

移動体通信システム

倉本 實*

固定網では急ピッチでISDN化が進行中であり、移動体通信でもデジタル化に大きな期待が寄せられている。今後、移動体通信は音声通信を中心としながらも音声以外の情報伝送へと多様化しながら発展しよう。本報告では、現在実用されている移動体通信についてアナログ方式の自動車・携帯電話を中心に解説し、次に日本統一方式として開発中のデジタル方式についてその動向を紹介する。

Mobile Communication Systems

Minoru KURAMOTO*

The fixed networks are expanding ISDN services at a fever pitch, and the digitalization of mobile communications is being awaited with great anticipation. Mobile communications will hereafter, while focusing on voice communications, advance toward network that can offer variety of non-voice services. This report will first describe the mobile communication systems being used currently focusing in on the analog automobile and portable telephones, and then introduce the movement toward the now-being-developed digital systems based on unified Japan standard.

1. まえがき

社会・経済の進展に伴って、移動体通信の利用が急増している。これは、移動体通信が面的サービスの提供を可能としており、家庭やオフィスに置かれた電話よりはるかに利便性に優れた通信手段であるからである。

移動体通信として最も身近なのが公衆自動車・携帯電話である。小型軽量の携帯電話機の登場により、だれもが一般の電話機のような気軽さで通信できる時代に入りつつある(Fig. 1)。最近では年率50%以上という爆発的な伸びを見せており¹⁾、1990年末のユーザー数は全国で78万に達した。10年後の2000年には少なくとも800万ユーザーをかかえる大きな市場に成長するものと予測されている²⁾。

ところで移動体通信においても、音声通信以外の

サービス(非電話サービス)の要望が高まっている。アナログ方式の自動車・携帯電話やMCA*¹)を利用してファクシミリ通信や各種のデータ通信が既に行われている。またデータ通信専用のサービスとしてテレターミナル方式³⁾(移動無線用パケット通信システム)があり、各ユーザーのオフィスやセンターコンピュータとの間でパケットによる双方向のデータ通信を行うことができる。

一方、固定通信網では、急ピッチでデジタル化(ISDN*²)が進行中であり、移動体通信においてもデジタル化に大きな期待が寄せられている。デジタル化が実現すればG3ファクシミリ(アナログのモデムを介して通信するファクシミリ)などの高品質な伝送が可能となる他、豊富なISDNサービスメニューが追加できるものと期待できる。

* NTT無線システム研究所移動体通信研究部部長
Executive Manager, Mobile Communication Systems
Lab., NTT Radio Communication Systems Laboratories
原稿受理 1991年4月5日

*1 Multi-Channel Access System: タクシー無線等の業務用無線を複数ユーザーで周波数を共有することにより周波数利用効率を高めたシステム。参考文献3)参照。

*2 Integrated Services Digital Network: 通信網をデジタル化して、音声はもちろん、64kbpsデータ等多彩なサービスを実現する網。



Fig. 1 自動車・携帯電話

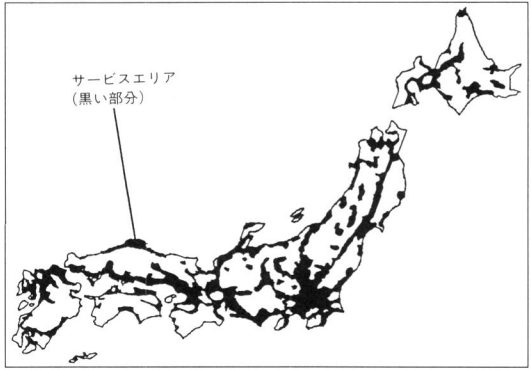


Fig. 3 自動車・携帯電話のサービスエリア

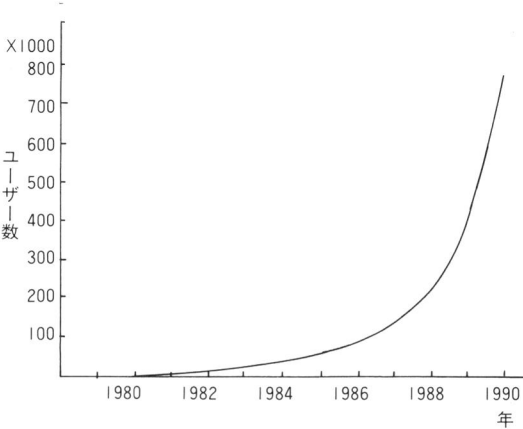


Fig. 2 我が国における自動車・携帯電話ユーザー数の推移

移動体通信は、自動車内に固定した自動車電話から、人間が持ち運びできる携帯電話にまで発展し、「いつでも、どこでも、だれとでも」通信できる究極の目標に向かって一步一步近づいている。

