無線呼出特集

2 新しい無線呼出システム
「高度無線呼出システム」

高速化により周波数の有効利用（大容量化）を図るとともに，今後の様々なサービスにも柔軟に対応できる日本統一無線呼出システムの技術的条件が，94年11月に電気通信技術審議会により答申され，95年6月に(財)電波システム開発センタにおいて「高度無線呼出システム」として標準化された，本稿では，この新しい無線呼出システムの概要と技術的特徴について述べる．

伊藤（いとう） 正悟（しょうご）・坂井（さかい） 勉（つとむ）・山尾（やまお） 泰（やすし）・水木（みずき） 貴教（たかゆき）

まえがき

無線呼出（ポケットベル）サービスの市場は，毎年10%～20%の成長を続け，日本国内の加入者数は平成7年3月末で約930万となっている（NTT DoCoMoグループ全体では536万）．毎月の料金が定額制で2,000円前後と安いこともあって，特に最近ではプライベートユーザの伸びが著しくなっている．また，ポケットベルに送られるメッセージも，電話番号などの純粋な数字情報から，数字による語呂あわせ，カナや漢字などの文字情報へと多様化し，その情報量も増加傾向にある．このような需要の増加に対して無線呼出サービスに割当て可能な周波数には限界があり，無線呼出方式の大容量化が必須となってきた．

加えて，平成7年3月から無線呼出端末の売り切り制が導入された．しかしながら現行の無線呼出方式はNTT DoCoMoとNCCとで互換性を有していない．この点について利用者の混乱を少なくする観点から，「事業者間で互換性を有する統一の標準方式を検討し，早期に導入していくことが必要」という提言が，郵政省開催の『無線呼出端末売り切り制度検討会』においてなされた[1]．

以上の経過から，高速化により周波数の有効利用（大容量化）を図るとともに，今後の様々なサービスにも柔軟に対応できる日本統一無線呼出システムの開発・標準化および導入が必要となった．このため，(財)電波システム開発センター(RCR)において標準化の検討が開始され，複数提案比較・評価による方式基本選定を経て，モトローラ社のFLEX™方式にNTT DoCoMoの時間ダイバーシチ（TD）技術を融合した方式とすることが決定した．この結果を受けて，RCRで標準規格の作成が進められる[2]とともに，本システムの技術的条件が電気通信技術審議会において審議・答申された[3]．

本稿では，この新しい無線呼出システム「高度無線呼出システム」の概要と技術的特徴について述べる．

高度無線呼出システムの概要

高度無線呼出システムの開発目標と適用技術を図1にまとめて示す．大容量化と高機能化についてはいうまでもないが，これに加えて重要な課題は，高速化による基地局数の増加をいかに抑えるかである．すなわち，高速化すると一般的に所

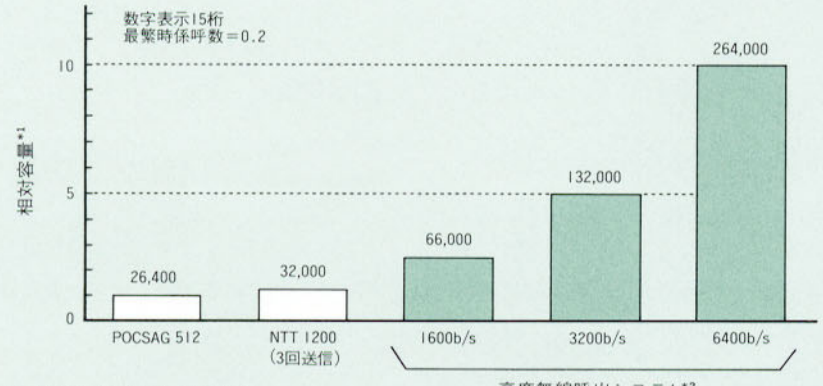
開発目標	適用技術
○大容量化	最大6400b/sまでの高速化
○サービスエリアの確保	時間ダイバーシチ(TD)
○全国導入の容易性	速度可変：1600/3200/6400b/s 送信回数可変：1～4回
○間欠受信比率の向上	可変受信サイクル，アドレスフィールド
○長文伝送／データ伝送	分割送信、柔軟なフレーミング トランスペアレント伝送
○日本統一，国際標準化	マルチエリア/ローミング機能の強化

