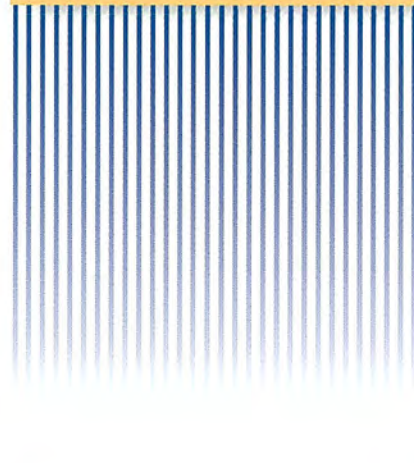


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.78 No.2

2004 **2**

特集「無線通信システム」



目次

特集「無線通信システム」

無線通信システム特集に寄せて	1
伊藤久明	
無線通信システムの現状と今後の展望	2
木村和夫	
W-CDMA基地局装置	7
栗屋英司・崎間伸洋・友江直仁	
W-CDMA基地局用復調LSI	11
中島隆雄・前田昌也・金子幸司・松本 仁・青山公則	
第3.5世代移動体通信向け要素技術	15
天田洋一・草野正明・藤江良一	
IP RANゲートウェイ	19
武 啓二郎・八木章好・木下裕介	
モバイルマルチメディア多地点通信システム	23
坂井正尚・枝廣圭一・小松正裕・柴田邦夫・茂木 強	
多チャネル対応500mW PHS基地局	27
安田周平・高橋宏章・小畑 潔	
5GHz帯高速無線アクセスシステム	32
夏川真二・越馬 淳・新谷嘉浩・川端孝史	
東北・上越新幹線デジタル列車無線システム	36
藤岡 滋・山崎 誠・川本真紀夫・久保博嗣	
東北・上越新幹線デジタル列車無線のアプリケーションサービス	40
伊村 真・花田 豊・平松昭彦	
800MHz帯デジタルMCAシステム	44
竹村 治・須貝順二・池内聖子	
市町村デジタル同報通信システム	48
増田真介	
デジタル移動体通信システム用端末“FM-719A”	52
村田隆司・澤村 洋・武智伸泰・久保博嗣	
地上デジタル放送送信機	56
千田晴康・三木正道・岡村一弘	
地上デジタル放送SFN中継用キャンセラ	59
山崎健一郎・石津文雄・三木正道・村上圭司	
普通論文	
パッケージエアコン対応リブレース技術	63
七種哲二・柴 広有・榎本寿彦	
特許と新案	
「軟判定復号方式」「移動体通信システム」	67
「送信電力制御装置」	68

スポットライト

5GHz帯高速無線アクセスシステム

表紙

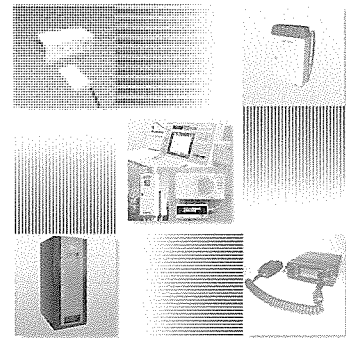
無線通信システム

三菱電機は、携帯電話・PHS・無線アクセスに代表される公衆用無線から自治体・官公庁・企業の自営ネットワークに基づく業務用無線まで、様々な無線通信システム・機器を提供している。

無線通信のデジタル化は多くの要素技術によって達成され、また、デジタル化されたことによってより多くのサービスが可能となったように、シーズとニーズ互いの相乗効果で今後も無線のIT化が加速していくものと思われる。

これからは、ますます無線通信関連技術を超えたソリューションが求められていく中で、総合電機メーカーとしての広範かつ先進的な技術力と、常に社会基盤を支えてきた製品力を基に、より一層使いやすい製品やシステム作りに取り組んでいく。

表紙は、5GHz帯高速無線アクセスシステム用機器、W-CDMA方式小型無線基地局装置、市町村デジタル同報通信システム用機器、地上デジタル放送送信機、業務用移動通信システム用端末である。



無線通信システム特集に寄せて



通信システム事業本部

技師長 伊藤久明

無線通信は1895年のマルコーニによる無線電信の発明に始まって以来、人々の生活の安全、安心、利便性を保障する手段として防災、官公庁、電力・ガス、タクシー・運輸、鉄道、船舶、航空機等、いわゆる業務用無線の分野を中心に重要な社会インフラの一部をなしてきた。

一般の人々が自らの通信手段として身近に無線を利用できるようになったのは1979年の第1世代アナログ方式による自動車電話サービスが始まりであるが、普及の速度は比較的ゆっくりしたものであった。

大きな変化はここ10年の第2世代と呼ばれる携帯電話のデジタル化によってもたらされた。技術の進歩による小型化、端末の売り切り制の導入等による爆発的な普及、これを追うように普及が始まったインターネットをも取り込んで、携帯電話は私たちの生活になくてはならない身近な存在になってきた。正に無線通信のパーソナル化の10年と言ってよいであろう。最近ではインターネットの更なる発展とあいまってブロードバンド化がキーワードになってきており、いつでも、どこでも、だれとでも、必要なだけの情報をやり取りできるマルチメディア通信環境が求められるようになってきている。これらの要求にこたえるものとして、第3世代携帯電話又は無線LAN等による高速無線アクセスの伸長が期待されている。さらにそう遠くない将来の姿として、身の回りのあらゆるモノとの通信を包含するユビキタス社会のビジョンが語られ、次世代インターネットを含むIP通信と第4世代移動体通信がこうした社会を実現する鍵(かぎ)となるであろう。

このようにパーソナル通信隆盛の時代であるが、無線通信のデジタル化は業務用分野が先行した。有限である周波数資源の効率化効果の大きい電気通信事業者のバックボーン回線又はデジタル信号の持つ秘匿性が重要視される分野から適用が始まった。今日の携帯電話のデジタル化はこのような素地から生まれている。業務用分野は機器の耐用年数が長いため変化の速度は比較的ゆっくりしているが、ここでもシステムのIT化、サービスの多様化に伴うデータ通信の増加により、パーソナル化、ブロードバンド化が不可欠となるであろう。来るべきユビキタス社会においては、いわゆる公衆通信システムと業務用システム間での一部サービスの共有が必然になると考えられる。

放送もこれら通信のユビキタス化と無縁ではない。通信と放送の融合が語られて久しいが、昨年末から開始された地上デジタル放送と早ければ年内にも予想される移動体向けサービスが流れを変えるきっかけとなる可能性がある。

三菱電機の通信の歴史は無線から始まっている。1948年に国産初の実用化FM無線機を日本国有鉄道に納入して以来、様々な無線通信システムにおいて常に業界に先駆けて最新技術を開発し、社会インフラ構築、人々の利便性の向上に貢献してきた。夢多きユビキタス社会の実現に向け、標準化、研究開発、システム構築等あらゆる分野において更なる努力を重ねていく所存である。この特集ではこれら当社の無線通信分野への取り組みの一端を紹介する。皆様のご批判、ご鞭撻(べんたつ)を頂ければ幸いである。



木村和夫*

無線通信システムの現状と今後の展望

要 旨

e-life, e-businessの進展の中、私たちの暮らしの中で膨大な量の情報がやり取りされており、無線通信システムのソリューションにも、高速・大容量で信頼性の高い品質が求められている。

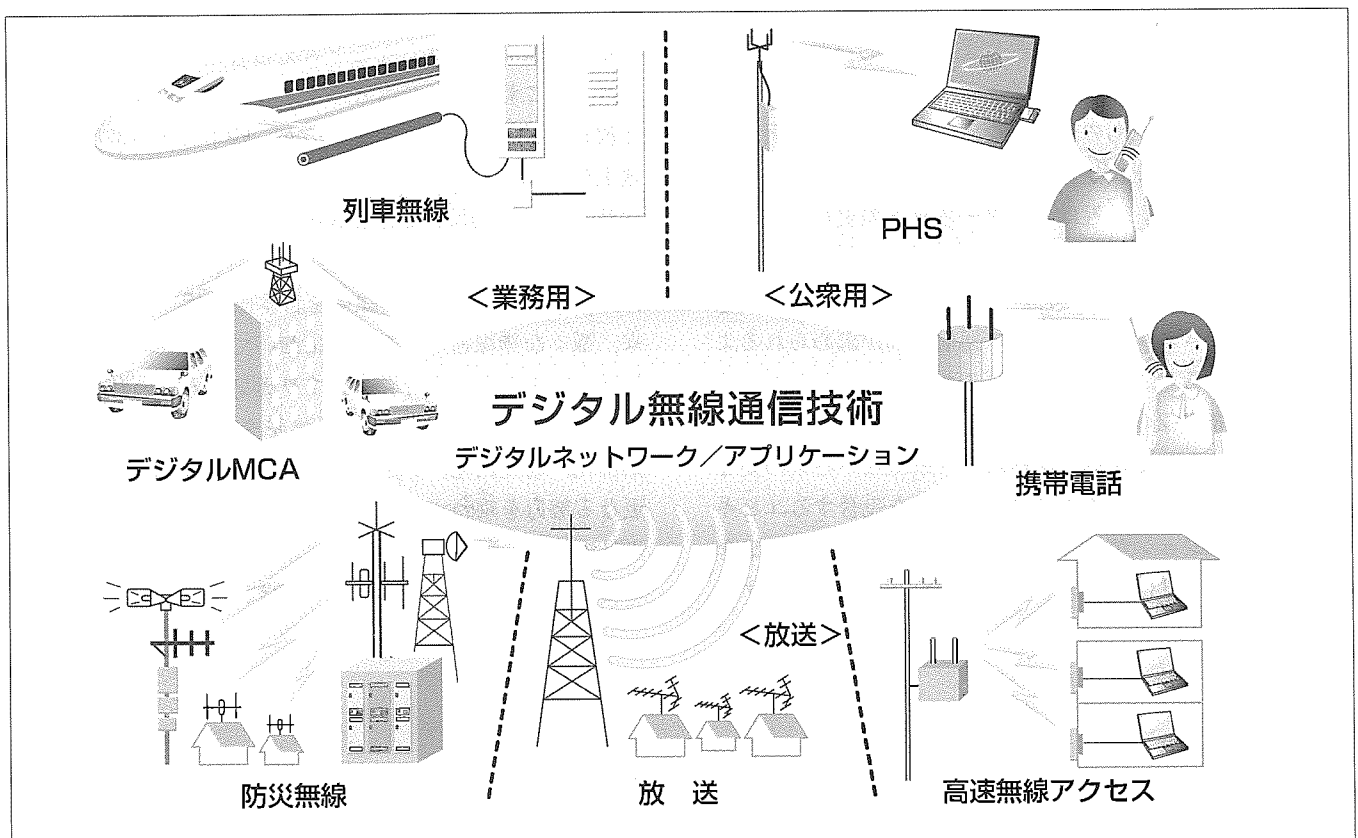
携帯電話は、2002年度の加入者数が国内で8,205万人、全世界では113,550万人となり、生活に欠かせないツールとなっている。携帯電話は、いわゆる電話だけでなく、写真伝送、メール、インターネットアクセス、モバイルバンキングを可能とし、ユーザーは無線通信の便利さを認識し、無線を介して大量のデータをアクセスするようになってきた。

