

VHF帯加入者系無線システム 高度化技術および技術的条件 のご提案

2019年10月10日

日本電信電話株式会社

- 現行のVHF帯加入者系無線システム（以下、**現行システム**と呼ぶ）は、**60MHz帯においてアナログ方式**を採用して、**最大3回線の電話回線（専用線）**を提供してきた。
 - 現行システムは、旧スプリアス規格で運用している無線局であるため、**経過措置期限**までに、**デジタル化・高度化**したVHF帯加入者系無線システム（以下、**高度化システム**と呼ぶ）へ更改を予定している。
 - 周波数利用効率の向上や現行システムの高度化を考慮して、下記①～③の**技術**を採用する。
 - さらに、**他の加入者系無線システム**※においても、経過措置期限や無線装置の老朽化などを勘案して、高度化システムへ**一部更改**を予定している。
- ① 狭帯域化技術
 - ② 時分割複信方式
 - ③ 適応変調技術

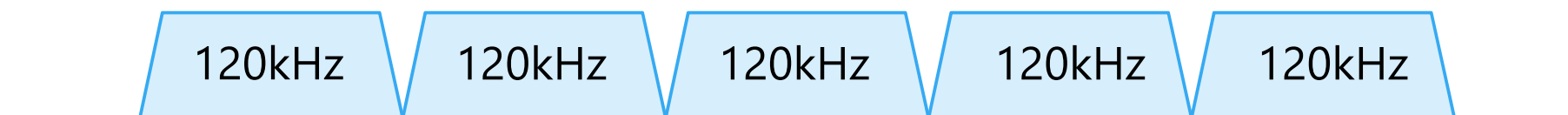
- 現行システムや他の加入者系無線システムを、高度化システムへ更改するにあたり、周波数利用効率を向上しつつ、**3回線以上の電話回線**を実現することが必要。
- 現行システムと同様、**中継方式を採用することなく**、更改対象のルートへ回線提供することが必要。
- 監視制御のための制御回線（以下、**制御回線**と呼ぶ）は、主信号である電話回線（専用線）に影響することなく伝送。
- 更改対象のルートの**最遠距離は約50km**であることから、高度化システムで順守すべき回線品質として、以下のように定義。

50km地点において、電話回線（専用線）を3回線提供及び制御回線を提供可能であること

① 狭帯域化技術

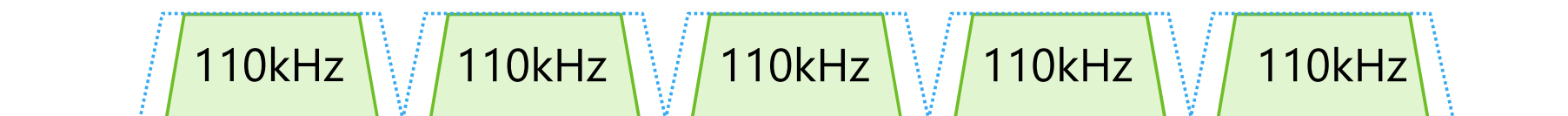
- 現行システムの占有周波数帯幅は120kHzである。デジタル化においては、帯域外漏えい電力の抑制を目的として**占有周波数帯幅110kHz以下**に狭帯域化を提案する。

