

解 説

VIII. 陸上移動通信の高度化に向けた デジタル無線伝送技術 —将来展望と研究開発構想—

笹岡 秀一*

(1990年8月20日受理)

VIII. DIGITAL RADIO TRANSMISSION TECHNOLOGY TOWARD ADVANCED LAND MOBILE COMMUNICATIONS —PROGRESS TRENDS OF TECHNOLOGY AND RESEARCH PLAN IN CRL—

By

Hideichi SASAOKA

As the last part of this special issue on Digital Land Mobile Communications Technology, this paper outlines progress trends in the technology on digital radio transmission toward advanced land mobile communications, and introduces a research plan in CRL. First, this paper reviews progress trends of land mobile communications and key technology to achieve the advanced systems. Next, it shows state-of-arts and progress trends in the key technology of digital radio transmission, such as countermeasures to frequency selective fading, various schemes to improve performance of bit error rate and high spectral efficiency modulation. This paper also shows a research plan in CRL on digital radio transmission with high bit rate, high performance and high spectral efficiency.

1. はじめに

最近、自動車電話及びコードレス電話等において、デジタル方式の研究開発及び実用化検討が、世界的に盛んに進められている⁽¹⁾⁽²⁾。そして、今後、計画中のシステムが実用になるとともに、その他の各種デジタル陸上移動通信システムの実用化が予想される。これらのシステムの大半は、音声伝送サービスを主体としており、デジタル方式が導入されても、当面はサービスの画期的変化（サービスの高度化）が起これないと考えられる。このことは、システムのデジタル化によるサービス総合化などサービスの高度化が積極的に進められている固定通信網の場合と対照的である。しかし、将来の陸上移動

通信では、デジタル化の利点を発揮して、サービスの高度化を図った新方式の導入が必須になると予想される。

陸上移動通信技術は各種の通信技術の総合であり、サービスの高度化に当たっては、交換・ネットワーク技術、無線システム構成技術、無線伝送技術、無線端末機器のハードウェア技術の高度化が必要である。このうちデジタル無線伝送技術に関しては、高速化、高品質化、高能率化が課題である。

本稿では、はじめに陸上移動通信の高度化への期待と技術的要請を示すとともに将来の無線伝送技術の性能目標等について述べる。次に、移動通信の高度化を支えるデジタル無線伝送技術に関して、高速化、高品質化、高能率化技術及びこれらの複合技術の将来展望について取り扱う。終わりに、高速・高品質・高能率デジタル

* 通信技術部 通信方式研究室

無線伝送方式の開発構想について紹介する。

2. 陸上移動通信高度化への技術的要請と性能目標

ここでは、陸上移動通信の将来展望について若干説明した後で、陸上移動通信の高度化のイメージと高度化に必要な技術を明らかにし、さらに、将来の無線伝送方式の性能目標等を示す。

2.1 陸上移動通信高度化の期待と技術的要請

陸上移動通信は、電気通信事業用と自営通信用に大別されるが、それぞれに各種多様な陸上移動通信システムがある。また、陸上移動通信の普及・発展に伴って、新しいシステム及びサービスが導入される可能性もある。このため、現在のシステム区分毎に将来展望を示すよりは、陸上移動通信全体の発展方向をとらえ、その中から技術的要請を抽出すべきである。これについては、既に多くの解説等がある。

電子通信学会誌の「移動通信特集 1. 移動通信の展望」⁽³⁾では、移動通信サービスの将来動向を通信モードの発展（電話サービスの高機能化）及び新しい情報メディア開発の観点から予想している。それによると、電話サービスは、「いつでも、どこでも」の理想の実現を目指した携帯化及び各種移動通信の統合化の方向に発展すると予想されている。また、情報メディアとしては、音声、データ、ファクシミリ及び画像等が考えられている。また、サービス形態として、個々及び複合サービスとVANサービスが考えられている。この文献は多少古いものであるが、現在でも有効な内容が多い。

また、最近のものとして郵政省電気通信局長が主宰する「移動通信に関する長期ビジョン懇談会」報告書⁽⁴⁾では、陸上移動通信のシステム区分毎の将来イメージについて、短期展望（数年以内）、中長期展望（数年～10年）及び21世紀初頭の展望を示している。報告書によれば、電気通信事業系システムの代表的なものを、車載型の自動車電話、携帯型のコードレス・携帯電話、受信専用の無線呼出し、データ専用のテレターミナルに区分している。そして、システム区分毎の発展過程を予想している。これらの詳細については説明を省略するが、発展方向としては、デジタル化、新周波数の使用、高速化、マルチメディア化、ネットワーク化が共通的なものである。そして、21世紀初頭には、システムのデジタル化、ネットワーク化、統合化、端末機の小型化・低消費電力化及び固定通信網（ISDN）との融合等が図られた統合移動体通信が実現するものと予想されている。また、自営通信系システムは、公共業務用、一般業務用、MCAシステム、構内無線システムなどのシステム区分により