このように、携帯電話には、データ通信がより高速にでき、高トラフィック、利便性の良さに対応できるシステムが求められ、第3世代と言われるシステムへの移行が進み始めた。

また、家庭のブロードバンド化に伴いADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)、FTTH(Fiber To The Home)のユーザーが増加しているが、ラスト1マイルのアクセス手段として、高速でしかも手軽に設置が可能な無線によるアクセスシステムの進展も期待されている。

一方放送では2003年12月に三大広域圏で地上デジタル放送が開始され、全国的には2006年末までに始まる予定であり、デジタル化による高画質、データ通信機能が可能となる。

三菱電機は、早い時期から業務用無線や公衆用無線のデジタル化に取り組んできた。この特集では、公衆用無線、業務用無線及び放送等に関連したシステムの現状と、それを支えるデジタル化技術及び当社製品を紹介し、その展望を述べる



デジタル無線通信システム

様々な無線通信システムがデジタル化により更に高度化され、ユビキタスネットワーク時代の実現に向けて、周波数行政とも歩調を合わせながらワイヤレス情報社会へと進化を続けている。当社はこれからも、技術の進展に伴い、更に新しく便利な無線通信システムのソリューションを提供する。

1. ま え が き

移動体通信システムは、アナログ変調方式を採用した第1世代(アナログ方式)から、PDC(Personal Digital Cellular)、PHS(Personal Handy-phone System)のようにデジタル変調方式を採用した第2世代(デジタル方式)へ移行してきた。

デジタル化は、高度な秘匿性、データ通信の高速化、周波数の利用効率向上、小型・低消費電力化、低コスト化など様々なメリットを持っている。

現在は、IMT-2000(International Mobile telecommunications-2000)システムのように、数百kbps以上の高速データ伝送を可能とした第3世代へと移行している。

一方、移動体通信以外においても新たにオフィス・家庭内での無線LANの利用が急激に広まっており、今後は、有線網・様々な無線システム間でのシームレス化、ユビキタス化が進行すると考えられる。

図1に公衆用無線システムの変遷を示す。

本稿では、移動体通信システム、無線アクセスシステムと、社会基盤を支える業務用無線、放送の概要、及び当社の取り組みについて紹介する。

2. 移動体通信システム

第2世代のセルラシステムであるPDC、PHS、GSM(Global system for mobile communications)に代わり、

2001年からサービスがスタートしたIMT-2000では、音声だけでなく写真、動画、音楽といった様々なコンテンツを高速で伝送することができる。

屋内環境で2 Mbps、歩行で384kbps、車による移動中でも144kbpsの伝送速度が提供される。

IMT-2000の構想は、1986年ITU(International Telecommunication Union)で検討が開始され、全世界どこでも使えるようにと標準化が進められた。

当時2 Mbpsまでの高速化の必要性は疑問視されていたが、2~3年後には更なる高速化が要求されるほどであり、目標のターゲットとしては適切であったと言える。

無線インタフェースの標準化は各国の思惑もあり、最終的にはITU-R M.1457で5方式が2000年5月に承認された。

このように標準化には時間がかかるため、2010年目標の第4世代ではシームレス化の検討も必要であり、ITUでは2001年から既に検討に着手している。

現在は日・欧・米国・韓国を中心としてW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)方式とCDMA2000方式が実サービスを開始しているが、さらに、国内においてもTD-CDMA(Time Division-CDMA)の導入が、中国ではTD-SCDMA(TD-synchronous CDMA)導入の検討が進められている。

CDMA方式は、アクセス方式としてコードと呼ばれる符号を個別にユーザーに割り振ることで他のユーザーと識別しており、同一周波数を隣接ゾーンに配置できる等フレ

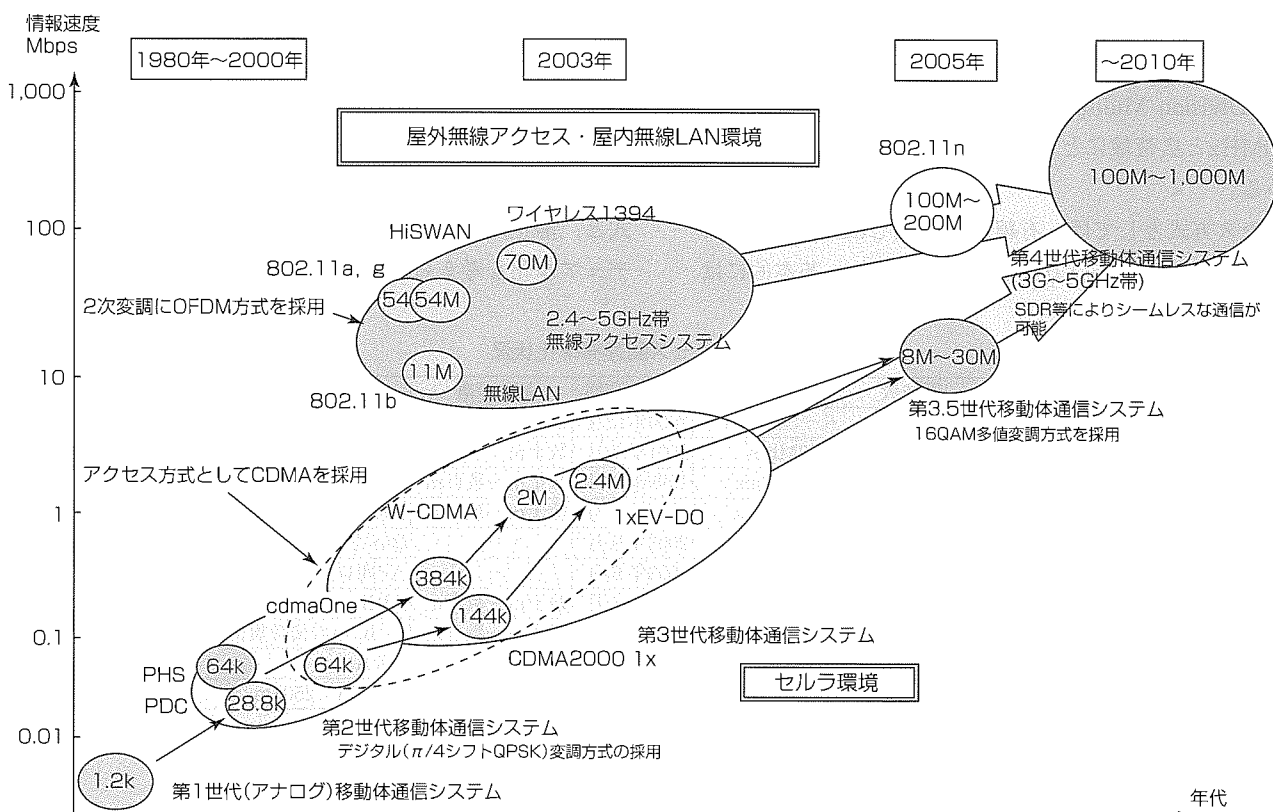


図1. 公衆用無線システムの変遷

キシブルな置局設計が可能なこと、広帯域化及びRAKE受信によるパスタイバシティ効果等で、従来に比べて高速・大容量化が可能となったのが特長である。

当社では、第2世代であるPDC、PHSの基地局をサービス開始時から提供している。現在は、IMT-2000の方式の一つであるW-CDMA方式に対応した大容量(約3,000ch)～小容量(64ch)基地局の実用機開発を終え、国内、海外への展開も行っている。

さらに、基地局以外にも、第3世代システムを利用した多地点通信システム(回線交換による呼接続、映像/音声のメディア処理を行うことにより、多地点でのテレビ会議が可能)に対応した装置の提供も行っている。

3. 無線アクセスシステム

データ通信の分野では、数年前からIP化、ブロードバンド化の方向性から、米国のLAN-WANの標準化委員会であるIEEE802やARIB等において無線アクセス関連の標準化活動が活発に行われている(表1に活動状況を示す)。周波数帯としては2.4GHz～50GHz等広い範囲で利用されているが、伝搬ロスが少なく、コスト面でも有利な5GHz帯以下が主流となっている。

IEEE802が検討している規格は、イーサネットのインタフェースを持ち、モバイルパソコンから無線を介してインターネット網への接続が容易であることが特長である。

代表例である802.11aでは、上り/下り合わせたスループットも、1次変調方式に周波数当たりの伝送効率の高い64QAM(Quadrature Amplitude Modulation)、2次変調方式として高速伝送に適したOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を採用し、周波数帯域幅を20MHzと広帯域にとることで最大約30Mbpsを可能としている。

アクセス方式としては、有線LANと同じCSMA(Carrier Sense Multiple Access)方式を採用しており、基本的には

ランダムアクセス型通信となる。

利用形態としては、家庭に設置の無線端末から近くの電柱等に取り付けられた屋外基地局まで無線でアクセスし、そこで光ファイバのブロードバンドネットワークに接続する形態が実用化されている。

国内では1999年ごろから2.4GHz帯で屋外での無線アクセスサービスが始まったが、他の電波システムと共用していることから、新たに2002年10月に認められた5GHz帯の屋外利用が今後進むと思われる(802.11a)。

総務省では、5GHz帯において、5年以内に屋内・屋外を合わせ、現在の約3倍となる最大480MHzの帯域幅の確保を検討している。

また、表1に示すように、802.16aでは広域向けに規格が承認され、802.11nでは100M～200Mbpsの高速化が、802.20では高速移動に対応した規格化が検討されており、移動体通信キャリア以外の公共・自営事業者にとって魅力のある規格が出現する可能性が出てきた。

当社でもいち早く5GHz帯を利用した屋外型無線アクセス装置の製品開発に着手し、本年度開発を完了している。

4. 次世代システム

インターネットへのアクセスはますます高速となり、移動体通信環境においても更なる高速化が求められてくる。

2005年ごろには、W-CDMA方式において、HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)方式により最高伝送速度14Mbpsが実用化される見込みである。

さらに、2010年ごろの実用化を目指して、ターゲット速度100Mbps以上の第4世代方式の検討が進められている。第3世代では前述のように標準化方式の統一ができなかったが、第4世代においては少なくとも物理レイヤの方式統一が望まれる。既に、移動中でも高速通信可能なセルラ方式と、静止時に高速なデータ通信が可能な802.11方式とのデュアル化も考えられており、第4世代では、いつでもど