<現行システム>



狭帯域化

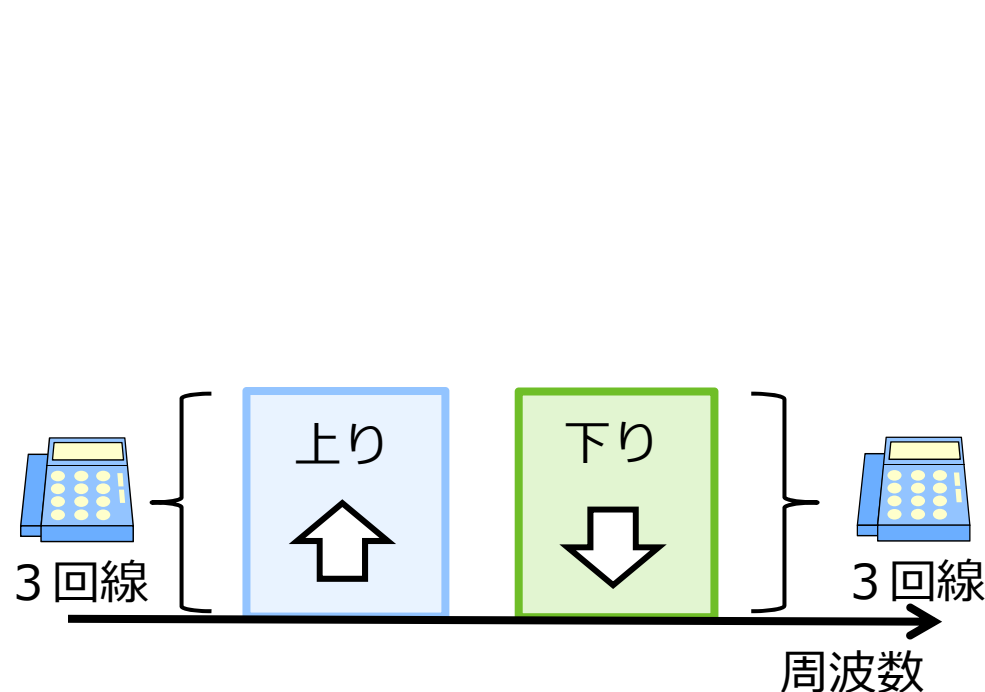
<高度化システム>



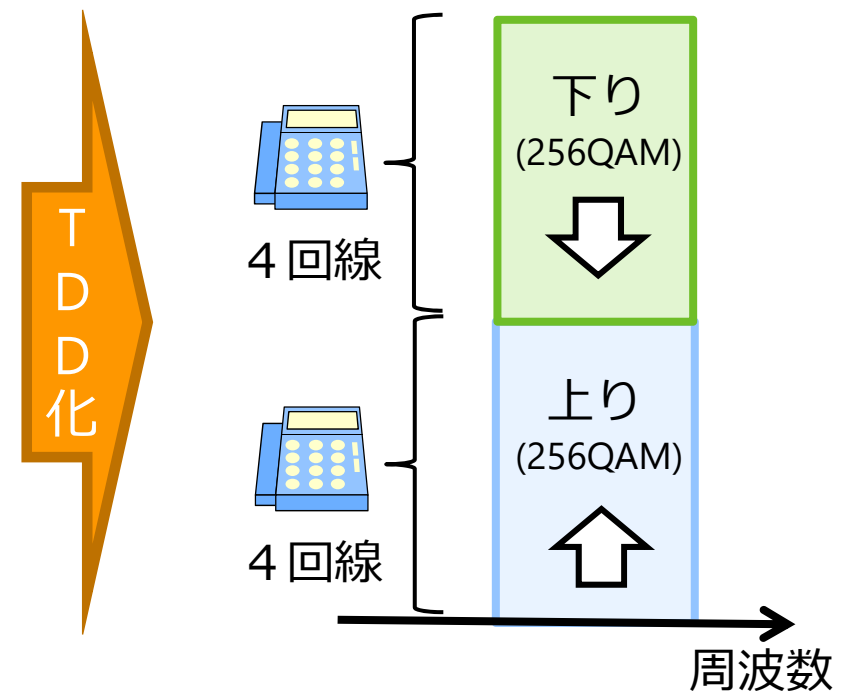
②時分割複信方式

- 現行システムは周波数分割複信方式（FDD）を採用していたが、**時分割複信方式（TDD）**を採用し、さらに、**256QAMの採用**により、**現行以上の電話回線数の提供**を可能とすることで、周波数利用効率向上を実現する。

