

業務用無線通信システムに関する調査検討報告書

－概要版－

－ 目 次 －

第1章 調査検討の概要	- 1 -
1 調査検討の目的	
2 調査検討項目	
第2章 業務用無線の現状と課題	- 2 -
1 業務用無線とは	
2 業務用無線の今後と課題	
第3章 実証試験	- 3 -
1 実証試験の目的	
2 実証試験の概要	
3 実験試験局	
4 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築	
5 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築	
6 フィルタリング機能	
7 多チャンネル使用における通信制御の技術的検討	
8 公開実証試験	
第4章 調査検討の結果	- 7 -
1 高性能デジタル無線通信方式の技術検討	
2 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築	
3 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築	
4 周波数共用条件の技術的検討	
5 多チャンネル使用における通信制御の技術的検討	
6 まとめ	
資 料	- 11 -
業務用無線通信システムに関する調査検討会 委員等の構成	

平成 27 年 1 月

業務用無線通信システムに関する調査検討会

第1章 調査検討の概要

1 調査検討の目的

様々な無線システムのデジタル化が先行する中、業務用無線においても、デジタル通信方式の本格的な導入と、一つの市町村程度の中規模エリアをカバーする、共同利用型中継システムの実現が期待されている。

このようなことから、業務用無線のデジタル化普及促進に向けて、より高機能でより質の高い通信が、必要とされる通信エリア内で可能となるよう、デジタル通信方式を導入する際の技術的条件等について検討と実証試験を行い、システムの有効性等の検証結果について取りまとめる。