進展の程度がかなり異なるが、発展方向としては、電気通信事業系と概ね同様と予想される。

このような陸上移動通信の将来展望を要約すれば、陸上移動通信の普及・発展に伴い、量から質への変化、すなわち、サービスの高度化の方向に進むと考えられる。そして、サービスの高度化の観点から見た陸上移動通信は、第1図に示すようにシステムの統合化、伝送情報の多様化及び携帯化の方向に発展すると考えられる⁽⁵⁾。

システムの統合化は、サービスの広域化と複合サービスの実現にとって重要である。システムの統合化の方向としては、システム間相互接続、多目的複合システム、ISDN サービス導入があり、最終目標はサービス総合通信網（ISDN）との一体化と考えられる。ISDNにおけるデジタル伝送は、現在のデジタル陸上移動通信における伝送と比較して、高速及び高品質である。それゆえ、ISDNとの一体化に向けて、デジタル無線伝送の高速化及び高品質化が必須である。

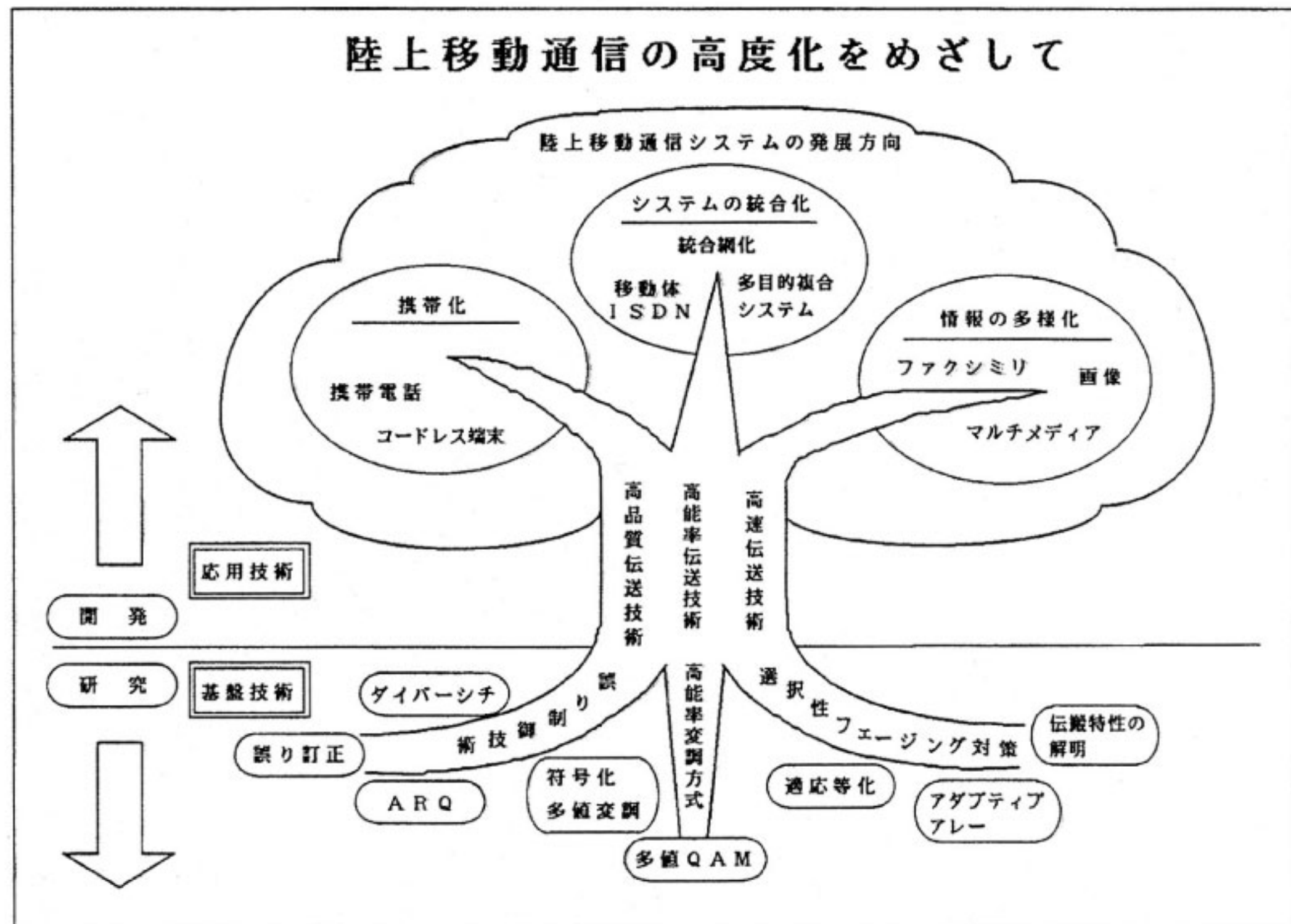
一方、伝送情報の多様化は、多様なサービス提供を可能とするため重要である。伝送情報としては、音声情報以外にファクシミリ、データ、画像情報及び複合情報（マルチメディア）がある。これらのデジタル情報は、高品質が要求されることが多い。また、画像情報伝送及びマルチメディア伝送では、高速伝送も必要となる。このため、伝送情報の多様化には、デジタル無線伝送の高速化及び高品質化が重要である。

