。Millerの送信チャンネルを1.2MHz離調にすることでETSIが行っている実験レベル(個品400個読み)は200kHzでも実現できることがわかる。ETSIプランは論理的には更に30%性能を上げることができるので、他の側面とのトレードオフを見極めて採否を検討する。なお「無制限」のケーススタディはISO18000-6Cでの限界性能を示している。米国では干渉覚悟でこのような通信を単独のゲートで行うこともある。

物流ゲート シナリオ	読取 対象 枚数	通過 時間 (秒)	必要 読取 確率	必要 読取 回数	必要 読取 レート (枚/秒)	読み取りレート比較(論理値) (枚/秒)			
						送信200kHz 受信200kHz(片側) ※現行日本方式	送信200kHz 受信1000kHz(片側) ※200kHzプラン	送信400kHz 受信800kHz(片側) ※ETSIプラン	送信400kHz 受信1280kHz(FM0) ※無制限・無干渉
						Tx70(kbps) Rx89(kbps)	Tx70(kbps) Rx272(kbps)	Tx140 Rx273(kbps)	Tx140 Rx640(kbps)
						170-220	350-450	470-590	720-920
従来(段ボール)	100	4	99.8%	4	100	170-220	350-450	470-590	720-920
近年(リターンブル容器)	250	4	99.8%	4	250	170-220	350-450	470-590	720-920
海外(個品:ETSI実験)	400	4	99.8%	4	400	170-220	350-450	470-590	720-920
海外(個品)	700	4	99.8%	4	700	170-220	350-450	470-590	720-920

※ 赤 は要件未達を表す。

パッシブSWG結論：現行プランと200kHzプランとの間は事業上決定的な差があるが、200kHzプランとETSI型プランとの差異は事業上決定的となるケースは少ないと見込まれる。