2 調査検討項目

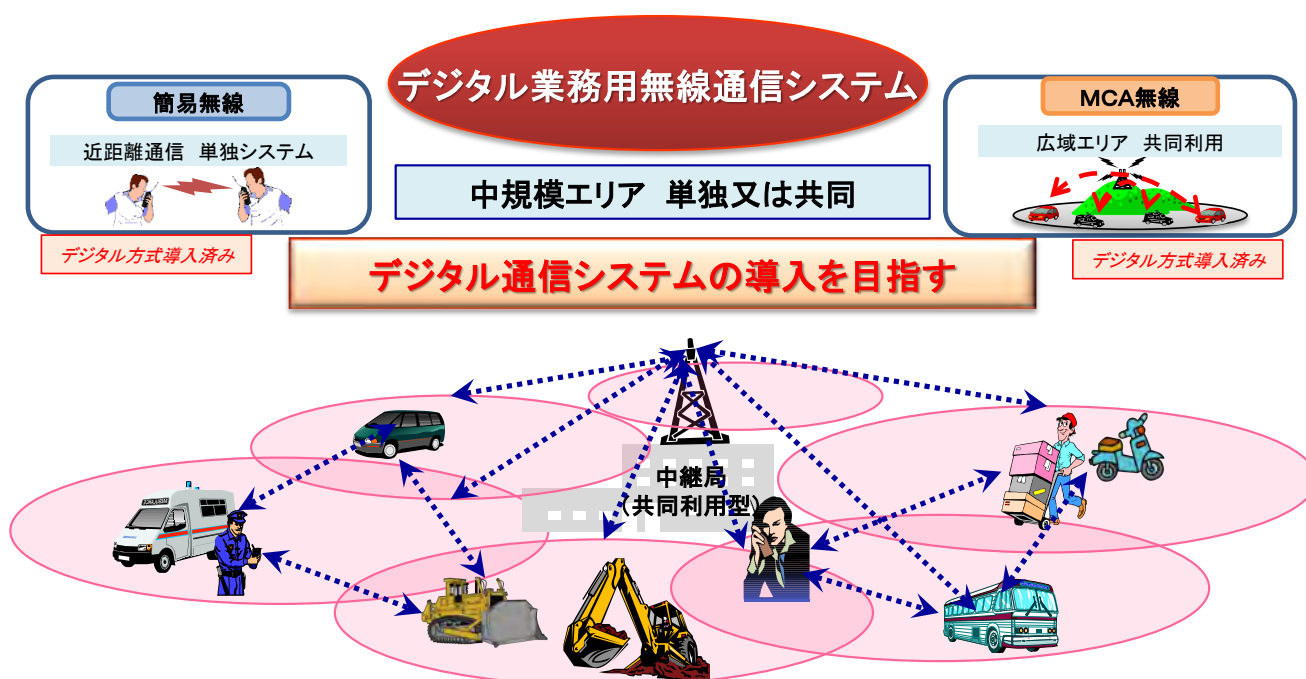
次の2つの項目について、実証試験を交えた調査検討を行う。

(1) 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

- ア 新たなデジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築
- イ 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築
 - (ア) 中継局の干渉に関する検討(中継局－複数移動局間干渉)
 - (イ) 中継局の干渉に関する検討(移動局－複数中継局間干渉)
 - (ウ) フィルタリング機能
 - (エ) 共同利用型中継システム

(2) 周波数共用及び多チャネル使用における通信制御の技術検討

- ア 周波数共用条件の技術的検討
- イ 多チャネル使用における通信制御の技術的検討



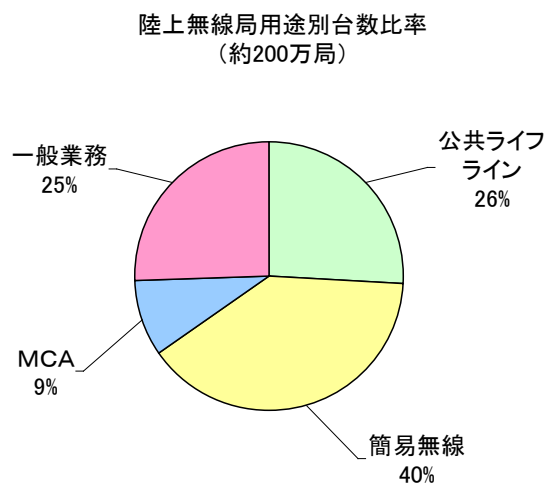
第2章 業務用無線の現状と課題

1 業務用無線とは

業務用無線は、あらゆる業種に用いられる自営系陸上移動通信の総称で、公共業務用(ライフラインや消防・救急、防災行政など生活に密着した公共性の高い分野)と一般業務用(多種多様の業種)に大別される。

一般業務用の内、MCA 無線は公益法人等により管理運営され、多数のユーザーにより利用されている。

簡易無線局は様々な簡易な業務に使用可能な無線局であり、MCA 無線同様に多数のユーザーにより利用されている。なお、どちらも無線従事者は不要である。



2 業務用無線の今後と課題

業務用無線の今後と課題については、『「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」に関する情報通信審議会からの一部答申(平成 26 年 3 月 25 日)』を元に検討した結果、次のとおり整理した。

- ・ デジタル無線機の普及に伴い、アナログ無線機の保守等の問題により継続は困難となっている。
- ・ 現在使用中の無線機には、新スプリアス基準に合致していないものも多数含まれており、使用期限の平成 34 年 11 月までに機器更新が必要となる。
- ・ 通信コストや利便性を考慮して携帯電話やスマートフォン、IP 無線に切り替えるユーザーが存在しているが、災害時にはふくそうや通信規制、停電や通信回線の断絶による通信サービスの停止の影響を受けるため、自営通信システムである業務用無線の重要性や有効性が再認識されている。
- ・ 公共業務用、MCA 無線及び簡易無線はデジタル化の移行及び検討が進行しているが、一般業務用ではタクシーや放送用など一部の業界に留まっている。
- ・ 事務所等に基地局を設置する場合、通信エリアは半径数キロ～10 数キロと狭く、離れた移動局同士が通信できない場合は、基地局のオペレーターが常時対応し中継する必要があり、また、基地局を高い建物の屋上や山の上に設置して遠隔操作により無線機を操作する場合もあるが、設置場所の確保や遠隔回線にかかるコストが大きな障害となっている。

これらを解決する手段として、従来の基地局に代えて中継局を設置することが考えられる。

- ・ デジタル方式はデータ通信と親和性が高く、高度で便利な機能が利用できるため、ユーザーの利便性を向上することが可能となる。
- ・ 導入コストの問題から、段階的にデジタル無線機に更新する場合はアナログ方式とデジタル方式が混在するため、デュアル方式の無線機の導入が効果的である。また、デジタル方式は、狭帯域化によって周波数の有効利用が可能となるほか、アンテナ等を引き続き使用可能とするためにも、同一周波数帯の中での効率的な周