携帯化は、移動性の向上に不可欠であり、携帯化により利便性を格段に向上できる。携帯電話やコードレス端末などの携帯化は、陸上移動通信の普及及び需要増加を助長すると考えられる。以上のように将来の陸上移動通信が発展すると、通信需要増加と伝送情報の高速化により、従来より格段に広い無線周波数帯域が必要となる。しかし、陸上移動通信に利用可能な周波数は限られているので、周波数利用率の向上のためにスペクトル帯域の狭帯域化を行うデジタル無線伝送の高効率化も重要となる。

このように陸上移動通信の高度化のためには、デジタル無線伝送の高速化、高品質化及び高効率化が不可欠であり、それを実現する技術開発が要請されている。

2.2 将来の無線伝送方式の性能目標

ここでは、将来の無線伝送方式に期待される性能目標を検討する。高度化へのサービス面からの要請には、2.1節に述べたようにISDNへの対応及び伝送情報の多様化への対応がある。ISDNでは、Bチャンネル（情報伝送用、伝送速度 64 kbit/s）とDチャンネル（制御用、伝送速度 16 kbit/s）の複合（2B+D）が基本インターフェースである。また、非音声伝送を含めて各種のサー



第1図 陸上移動通信システムの発展方向と研究開発課題

ビスへの対応を考慮し、国際標準化を目指している将来の公衆陸上移動通信システム (FPLMTS) では、情報の種類に依存して 8, 16, 32, 64, 128, 384, 1536, 1920 kbit/s などの情報伝送速度が考えられている⁽⁶⁾。このことを考慮すると、各種の情報伝送速度に柔軟に対応するため、情報伝送速度可変のアクセス方式（例えば、TDMA 方式）の採用が望ましい。また、基本情報伝送速度としては、64 kbit/s などが適当である。全伝送速度は、多重数を十数チャネルとし、フレーム効率及び符号化率などを考慮すると、1 Mbit/s 以上となる⁽⁵⁾。また、伝送品質（誤り率特性）の規格については、伝送情報によって $10^{-2} \sim 10^{-6}$ 程度が必要となる。例えば、音声は 10^{-2} 以下、ファクシミリは 10^{-4} 以下、データは 10^{-6} 以下が一つの目標値である⁽⁷⁾。

3. 陸上移動通信の高度化を支える技術の将来展望

3.1 高送伝送技術 —選択性フェージング対策—

陸上移動通信においては、伝搬経路による到達時間差（多重路伝搬遅延）の影響により、伝送路の周波数特性が一様でなくなる周波数選択性フェージングが発生するとともに、伝送信号の符号間干渉により軽減困難な誤り

が発生する。この現象は広帯域（高速）信号伝送においてより顕著となるため、陸上移動通信における高速化の障害となっている。それゆえ、高速伝送の実現に当たっては、効果的な選択性フェージング対策技術の開発が重要である⁽⁷⁾。以下では、選択性フェージング対策技術の将来展望について述べる。