移動体通信が自動車における情報化に果たす役割は大きい。以下では、現在の自動車・携帯電話を中心に概説した後、日本統一方式として開発が進められているデジタル自動車電話方式についてその動向を解説する。

2. 移動体通信の現状

2-1 自動車・携帯電話方式¹⁾

1979年12月に東京23区でNTTによって800MHz帯を用いる自動車電話サービスが開始された。導入当時のサービスエリアは大都市等に限られていたが、1988年には全国市制施行都市の約90%、主要幹線道路では約70%をほぼ連続的にカバー、全国で20万を越えるユーザーに親しまれるまでに成長した。車載機だけでなく可搬型をはじめ携帯電話もサービスさ

れており、この意味でここでは自動車・携帯電話方式と呼ぶことにする。通信の自由化を迎え、自動車・携帯電話にもNCC (New Common Carrier) が誕生し、1988年には「日本移動通信」が東京地区で、翌年には「関西セルラー電話」がサービスを開始した。数次にわたる料金値下げや移動機の小型化などにより需要は急増し、最近では年率50%以上の伸びを示している。1990年末にはユーザー数は全国で78万に達した。Fig. 2にわが国のユーザー数の推移、Fig. 3にサービスエリア (NTT) を示す。

導入当初の移動機の大きさは約6.6ℓ、重さ7kgもあり、自動車のトランクに収容して使用しなければならなかった。それでも、電話を家庭やオフィスから解放し、動き回る自動車にまで通信範囲を拡大したのは大きい変革であったと言える。その後、より小型の移動機の開発を経て、人間が持ち運べる携帯機が登場するに至って、ユーザー数が爆発的に伸びるようになった。これにより、通信範囲が、自動車道路沿い (車内) のみから、本当の意味での面的拡がりを持つようになったのである。

移動機には、車に搭載する車載機の他、肩掛け式の携帯電話機、ハンドヘルド型の携帯電話機がある。車載機の中には、マイクとスピーカーを用いて運転中でも通話のできるハンドフリータイプもある。自動車内での双方向通信を可能とした自動車電話は、現在、自動車の情報化に大きな役割を果たしていると言っても過言ではないだろう。最近では、自動車電話を利用して、通話の他ファクシミリやデータ通信 (但しアナログモデムによる伝送) が行われるようになってきている。

それでは、自動車・携帯電話とはどんな技術から構成されているのか、以下で解説しよう。

1) セルラー方式

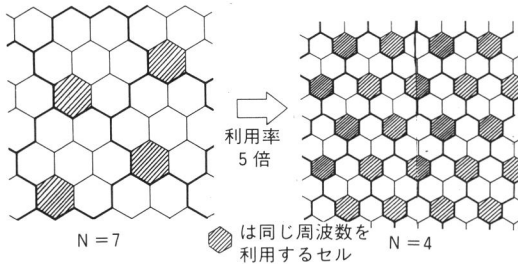


Fig. 4 繰り返し数 (N) およびセルの大きさを小さくすることにより周波数の面的利用率を向上

移動体通信の特徴は、サービスの面的拡がりを可能とする点である。広いサービスエリアを小さいセル（無線ゾーンとも言う）に分割し、その中に無線基地局を配置して移動局と通信を行う。こうすることによって、送信パワーを小さくできるうえに、電波の減衰をうまく利用して同じ周波数を他のセルで何度でも繰り返して利用できる (Fig. 4 参照)。同じ周波数をより近くのセルで繰り返して使用すること、またセルの大きさそのものを小さくすることによって、サービスエリア内の周波数繰り返し回数を増大することができ、周波数の面的利用効率を高めることができる。セルを小さくすることは基地局の投資コストが増えることになるから、小セルは多数ユーザーを抱える大都市だけに適用し、郊外では大きなセルという具合に柔軟に対応できる。限られた周波数資源をむだなく利用できるため、わが国をはじめ、各国の公衆移動体通信で採用されている。