表1. 無線アクセス関連標準化状況

規格名	周波数	ビット速度	仕様化時期	通信距離	備考
HiSWANa	5GHz	6～54Mbps	2000年12月	数十m～数百m	ARIB STD-T70
ワイヤレス1394	5GHz	～70Mbps	2001年3月	数十m	ARIB STD-T72
IEEE802.11a	5GHz	6～54Mbps	1999年9月	数十m～数百m	ARIB STD-T71
IEEE802.11b	2.4GHz	1～11Mbps	1999年9月	数十m～数百m	ARIB STD-T66
IEEE802.11e	-	-	2003年9月	-	QoS方式
IEEE802.11f	-	-	2003年6月	-	AP間ローミング
IEEE802.11g	2.4GHz	1～54Mbps	2003年6月	数十m～数百m	ARIB STD-T66
IEEE802.11n	2～6GHz	100～200Mbps	2006年末	数十m～数百m	a, b, gの後継規格
IEEE802.16a	2～11GHz	70Mbps	2003年1月	約50km	FWA
IEEE802.20	3.5GHz未満	4～16Mbps	2004年末	15km以上	MBWA 250km/h

HiSWANa/b : High Speed Wireless Access Network a/b
 QoS : Quality of Service
 AP : Access Point
 FWA : Fixed Wireless Access
 MBWA : Mobile Broadband Wireless Access
 ARIB : Association of Radio Industries and Businesses

こでも使用条件に適した各種システムにシームレスにアクセスできる時代になると想定される。

5. 次世代システムを実現する技術

無線通信においては、限られた周波数を有効に利用するための技術革新が進められてきた。

低ビットレート音声コーデック、隣接チャネルへの干渉を低減するためのリニアアンプの採用とひずみ補償技術、64QAM等の多値変調方式、空間的に干渉を減らすことができるAAA(Adaptive Array Antenna)方式など数々の技術が開発され、周波数利用効率の向上に対応してきた。

また、シームレス化を容易にするSDR(Software Defined Radio)の研究も各方面で進められている。

その中で、最近、MIMO(Multiple Input Multiple Output)と呼ばれる技術が注目されている。同じ周波数帯で複数のアンテナから送信したものを複数のアンテナで受信することにより伝送速度を上げることができる技術である(図2)。

この技術の採用により、伝搬条件にもよるが、アンテナ本数をN倍することでN倍の伝送速度を得ることができる。信号処理量が大きくまだ実用化に至っていないが、無線LAN、無線アクセス、第3.5世代、第4世代の通信方式への適用が期待されている。

図3のPER(Packet Error Rate)特性は当社で検討中のMIMOシステムにおけるシミュレーションの一例であり、帯域幅55~60MHz、4アンテナ対向で600Mbps伝送の可能性を示している。

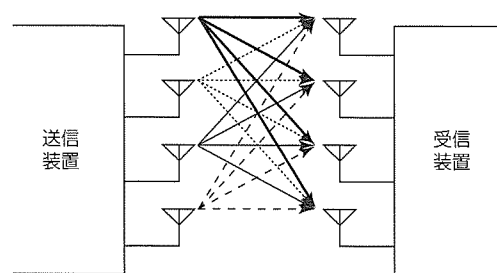
6. 業務用無線システム

当社は、公共機関や一般企業などの独自自営無線ネットワークの構築において、数多くの実績を持っている。

なかでも新幹線の列車無線システムや行政機関向けの防災無線システム、MCA(Multi Channel Access System)など、社会の基盤を支えるシステムも少なくない。いずれも客先ニーズにこたえるため、いち早くデジタル化を行ってきた。

6.1 MCAシステム

MCAは1982年に800MHz帯、1990年に1.5GHz帯でサービスを開始した。複数のチャンネルを多数のユーザーが共同で利用できる公共性の高いシステムで、主に運輸関連で利用されている。同様のシステムとしては、米国のトランクドシステム(Specialized Mobile Radio: SMR)等がある。MCAのデジタル化は1994年の1.5GHz帯に続き、2003年10月からは800MHz帯で実施され、新たに運用が開始された。このシステムを提供するに当たり特に重要な役割を果たしたのが当社が開発した音声コーデックである。大ゾーン(半径50km)でのサービスを可能とするためBER(Bit



- 限られた帯域内でより大きな情報伝送速度(bps)が得られる
- より良好な無線伝送特性が得られる(ダイバシティ効果)

図2. MIMO構成例と特長

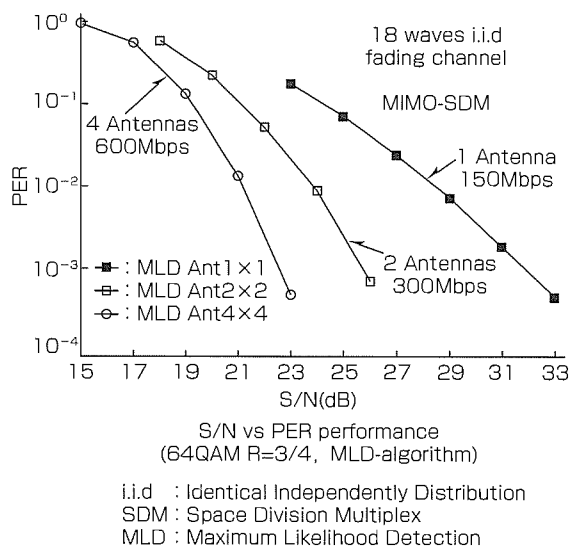


図3. MIMO PER特性例

Error Rate) 7%でも通話できる誤り耐性を持ったコーデックを提供している。

6.2 列車無線システム

列車無線システムでは、列車位置、車両の状態を示すデータ以外に、地上から文字ニュースを送信する等データ通信を利用した新たなアプリケーションニーズに対応するため、最新の技術を活用したデジタル方式への更新が行われている。

当社は、列車無線システムにおいて、車上・地上の無線装置だけでなく、交換機を含めた全体システムを手がけた。また近年、高速移動中の車内で無線LAN利用のニーズがあり、実現方式を検討中である。

6.3 防災無線システム

防災無線においては、幹線系のマイクロ波多重無線システムのデジタル化や市町村向け同報無線システムのデジタル化など、データ伝送に適したシステムへと変化を遂げてきている。特に、デジタル同報無線については、当社提案の音声コーデック、エアインタフェースが規格に採用されるなど、標準化にも貢献している。

今後も、将来のニーズを見極め、デジタル化、ブロードバンド化及びIP化など多様化するニーズにこたえるため、先進的な開発に取り組んでいく。

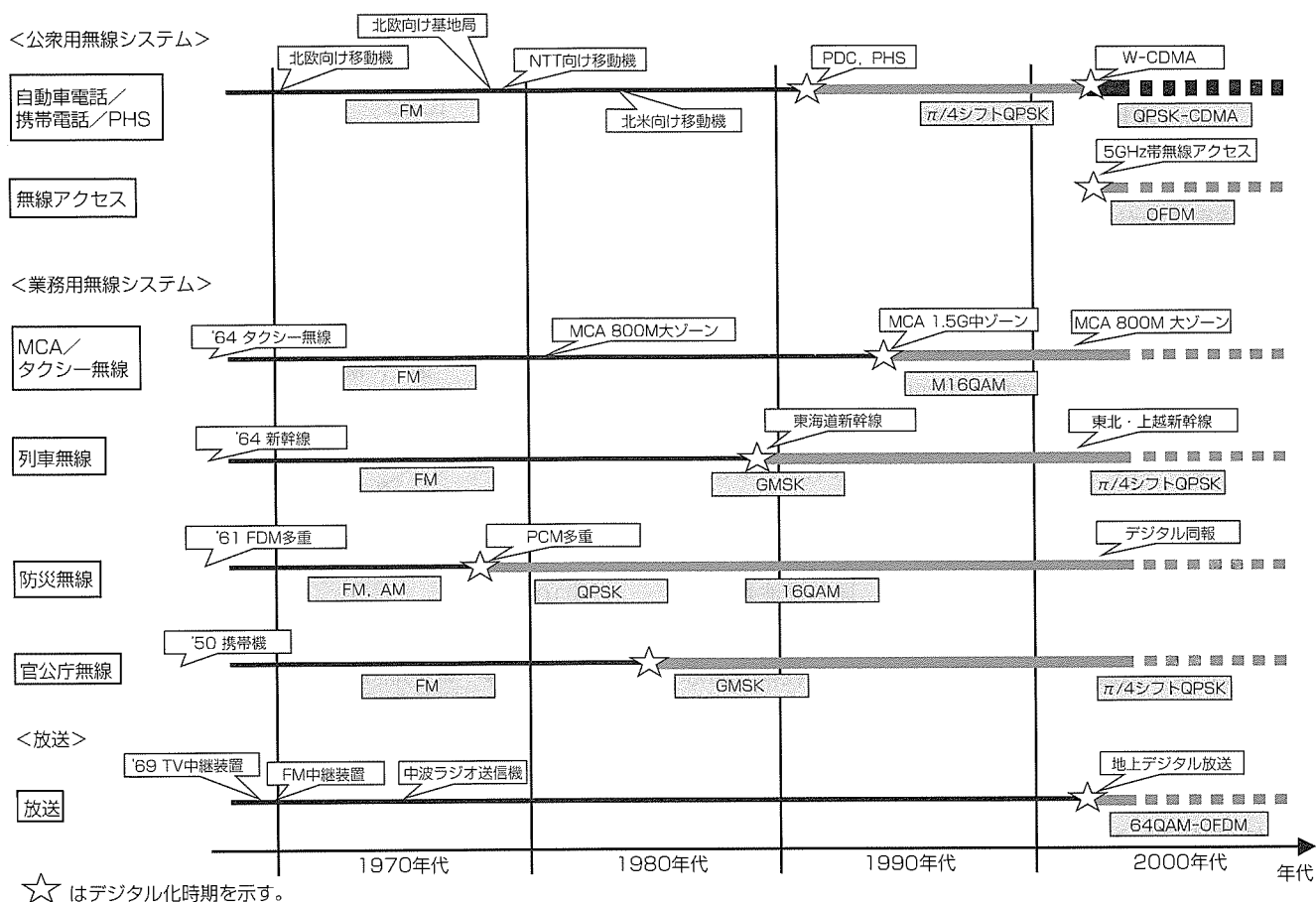


図4. 当社主要無線システムの変遷

7. 放送

デジタル化により高品質の映像と高機能化を実現できる地上デジタル放送ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)の技術的条件は2000年にITU-Rで承認され、3大広域圏で2003年12月に開始された。今までのアナログ方式からマルチパスに強いOFDM方式を用いたデジタル方式に変わり、ひずみ補償技術による高効率高出力増幅器が必要になる。当社は電力効率18%以上を実現しており、また、SFN(Single Frequency Network)中継に必要となる回り込み波をキャンセルする技術も実用レベルに達している。

8. むすび

今後も、IT化の進展に伴い、ますます無線システム

の高機能化・高速化・大容量化が要求されると考えられる。

当社のデジタル無線通信技術は、早い時期から技術開発を進め、様々な無線システム事業(図4参照)を立ち上げてきており、その実績を生かし、今後もより良いシステムの提供を行っていく。