フェージング対策技術としては、適応等化技術が代表的であるが、この他に耐多重波変調技術、スペクトル拡散通信技術、ダイバーシチ技術（空間又は指向性）、アダプティブアレー技術及びマルチキャリア伝送技術等がある。これらの技術の特徴及び長所・短所については、本特集号の解説「ディジタル陸上移動通信技術の現状と課題」⁽⁸⁾で述べたので省略する。

これらの技術を周波数有効利用の観点から見ると、送信側で何らかの処理を行う技術、例えば、耐多重波変調技術及びスペクトル拡散通信技術は、一般にスペクトル帯域の利用効率が低下する。一方、受信側でのみ対処する技術、例えば、適応等化技術、空間ダイバーシチ技術及びアダプティブアレー技術では、スペクトル帯域の利用効率が低下することはない。なお、マルチキャリア伝送技術では、送信側での処理が行われるが、スペクトル帯域の利用効率は低下しない。将来、高能率伝送がより

重要となることを考慮すると、後者の技術の研究開発がより期待される。

陸上移動通信を対象にした適応等化器としては、判定帰還適応等化器 (DFE)⁽⁷⁾ 及び最尤復号法による等化器 (ビタビ等化器)⁽⁹⁾ が有力である。DFE は、タップ付き遅延線を用いる等化器において、判定値を帰還することにより、遅延線の段数を減少させる方式であり、装置規模が比較的小さく、特性もかなり良好である。また、ビタビ等化器は、伝送路のインパルス応答と送信シンボル系列の畳込み状態となる受信信号から、送信シンボル系列をビタビアルゴリズムにより最尤推定するものである。ビタビ等化器は、動作の安定性及び等化特性に優れているが、装置規模が大きくなり易い欠点がある。特に、高速伝送において符号間干渉する範囲が増加する場合、多値変調においてシンボル当たりの状態数が多い場合に、ビタビ等化器は、ビタビ推定において考慮すべき状態数が急速に増加するので、装置化が現実的でなくなる。このような問題の解決法として、最尤推定において考慮するインパルス応答の範囲を限定し、無視したインパルス部分による劣化を判定帰還により補償することにより簡易化を図る遅延判定帰還型最尤復号法 (DDFSE) がある⁽¹⁰⁾。

現在、変調方式が QPSK で、遅延広がりが 1 シンボル程度、フェージング変動速度が 50 Hz 程度の場合に対しては、既に研究開発された適応等化技術により音声伝送には、ほぼ十分な伝送品質が得られている⁽⁵⁾。そして、実用化が計画されている GSM システムでは、適応等化技術の改良により対処が可能と考えられる。また、将来的には、より高速な伝送及びより高能率な多値変調への適用を考慮した適応等化技術の開発が行われると予想される。多値 QAM 方式への適応等化器の適用については、現在のところ構内データ伝送などフェージング変動が緩やかな場合を対象とした検討⁽¹¹⁾ がある程度であるので、今後の研究の進展が期待される。

さらに、伝送速度がかなり高速 (例えば、数 Mbit/s 以上) となり、適応等化器のみで十分に対処できない場合には、他の選択性フェージング対策技術との組合せが重要となる。これについては、適応等化技術とダイバーシチ技術の組合せの研究⁽¹²⁾ 及び適応等化技術とアダプティブアレー技術の組合せの研究⁽¹³⁾ がある。指向性ダイバーシチ及びアダプティブアレー技術を用いると、時間遅延の大きい遅延波を除去できるので、適応等化器の負担減少の点で有効である。これらの技術においては、装置の簡易化の工夫とともに、制御アルゴリズムの研究が重要である。また、実用的な観点からは、適応等化器で対処できる程度の伝送信号を周波数多重化する方法、

即ち、適応等化技術を適用したマルチキャリア伝送方式が有望と考えられる。

3.2 高品質伝送技術 —誤り率特性改善技術—

陸上移動通信においては、受信信号の振幅変動によって信号対雑音電力比 (SN 比) が激減した時に、集中的な誤り (バースト誤り) が発生する。また、位相変動及び遅延歪みに起因する軽減困難誤りが発生する。このため、フェージング下においては、平均 SN 比を増加させても誤り率特性を十分に改善できない。このような SN 比対誤り率特性を改善する技術として、複数の受信信号の切替・合成により特性改善を図るダイバーシチ技術、発生した誤りを訂正して特性改善を図る誤り制御技術等がある⁽⁸⁾。