波数の割り当てが不可欠である。

業務用無線のデジタル方式

変調方式	アクセス方式	主な導入業種
4 値 FSK	SCPC TDMA	簡易無線業務、一般業務
$\pi/4$ シフト QPSK	SCPC TDMA FDMA	防災行政(移動系)、消防救急、 タクシー、公共業務、一般業務
16QAM	TDMA	市町村防災(同報系)、防災行政(固定系)

第3章 実証試験

1 実証試験の目的

デジタル方式の高機能な通信サービスや中継システムを構築する際の技術的条件等に関し、実証試験を交え、システムの有効性について検証を行う。

2 実証試験の概要

(1) 机上検討・ラボ試験(実験室内での試験)

平成 26 年 8 月 18 日から 11 月 27 日まで、神奈川県横浜市 株式会社 JVC ケンウッド内において実施

(2) フィールド試験(実運用環境での試験)

平成 26 年 10 月 7 日から 11 月 28 日まで、北海道夕張郡長沼町及びその周辺フィールドにおいて実施

(3) 試験内容

ア 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

(ア) 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

(イ) 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

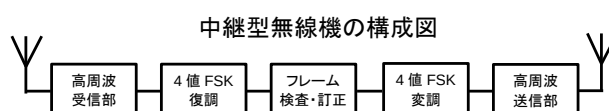
イ 周波数共用及び多チャネル使用における通信制御の技術検討

(ア) 周波数共用条件の技術的検討

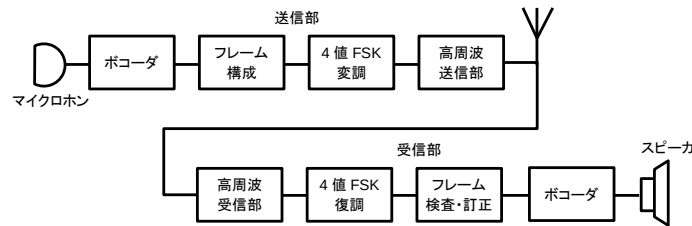
(イ) 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

3 実験試験局

実証試験を実施するために、中継型無線機 4 台、車載型無線機 12 台、携帯型無線機 5 台の実験試験局を開設した。



車載型・携帯型無線機の構成図



本実証試験で使用した無線機器は、4 値 FSK 変調 SCPC 方式のデジタル方式で、音声処理にボコーダ方式を採用し低データレート化することで 6.25kHz 間隔の狭帯域化を実現させ、音声通話のほかデータ通信にも十分対応可能となっている。

中継機能は、ARIB STD-T102 標準規格に準拠したフレーム構成の再生中継方式(受信したフレームを誤り検出・誤り訂正したのちフレームを再構成して送信するもの)を選択した。

4 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

既存のデジタル無線で実現されている機能から、次の代表的なものについて、再生中継方式の中継システムを介して利用可能であるか検証した。

- ・ ステータスメッセージ機能(定型文によるメッセージ機能)
- ・ ショートメッセージ機能(100 バイト程度までの自由文テキストを伝送する機能)
- ・ ロングメッセージ機能(テキストデータを伝送する機能)
- ・ 外部装置を利用したデータ伝送機能(バイナリデータ伝送する機能)
- ・ 静止画伝送(静止画像を伝送する機能)
- ・ GPS データを利用した位置管理(移動局の GPS 情報を伝送する機能)
- ・ 端末の動作管理(遠隔操作により使用禁止状態にする機能)
- ・ 緊急発呼機能(簡易な操作または自動的に緊急状態情報を伝送する機能)
- ・ 発信者名表示機能(音声送信に自局の名称をテキストデータで付加する機能)



直接通信に比べて約 0.2 秒伝送が遅延するものの、十分に短い時間であるため、通信上問題は発生しなかったが、画像伝送機能については、狭帯域での伝送では比較的長い伝送時間がかかるため、必要に応じて画質を変更する等応用が望まれる。

5 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

中継機能を利用した通信システムの構築に関し、次のような実証試験を実施した。

(1) 中継局及び移動局間の干渉

中継局及び移動局間の干渉の発生条件を確認するための実証試験を実施し、データを収集した。

- ・ 隣接または近接チャネル干渉(ラボ試験)