図1 開発目標と適用技術
Figure 1 Development Goal and Technologies Employed

表1　高度無線呼出システムの諸元
Table 1　Major Specification

諸元＼方式	高度無線呼出システム			(参考)現行システム		
				NTT方式	POCSAG方式＊1	
チャネル間隔(kHz)	25			25		
伝送速度(b/s)	1600	3200	6400	1200	512	1200
変調方式	2 FSK	2 FSK または 4 FSK	4 FSK	2 FSK		
速度／速信回数可能機能	有			無	無	
送信回数	1～4			3	2	
時間ダイバーシチの有無	有			無	無	
誤り訂正符号	BCH(31,21)＋パリティ			BCH(31,16)	BCH(31,21)＋パリティ	
加入者容量＊2	13.3万(1回) 6.6万(2回) 4.3万(3回) 3.2万(4回)	26.7万(1回) 13.2万(2回) 8.7万(3回) 6.5万(4回)	53.4万(1回) 26.4万(2回) 17.4万(3回) 13.0万(4回)	3.2万	2.6万	6.2万
長文分割伝送	有			無	無	
トランスペアレント伝送	有			無	無	
OTA＊3	有			無	無	

＊1：NCC各社で使用されているシステム
＊2：高度無線呼出システムおよびPOCSAG方式は数字15桁，NTT方式は数字12桁，最繁時呼数＝0.2の場合で算出
(　)は送信回数
＊3：Over-The-Air　Pager Control
運用中の無線信号による受信機個別制御機能



＊1 POCSAG 512方式を1とする
＊2 2回送信時

図2　加入者容量
Figure 2　Channel Capacity

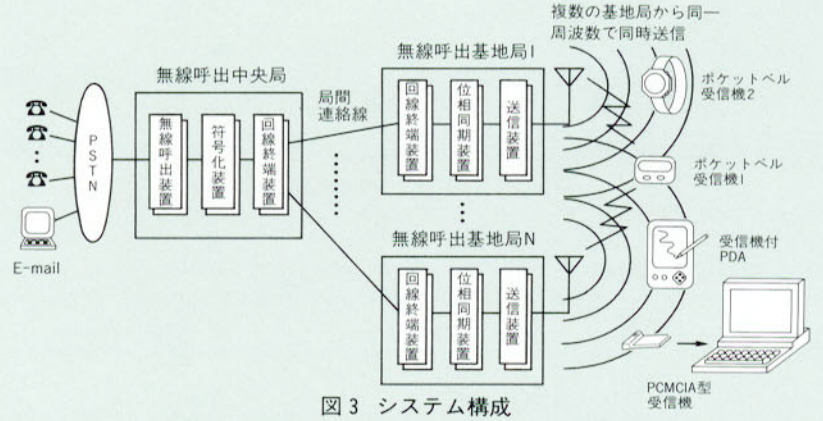


図3　システム構成
Figure 3　System Configuration

要受信電界強度が増大し，サービスエリアをカバーするための基地局数が増加する．しかしながら，首都圏などの需要の多い地域では本方式の早期の導入が必要であり，たくさんの基地局の増設を必要とする方式では導入までに時間を要するので採用することはできない．また基地局の増設はネットワーク設備コストの上昇を招き，導入を困難にする．日本全国に本システムを早期に導入するためには，高速化による基地局数の増加を抑えるとともに，需要に応じて段階的に加入者容量を選べることが要求された．さらに，これからの方式として国際的に互換性のある方式であることが望ましいことはいうまでもない．

表1に，高度無線呼出システムの主要諸元を現行無線呼出システムと比較して示す．現行システムと同じ周波数帯域を用いるため，チャネル間隔は現行システムと同じ25kHzとしている．伝送速度は1600～6400b/s，送信回数は1～4回の範囲から選択することが可能である．本システムの加入者容量は伝送速度に比例し，送信回数に反比例する．具体的な値はトラヒック条件で異なるが，例として数字15桁，最繁時呼数0.2の条件において，送信回数2回とした場合の加入者容量を**図2**に示す．伝送速度3200b/s時の容量は13.2万であり，NTT1200方式のそれと比べて，4倍以上である．