2) アナログ方式

現在の自動車・携帯電話方式は周波数変調 (FM) によるアナログ伝送である。

1979年の導入時には無線チャンネル間隔が25kHzの方式でサービスが開始されたが、首都圏でユーザー数増大に対処するため、1988年5月に無線チャンネル間隔を半分にし容量アップを図ったNTT大容量方式が登場した。一方、東京地区でサービスを提供している日本移動通信はNTT大容量方式を採用、関西地区では関西セルラーがJ-TACS方式でサービスを提供している。NTT大容量方式⁴⁾とJ-TACS方式⁵⁾の主要諸元をTable 1に比較する。音声はアナログ伝送であるが、通信の開始・終了や、通信中にセルを移行しても通話を継続させるための制御には、デジタル信号が用いられているのが特徴である。

大容量方式の特徴は、

- (1)無線チャンネル間隔を12.5kHzにまで狭帯域化し、さらにインタリーブ配置 (6.25kHz間隔) するこ

Table 1 アナログ自動車電話方式の主要諸元

		NTT大容量方式	J-TACS方式
無線周波数		800MHz帯	
送受信間隔		55MHz	
チャンネル間隔		6.25kHz (インタリーブ)	25kHz (インタリーブ)
変調方式	音声	アナログFM	
	制御	デジタルFM (2.4kbps, 0.1kbps)	デジタルFM (8 kbps)
最大周波数偏移		2.5kHz	9.5kHz
送信電力	基地局	最大25W	最大45W
	移動局	最大5W	最大2.8W

- とにより周波数をより有効に利用していること
- (2)無線基地局と移動局の両方にダイバーシチ受信技術 (2つのアンテナの受信波のうち、レベルの高い方を選択受信する) を導入して通話品質の向上を図ったこと
- (3)通信中のセル移行に伴う制御などのため100bpsデータ信号を音声と同時に伝送することにより、セル移行時の雑音を解消した他、通信中の高度な制御を可能にしたこと
- (4)秘話サービスが提供できるようになったこと

などである。方式構成をFig. 5に示す。固定電話網との接続、課金などを扱うのが自動車電話交換機、無線チャンネルの設定、切替制御などを行うのが無線回線制御装置、移動局との無線通信を受け持つのが無線基地局である。移動局がサービスエリアのどこにいても着信 (固定網からの通信) ができるように、常に交換機に所在エリアの情報が登録されている。これを位置登録という。また、通信中に他のセルに移行しても通話が継続できるよう移行先の無線チャンネルに自動的に切替えられる。これは、通話中チャンネル切替といわれている。このように複雑な回線制御を行うことにより、ユーザーは移動体通信であることをほとんど意識することなく、一般の電話と同