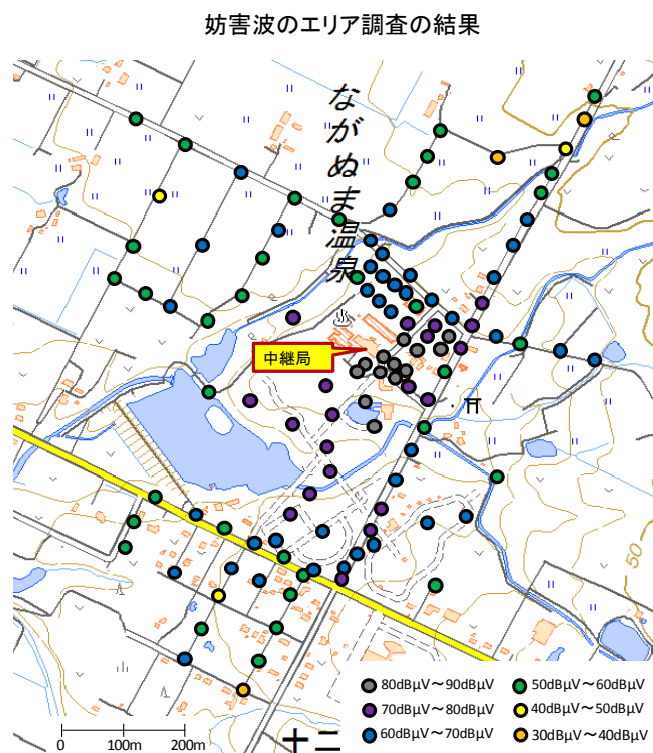
- ・ 相互変調(ラボ試験)
- ・ 弱信号希望波のエリア調査(フィールド試験)
- ・ 妨害波のエリア調査(フィールド試験)
- ・ 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(測定)(フィールド試験)
- ・ 隣接チャネル干渉のフィールドテスト(音質の確認)(フィールド試験)
- ・ 相互変調のフィールドテスト(フィールド試験)
- ・ 試験場所での都市雑音確認(フィールド試験)

(2)隣接チャネル干渉

中継局において $0\text{dB}\mu\text{V}$ 程度の希望波を受信中、妨害波(隣接チャネルの信号を送信する無線機)が約 800m 以内に存在する場合に干渉発生の可能性があると結果が得られた。

(3)相互変調

携帯型無線機の相互変調の測定において、 $\Delta f=6.25\text{kHz}$ 、 12.5kHz では、電波法関係審査基準の基準値(混信妨害の審査基準)を下回る測定結果となった。これは妨害波信号による希望波チャネルへの漏洩電力によるものと考えられる。



地図は国土地理院 標準地図(25000)から一部転載し加工した

<http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/#zoom=16&lat=43.0018&lon=141.72547&layers=TTTB>

6 フィルタリング機能

デジタル無線システムの中継局で利用可能な、次の機能について検証を行った。

- ・ スクランブルコード(ホワイトニングコード)は、送信データをランダム化するためのコードであり、移動局側ではスクランブルコードが不一致の場合は受信不可能、中継局側ではスクランブルコードが不一致の場合は中継しないことが確認された。

- ・ ユーザコードは、CTCSSと同様な目的で使用される機能であり、移動局側ではユーザコードが一致した場合のみ受信可能、中継局側では不一致の場合は中継しないことが確認された。
- ・ ユーザリストは、中継局側で利用者をリスト化して管理する機能であり、リストにない場合は中継しないことが確認された。

7 多チャンネル使用における通信制御の技術的検討

通話モデルを定義し通話モデルに対する移動局の収容台数について、トラヒック理論を用いて算出した。また、アクセス方法による収容台数やアクセス時間の変化に関しても評価を行い、共同利用型システムに適した運用条件を検討し、次のような結果を得られた。

複数チャンネル構成システムの収容台数比較（呼損率 10%、10ch 構成）

比較項目 \ 方式	チャンネル固定	チャンネルスキャン	マルチチャンネルアクセス
音声(高)+GPS(高)+SDM(高) [局]	40	130	276
音声(高)+GPS(高) [局]	40	133	280
音声(高)+GPS(低) [局]	60	286	363
音声(高) [局]	60	401	392
音声(低)+GPS(高) [局]	100	178	604
音声(低)+GPS(低)+SDM(低) [局]	190	599	1171
音声(低) [局]	260	1604	1571
アクセス時間 [ms]	120	1960	360