高度無線呼出システムの構成を**図3**に示す．一般電話網から呼を受け付け，無線区間の信号に変換する無線呼出中央局，局間連絡線を介して無線呼出中央局より入力された呼出信号を各局一斉に同一周波数で同時送信する無線呼出基地局，および受信した呼出信号より鳴音，表示などを行う無線呼出受信機（以下，受信機と略す）からなる．この基本構成は従来の無線呼出方式と同じである．受信機も通常のポケットベル受信機に加え，電子手帳，PDA（Personal Digital Assistant）にページャを内蔵したもの，PCMCIA型ページャなど様々な形態が市場に提供されるものと想定される．

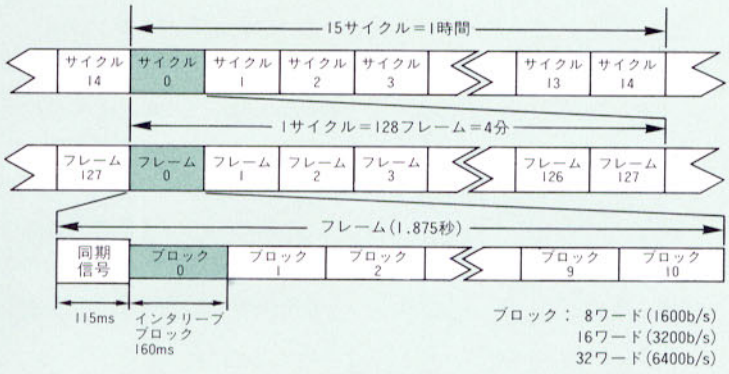


図4 フレーム構成
Figure 4 Frame Format

高度無線呼出システムの技術的特徴

■フレーム構成[3)]

本システムは完全同期式のフレーム構成を採用している．**図4**にフレーム構成を示す．1時間に0から14までの15サイクル（4分／1サイクル）が含まれる．1サイクルは128フレーム（1.875秒／1フレーム）の系列からなる．1フレームは同期信号（115ms）と呼出に関する情報を含む11個のブロックからなる．ここで，同期信号は後部を除いて常に1600b/sで伝送され，続く11ブロックの伝送速度，変調方式および送信回数を併せて通知する．ブロック（160ms）はインタリーブの単位である．伝送速度ごとにブロックを構成する誤り訂正符号語の数を8～32ワードに変えることにより，いずれの伝送速度においても同一のインタリーブサイズとなるようにしている．このインタリーブはフェージングにより発生するバースト誤りをランダム化し，BCH符号による誤り訂正効果を向上させるが，その効果は最大ドップラー周波数が4 Hz程度以上（280MHz帯において移動速度15km/h以上に相当）の場合に現れる．

■速度／送信回数可変

本システムは伝送速度および送信回数が可変である．これらに関する情報は，同期信号中に挿入されている．受信機は同期信号を受信し，システムが要求する呼出信号の伝送速度，送信回数を認識することにより，自動的に伝送速度および送信回数に追従する．これにより，地域ごとに異なる伝送速度および送信回数とすることも可能であり，市場規模に応じた全国展開が図れる．さらに将来，需要の伸びに応じて伝送速度および送信回数を変更することも可能であり，段階的に大容量化できるという特徴を有している．高度無線呼出システムのこのような大容量性を活かすことにより，今後の無線呼出サービスに要求される多様な情報の伝達が可能となる．

■時間ダイバーシチ

同一基地局から同一送信電力で無線信号を送信する場合，伝送速度が高速化するにつれてサービスエリアが狭くなる．この影響を軽減するために，基地局側から同一の呼出信号を複数回送信し，受信側でこれらをビット単位または誤り訂正符号語単位に合成する時間ダイバーシチ受信（Time Diversity reception: TD）を適用した．受信機においてTDとBCH誤り訂正復号を併用することにより，高品質伝送が可能となる．これにより，高速化による所要受信電界強度の増大を抑え，サービスエリアをカバーするための基地局数の増加を最小限にすることができる．本方式に適用するTDとして，ビット単位に合成するビット合成時間ダイバーシチ（Bit Combining Time Diversity: BC-TD）[4)5)]，訂正符号語単位に合成する符号語合成時間ダイバーシチ(Code Word Combining Time Diversity: CWC-TD)[5)]がある．これらの構成を**図5**に示す．