参考文献

- (1) 総務省：「電波政策ビジョン」(平成15年6月)
- (2) 情報通信審議会：「準ミリ波帯を利用する広帯域移動アクセスシステム」答申、(平成13年9月)
- (3) 齋藤忠夫，ほか：新版 移動体通信ハンドブック
- (4) 久保博嗣，ほか：MIMO伝送方式の設計とその応用，電子情報通信学会2003年度ソサイエティ大会，TB-2-4 (2003)

W-CDMA基地局装置

粟屋英司*
 崎間伸洋*
 友江直仁*

要 旨

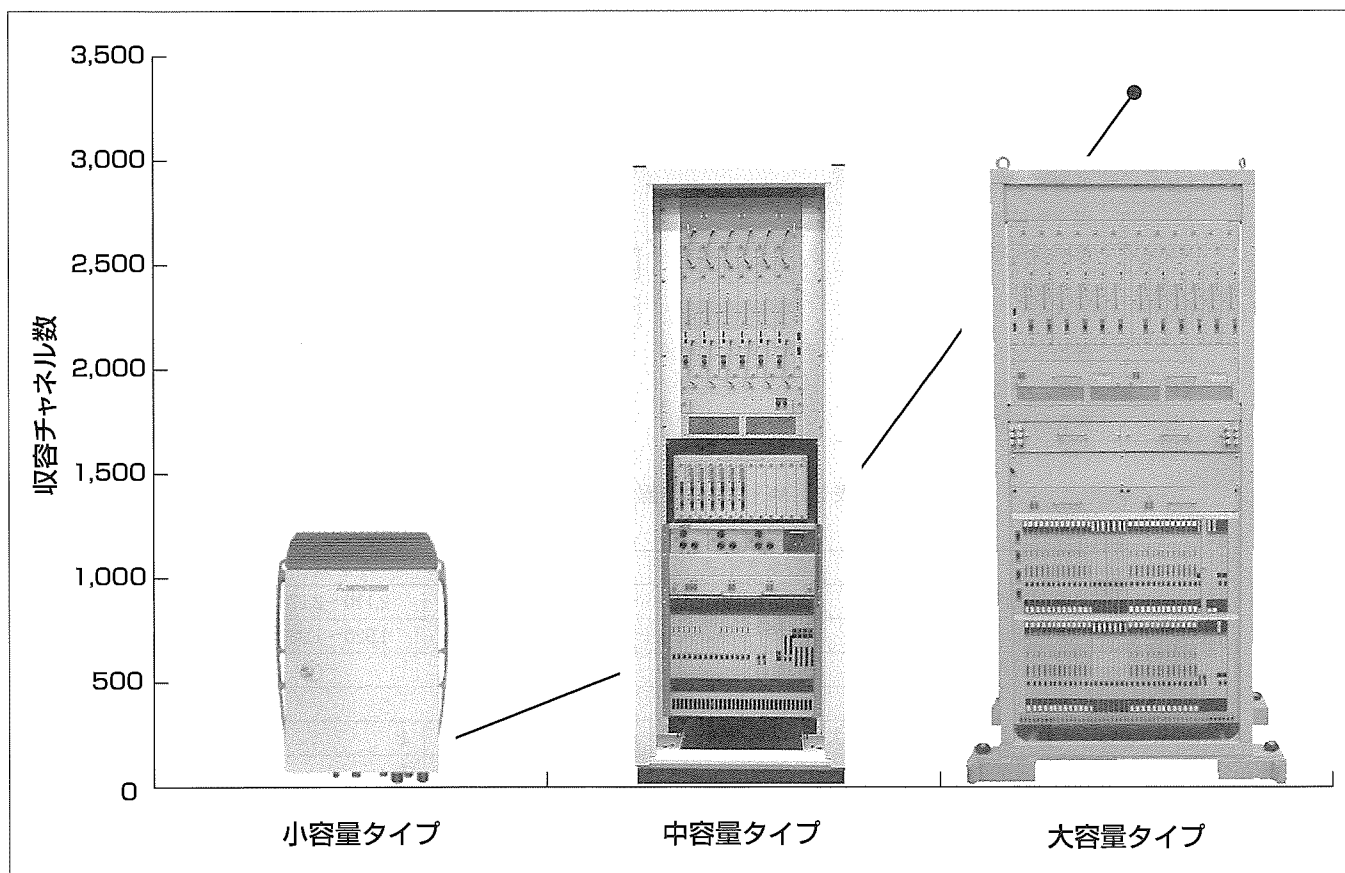
第3世代の移動体通信方式であるIMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000)は、無線インタフェースの一つとしてW-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)を採用し、384kbpsの伝送容量を可能としている。このことによって、従来の音声、静止画だけでなく動画の伝送をも可能とし、無線通信によるサービスの可能性を拡大した。

三菱電機では、IMT-2000のインフラとなるW-CDMA基地局装置の開発を行っており、製品ラインアップとして、音声換算3,000チャンネルを超える収容能力を持つ4キャリア6セクタの基地局(大容量タイプ)、2キャリア3セクタ

の基地局(中容量タイプ)、1キャリア1セクタの基地局(小容量タイプ)を用意している。ユーザーの多い都市部では大容量タイプ、ルーラルエリアでは小容量タイプという具合に、設置場所のトラフィックに合わせて、適した機種を選択することができる。

本稿では、各タイプの装置の特長について、特に無線部とベースバンド処理機能部に焦点を当てて述べる。

また、現在更に高精度の動画転送などを目的とした10Mbpsを超えるHSDPA (High Speed Downlink Packet Access)の技術研究が進められており、この開発による成果を基盤とした製品の展開を予定している。



W-CDMA基地局装置製品ラインアップ

それぞれのタイプの収容チャンネル数は、音声換算3,328チャンネル(大容量タイプ)、音声換算768チャンネル(中容量タイプ)、音声換算64チャンネル(小容量タイプ)であり、設置場所のトラフィックに応じて機種を選択することができる。

1. ま え が き

第3世代の移動体通信のインフラとなるW-CDMA無線基地局装置として、大容量タイプ、中容量タイプ、小容量タイプの開発を行ってきた。本稿では、これら各タイプの装置の構成及び特長について、特に無線部とベースバンド処理機能部に焦点を当てて述べる。

なお、本稿で使用する略語の一覧を表1に示す。

2. 装置構成

各タイプの装置の主要諸元を表2に示す。各タイプの装置は、図1に示す共通の構成をとる⁽¹⁾。大容量タイプと中容量タイプは、複数枚のカードから構成されている。これらのカードは、両タイプの間で共通化している。

表1. 略語一覧

略 称	名 称
ADC	アナログデジタル変換器
AGC	自動利得制御
APC	自動電力制御
BB	ベースバンド処理機能部
C-CNT	呼処理制御機能部
DAC	デジタルアナログ変換器
DUP	デュプレクサ
HPA	送信増幅部
LCU	論理信号処理ユニット
LIF	有線インタフェース機能部
LNA	低雑音受信増幅部
M-CNT	保守監視制御機能部
Node B	無線基地局装置
OpS	オペレーションシステム
RF	無線部
RNC	無線ネットワーク制御装置
TRX	無線送受信機能部
UE	移動局装置

一方、小容量タイプは1枚のメイン基板で構成されており、大容量タイプのBBカード1枚分に相当する処理能力を持っている。

3. 無線部 (RF)

3.1 概 要

送信部では、BBから受けた下りデータをTRXで多重してアンテナブランチごとのベースバンド信号とし、DACを通して直交変調した後、高周波信号に変換する。この高周波信号を合成して最大4キャリアとし、HPAで増幅する。

受信部では、アンテナで受信した高周波信号をDUP/LNAで低雑音増幅した後、最大4分配してTRXに入力し、高周波信号をベースバンド信号に変換してADCを通してBBへ渡す。

3.2 特 長

3.2.1 HPA

80W、4キャリア共通増幅に対応できる。また、フィードフォワードひずみ補償を使用して超低ひずみの出力を実現すると同時に、小型化・高効率化も併せて実現している。

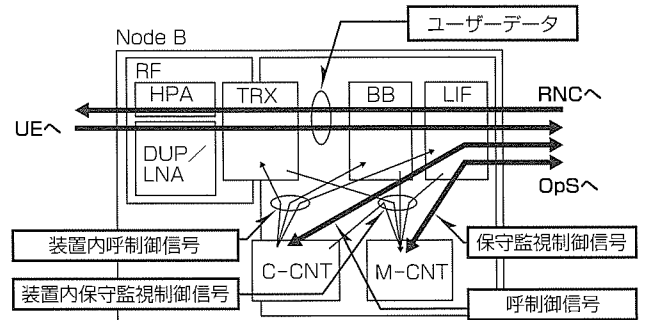


図1. W-CDMA無線基地局装置の構成

表2. W-CDMA無線基地局装置の主要諸元

	大容量タイプ	中容量タイプ	小容量タイプ
送信周波数帯域	2,110~2,170MHz (うち20Mを選択)		2,110~2,170MHz
受信周波数帯域	1,920~1,980MHz (うち20Mを選択)		1,920~1,980MHz
送受信周波数間隔	190MHz		
キャリア周波数間隔	200kHz		
セクタ数	最大 6	最大 3	1
キャリア数	最大 4	最大 2	1
最大送信電力	20W (43dBm) 1セクタ / 1キャリア当たり		
送信ダイバシティ	あり	同左	なし
受信ダイバシティ	2 ブランチ	同左	2, 4 ブランチ
最大収容チャネル数	3,328ch	768ch	64ch
伝送路種別	1.5M, 6.3M, ATM×ガリク, MDN(25M)	同左	E 1
寸法(H×W×D)	1,800×795×600(mm)	1,800×600×800(mm)	500×400×250(mm)
消費電力	8.7kW	3.9kW	400W

3.2.2 DUP/LNA

不要波除去用のデュプレクサとLNAから構成される。デュプレクサは要求される無線仕様に準拠した低損失・高選択度のものを、LNAは低雑音・低ひずみのものを実現することで受信性能の安定化を図っている。

3.2.3 TRX

デジタル信号を処理するLCU部とアナログ信号を処理するRF部から構成される。TRXカードの機能ブロック構成を図2に、外観を図3に示す。

RF部はユニット構成となっている。デバイスの小型化、高密度実装、受信部における当社独自のダイレクトコンバージョン方式⁽²⁾の採用によって、1ユニットで2Tx (Transmitter) / 2Rx (Receiver)を実現した。TRXカードにはこのユニットが2つ実装されており、1枚のTRXカードで2キャリア分の送受信ダイバシティに対応することができる。また、ユニット構成にすることによってLCU部と独立して扱うことが可能となり、大容量タイプや小容量タイプなど装置構成が変わった場合でも、RF部単体として流用可能である。

LCU部では、すべてのBBカードから送られる下り信号を多重部において周波数情報を考慮した多重処理を行っている。このことによって、BBカードは任意の周波数/セクタを選択することが可能となっている。また、送信制御部ではAPCと帯域制限処理を加え、受信制御部では運用に十分なダイナミックレンジを確保したAGCを行うことで、実運用における動作の安定を図っている。

4. ベースバンド処理機能部 (BB)