陸上移動通信では、従来、誤り率が $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 程度を対象とした誤り特性改善技術の研究が多い。そして、高品質伝送 (例えば、誤り率が 10^{-6} 程度) を対象とした研究が少ない⁽¹⁴⁾。高品質伝送のためには、一般に、個々の技術の適用のみで十分な改善が得られないことが多いので、高品質化のために複数の技術を併用する方式、例えば、ダイバーシチ技術と誤り訂正技術との併用が重要となる⁽¹⁴⁾。ここで、複合技術に関する研究課題としては、誤り率特性改善に効果的な併用、周波数利用効率の高い方式の開発が重要である。

高品質伝送に関して今後に発展が期待されるものに、3.1 節で述べた高速伝送に適した方式及び高能率変復調に適した方式の検討がある。高能率変調に適した方式に関しては、周波数利用効率の低下を極力抑えることが重要であり、以下に示すように誤り訂正符号化に工夫を要する。

誤り訂正符号化では、一般に誤り率特性改善の代償として周波数帯域が拡大する。それゆえ、多値 QAM への適用に当たっては、多値変調による帯域縮小効果をあまり損わないで、誤り率特性を改善することが課題である。このような課題の解決のためには、変調と一体化した誤り訂正方式、即ち、符号化変調方式が有効である。符号化多値変調方式の代表的なものにトレリス符号化変調方式がある⁽¹⁵⁾。トレリス符号化変調は、ランダム誤りの訂正を想定したものである。陸上移動通信で発生する集中的な誤り発生対策として、インタリーブの適用が必要となる⁽¹⁶⁾。インタリーブの効果が必要な場合には、誤り率特性が大きく向上する。しかし、許容伝送遅延時間に限度があるため、インタリーブサイズが制限される。その結果、フェージング変動が緩やかな場合 (最大ドップラ周波数 f_d が小さい場合)、インタリーブ効果が不十分となり、誤り率特性の改善が不十分となる⁽¹⁶⁾。この場合には、1 チャンネルの伝送に複数の搬送

波を用い、フレーム毎に周波数を切り換えて、誤りの集中を抑える周波数切替え方式⁽¹⁷⁾が有効となる。

3.3 高能率伝送技術 —高能率変調技術—

陸上移動通信の需要が急増する一方、利用可能な周波数帯域が限られているので、周波数有効利用が課題である。周波数利用効率を向上を図る技術には、同一周波数の空間的再利用を行うゾーン構成技術、チャンネルを効率的に共同利用して時間的利用率を高めるチャンネル割当て技術、所要伝送速度を低減する帯域圧縮符号化技術及びスペクトルを狭帯域化する高能率変調技術などがある。このうちゾーン構成技術及び帯域圧縮符号化技術は、その効果がシステム形態及び伝送情報の種類に依存する。また、チャンネル割当て技術は、この効果がトラヒック分布に依存するとともに、時間的利用率の上限により制限される。これに対して高能率変調技術は、適用が限定されないこと、他の技術との併用が効率的であることが特徴である。このため、周波数有効利用のために重要な技術であるとともに研究成果に対する期待も大きい。

高能率変調技術については、当初、GMSK 方式等の定包絡線変調方式の研究開発が進められた。定包絡線変調方式は、(1)送信増幅器として電力効率に優れた飽和増幅器を使用できること、(2)フェージングによる包絡線変動の影響の除去が容易なこと、が長所である。GMSK 変調方式は、欧州の GSM で実用化が検討されているデジタル方式自動車電話システムに採用されることになっている。このように、定包絡線変調方式も有力な方式であるが、これまでに開発された各種方式は、ほとんど 1 ビット/シンボルの変調方式である。しかし、これらの方式では、今後さらに改良を行ったとしても、スペクトル利用効率を現状の 2 倍の方式まで高めることは困難と予想される。

このような定包絡線変調方式の限界と周波数がさらにひっ迫している状況から、効率を約 2 倍向上できる線形変調方式の研究開発が、最近盛んに進められている。線形変調方式としては、現在のところ 2 ビット/シンボル伝送が可能な $\pi/4$ シフト QPSK 方式が最も注目されており、デジタル方式自動車電話システムの変調方式として、北米 TIA システム及び日本システムで採用されることになっている。

また、将来の方式として、3 ビット/シンボル以上の伝送が可能な多値 QAM 方式等の開発が期待されている。陸上移動通信における多値 QAM 変調方式の開発の鍵は、フェージングによる振幅・位相変動に効果的な補償方式の開発にある⁽⁸⁾。このため、パイロットシンボル挿入によるフェージング変動補償方式⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾やパイロットキャリアの注入・抽出に工夫した TTIB 方式⁽²⁰⁾が検