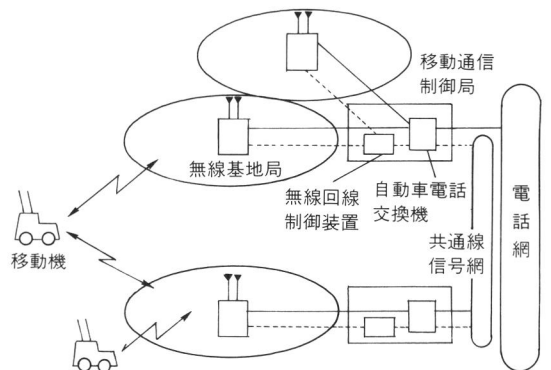
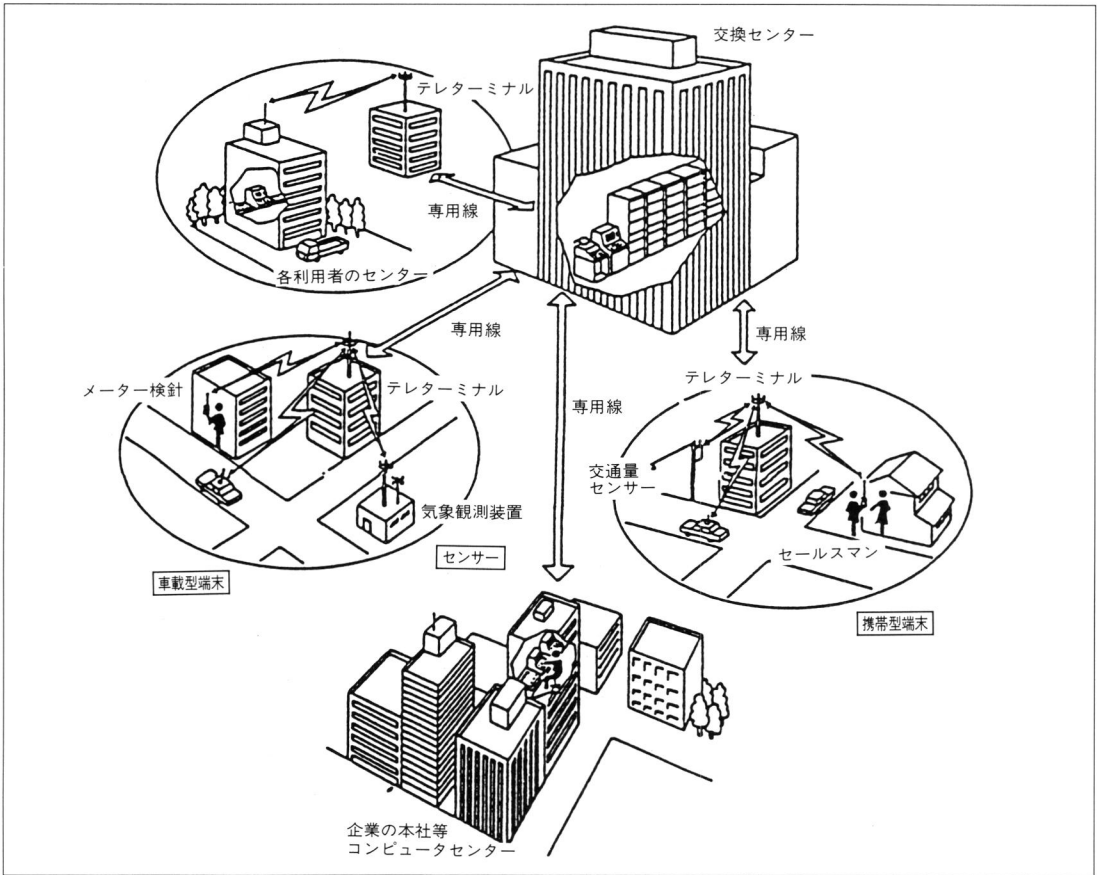


Fig. 5 大容量自動車・携帯電話方式の構成



出所) 参考文献3)。

Fig. 6 テレターミナル・システムの構成

Table 2 テレターミナル方式の主要諸元

無線周波数	800MHz帯	
送受信間隔	55MHz	
チャンネル間隔	25kHz	
変調方式	直接FSK	
伝送速度	9.6kbps以下	
送信電力	基地局	20W
	端末機	5 W
無線ゾーン半径	約 3 Km	

様に通話することができる。移動局への着信では、近距離(約160km以内)では030を、遠距離では040をダイヤルした後、7桁の加入者番号を回せばよい。一方、移動局からの発信は、市外局番からスタートし、一般の固定電話と同じダイヤルをする。

2-2 テレターミナル方式³⁾

テレターミナル方式は、9.6kbps無線パケット通信による双方向データ伝送サービスを提供している。伝送するパケットは、256ビットを標準としている。

1989年12月に日本シティメディア(株)が首都圏でサービスを開始した。方式概念をFig. 6に、無線系諸元をTable 2に示す。無線基地局(テレターミナル)、データ交換する共同利用センター、ユーザーのコンピュータセンター等、および移動端末機から構成されている。移動端末機から最寄りの無線基地局にアクセスし、共同利用センターを介して各ユーザーのコンピュータセンター等と通信する。また、警察庁を中心に検討中の、新自動車交通情報通信システム(AMTICS)などと組み合わせれば、交通情報などを自動車に居ながらにして得ることができる。テレターミナル方式では音声通信はできないものの様々な情報伝送が可能であり、自動車情報化にも役立つものと期待されている。