8 公開実証試験

平成 26 年 11 月 27 日(木) 13 時 30 分から、夕張郡長沼町 ながめま温泉及びその周辺において、実際に陸上移動局と中継局を想定した無線システムを設置した実証試験の様子を一般に公開した。

(1) 実証試験の内容

ア 業務用無線通信システムに関する調査検討会の概要

イ 実証試験の概要と中間報告

ウ デジタル音質体験

エ フィールド実証試験

(ア)隣接チャンネル干渉

(イ)中継動作のフィルタリング機能

(ウ)共同利用型中継システム関連機能

(エ)相互接続性

(オ)利便性を向上させる機能

オ 機器展示

(ア)ラボ試験の構成(相互変調干渉測定)

(イ)各種デジタル無線機

(2) 主催等

主催: 業務用無線通信システムに関する調査検討会

実験: 株式会社 JVC ケンウッド



公開実証試験の様子

協力:アイコム株式会社、パナソニック システムネットワークス株式会社

(3)参加者

業務用無線関係のメーカー、販売店、ユーザー、団体等 54 名

(4)結果

実証試験に使用したデジタル無線通信システムは、一定の条件下においては複数の電波が干渉し通信に影響を与えることがあるため、共同利用型中継システムを設置する場合は注意が必要なことや、また、アナログ無線と比べ雑音が無い通信エリアが大幅に広がるため、実用的には支障ないことが示された。

各種無線機器や周辺装置等の展示もあり、参加者からは、共同利用型中継システムの早期実現、アナログ方式からの移行に係る経費を抑えるための低価格化、移行期限を早期に打出しデジタル化の促進を図るべき等の声も聞かれ、デジタル業務用無線通信システムに対する関心の高さや期待が伺えた。

第4章 調査検討の結果

1 高性能デジタル無線通信方式の技術検討

本調査検討会において想定したデジタル業務用無線通信システムの構成は、事務所等、または、高いビル、山の上等、ユーザーの事業エリアをカバーできる場所に中継局を設置、事務所等には据置き型の無線機、車両等には車載型無線機、または、携帯型無線機を使用し、運用するものである。

中継局は、収容数やトラフィックに余裕がある場合は、他のユーザーとも共用して使用することにより、設置費用やランニングコストを分担し、負担軽減を図ることができるものである。

デジタル業務用無線通信システムの構成



アナログからデジタルへの移行にあたっては、「①アナログ無線機の一部をデジタル無線機に更新し、デジタル無線機はアナログモードで使用。②順次アナログ無線機の更新を進める。③全ての無線機がデジタル無線機に更新された時点で、アナログ無線機は廃止し、デジタルモードでの運用に切り替える。」方法が、資金面、運用面の負担を少なくすることが可能となる。