討されている。

高能率変調技術の将来展望としては、陸上移動通信の QPSK 方式がデジタル方式自動車電話システムに数年以内に導入されるとともに、その後他のシステムにおいても広く普及すると予想される。一方、陸上移動通信の 16 QAM 方式は、当初、フェージング状態があまり厳しくない環境で使用するシステム（例えば、高速デジタル構内無線通信システム）での実用化が予想される。そして、QAM 方式と耐フェージング特性を改善する技術の進歩と周波数有効利用の要請の大きさ（周波数ひっ迫度）に応じて、他のシステムにも普及することが期待される。ただし、将来 QAM 方式等がある程度普及しても、QPSK 方式がより成熟した実用的な技術として、将来とも主要方式としての地位を保つことが考えられる。

4. 高速デジタル無線伝送方式の開発構想

通信総合研究所では、デジタル無線伝送技術の高速化、高品質化及び高能率化に関する要素技術の研究を行ってきた。そして、要素技術の研究成果を反映させて、将来の陸上移動通信の高度化を目指して、画像等の高速伝送及び ISDN 移動サービスの実現が可能となる方式の開発を計画している。以下では、開発計画の背景、開発目標と開発課題、開発方式の概要を紹介する。

4.1 開発計画の背景と開発目標

開発計画の目標は、サービスの高度化を図った将来の陸上移動通信の実現に技術的に貢献することである。陸上移動通信の高度化のためには、2.2 節で述べたようにデジタル無線伝送技術の高度化、高品質化、高能率化が不可欠である。さらに、これらを総合化した高速・高品質・高能率無線伝送方式の研究開発も重要である。しかし、これらの研究は現在あまり行われていない。そこで、このような方式を研究開発することが計画の目的である⁽⁵⁾。

また、この開発計画は、デジタル陸上移動通信方式の開発動向を背景にしている。現在、実用化に向けて開発が進められているシステムでは、ISDN との接続も多少考慮されているが、電話サービスが主体であるものが多い。そして、速度変換処理なしで ISDN に対応可能な高速伝送システムの研究開発は、一部の研究機関を除いてほとんど実施されていない。それゆえ、将来を見た先行的な研究開発が重要である⁽⁵⁾。

さらに、この開発計画は、準マイクロ波帯、即ち 1~3 GHz 帯の実用化計画と関連している。準マイクロ波帯の開発は、移動通信の周波数のひっ迫の解消を目的としているが、新しい周波数帯をより有効に活用するため

に、新しいサービス及びシステムの導入が期待されている。そして、準マイクロ波帯の利用により、高速伝送システムの実用化の可能性が高まってきたので、事前にその技術的可能性を検証することが重要である⁽⁵⁾。

以上のような背景から、高速・高品質・高能率デジタル無線伝送方式の開発を計画したが、具体的な開発目標を多値 QAM を用いた高速 TDMA 方式に設定した。この目標は、これまで実施してきた狭帯域の多値 QAM 変調及び選択性フェージング対策技術の研究の発展と位置付けられる。これまでの研究によると、狭帯域 QAM/TDMA 方式では、高能率伝送が技術的に可能なこと、QPSK/TDMA 方式では高速伝送が技術的に可能なことが分かっている。それゆえ、開発の最重点は、多値 QAM 方式の高速化であり、具体的には、多値 QAM 変調の選択性フェージング対策である。また、開発の別の重点は、多値 QAM 方式の高品質化（誤り率特性の改善）である。

4.2 主要な技術開発課題

(1) フェージング補償方式

狭帯域伝送においては、遅延歪み補償が不要で、振幅・位相変動補償で十分である。しかし、広帯域伝送においては、遅延歪み補償を合わせて行う必要がある。そして、振幅・位相変動補償を遅延歪み補償と分離して独立して行うことが難しいので、適応等化器により両者の補償を同時に行う必要がある。しかし、多値 QAM の適応等化においては、遅延歪み及び振幅・位相変動に対する補償精度と追従性への要求性能が厳しくなる。また、多値化に伴い等化器の制御が複雑となる。これらの課題への対処が重要となる。