<現行システム>



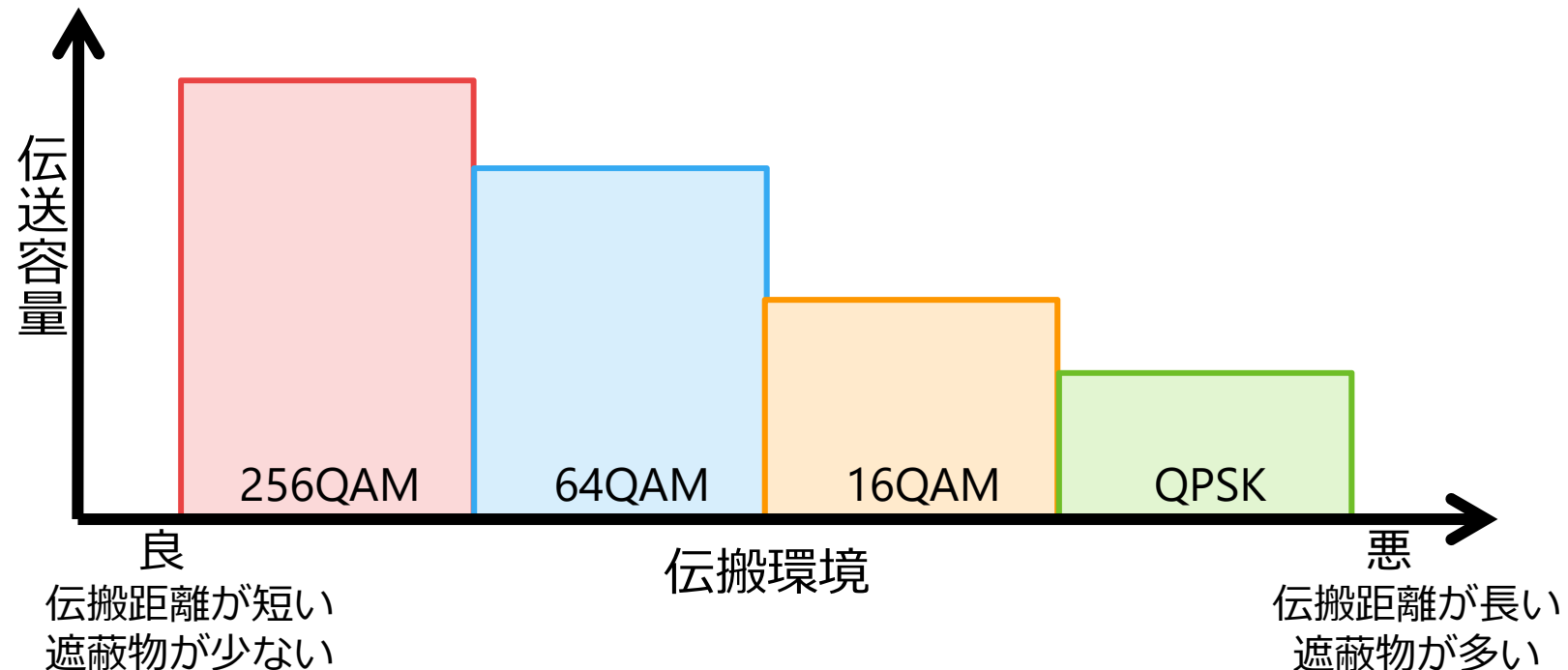
<高度化システム>

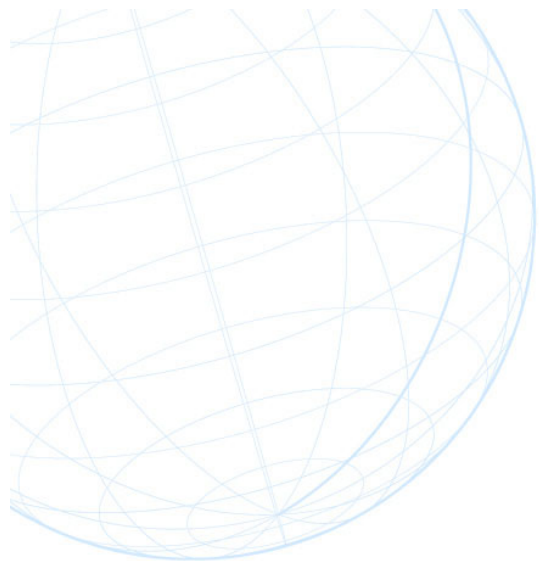


③ 適応変調技術

- 無線局を運用する場所は、通信距離が数十kmにわたり、山間部や海上などの見通し外も含む、多様な伝搬環境であることから、電波の伝搬環境の状態変動を吸収して通信品質を確保するために、変調多値数を自動的に変更する**適応変調技術**を採用する。

<高度化システムのみ>





高度化技術に関する技術的条件

送信電力（案）

- 前提条件である、50km地点で電話を3回線（制御回線含む）提供として、回線設計例を実施した。
- 現行の20Wから**10Wへ低減**し与干渉の影響を軽減する。