図6に伝送速度3200b/s，変調方式2FSKにおいてBC-TDを適用し，数字15桁を伝送した場合の呼出率特性実験結果を示す．(1)は静特性，(2)は動特性である（最大ドップラー周波数f_D＝1Hz，搬送波周波数280MHzにおいて移動速度4km/hに相当）．また，mは合成する受信信号数を示す．静特性において，呼出誤り率（PER）＝3％を得るための所要CNRは，m＝1で5.6dB，m＝2で3.1dB(2.5dBのダイバーシチ利得)，m＝3で1.9dB（3.7dBのダイバーシチ利得）となる．また，動特性において，PER＝3％を得るための所要CNRは，m＝1で23.2dB，m＝2で12.6dB(10.6dBのダイバ

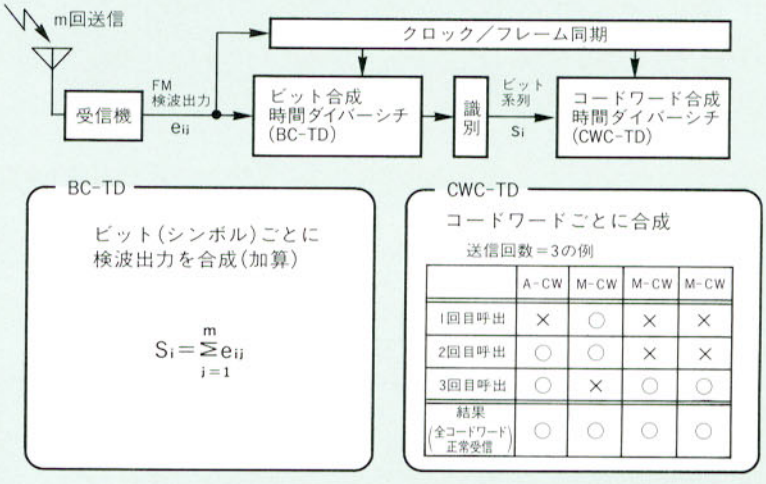


図5 時間ダイバーシチ受信のための受信機構成
Figure 5 Receiver Configuration for Time Diversity Reception

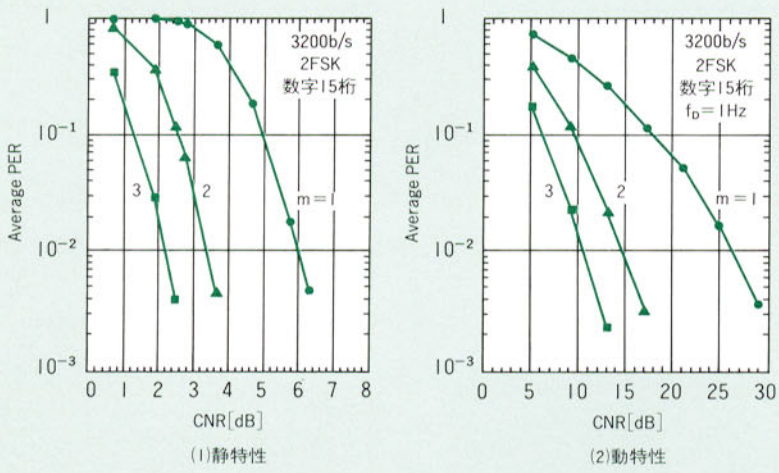


図6 BC-TDの効果
Figure 6 PER Improvement with BC-TD

ーシチ利得)，m＝3で9.0dB（14.2dBのダイバーシチ利得）となる．これにより，呼出信号3回受信時において，NTT1200方式とほぼ同等な呼出率特性（サービスエリア）が得られる．

ところで，時間ダイバーシチ受信を可能とするためには，受信機は2回目以降の同一呼出信号の位置をあらかじめ認識する必要がある．このため，複数回送信の場合に，1つのフレームをさらに送信回数分のサブフレームに分割するフォーマットを提案した。**図7**に例として送信回数＝2回におけるフォーマットを示す．呼出信号は間欠受信サイクルに従う2つのフレームにおいて，送信番号に対応するそれぞれのサブフレームに挿入される[3]．これにより，受信機は各送信回数における呼出信号の位置が既知となり，送信回数可変の時間ダイバーシチ受信が可能となる．また本フォーマットの特徴として，各フレームの最初のサブフレームに1回目の呼出信号が含まれているため，複数回送信に伴う不要な呼出遅延時間が生じないという利点もある．