16 QAM 用の適応等化器としては、DFE 及び DDFSE が候補である。両者には、それぞれ長所・欠点があり、両者の優劣を簡単に判定できない。今後、詳細な検討を行って方式を選定する必要がある。しかし、16 QAM に対する DFE 及び DDFSE の適用性については、一般論として以下のことが言える。変調方式が QPSK から 16 QAM になっても、DFE の装置規模はそれほど増加しない。しかし、DDFSE は、状態数増加に伴って装置規模及び所要演算量が急速に増加する。一方、補償精度及び追従性については、内挿法を用いた DDFSE の特性が優れており、16 QAM の場合にも要求性能を満たす良好な特性が期待できる。しかし、DFE では、補償精度と追従性が多少劣るので、厳しくなった要求性能を実現するため、なんらかの工夫が必要となる。

これらの技術について、計算機シミュレーション等により、比較検討を進めるとともに、装置化によって実用化の問題点を明らかにすることが重要である。

(2) 高品質化技術

広帯域伝送にダイバーシチ技術を適用するに当たっては、ブランチの構成法と合成アルゴリズムが検討課題である⁽⁷⁾。狭帯域伝送の場合には、一般に受信レベルを評価基準とする切替・合成制御で十分である。しかし、広帯域伝送においては、受信レベルの他に遅延歪み量も重要な制御基準となる⁽⁷⁾。また、遅延歪み量を考慮した制御を行う場合には、特性改善のために適応等化器を含めた構成法の検討が行われている⁽¹²⁾。

誤り訂正符号化の関係では、広帯域伝送及び各種対策技術の適用に伴う誤り系列特性の変化に注意する必要がある。これについては、ダイバーシチ適用による誤り系列特性の変化が一部指摘されている⁽²¹⁾が、一般に未解明な部分が多い。この特性は、所要のインタリーブ規模及び周波数ホッピングの適用の是非と密接に関係している。

これらのダイバーシチ技術及び誤り訂正符号化技術については、計算機シミュレーション等により比較検討を進めるとともに、装置化により実用化の問題点を明らかにすることが重要である。

4.3 方式開発の概要

広帯域 QAM/TDMA 方式の技術的可能性を確かめるため、上記の技術開発課題について検討を進め、装置を製作して実験を行うことを計画している。装置の暫定的な方式諸元を第1表に示す。

装置の基本は、準マイクロ波帯陸上移動通信実験用の広帯域 16 QAM/TDMA 装置である。2.3 節での検討結果を考慮して、情報伝送速度は 64 kbit/s を、伝送品質は誤り率が 10^{-4} 以下を基本とする。全伝送速度はチャ

第1表 広帯域 QAM/TDMA システムの方式諸元

項 目	方 式 諸 元
周 波 数	準マイクロ波帯 (1~3 GHz)
多 元 接 続	TDMA (可変情報伝送速度)
変 調 方 式	トレリス化 16 QAM
全 伝 送 速 度	1.5 Mbit/s (暫定値)
変 調 速 度	500 kbit/s (暫定値)
伝 送 情 報	音声、ファクシミリ、データ、画像
情報伝送速度	基本：64 kbit/s
伝 送 品 質	基本：誤り率 10^{-4} 以下
フェージング 変動補償技術	振幅・位相変動、遅延歪み変動補償 DFE 又は DDFSE を使用
誤り率特性 改 善 方 式	空間ダイバーシチ インタリーブ付きトレリス符号化 周波数ホッピング (適用検討中) 誤り制御方式 (適用検討中)

ネル数に依存するが、ここでは暫定値を 1.5 Mbit/s とし、変調速度（暫定値）を 500 ksymbol/s とする。

選択性フェージングの対策としては、DFE 又は DDFSE を選択するが、その詳細は検討事項である。誤り率特性改善には、空間ダイバーシチ、インタリーブ付きトレリス符号化変調を用いる。ダイバーシチの構成法及び適応等化器との関連は、検討事項である。また、周波数ホッピングの適用の是非は検討事項である。さらに、別の誤り制御方式（再送方式及び誤り訂正符号化）の追加については、所要の誤り率規格との関連で考慮する。

5. ま と め

デジタル無線伝送技術の将来展望を陸上移動通信の将来展望、特に、陸上移動通信の高度化の要請と関連づけて述べた後、通信総合研究所で開発を計画している高速・高品質・高能率デジタル無線伝送方式について紹介した。

はじめに、陸上移動通信の将来展望を示し、陸上移動通信の高度化の期待を明らかにした。また、高度化実現のための技術的要請、即ち、デジタル無線伝送技術の高速化、高品質化及び高能率化の要請を明らかにした。さらに、将来のデジタル無線伝送方式に期待される性能目標等を明らかにした。