4.1 概要

BBは、図1に示すようにLIFとTRX間に位置し、ユーザーデータを送受信するとともに、C-CNTと装置内呼制

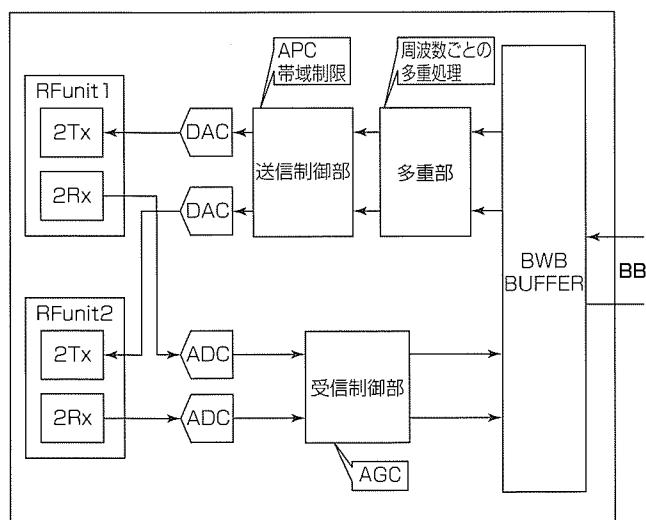


図2. TRXカードの機能ブロック構成

御信号の送受信、M-CNTと装置内保守監視制御信号の送受信を行う。

送信信号処理部では、C-CNTからの装置内呼制御信号に基づき、LIFから受信するフレームプロトコルデータを誤り訂正符号化、データ変調、拡散変調、送信電力制御、送信ダイバシティを行い、多重化ユーザーデータとしてTRXに送信する。

受信信号処理部では、C-CNTからの装置内呼制御信号に基づき、TRXから受信した多重化ユーザーデータを逆拡散、チップ同期、RAKE合成による復調、誤り訂正復号を行い、フレームプロトコルデータとしてLIFに送信する。

4.2 特長

BBカードの機能ブロック構成を図4に、外観を図5に示す。

BBカードの特長を以下に述べる。

- (1) 機能ブロックごとに高速なユーザーデータ処理が可能なLSIを開発し、高速かつ非リアルタイムな制御信号とユーザーデータの処理が可能なDSP (Digital Signal Processor)を組み合わせることで、コンプレストモードの有無にかかわらず、音声64チャンネル(パケット384kbpsの場合4チャンネル)のチャンネル容量を実現している。
- (2) 1枚のBBカードで共通チャンネルと個別チャンネルとを混在させて処理することが可能である。また、1枚のBBカードで同一周波数6セクタ分の共通チャンネルをサポートすることもできる。例えば、4周波数/6セクタの基地局を構成する場合、4枚のBBカードで全共通チャンネルをサポートすることが可能である。これらのことによって、トラヒックに応じた最小のBBカード枚数で

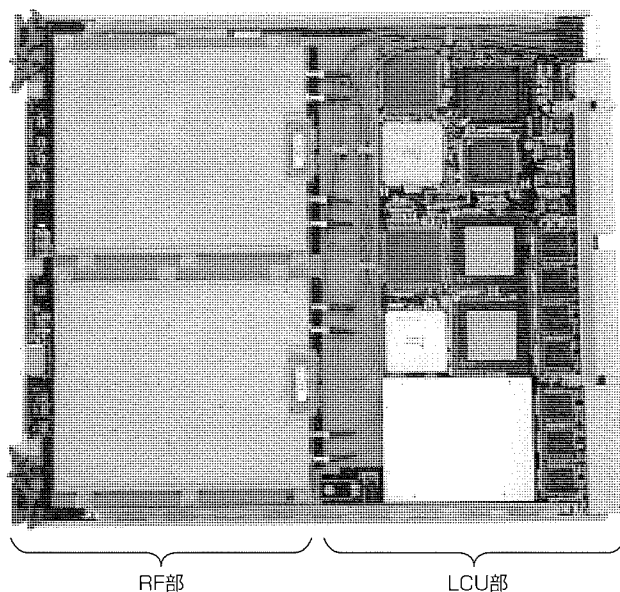


図3. TRXカードの外観

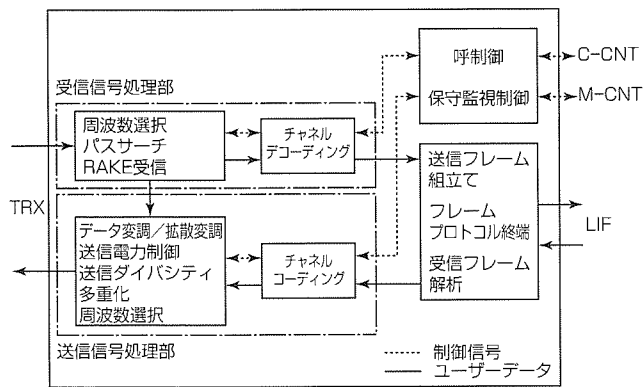


図4. BBカードの機能ブロック構成

運用することが可能である。

- (3) 最大50kmまでのセル半径をサポートしている。また、セル半径のサイズによってチャンネル容量が増減することはない。
- (4) 消費電力については、BBカード1枚当たり42.4Wと低消費電力化を実現しており、ランニングコストの低減に寄与する。
- (5) キーパーツのLSI化、汎用部品の採用と高密度実装技術の最適化によって基地局の低価格化を実現している。

5. む す び

以上、開発を行ってきたW-CDMA基地局装置について、その構成と特長を述べた。

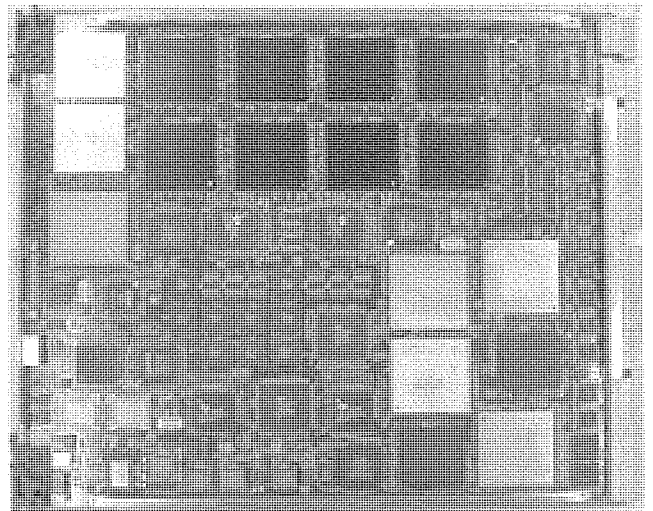


図5. BBカードの外観

今後、この開発の成果を生かすことによって、次世代の高速無線通信をサポートする基地局装置を、市場の要求に合わせて効率的に開発することを目指している。

参 考 文 献

- (1) 立川敬二：W-CDMA移動通信方式，丸善(株) (2001-6)
- (2) 下沢充弘，ほか：移動体通信用偶高調波形ダイレクトコンバージョン受信機の高周波特性，信学論C-I，J81-C-I，No.6，347～356 (1998)

W-CDMA基地局用復調LSI

中島隆雄* 松本 仁***
 前田昌也** 青山公則***
 金子幸司*

要 旨

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 基地局のデジタル復調処理を実現するLSIを開発した。

W-CDMAシステムにおける復調処理には、12.2kbps音声や384kbps高速パケット通信など多様な伝送速度に対応する必要があるほか、CDMA特有のマルチパスタイミング検出、RAKE受信、伝送路推定など複数の要素技術が必要とされる。また一般にPDC(Personal Digital Cellular)やW-CDMAなどのセルラ方式では都市部などの人口密集地では小セル構成とし、山間部・離島などでは大セル構成とする。そのため、都市部などの人口密集地では多数のチャンネル処理能力が要求され、山間部などでは広範囲でのマルチパスタイミング検出処理が要求される。

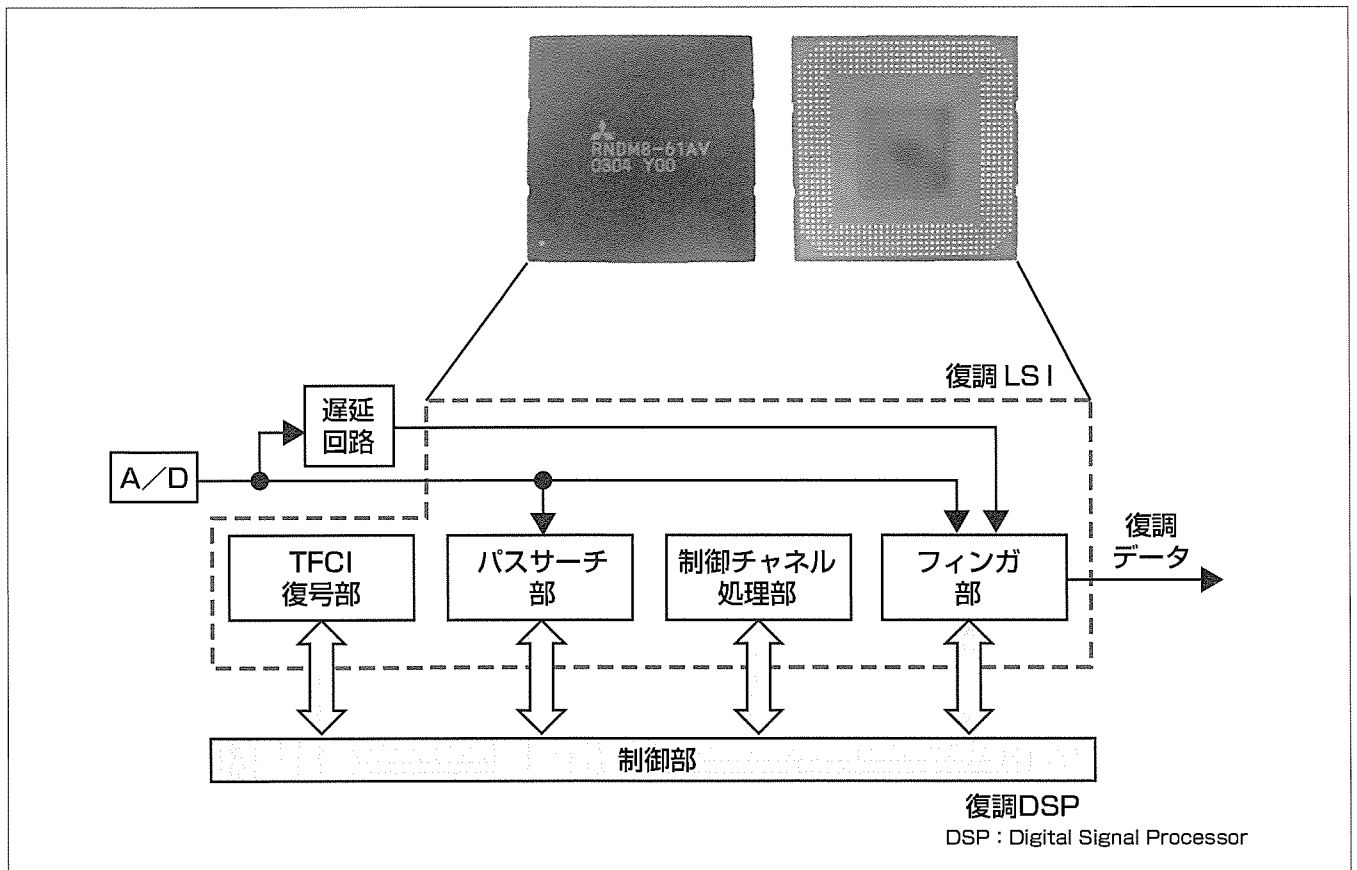
本稿では、W-CDMA基地局用に開発した復調LSIの構

成と特長について述べる。

この復調LSIは、主に、①パスサーチ部、②制御チャンネル処理部、③フィンガ部、④TFCI(Transport Format Combination Indicator)復号処理部で構成され、以下の特長を持っている。