3. デジタル移動通信

先に述べたように、最近の自動車・携帯電話の伸びは著しい。このまま行くと、数年後に周波数不足

Table 3 デジタル自動車電話方式の比較

	欧州GSM	北米TIA	日本
周波数帯 移動機送信 基地局送信	890～915MHz 935～960MHz	824～849MHz 869～894MHz	800MHz/1.5GHz
送受信周波数間隔	45MHz	45MHz	130/48MHz
キャリア周波数間隔	400kHz(200kHzインタリーブ)	60kHz(30kHzインタリーブ)	50kHz(25kHzインタリーブ)
基地局ゾーン半径	0.5～35km	0.5～20km	0.5～20km
アクセス方式	TDMA	TDMA	TDMA
1キャリア当りのチャンネル数	8チャンネル	3チャンネル	3チャンネル
伝送速度	270.833kbps	48.6kbps	42kbps
変調方式	GMSK	$\pi/4$ シフトQPSK	$\pi/4$ シフトQPSK
音声符号化方式	RPE-LTP {ソース13kbps 誤り訂正9.8kbps}	VSELP {ソース8kbps 誤り訂正5kbps}	VSELP {ソース6.7kbps 誤り訂正4.5kbps}
波形等化	あり(20 μ s)	あり(60 μ s)	オプション
その他	周波数ホッピング {4波1/217秒ごとに 切替え、オプション}	ダイバーシチ (オプション)	ダイバーシチ (オプション)

に直面するのは確実である。周波数不足はわが国だけでなく北米や欧州においても同様に深刻であり、すでに各国とも、新方式の開発にしのぎを削っている⁶⁾。

これまでの公衆移動通信ではアナログ方式で音声通信が中心となっていたが、今後は多彩で高品質な各種新サービスの提供が要求されてこよう。固定網では急ピッチでISDN化が進行中であり、これからの移動体通信では、周波数不足への対応と共に固定ISDN網に対応できるデジタル移動通信への期待が大きい。デジタル移動通信では、各種新サービスの提供に加え、アナログ方式に比較してより高品質な音声伝送の実現、基地局・移動局装置の小型経済化やシステムの大容量化が可能となる。

3-1 統一方式の構築

既に述べたように、わが国のアナログ自動車・携帯電話はNTT方式およびJ-TACS方式の2方式によりサービスが提供されている。しかし、全国どの自動車電話網に移動しても使用可能でありユーザーがどこでも通信できるようにすることが一層の普及をはかるために不可欠である。このためには移動機と無線基地局との間の無線区間(エア)インタフェースの統一化が必要である。電波システム開発センターを中心にエアインタフェースの標準規格の詳細について検討が進められている。デジタル方式の開発に成功すれば、ISDNサービスなどアナログ方式では難しかった多彩で高品質な各種新サービスの提供が可能となるのに加え、確実に容易な情報の

セキュリティ確保が可能になる。

3-2 TDMA方式

日・米・欧ともデジタル自動車・携帯電話方式はTable 3に示すようにTDMA(時分割多元接続)方式を採用することが決定され、ともに1～2年以内の実用化を目指して開発中である。日本の方式では使用周波数帯域は当初800MHz帯、次いで1.5GHz帯が適用される予定である。周波数間隔は800MHz帯の既存方式に準拠して50kHz(インタリーブ配置*3で25kHz間隔)が予定されている。TDMAの多重数としては、デジタル音声信号(11.2kbps)とは別に数百bps程度の制御信号が必要であることなどから、3チャンネル多重としている。

TDMA方式の利点は、

- (1)多重化により基地局経済化が期待できること
- (2)送信タイムスロットおよび受信タイムスロット以外の空きタイムスロットの間に周辺基地局の電波を順次切替・受信してその受信レベルを測定することにより、移動局の移行先セルを移動局自身で判別することができ、この結果、チャンネル切替制御が容易になって一層の小ゾーン化が可能となること

などである。日本では、アナログ方式で6.25kHz

*3 通常のチャンネル間隔の1/2の周波数のところで別のチャンネルを配置して、チャンネル間隔を1/2に、従ってチャンネル数を2倍にして使用する。隣りどうしのチャンネルでは無線スペクトルの一部が重なるので同じ場所では使用できないが、隣りのセルまたは次隣接のセルでは使用することができる。

間隔（インターリーブ配置）が実現されているため、デジタル方式ではこれ以上に周波数利用効率を高めることができなければならない。制御の高度化により一層の小ゾーン化が可能となるTDMA方式が期待される理由である。

3チャンネルTDMA方式の概念図をFig. 7に示す。基地局から移動局に向けてTDM（時分割多重）信号が送信されている。各移動局は指定されたスロットの下り信号を受信し、下りスロットに対応する上り