次に、陸上移動通信の高度化を支える技術に関して、高速化を可能にする周波数選択性フェージング対策技術、高品質化を達成する誤り率特性改善技術、及び高能率伝送に大きく貢献する高能率変復調技術について、その概要と将来展望について説明した。

終わりに、通信総合研究所が開発を計画している高速・高品質・高能率デジタル無線伝送方式に関して、開発計画の背景と開発目標、主要な開発課題及び開発方式の概要を説明した。

謝 辞

本解説をまとめるに当たり、ご協力頂いた三瓶主任研究官、神尾技官に感謝致します。

参 考 文 献

- (1) 古谷之綱, “欧米におけるデジタル移動通信研究の動向”, 信学技報, RSC89-23, pp.29-32, 1989年10月.
- (2) 赤岩芳彦, 移動通信のためのデジタル変復調技術, トリケプス出版, 1990年3月.
- (3) 倉本実, 進士昌明, “移動通信の将来展望”, 信学誌 (移動通信特集), 68, 11, 1985年11月.
- (4) 移動通信に関する長期ビジョン懇談会報告書, 移動通信に関する長期ビジョン懇談会 (郵政省電気通信局電波部移動通信課), 1990年3月.
- (5) 笹岡, 三瓶, 神尾, “広帯域デジタル陸上移動通信方式の開発計画”, 第78回通信総研研発予稿, pp.1~14, 1990年6月.
- (6) 三瓶政一, “陸上移動通信用高能率デジタル変調方式の開発成果と今後の「移動体 ISDN」実現に向けての技術戦略”, 第2365回 JPI 情報通信特別研究セミナー (日本計画研究所) 予稿, pp.1~15, 1989年7月.
- (7) 服部, 鈴木, “高速デジタル移動通信における技術的諸問題”, 信学技報, RCS88-67, pp.7-12, 1989年3月.
- (8) 笹岡秀一, “デジタル陸上移動通信技術の現状と課題”, 通信総研季, 37, 1, pp.1~10, 1991年2月.
- (9) R.D. Avella, L. Moreno, and M. Sant' Agostino, “An adaptive MLSE receiver for TDMA digital mobile radio”, IEE Journal on selected areas in commun., 7, 1, Jan. 1989.
- (10) A. Duel and C. Heegard, “Delayed decision-feedback sequence estimation”, IEEE Trans. Commun., 37, pp.428-436, May 1989.
- (11) 美細津, 松岡, 大西, 牧本, 今井, 河野, “多値変調方式を用いた構内データ伝送系におけるマルチパス等化器の一検討”, 1990年信学春期全大, B-315, 1990年3月.
- (12) 渡辺孝次郎, “マルチパス伝送路における適応受信方式”, 信学技報, CS78-203, 1979年2月.
- (13) 黒岩, 河野, 今井, “直接波と遅延波を分離するアダプティブアレーアンテナの一検討”, 信学技報, RCS89-16, pp.31-36, 1989年7月.
- (14) 伊藤, 三木, 安達, “デジタル通信におけるファクシミリ伝送”, 信学技報, CS87-14, pp.35-40, 1987年5月.
- (15) G. Ungerboeck, “Channel coding with multi-level/phase signals”, IEEE Trans. Inf. Theory, IT-28, 1, pp.55-67, Jan. 1982.
- (16) 神尾享秀, “陸上移動通信におけるトレリス符号化変調方式の特性”, 信学論 (B II), J72-B-II, 1, pp.509-510, 1989年9月.
- (17) 三瓶, 神尾, “高能率変調方式を適用した TDMA 陸上移動通信方式の検討”, 信学技報, RCS89-43, pp.7-12, 1989年11月.
- (18) 三瓶政一, “陸上移動通信用 16 QAM のフェー

- ングひずみ補償方式”, 信学論 (B II), **J72-B II**, 1, pp.7-15, 1989年3月.
- (19) 三瓶, 笹岡, 神尾, 須永, “陸上移動通信用高能率デジタル変調方式の開発”, 第76回通信総研研究予稿, pp.13-28, 1989年5月.
- (20) P.M. Martin, A. Batemen, J. P. McGeehan and J. D. Marvill, “The implememtation of a 16 QAM mobile data system using TTIB based fading correction techniques”, 38th IEEE Veh. Tech. Conf., pp.71-76, June 1988.
- (21) 神尾, 三瓶, “陸上移動通信用 16 QAM の誤りパターン特性”, 信学技報 **RCS89-44**, pp.13-17, 1989年11月.

|||||