- (1) 最大8ユーザーに対する復調処理を実現
- (2) PRACH(Physical Random Access CHannel)プリアンブル検出処理を実現
- (3) 最大60kmのセル半径に対応

また、補間処理による動作サンプリングレートの低減及び時分割処理により回路規模・消費電力の低減を図った。補間処理及び時分割処理導入前と比較して、回路規模を約1/2、消費電力を約1/3に低減した。



W-CDMA基地局用復調LSIの構成

パスサーチ部はRAKE受信のためのマルチパスタイミングを検出し、制御チャンネル処理部はパイロット信号を用いて伝送路特性の推定処理を行う。フィンガ部は、マルチパスタイミング及び伝送路特性を基に、受信信号の復調処理を行い、復調データを出力する。複数のDMF(Digital Matched Filter)を用いて異なる遅延範囲での遅延プロファイルの生成を可能としたパスサーチ方式を採用することにより、最大60kmのセル半径に対応した復調処理を実現した。

1. ま え が き

W-CDMAシステムにおける復調処理には、12.2kbps音声や384kbps高速パケット通信など多様な伝送速度に対応する必要があるほか、CDMA特有のマルチパスタイミング検出、RAKE受信、伝送路推定など複数の要素技術が必要とされる。また一般にPDCやW-CDMAなどのセルラ方式では、都市部などの人口密集地では小セル構成とし、山間部・離島などでは大セル構成とする。そのため、都市部などの人口密集地では多数のチャンネル処理能力が要求され、山間部などでは広範囲でのマルチパスタイミング検出能力が要求される。

今回、大容量かつ大セル対応基地局の実現を可能とするために、1石当たり8ユーザーの復調処理を実現する復調LSIを開発した。復調LSIを構成する主な機能ブロックであるパスサーチ部、制御チャンネル処理部、フィンガ部において、補間処理による動作サンプリングレートの低減及び時分割処理を導入することにより、回路規模・消費電力の低減を図った。補間処理及び時分割処理導入前と比較して、回路規模を約1/2、消費電力を約1/3に低減した。また、複数のDMFを用いて、異なる遅延範囲での遅延プロファイルの生成を可能としたパスサーチ方式を採用することにより、最大セル半径60kmに対応した復調処理を実現した。

2. 復調部の構成

復調部の主要諸元を表1に示す。この復調方式はW-CDMAの標準化組織である3GPP(3rd Generation Partnership Project)のRelease99仕様^{(1)~(6)}に準拠しており、音声12.2kbpsなど各種チャンネルフォーマットに対応する。

主な受信機能は図1に示される各ブロックで実現される。主要ブロックは、①RAKE合成のためのマルチパス検出機能及びPRACHプリアンブル検出処理を実現するパスサーチ部、②伝送路推定処理、電力制御コマンド生成処理、制御チャンネル用RAKE合成処理を実現する制御チャンネル処理部、③各マルチパスの逆拡散及びRAKE受信を実現するフィンガ部である。

以下に、各機能ブロックの特長を述べる。

2.1 パスサーチ部

パスサーチ部は、以下の4つの機能ブロックで構成される。

- DMF
- 遅延プロファイル生成部
- マルチパスタイミング検出部
- プリアンブル検出部

音声データ、パケットデータなどを伝送するDPCH(Dedicated Physical CHannel)に対する復調処理においてはDMF、遅延プロファイル生成部、マルチパスタイミング抽出部を用いてパスサーチ処理を実現し、PRACH復調

表1. 復調LSIの主な諸元

項目	諸元
仕様	3GPP Release99 仕様準拠
無線アクセス方式	DS-SS-CDMA FDD
チップレート	3.84Mcps
伝送レート	12.2~384kbps
RAKEフィンガ数	最大 8
ユーザー数	最大 8

DS-SS-CDMA: Direct Sequence-Code Division Multiple Access
FDD: Frequency Division Duplex

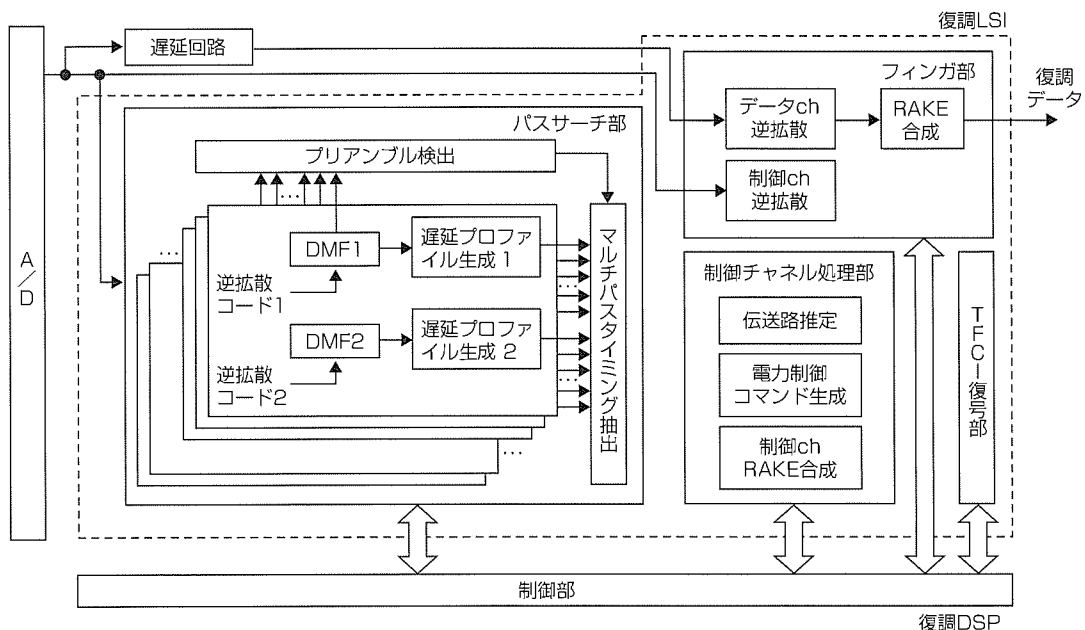


図1. 復調LSIの機能ブロック図

ではすべての機能ブロックを用いてプリアンブル検出処理及びパスサーチ処理を実現する。

以下に、DPCH復調、PRACH復調それぞれにおけるパスサーチ処理の特長を示す。

2.1.1 DPCH復調

DMFは受信データと逆拡散コードとの相関演算処理を行い、所定のタイミングにおける相関電力値を出力する。遅延プロファイル生成部は、DMFから出力される各タイミングの相関電力値をタイミングごとに平均化し、遅延プロファイルを生成する。マルチパスタイミング抽出部は、遅延プロファイル生成部から出力される遅延プロファイルから有効なパスを抽出する。

DMFと遅延プロファイル生成部の組は1ユーザー処理当たり2組あり、片方をRAKE受信で用いるパスの検出処理として使用し(以下“主サーチ”という。)、他方を主サーチでのサーチ範囲を決定するための処理(以下“巡回サーチ”という。)として使用する。

なお、主サーチのサーチ範囲の決定については、外部ソフトウェアから制御する構成としているため、柔軟な処理を可能とした。このように異なる遅延範囲での遅延プロファイルの生成を可能としたため、最大セル半径60kmに対応したパスサーチ処理を実現する。

遅延プロファイル生成部では補間処理により動作サンプリングレートの低減を図り、マルチパスタイミング抽出部では主サーチから出力される遅延プロファイルを時分割処理することで回路規模の低減・低消費電力化を図っている。

2.1.2 PRACH復調

受信信号と4,096chip長のプリアンブルコードとの相関演算処理を、DPCHにおける主サーチで用いられるDMFによって実現している。プリアンブル検出部ではDMFから出力される相関電力値を基に遅延プロファイルを生成するとともに、この遅延プロファイルから得られるしきい値を基にプリアンブル検出処理を行う。マルチパスタイミング抽出部は、プリアンブル検出部から出力される遅延プロファイルから有効なパスを抽出する。

さらにPRACHでは、DPCHにおける巡回サーチ部をPRACHメッセージにおけるパスサーチ処理として用いることを可能としており、プリアンブルのみを用いた場合に対する無線特性の改善を可能とした。

2.2 制御チャネル処理部

制御チャネル処理部では、フィンガ部(2.3節)で逆拡散された制御チャネルの各シンボルを用いて以下の処理を行う。

- (1) 伝送路特性を推定し、周波数偏差、フェージングによるシンボルの位相回転補正値を算出する。また、RAKE合成における各パスの重み付けを決定する。これらの情報は制御チャネルRAKE合成ブロック及びフィンガ部へ出力され、それぞれ制御チャネル及びデータチャネルの

RAKE合成時に用いられる。

- (2) DPCHのSIR(Signal-to-Interference Ratio)を算出し、ターゲットSIRに基づいて上りDPCHの電力制御コマンドを生成する。
- (3) 3 GPP仕様における各種測定情報を算出する。
- (4) 逆拡散された各遅延パスの制御チャネルをRAKE合成し、パイロットシンボル、TFCIシンボル、FBI(Feed-Back Information)シンボル、TPC(Transmit Power Control)シンボルを復調する。最大8フィンガでのRAKE合成が可能である。

制御チャネル処理部は制御チャネルのシンボルレートでの低レート処理であり、同一回路で全8ユーザー分を時分割処理することにより回路規模の低減・低消費電力化を図っている。

2.3 フィンガ部

フィンガ部ではパスサーチ部で検出された各遅延パスに対して制御チャネル及びデータチャネルの逆拡散処理を行い、データチャネルについてはさらにRAKE合成を行う。逆拡散された制御チャネルの各シンボルは制御チャネル処理部へ出力され、RAKE合成される。