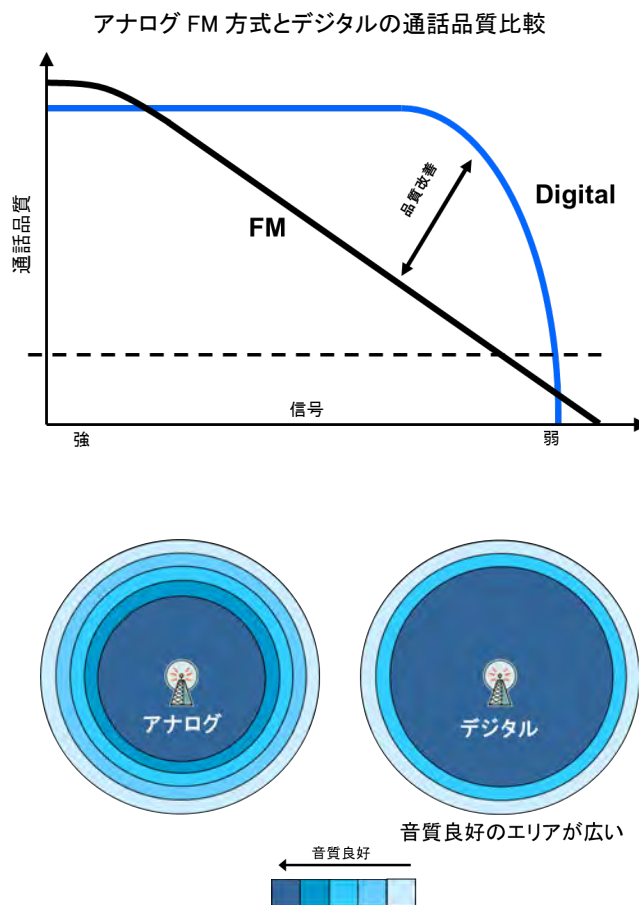
2 高性能デジタル無線通信機能を利用した通信システムの構築

業務用無線のデジタル化は、狭帯域化による周波数資源の有効利用という利点のほか、次のようなユーザーメリットがある。

- ・ ノイズの少ないクリアな音質（良好な明瞭度）、実質的に良好に通話できるエリアが広がる利点がある。
- ・ ユーザーの利便性向上が期待できる各種データ通信機能
- ・ 中継局に必要なスクランブルコード（ホワイトニングコード）、ユーザコード、ユーザリスト機能が実現されている。
- ・ 音声付加データを利用したグループ切り分けや音声通話用の発信者名表示機能、選択呼出機能が実現されており、音声通話が主体のユーザーにとっても利便性向上が期待できる。
- ・ 暗号化通信機能により、通信の秘匿性を確保できる。

実証試験に使用した無線機器は、ARIB STD-T102 第2編の狭帯域デジタル通信方式（SCPC／4 値 FSK 方式）に準拠した設備であり、同規格の設備であれば製造事業者が異なる場合であっても、音声通信の相互接続性が確保されることを確認した。

複数ユーザーでの共同利用や無線機の増設等の際には相互接続性の確保が必須であることから、民間標準規格（例えば ARIB 標準規格等）の策定等による対応が期待される。



3 通信可能エリアを確保するための中継機能を利用した通信システムの構築

業務用無線通信システムで通信可能エリアを確保する場合、中継機能を利用したシステムでは、設置場所選定の自由度や専用線等が不要になるなど好適である。

また、共同利用型中継局とすれば、多数の利用者で費用を分担可能となり負担が軽減する。



高い山に中継システムを設置し通信可能エリアを確保した
中継システムのイメージ



中継局を複数の免許人で共用した
共同利用型中継システムのイメージ



4 周波数共用条件の技術的検討

共同利用型中継局においても、現行の電波法関係審査基準(基地局)を用いて周波数割り当ておよび干渉を検討することが可能である。

- ・ 同一チャネル周波数共用条件

希望波信号レベルに対し、妨害波信号レベルが 11.5dB 以上低い必要がある。

- ・ 隣接周波数共用条件

同一場所に複数の中継局が設置されるシステムでは、隣接チャネルの使用は避け、離隔周波数はできるだけ大きくとることが望ましい。

- ・ 相互変調

相互変調に関する干渉の検討に当たり、 Δf が小さい場合には、あわせて隣接チャネル共用条件も検討する必要がある。

5 多チャネル使用における通信制御の技術的検討

チャネル固定方式の場合、収容局数はチャネル数分増えるが、共同利用型システムでは、利用者配分が課題となる。ユーザグループの増加やユーザグループ内での無線機の増設などに柔軟に対応できる方式とは言えない。

スキャンによって中継局を複数待ち受ける場合、チャネル固定方式に比べ利用者をチャネルに配分する必要がなく、ユーザグループの増加やユーザグループ内での無線機の増設などに柔軟に対応できるが、プリアンブルの付加による通話開始までの遅延やスキャンによる受信の頭切れといった使用上での課題がある。

マルチチャネルアクセス方式は、2ch 構成のシステムで収容局数の効率が低いが、3ch 構成以上では収容数が多くなり、周波数利用効率が向上する。空きチャネルの順番を待つ仕組みや、優先度の高い無線機からの送信を優先できる仕組みなど、実質的な運用効率を高める機能も利用でき、チャネルの増設、ユーザグループの増加、端末無線機の増設など柔軟に対応できる。