項目	記号	単位	数値	備考
無線周波数	f	MHz	60	
送信電力	Pt	dBm	40	10W
送信アンテナ高	ht	m	12	
送信給電線損失	Lft	dB	3	
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8	3素子八木アンテナ
受信アンテナ高	hr	m	6	
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5	
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8	3素子八木アンテナ
伝搬距離	d	km	50	
伝搬損失	L	dB	128.2	ITU-R勧告P.1812-3
変動値	Lv	dB	0	最大10dB
受信電力設計値	Pr	dBm	-77.7	Pt-Lft+Gt-L+Gr-Lfr
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0	電話3回線+制御回線

空中線利得（案）

- 現行システムは、見通し外通信で数十km地点へ回線を提供している。
- このルートへ回線提供する場合、装置の小型化・省電力化を考慮すると、**送信出力は上げず、高利得アンテナを適用**するのが適当であると考える。
- ただし、高利得アンテナの適用時には、他のシステムとの干渉を考慮する必要がある。
- 同様の周波数帯を活用する、ARIB STD-T86（市町村デジタル同報通信システム）を参考に、下記の通り技術的条件を提案する。

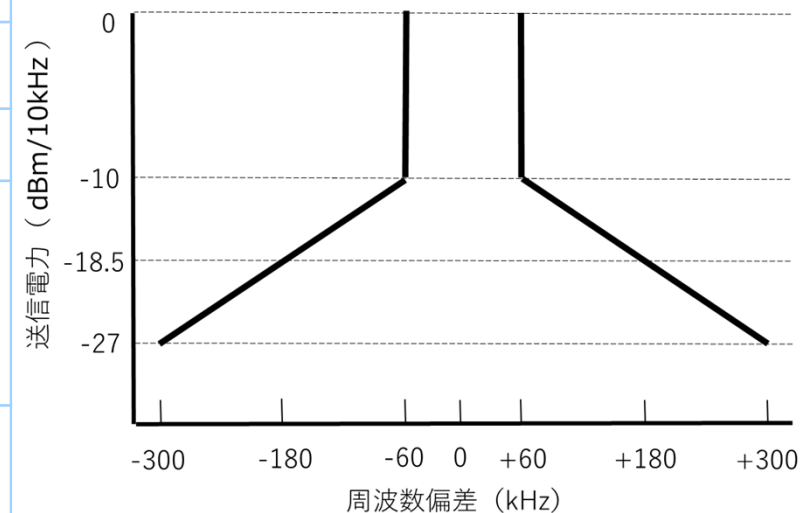
	技術的条件	備考
空中線利得	12dBi以下	• ARIB STD-T86において、11dBiを超える利得のアンテナを採用
偏波面	垂直偏波又は水平偏波であること	

送信スペクトルに係る技術的条件（案）

- 無線装置は、お客様宅の近隣に設置することから、可能な限り、**小型化・省電力化**することが望ましい。
- そのため、送信スペクトル等に技術的条件を、関連する条件も含め、下記の通り提案する。

	技術的条件	備考
送信電力スペクトル特性	右図の範囲内	
ロールオフ率	0.2を標準とする	
空中線電力の許容偏差	上限20%，下限50%	無線設備規則第14条第1項十八号に基づく
送信周波数の許容偏差	±10 ppm以下	
帯域外領域におけるスプリアス発射の強度	1W 100μW以下 10W 25μW以下	無線設備規則別表3号の第4項に基づく
スプリアス領域における不要発射の強度	1W 50μW以下 10W 25μW以下	
副次的に発する電波等の限度	4nW以下	無線設備規則第24条に基づく
隣接チャネル漏洩電力比	-43 dBc 以下	
次隣接チャネル漏洩電力比	-51.5 dBc 以下	

＜送信電力スペクトル特性＞



変調方式に係る技術的条件（案）

- 狭帯域化、および、TDDの採用と同時に、**電話回線（専用線）を3回線以上**提供（制御回線含む）を実現するため、関連する技術的条件も含め、下記の通り提案する。

	技術的条件	備考
変調方式	QPSK／16QAM／ 64QAM／256QAM （適応変調）	<ul style="list-style-type: none">• 波形歪補償のため等化器を採用• 256QAMの採用により、最大電話4回線＋制御回線の提供が可能
電波の型式	D7W／G7W	
クロック周波数	90kHzを標準とする	
等価雑音帯域幅	90kHzを標準とする	
復調方式	同期検波方式	
雑音指数	7dB以下	