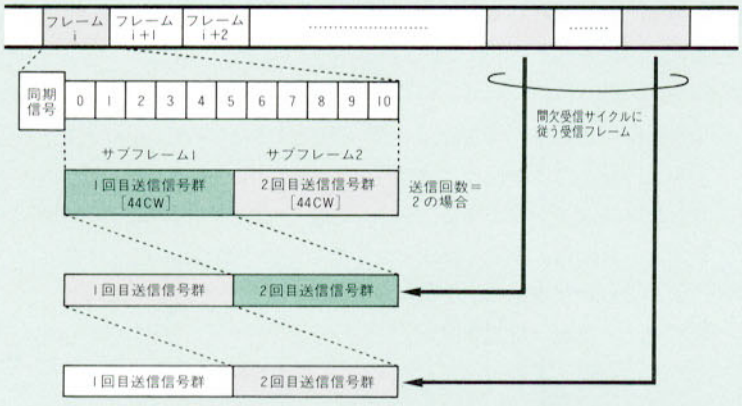


図7 複数回送信フォーマット
Figure 7 Multiple Transmission Format

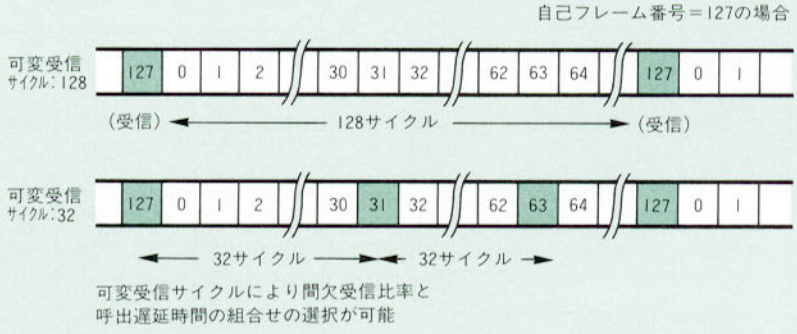


図8 可変受信サイクル
Figure 8 Variable Receiving Cycle

■間欠受信

無線呼出方式では，受信機があらかじめ割り付けられた1つまたは複数のフレームにおいてのみ受信状態となり，このフレームのみの呼出信号を受信する間欠受信方式を採用している．高度無線呼出システムでは可変受信サイクル機能と，アドレス信号のみをフレーム先頭部に集めた呼出信号構成により，間欠受信比率を向上し，受信機の低消費電力化を図っている．

可変受信サイクルの概念を**図8**に示す．【フレーム構成】の項で説明したように，1サイクルは128フレームからなり，受信機はこのうちいずれか1つのフレームにあらかじめ割り当てられている．受信機は基本的に128フレーム（4分）に一回だけ受信することになり，この場合，非常に高い間欠受信比率を得ることができる．しかしながら，受信周期が4分では平均呼出遅延が大きい．すなわち，間欠受信比率と平均呼出遅延は相反する関係にある．そこで本システムでは，間欠受信周期を2^mフレーム（m：0～7の整数）で可変とし，間欠受信比率と呼出遅延時間の組合せに関して柔軟な選択を可能としている．

次に呼出信号は各サブフレームにおいて，**図9**のように構成される．呼出信号は，アドレス信号，ベクトル信号，およびメッセージ信号から成り，それぞれアドレスフィールド，ベクトルフィールド，およびメッセージフィールドに分割され