複数チャネル構成の方式は、それぞれ長所と短所を持つため、システムの要求事項に応じて、システム構築時に将来の拡張性も含めて検討し、最適な方式を選択できるようにすることが望ましい。

6 まとめ

業務用無線は、災害時にはふくそうや通信規制、停電や通信回線の断絶による通信サービスの停止の影響を受けず、通信を確保する上で有効な通信手段である。

アナログ無線機器は、新規購入や修理等が難しくなっているほか、新プリアス基準への対応が求められており、デジタル化による電波の有効利用への貢献、通信の明瞭度や秘匿性の向上、通信機能の拡充や中継機を利用した通信エリア拡大が容易にできるなどのメリットがある。

本調査検討会では、『「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「150/260/400MHz 帯業務用移動無線の周波数有効利用」に関する情報通信審議会からの一部答申(平成 26 年 3 月 25 日)』を基本に、実証実験を交えた調査検討を行ったところ、次の結果が得られた。

- ・ 現在アナログ無線機器を使用しているユーザーは、4 値 FSK 変調 SCPC 方式のデジタル方式によるデュアルモード機の導入により、一斉にデジタル化に移行することが難しい場合でも負担軽減が見込める。
- ・ デジタル化の特徴であるフィルタリング等の機能を備えた中継システムを導入することで、複数ユーザーとの共同利用とが可能となり、経費の分担による負担軽減が期待できる。
- ・ ボコーダ方式によるクリアな音声通信だけでなく、秘匿性の高い通信、メッセージ送信機能、GPS データによる位置情報の伝送、緊急発呼機能等のユーザーの利便性を向上させる機能が利用可能となる。
- ・ アナログ無線と同様、隣接または近接周波数による干渉や相互変調による妨害を受けるため、中継システムの設置や周波数の確保が必要で有り、また、割り当てや運用の際などには留意が必要である。
- ・ 標準規格に準拠した設備であれば、製造事業者が異なる場合であっても、音声通信の相互接続性が確保される。
- ・ 規格が異なる設備や独自の機能は、製造事業者が異なる場合には使用できないため、留意する必要がある。

資 料

業務用無線通信システムに関する調査検討会 委員等の構成

(敬称略・五十音順)

委 員

- 石垣 悟 日本無線株式会社事業本部事業統括部 副参与
石田 清 北海道中央バス株式会社整備部 部長
◎大鐘 武雄 北海道大学 大学院情報科学研究科インテリジェント情報通信研究室 准教授
加藤 数衛 株式会社日立国際電気映像・通信事業部 技師長
川嶋 嘉史 株式会社札幌ドーム施設部設備課 課長
桑内 秀人 北海電気工事株式会社配電部 副長
田向 忠雄 総務省北海道総合通信局無線通信部 部長 (※1)
武内 公一 八重洲無線株式会社札幌営業所 所長
○筒井 弘 北海道大学 大学院情報科学研究科情報通信ネットワーク研究室 准教授
富樫 伸行 北海道総合警備保障株式会社警備運用部技術課 課長
成澤 昭彦 パナソニック システムネットワークス株式会社インフラシステム事業部
ワイヤレスグループグループマネージャー
藤原 芳美 東日本高速道路株式会社北海道支社 道路事業部施設課 課長
前川 忠 株式会社富士通ゼネラル情報通信システム営業統括部営業推進部 部長
山崎 潤 モトローラ・ソリューションズ株式会社渉外統括部 部長 (※2)
山崎 由一 北海道ガス株式会社供給企画部供給企画グループ マネージャー
山田 秀毅 一般社団法人全国陸上無線協会北海道支部 企画調査委員長
山本 勝三 株式会社JVCケンウッド プロフェッショナル&ヘルスケア事業部無線システム統括部
システム開発部 システム設計グループ長

◎座長 ○副座長

※1:平成 26 年 7 月 1 日 人事異動により交代(前任者:高橋芳男)

※2:平成 26 年 9 月 4 日 追加

事務局

北海道総合通信局 無線通信部企画調整課

所在地 〒060-8795 札幌市北区北8条西2丁目 札幌第1合同庁舎内

電 話 011-709-2311 (内線 4622)

F A X 011-700-5463

H P <http://www.soumu.go.jp/soutsu/hokkaido/>