伝送の質の考え方（案）

- 周波数共用条件の検討においては、他システムとの離隔距離が数km程度であることから、最悪条件を検討すべく、伝搬損失の算出は2波モデルを採用した。
- 高度化システムは現行システムと同様に、**見通し外通信も含む数十kmの通信距離**へ回線を提供する。
- そのため、回線設計の精度を向上すべく、伝搬損失の算出は、VHF/UHFの伝搬推定モデルである**ITU-R勧告P.1812-3以降***の採用を希望する。
- さらに、P.1812では、ルラルエリアにおいて**50km地域で約10.8dBの変動**があることが報告されている*。
- 上記より標準受信入力値は、変動値として**10dB**を考慮し、次ページの通り提案する。
- また、見通し外通信を考慮し、**伝送の質は、「所要の回線品質はBERが 10^{-4} 以下とし、標準受信入力値を満足すること。」**を提案する。

標準受信入力値（案）

- 伝搬損失は、ITU-R勧告 P.1812-3以降により算出すること。
- 提供可能な回線数に応じた標準受信入力値の選択により、必要最低限の空中線電力とすること。
- 標準受信入力値は、BERが 10^{-4} 以下の回線品質を基準に設定し、下表の値の±3dBの範囲内とすること。
- ただし、見通し外通信や海上伝搬等によりやむを得ない場合には、伝搬損失に10dBを上限とする変動値を加えて、受信入力値を算出することを提案する。

<標準受信入力値>

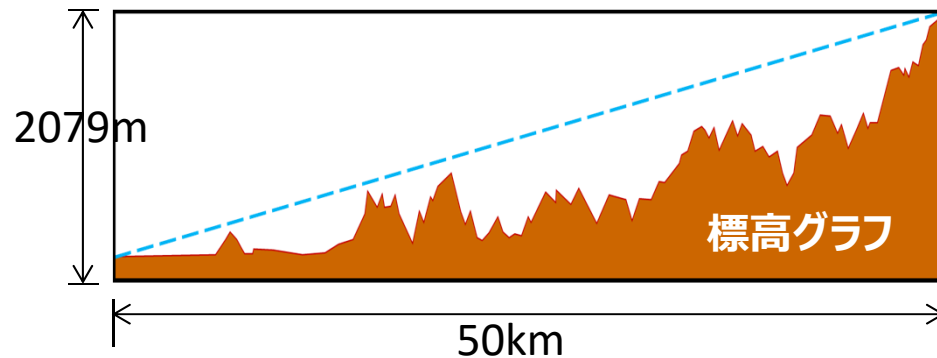
提供可能回線数	標準受信入力値
電話（専用線） 1 回線 + 制御回線	-91dBm
電話（専用線） 2 回線 + 制御回線	-84dBm
電話（専用線） 3 回線 + 制御回線	-78dBm
電話 4 回線 + 制御回線 <small>専用線は最大 3 回線</small>	-72dBm

【参考】標準受信入力値の算出モデル

■ 電話3回線（制御回線含む）を提供時の算出例を示す。

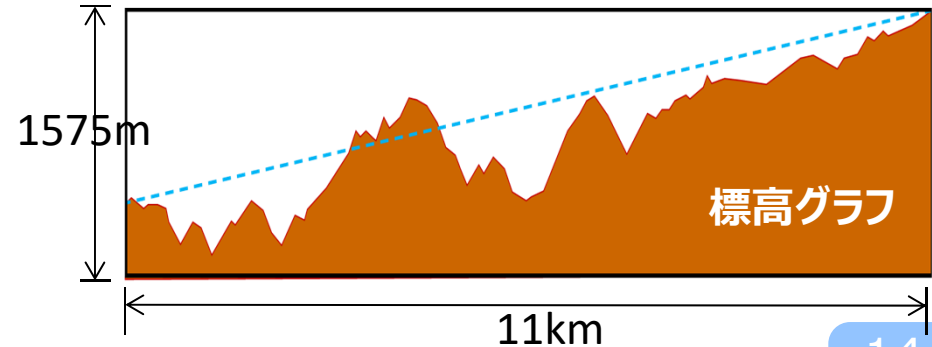
＜見通し内50kmの例＞ (P8再掲)