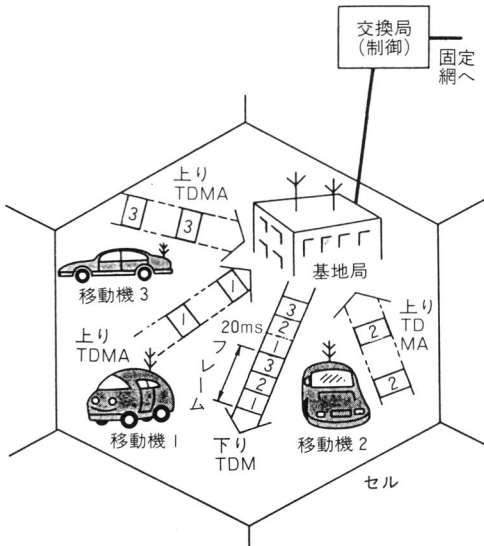


Fig. 7 TDMA方式の概念

スロットで基地局に向けてバースト信号（連続信号でなくバースト状に送信される信号）を送信する。基地局送信と移動局送信の1組のキャリアで3台の移動局が基地局と同時に双方向通信できる。トラヒックの大きさに応じて基地局には複数のキャリアが割り当てられる。基地局と移動局間でやりとりされるのは制御信号と音声などの情報である。

音声CODEC（符号復号器）には誤り訂正符号を含めて11.2kbpsが割り当てられている。欧州では22.8kbps、北米は13kbpsであるから日本方式が最も低ビットレートである。同期信号や制御信号などを含めた無線信号速度は42kbpsである。

3-3 方式構想

デジタル自動車・携帯電話方式の構想図をFig. 8に示す。信号方式を高機能化するとともにISDNやパケット網と接続することによって多様なサービスを提供することができる。

網構成例をFig. 9に示す。自動車電話網は制御局（MCC）、無線基地局（BS）および移動局（MS）で構成される。MCCは、固定網との関門および中継機能を有する関門制御局（G-MCC）、移動機を直接制御する在圏制御局（V-MCC）、および移動局番号や在圏エリアが登録されているホームメモリ局（HR）で構成される。これらの制御局間の制御信号のやりとりはCCITT（電信電話諮問委員会：電信電話の規格等を勧告する国際電気通信連合諮問委員会）No.7

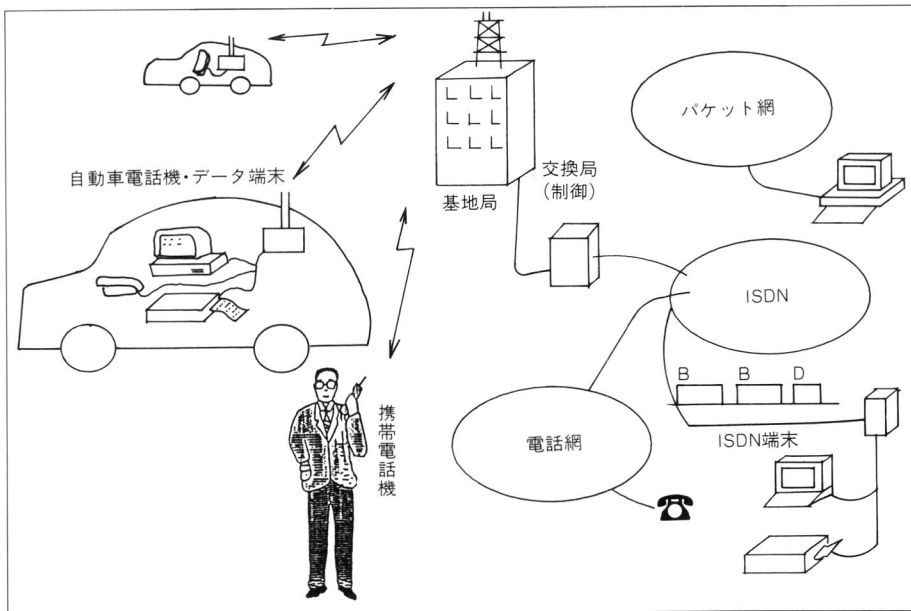


Fig. 8 デジタル自動車電話方式の構想

信号方式とよばれる共通線信号方式が用いられる。

固定網の端末から移動局への発信では、固定網からまず最寄りのG-MCCに接続される。G-MCCは、移動局のユーザーデータが収容されているHRにアクセスし、移動局が在圏するV-MCCを識別し、このV-MCCまで通信回線を接続する。V-MCCを通して在圏エリア内の全セルで移動局の呼び出しを行い、移動局が応答したセルの空きタイムスロットを指定して通信を開始する。