フィンガ部は制御チャネルとデータチャネルそれぞれに8個のフィンガを持つブロックを8個備えており、制御チャネル、データチャネル共に8ユーザー同時に最大8フィンガでのRAKE合成処理が可能である。また、各ユーザーには3 GPP仕様で規定されている任意のシンボルレートを設定可能である。さらに、8個のフィンガに割り当てるパスの遅延量はパスサーチ部でサーチ可能な範囲で任意に設定可能であり、主サーチ部又は巡回サーチ部で検出された任意時刻の任意の遅延パスでのRAKE合成が可能である。これにより、様々なマルチパス環境に対応する。

この復調LSIの特長の1つとして、制御チャネル用デジタルベースバンド信号入力とデータチャネル用デジタルベースバンド信号入力が分離されている点がある。制御チャネル用デジタルベースバンド信号入力に対し、データチャネル用デジタルベースバンド信号を数スロット遅延させて入力し、両チャネルの復調タイミングを調整する。これにより、データチャネルの復調に必要なフィンガ内部メモリを最小限に抑え、回路規模の低減を実現している。また、逆拡散処理の一部をRAKE合成処理に統合し、さらにRAKE合成回路を時分割処理とすることによって回路規模の低減・低消費電力化を図っている。

2.4 TFCI復号部

TFCI復号部は、復調DSPのコプロセッサとして動作する。制御チャネル処理部でRAKE合成されたTFCIシンボルは復調DSPによってバッファリングされ、1フレームごとにTFCI符号語が再構成される。再構成されたTFCI符号語はTFCI復号部へ出力され、誤り訂正とともにTFCIが復

号される。

3 GPPではTFCIは0～1,023の値をとると規定されているが、実際には使用されるTFCS (Transport Format Combination Set)によってとり得るTFCIが限定される。TFCI復号部にはとり得るTFCIの範囲をあらかじめ設定可能であり、復号時に探索するTFCIの範囲を絞り込むことによって復号誤り確率をより低減させることが可能である。

3. 復調特性

図2に、この復調LSIを用いた場合の復調特性例を示す。図は3 GPP仕様⁽¹⁾の12.2kbps, Staticでのブロック誤り率特性であり、計算機シミュレーションとほぼ同等の特性が得られている。また、他の条件についても3 GPP仕様を満足することを確認している。

4. むすび

大容量かつ大セル対応基地局の復調処理を実現する復調LSIを開発した。復調LSIを構成する主な機能ブロックであるパスサーチ部、制御チャンネル処理部、フィンガ部における補間処理による動作サンプリングレートの低減及び時分割処理により、回路規模を約1/2、消費電力を約1/3に低減した。また、複数のDMFを用いて、異なる遅延範囲での遅延プロファイルの生成を可能としたパスサーチ方式を採用することにより、最大セル半径60kmに対応した復調処理を実現した。

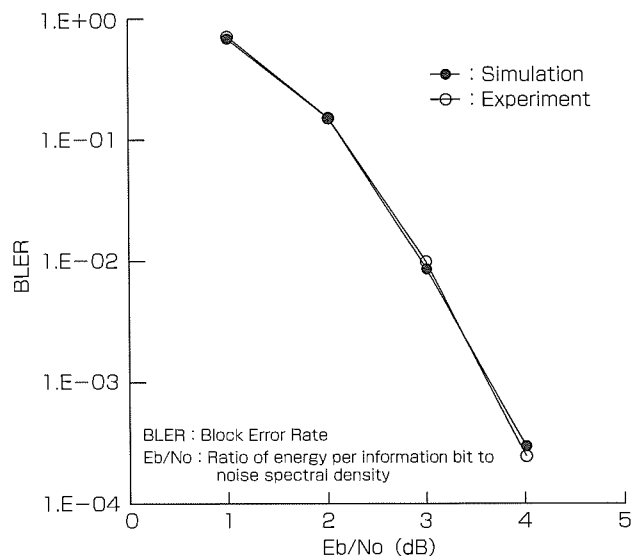


図2. 伝送速度12.2kbps, Staticのブロック誤り率特性

参考文献

- (1) 3rd Generation Partnership Project ; Technical Specification Group Radio Access Networks ; TS25.104 (Release 99) (2003-3)
- (2) TS25.211 (Release 99) (2002-9)
- (3) TS25.212 (Release 99) (2002-9)
- (4) TS25.213 (Release 99) (2002-6)
- (5) TS25.214 (Release 99) (2003-3)
- (6) TS25.215 (Release 99) (2003-6)

第3.5世代移動体通信向け要素技術

要旨

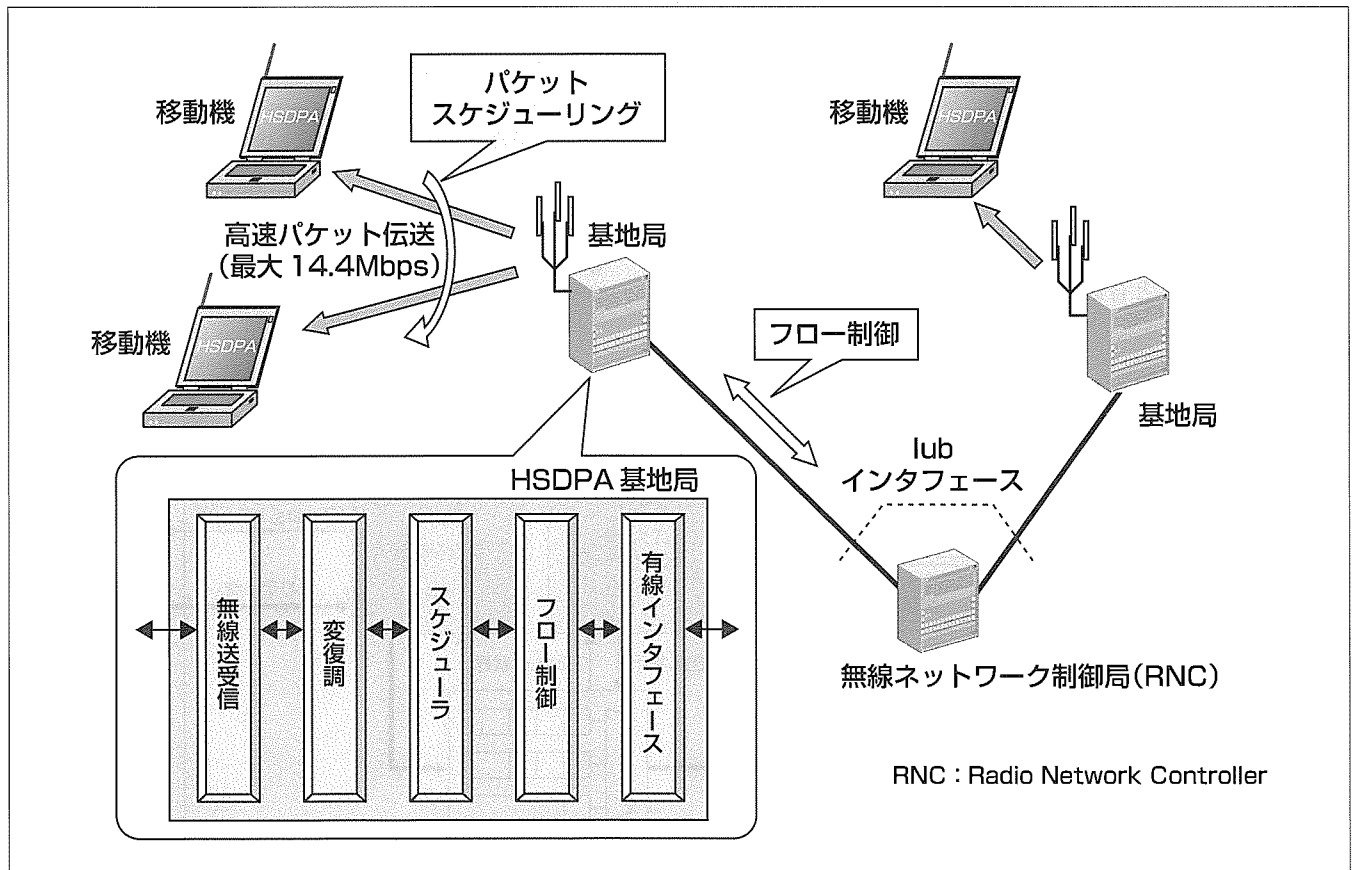
第3.5世代移動体通信技術として、下り最大14.4Mbpsでのパケット伝送を実現するHSDPA(High Speed Downlink Packet Access)基地局の検討を行っている。HSDPAでは、ピーク伝送速度の高速化、高スループット化及び低伝送遅延を実現するため、①リソース割当て機能、②AMC(Adaptive Modulation and Coding)機能、③HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)機能、④フロー制御機能という新規機能を導入している。本稿では、HSDPA基地局で上記①～③の機能を実現するパケットスケジューラ部と、④の機能を実現するフロー制御部の検討について説明する。

パケットスケジューラ部としては、今後トラヒックとし

てストリーミング等が増加することを考慮し、遅延及び遅延揺らぎに対して厳しいQoS(Quality of Service)を満足できる遅延考慮型アルゴリズムの提案とシミュレーションによる検討を行う。これは、現在時刻と伝送完了期限の差である“猶予時間”をそのQueueの優先度指標としてスケジューリングを行う方式である。

フロー制御部としては、データのバッファ滞留量とフロー制御パラメータとの関係をシミュレーションにより評価し、フロー制御の基本動作の検討を行う。

これらの要素技術はHSDPA基地局の性能向上の上で重要な鍵(かぎ)を握っており、今後、この検討結果をベースとして基地局の開発を行っていく予定である。



HSDPAシステム概略と基地局の構成

HSDPA基地局に無線接続された各移動機に対し、高スループットでのパケット伝送を実現するため、スケジューラ部でパケットスケジューリングを行う。このスケジューリングでは、ユーザーデータを一時的にバッファリングするが、基地局が無線ネットワーク制御局に対してフロー制御を行うことでバッファ滞留量を制御する。

1. ま え が き

第3.5世代移動体通信技術として、3GPP(3rd Generation Partnership Project)で策定されたHSDPA技術が注目されている^{(2)~(5)}。これは第3世代W-CDMAを拡張し、下り(基地局→移動機)最大14.4Mbpsでパケット高速伝送を可能にする技術であり、国内では2005年ごろ商用サービスが開始される模様である。HSDPAでは、高速データ伝送の実現やQoS制御の向上を図るために、様々な新規技術が導入されている。

本稿では、HSDPA方式を実現するための基地局ベースバンド処理部概要と、その要素技術としてパケットスケジューラ及びフロー制御について述べる。

2. HSDPA基地局の概要

HSDPA方式の主要諸元を表1に示す。ピーク伝送速度の高速化、高スループット化、及び低伝送遅延を実現するため、HSDPAでは以下の技術を導入している。

- (1) 適応的リソース割当て機能：1つの物理チャネルを複数の移動機で共用し、2msごとに送信するあて先移動機及び伝送ビット量を決定し、時間リソース及びコードリソースを適応的に割り当てる機能。これはオペレータの運用ポリシー、ユーザーのQoS要求、Queue状態又は回線品質状態などに基づき動作する。
- (2) AMC機能：無線回線品質に応じて移動機ごとに変調方式や誤り訂正符号化レートを適応的かつ高速に変更する機能。
- (3) HARQ機能：誤りを検出したパケットの軟判定情報を再送パケットと合成することで受信特性を改善する再送制御機能。