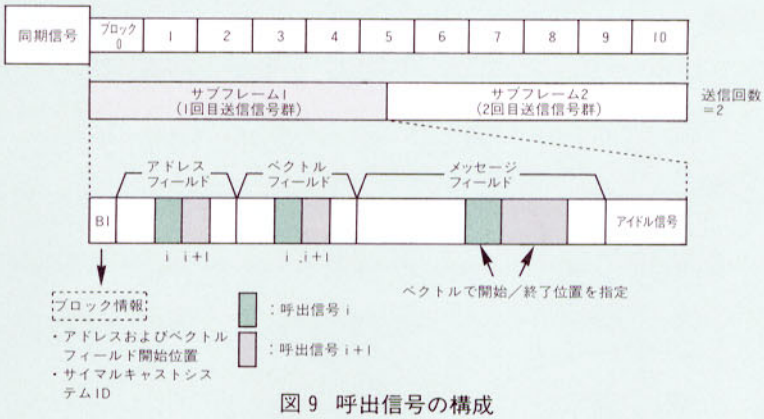


図9 呼出信号の構成
Figure 9 Paging Signal Structure

て送信される（各フィールドには複数の呼出信号に対する信号が混在している）．ここで，アドレス信号とは個々の受信機を選択する信号，メッセージ信号とは受信機へ伝送する情報（数字，文字等）である．ベクトル信号はアドレス信号に対応するメッセージ信号の開始位置，終了位置およびメッセージ信号の種類を表すものである．この構成により，受信機はサブフレーム中の自己のアドレスの有無を検索する時間が短縮し，間欠受信比率の改善が可能となる．

■長文伝送

現行方式で提供されている自由文サービスの最大送信文字数は36文字(JIS第一水準）であるが，今後，電子メールなどによる自由文メッセージ入力が多くなると，より長いメッセージ（長文）を送信したいという要望が増えることが想定される．自由文メッセージでは，数字メッセージに比べて情報量が多く（4 bit／数字1桁→16bit／漢字1文字)，またメッセージが長くなるほど，誤りの発生確率が高くなるため，これらに対する対策が必要である．

長文伝送時の本システムの加入者容量を，例として漢字１００文字，最繁時呼数0.2，送信回数２回の条件において算出した結果を**図10**に示す．本システムの加入者容量は，伝送速度6400b/sにおいて約1.6万であり，長文伝送時にも大きな容量を有している．

さらに，本システムでは**図11**に示すように長文を分割して送信する機能を有している．このため，長文伝送時も他の呼出信号の送信が可能となる．また，分割の単位である各フラグメントごとに誤りのチェックがなされ，【時間ダイバーシチ】の項で述べた時間ダイバーシチと併用することにより，効果的に受信誤りを抑制することができる．

■マルチエリア／ローミング

マルチエリアサービスは，１台の受信機で複数のサービスエリアにおいて呼出を可能とするサービスである．高度無線呼出システムでは，事業者内のマルチエリアサービスだけでなく，事業者間ローミング，さらに国際ローミングも可能とする柔軟なネットワーク構成が実現できる．これは，以下に述べるサイマルキャストシステムID(SSID)とネットワークID(NID)により実現される．

SSIDはフレーム内のブロック情報を用いて送信される．SSIDは複局同時送信を行う単位エリアおよび無線チャネルを識別するものであり，すべての無線呼出システムで異なる値となるため，受信機は複数エリアのSSID情報を持つことにより，マルチエリア／ローミングサービスが可能となる．一方，NIDはアドレスフィールドとベクトルフィールドを用いて送信される．NIDは複数のシステムをつなぎ合わせてより大きなネットワークを構成するものであり，複数のシステムにおいて，同一NIDを送信することにより

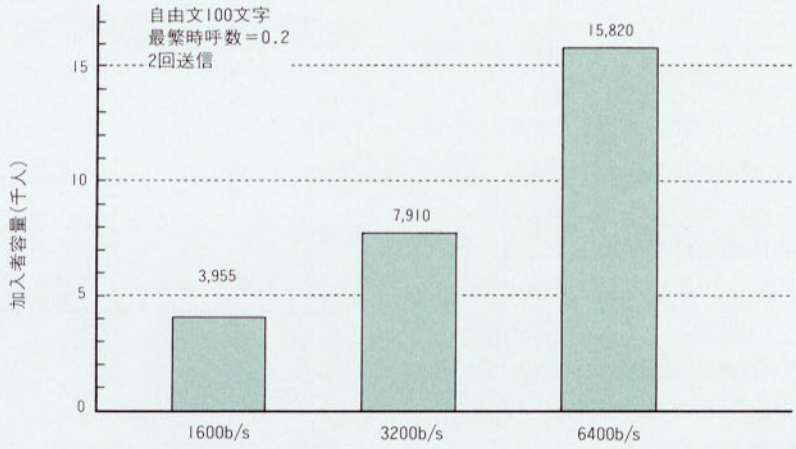


図10 長文伝送時の加入者容量計算例
Figure 10 Channel Capacity Example for Long Message Transmission