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	40
送信アンテナ高	ht	m	12
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	6
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	50
伝搬損失	L	dB	128.2
変動値	Lv	dB	0
受信電力設計値	Pr	dBm	-77.7
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0



＜見通し外11kmの例＞

項目	記号	単位	数値
無線周波数	f	MHz	60
送信電力	Pt	dBm	40
送信アンテナ高	ht	m	12
送信給電線損失	Lft	dB	3
送信アンテナ利得	Gt	dBi	8
受信アンテナ高	hr	m	6
受信給電線損失	Lfr	dB	2.5
受信アンテナ利得	Gr	dBi	8
伝搬距離	d	km	11
伝搬損失	L	dB	123.3
変動値	Lv	dB	5.2
受信電力設計値	Pr	dBm	-78.0
標準受信入力値	Pr0	dBm	-78.0



混信保護値（案）

- 混信保護値は、下記の通り提案する。
- 変調方式毎のC/I値は、雑音配分内の干渉雑音値を50%として算出した。
- ただし、近隣システムからの干渉については、共用検討条件結果に基づき、サイトエンジニアリング対策すること。

変調方式	全干渉波電力の 総和に対するC/I (dB)
QPSK	18.7
16QAM	25.5
64QAM	31.8
256QAM	38.0

【参考】全干渉波電力の総和に対する混信保護値^T

■ 全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]*は、以下により算出する。

全干渉波の総和に対する混信保護値[C/Ia]は、次式により算出する。

$$[C/Ia] = -10 \times \log(\sum_{i=1}^m 10^{-(C/Ii)/10} + \sum_{j=1}^n 10^{-(C/Ij)/10})$$

m：同一経路の妨害波の数

C/li：希望波と同一経路のi番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比[dB]

$$C/li = D/U_i + IRF_i$$

D/U_i：希望波と同一経路のi番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比 [dB]

IRF_i：希望波と同一経路のi番目の妨害波間の干渉軽減係数 [dB]

n：異経路の妨害波の数

C/lj：希望波と異経路のj番目の妨害波による搬送波電力対干渉波受信電力比 [dB]

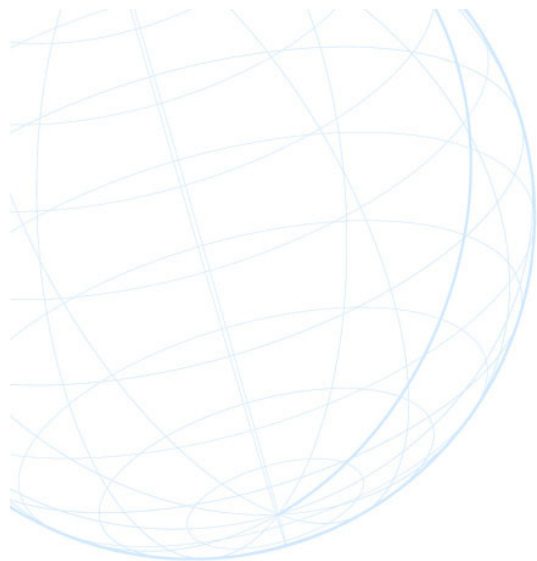
$$C/lj = D/U_j + IRF_j$$

D/U_j：希望波と異経路のj番目の妨害波による希望波受信電力対妨害波受信電力比に所要フェージングマージンを差し引いた値 [dB]

IRF_j：希望波と異経路のj番目の妨害波間の干渉軽減係数 [dB]

離調周波数Δf(kHz) (Δf > 100)	U波空中線電力		IRF[dB]
	1W	10W	
0 ~ 60	-5.8		
60 ~ 180	34.76 + 0.033Δf	29.51 + 0.071Δf	
180 ~ 300	40.10 + 0.0037Δf		