固定網 (ISDN、パケット、アナログ電話網) との接続はすべてISDNのゾーンセンター(ZC)を通してNo.7信号方式ISUP (ISDN User Part) で行われる。これにより、ISDNの豊富なサービスがデジタル自動車電話において提供可能となる。

3-4 品質の向上

デジタル方式の特徴の一つは、ゾーン内でほぼ均質な音声品質でサービスを提供できることである。アナログ方式における音声品質は受信レベルの低下に応じて徐々に劣化するが、デジタル方式ではある誤り率まではほぼ一定の品質を維持することができる (Fig.10参照)。符号誤りのない状態での品質はアナログ方式の品質よりわずかに劣るものの、低受信レベル時にはアナログ方式より良い品質が得られる。基地局から離れるにつれて受信レベルの平均値が低くなるので、アナログ方式での品質は徐々に劣化するが、デジタル方式ではほぼ一定の品質を確保することができる。受信レベルがある値以下になると急激に品質が劣化するが、アナログ方式と同様により近くの無線基地局のチャンネルへ切替えること

によって品質劣化を未然に防ぐことができる。

3-5 データ伝送サービス

アナログ電話網でのG3ファクスやデータ通信等はモデムを介してなされている。しかしデジタル

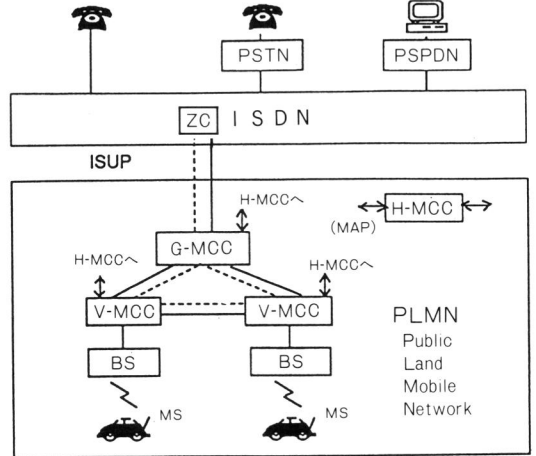


Fig. 9 網構成

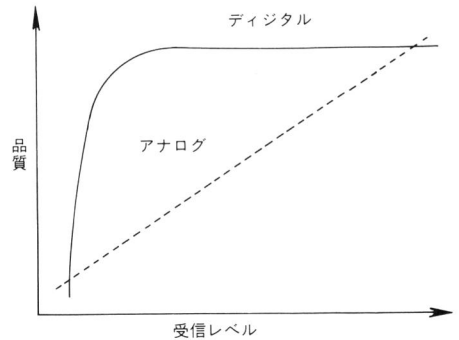
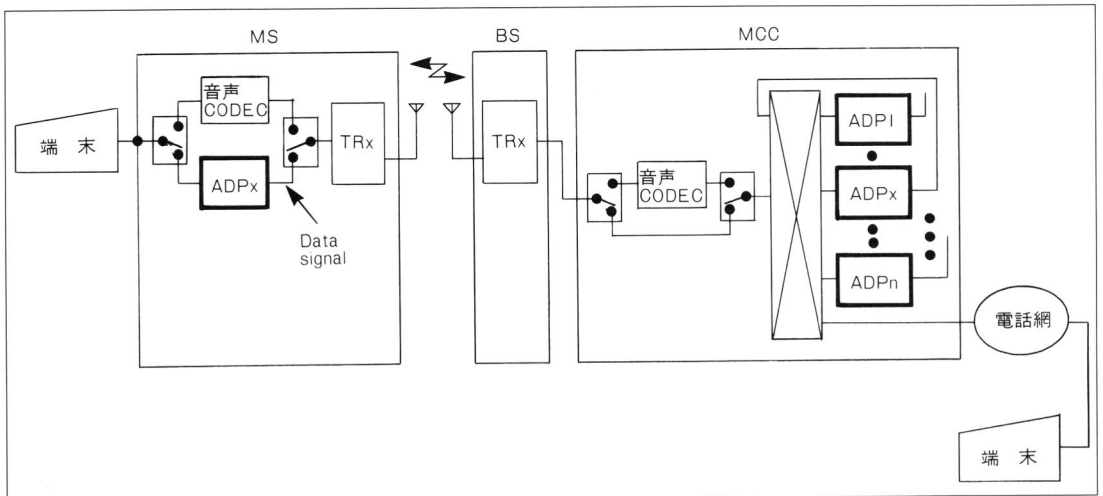