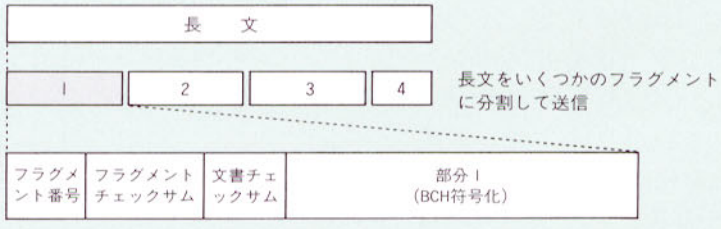


図11 長文伝送
Figure 11 Long Message Transmission

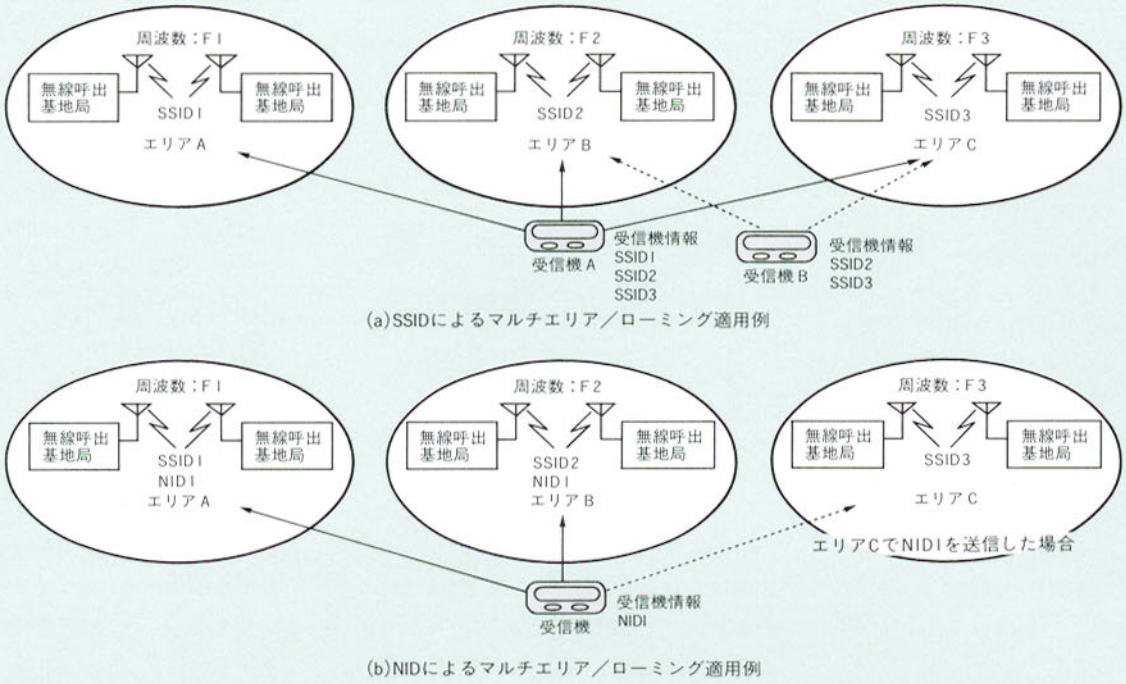


図12　SSID, NIDによるマルチエリア/ローミング適用例
Figure 12　Multi-Area/Roaming Service Example with SSID and NID

マルチエリア／ローミングネットワークを論理的に作り出すことが可能である．受信機はSSIDと異なり，1つのNID情報をもつだけでマルチエリア／ローミングサービスが可能となる．

図12(a)は，SSIDによるマルチエリア／ローミングの例である．受信機AはA・B・Cそれぞれのエリアにおいて送信されるSSID情報を有することにより，エリアA・B・Cにおいて呼び出しが可能となり，受信機BはエリアB・Cで送信されるSSID情報しか有しないため，エリアB・Cでのみ呼び出し可能となる．