注：VHF 帯加入者系無線システム作業班（第1回） VHF作1-2を基に算出

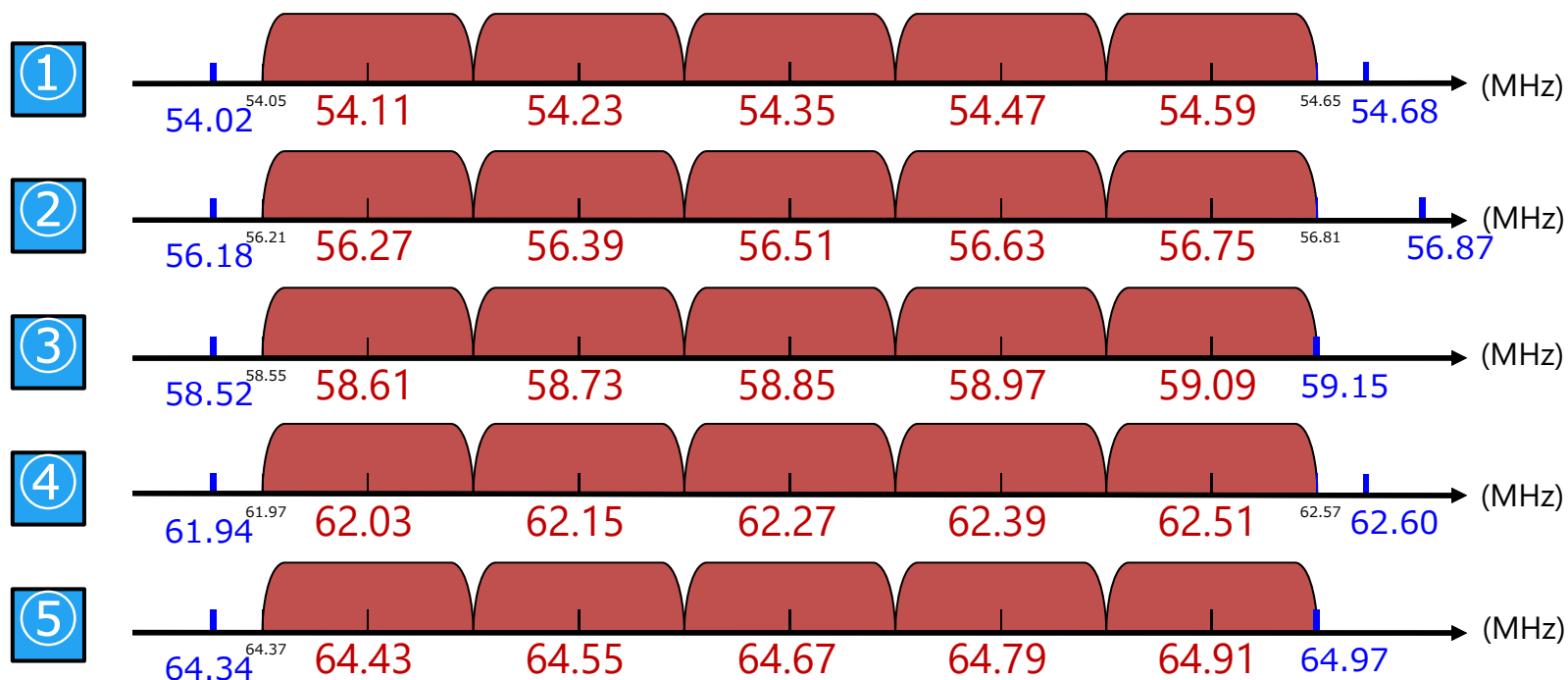


その他の技術的条件

高度化システムのチャンネル配置案

- 周波数帯は、現行システムと同じとする。
- 複信方式としてTDDを採用したこと、および、無線装置設計の簡素化等を考慮し、高度化システムのチャンネル配置の案を下記の通り提案する。

凡例：電気通信業務用周波数帯



- 現行システムは、山間部・離島等のルーラルエリア等へ固定電話回線（専用線）を提供しており、「固定」および「移動」として使用してきた。
- 現在でも、「固定」は固定電話回線、「移動」は山小屋等で電話回線を提供している。
（冬季はアンテナと装置含めて交換局側へ撤去）
- 「移動」は、移動しながら運用する無線局ではなく、**電波の発射は、「設置する場所」および「基地局を設置する場所」のみの**固定的運用である。
- 上記を踏まえ、無線局の種別案を以下の通り提案する。
 - ・ **固定局**
 - ・ **基地局または陸上移動局**
陸上移動局の**移動範囲**は、「設置する場所」および「**基地局を設置する場所**」とし、**場所を特定できる住所等**（例えば、〇〇の敷地内）とする。