Fig. 10 音声品質の比較



注) ADP: 非電話信号伝送処理用アダプタ。

Fig. 11 非電話伝送系の構成例

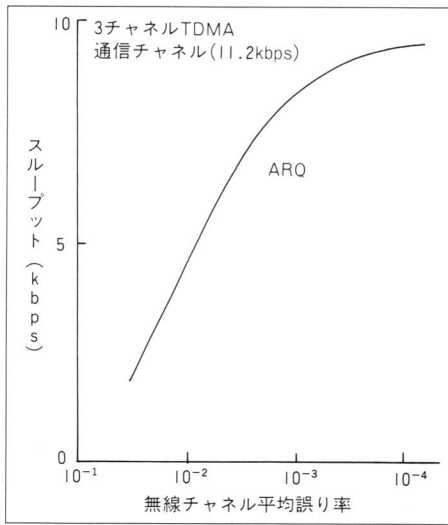


Fig.12 ARQのスループット

方式では音声CODECは音声伝送には最適であるが、モデム信号を十分な品質で伝送することはできない。このため、デジタル自動車電話方式を電話網と接続して、これらのサービスを提供するためには、モデム信号をデジタル信号に変換したのち、音声CODECを介さずに無線伝送しなければならない。もともとデジタル信号であるファクシミリやデータ通信などはデジタル変調との整合性が良く、誤り訂正符号化の適用によってアナログ方式に比較して高品質な伝送が可能である。Fig.11はモデム信号の変復調、誤り制御等の機能を備えたアダプタによる非電話伝送系の構成例である。無線区間にARQ（自動再送方式）を採用することにより、エラーフリー伝送が可能である。Fig.12は、3チャンネルTDMA方式の通信チャンネル（11.2kbps）に適用したときのスループット（実効伝送速度）を示している。無線チャンネルの符号誤り率が1%と非常に劣悪な状態であっても4.8kbpsのスループットが実現でき、例えばこれをファクス信号伝送に適用すればA4版原稿1枚当たり約1分で伝送できる。

国際的には国際無線通信諮問委員会（CCIR）において、8/16kbpsなどの低ビットレートサービスやテレサービスとしてテキスト、ビデオテックス、ショートメッセージ通信などが検討されている⁷⁾が、具体化はこれからである。

ところで、ISDNでは基本インタフェースとして2B+D（Bは信号チャンネルで64kbps、Dは制御チャンネルで16kbps）のチャンネルを提供しているが、無線チャンネル帯域の制約などのため、この2B+Dの信号伝送をそのまま移動通信で実現することが難しく、移動通信特有のチャンネル構造でISDN相当のサービスを提供することになる。

4. むすび

現在の移動通信ではアナログ自動車・携帯電話方式等ファクシミリやデータ通信が利用されているがまだまだ移動通信における多様なデータ伝送サービスという点では今後に残されている課題が多い。わが国および欧米を中心に移動体通信のデジタル化が進められており、この数年のうちにサービスが開始されよう。ISDNは固定通信網をデジタル化し電話のみならず非電話系の多様なデータ伝送サービスを提供することが大きな目的であるが、移動体通信はそれを面的に拡大するという使命を負っている。これを契機に、移動体通信は音声通信を中心としながらも音声以外の情報伝送へと多様化しながら発展するものと予想される。

参考文献

- 1) 「特集 “多様なビジネス展開をみせる移動体通信”」『NTT技術ジャーナル』Vol. 1、1984年1月
- 2) 『デジタル方式自動車電話システムに関する調査報告書』1990年3月
- 3) 『移動通信ハンドブック（1989年版）』（助電波システム開発センター
- 4) 倉本他、「大容量自動車電話方式」『電子情報通信学会誌』pp.1011~1022、Vol.71、No.10、1988年10月
- 5) 特別シンポジウム「近未来における移動通信の展開」電子情報通信学会、1989年3月
- 6) 「小特集“デジタル自動車電話”」『電子情報通信学会誌』pp.799~844、Vol.73、No.8、1990年8月
- 7) CCIRレポートM/8「将来形公衆移動通信システム（FPLMTS）」1989年