図12(b)は，NIDによるマルチエリア／ローミングの例である．エリアA・Bにおいて同一のNIDを送信することにより，受信機は1つのNID情報でエリアA・Bで呼び出し可能となる．さらに，エリアCにおいて同一NIDを送信することにより，エリアCにおいても呼び出しが可能となるのでネットワークの拡張が容易に行うことが可能となる．

■提供サービス

本システムでは，**表2**に示すように，呼出専用（トーンオンリ），数字・カナサービス，英数字サービス，自由文サービ

表2　基本サービス
Table 2　Basic Service

項　目	概　　要
呼出専用(トーンオンリ)	呼出の機能のみを提供する．
数字・カナサービス	呼出に加え，4ビット／文字の情報により，数字・記号・カナなどを通報する機能を提供する．
英数字サービス	呼出に加え，7ビット／文字の情報（JISX 0201）により，英字・数字・記号などを通報する機能を提供する．
自由サービス	呼出に加え，8または16ビット／文字の情報(JISX 0208をシフトさせたシフトJISコード）により，英字・数字・記号・カナ・かな・漢字などを通報する機能を提供する．
トランスペアレントデータサービス	呼出に加え，発信者から渡されるビット列を何も変更しないで，着信者に通報する機能を提供する．

表3　付加サービス
Table 3　Optional Service

項　目	概　　要
プライオリティコールサービス	他の呼出に優先して，その受信機を呼出すサービス
グループコールサービス	受信機のグループを構成し，そのグループに対して共通のメッセージを送信するサービス
マルチエリア／ローミングサービス	ユーザ側でホームエリア外の移動先エリアを基置局側設備に登録することにより，移動先で呼出を受けることができるサービス
メッセージ通番サービス	受信機のアドレスごとに基置局側設備から呼に対してメッセージ番号を付加するサービス
発信者識別サービス	受信者に対して，8種類の発信者を識別するための簡易なメッセージを送信するサービス（トーンオンリサービスのみ）
フォーマット指定サービス	送られた数字メッセージを受信機側でID-ROMに指定されたフォーマットに変換するサービス（数字・カナサービスのみ）
簡易メッセージサービス	3桁(ショートアドレスの場合)または8桁(ロングアドレスの場合)の簡易な数字メッセージを送信するサービス(トーンオンリサービスのみ)
時刻補正サービス	基置局側設備から送信される実時間情報によって，受信機の時計機能を補正するサービス
加入情報サービス	種々の情報メッセージを受信することができるサービス

ス，およびトランスペアレントサービスが基本サービスとして定義されている．既存のNTT1200方式では自由文サービスはJIS第一水準までの文字をサポートしていたが，本システムではJIS第二水準までの文字まで使用可能である．さらに，トランスペアレントサービスにおいては，データ信号伝送のほか，ＦＡＸ情報，画像情報，音声情報などの伝送への拡張も考えられ，多様な情報の伝送が可能になると期待される．

また，これらの基本サービスに付随する付加サービスも**表3**に示すように，多数定義されており，様々な市場のニーズに合わせたサービスの提供が可能である．

あとがき

㈶電波システム開発センターにおいて標準化された新しい無線呼出システム「高度無線呼出システム」を紹介した．高度無線呼出システムは，日本初の統一された無線呼出システム規格であり，受信機の価格の低廉化が図れること，また多様な情報の伝送が可能であることから，さらなる加入者の増加が期待されている．

文　献

1）報道資料：“無線呼出受信機の売切りついて”，平成６年１月14日郵政省
2）電気技術審議会答申「高速ページャシステム用無線設備の技術的条件」(一部答申)，平成６年11月28日
3）“高度無線呼出システム標準規格　ＲＣＲＳＴＤ－43”，平成７年６月
4）平井，野沢，伊藤：“移動通信における時間ダイバーシチを用いた信号伝送特性”，電子情報通信学会'93春大Ｂ－330
5）伊藤，大久保：“移動通信データ伝送における時間ダイバーシチの効果”，電子情報通信学会'95総大Ｂ－402