- (4) フロー制御機能：バッファ滞留量を制御する機能。基地局ではユーザーデータを一時的にバッファに蓄積し、各移動機との無線リンク状況を考慮した送信順序決定、及び移動機への送達確認を行いながらユーザーデータを送信するため、フロー制御を行う。

図1にHSDPA基地局ベースバンド処理部の概略構成を示す。図において、上記(1)~(3)の機能はパケットスケジューラ部で、また(4)の機能はフロー制御部で実現される。

3. パケットスケジューラ技術

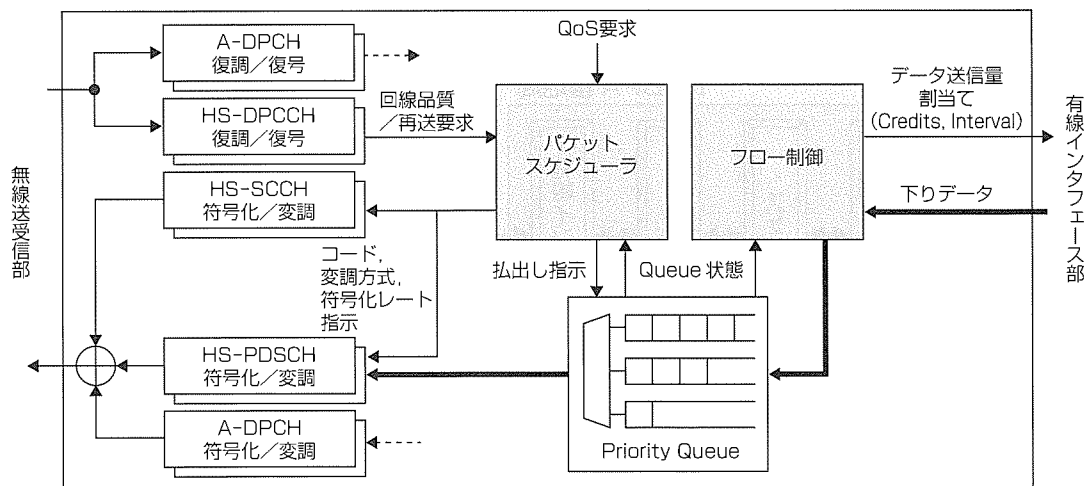
3.1 既存のスケジューリングアルゴリズム

前記4つの機能の中で、適応的リソース割当て機能は、オペレータ又はメーカー独自のアルゴリズムを採用することができる機能であり、かつシステム全体を特徴付ける重要な機能である。これまで検討されている代表的なアルゴ

表1. HSDPA方式の主要諸元

項目	諸元
準拠仕様	3GPP Release5
無線アクセス方式	DS-CDMA FDD
チップレート	3.84Mcps
データレート	最大14.4Mbps(ベストエフォート)
データ変調方式	16QAM/QPSK
TTI length	2ms
主要導入技術(基地局)	適応的リソース割当て機能, 適応変調符号化(AMC)機能, HARQ機能, フロー制御機能

DS-CDMA : Direct Spread-Code Division Multiple Access
 FDD : Frequency Division Duplex
 QAM : Quadrature Amplitude Modulation
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying
 TTI : Transmission Time Interval



HS-PDSCH : High Speed Physical Downlink Shared Channel
 HS-SCCH : High Speed Shared Control Channel
 HS-DPCCH : High Speed Dedicated Physical Control Channel
 A-DPCH : Associated-Dedicated Physical Channel

図1. HSDPA基地局ベースバンド処理部の構成

リズムの動作とその特長を表2に示す。

3.2 ストリーミングトラフィックへの対応

HSDPAでは、Web browsingに代表されるような既存のデータトラフィックに加えて、今後増加するストリーミングトラフィックもサポートしなければならない。

異なる許容遅延時間が指定されたストリーミングトラフィックを既存のアルゴリズムで収容した場合、許容遅延時間の短いトラフィックのパケットは許容遅延時間を満足できず廃棄されることが多くなり、公平性を欠くことになる。

そこで、ストリーミングトラフィック間での公平性を確保するため、許容遅延時間を考慮したスケジューリングアルゴリズムの検討を行った。

3.3 遅延考慮型アルゴリズム⁽¹⁾

遅延考慮型アルゴリズムでは、各Priority Queue(以下“Queue”という。)の先頭パケット到着時刻と許容遅延時間からそのパケットの伝送完了期限を求め、現在時刻と伝送完了期限の差である“猶予時間”をそのQueueの優先度指標としてスケジューリングを行う。図2の例では、猶予時間の少ないユーザーBのQueueが優先される。

3.4 評価

3.4.1 シミュレーション方法

シミュレーション条件を表3に示す。許容遅延時間は10ms及び100msとし、それぞれに10ユーザーを割り当てた。また、送信側(基地局)では、許容遅延時間を超過してQueueに滞留しているパケットを廃棄するDiscard timer機能を実装している。比較対象はRound Robin型アルゴリズムである。

表2. 既存のアルゴリズムの比較

名称	動作	特長
Round Robin	移動機を公平にラウンドする	公平性が高い
Proportional Fairness	(瞬時回線品質/平均回線品質)の良い移動機を優先する	中間的性質
Maximum CIR	回線品質の良い移動機を優先する	システムスループット最大

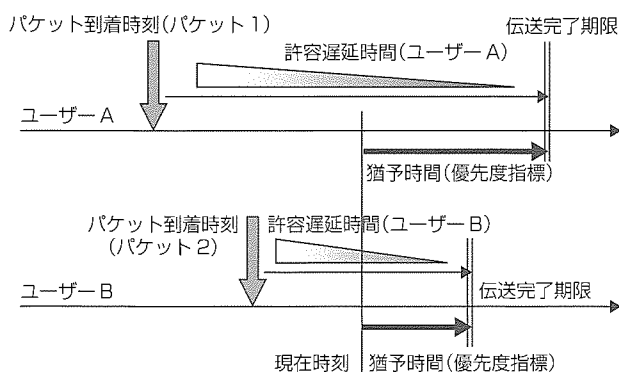


図2. 遅延考慮型アルゴリズム概要

3.4.2 結果及び考察

ユーザースループットについての比較結果を図3に示す。

Round Robin型アルゴリズムでは許容遅延時間の違いによりユーザースループットに大きな差が生じているが、遅延考慮型アルゴリズムではほぼ等しいユーザースループットを提供できていることが分かる。これは遅延考慮型アルゴリズムが猶予時間に基づき動作するため、Discard timer機能で廃棄されるパケット量をユーザー間で公平にすることができるからである。

4. フロー制御技術

第3世代では、パケット通信に対するフロー制御機能はRNCに配置されていたが、HSDPAではIubインタフェース上でRNCから受信するユーザーデータに対して基地局がフロー制御を行うことになる。この章では、HSDPA対応基地局のフロー制御機能について検討・評価を行った結果について述べる。

4.1 基本動作検討

フロー制御の基本動作は、受信側においてバッファオーバーフローが発生しないようにデータ送信量を制御することである。再送制御を行う上位プロトコルを持つ場合は、この基本動作に加えて、バッファ内滞留時間を考慮することが重要である。バッファ内滞留時間が長いとタイムによる再送が発生し、システムスループットが低下する危険性がある。特にHSDPAでは、データのバッファ内滞留時間

表3. シミュレーション条件

セルレイアウト	Hexagonal 19cells
伝搬損失モデル	$L=128.1+37.6 \log_{10}(R)$
フェージング	Slow/Fast
HARQ	6ch S&W Chase Combining
評価対象ユーザー数	20 (in center cell)
Discard timer値	10ms, 100ms (各10ユーザー)
トラフィックモデル	到着間隔: 指数分布

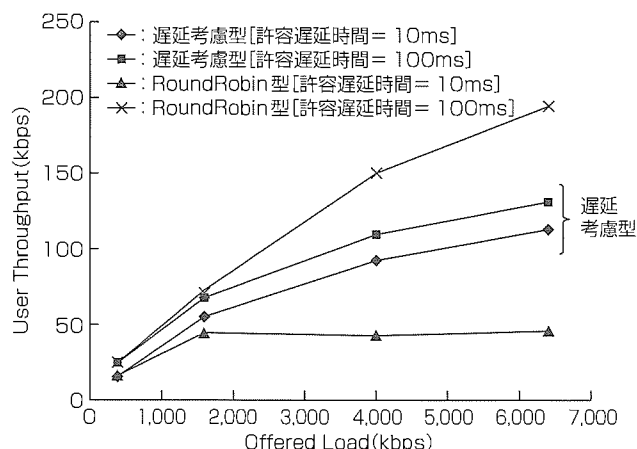


図3. 平均ユーザースループット

がスケジューリングアルゴリズムに大きく左右されるため、高スループットを実現するフロー制御方法が課題の1つとなる。そこで、基地局内のバッファ滞留量に着目し、3GPPで規定されるFP(Frame Protocol)機能部⁽⁴⁾のフロー制御パラメータとの関係をシミュレーションにより評価した。ここでは、フロー制御の問題点を明らかにすることを目的として、単純なフロー制御モデルを適用した。すなわち、フロー制御は、基地局内のバッファ滞留量に対して2段階のしきい値を設け、上方のしきい値に達した場合にデータ送信を停止し、データ送信停止中に下方のしきい値に達した場合はデータ送信を再開するようにRNCへ指示する。スケジューリングアルゴリズムはRound Robin型、トラヒックモデルはWeb browsing model⁽⁵⁾を用いた。

表4に示すCredits, Intervalは、1つのQueueに対してInterval期間中にCreditsの数だけデータ送信を許可するフロー制御パラメータである。ここでは簡単のため、すべてのQueueで同一値を用いた。

4.2 シミュレーション評価結果

シミュレーションにより得られたバッファ滞留量(最大値)とフロー制御パラメータの関係を図4に示す。この結果から、下記(1)~(3)の特長が得られる。

- (1) フロー制御パラメータとQueue数で決まるIub上のデータ送信許容量(以下“送信許容量”という。)が無線リンクスループットを大きく上回っても、バッファ滞留量が上方のしきい値を大きく上回ることはない。つまり、データ送信停止により、オーバーフローの危険性は低い。

例：Interval=10ms, Credits=20

- (2) 送信許容量が無線リンクスループットを下回る場合、バッファ滞留量は極めて少ない。

例：Interval=40ms, Credits=10

- (3) 送信許容量がIub回線帯域を超える場合、バッファ滞留量の増加傾向が大きくなる。ここではIub上でのデータ消失が発生しないことを前提としたが、最悪の場合にはデータ消失することも考えられる。

例：Interval=10ms, Credits=32

以上の結果を踏まえ、(a), (b)の特長を持つフロー制御アルゴリズムを開発中である。

- (a) ある程度の周期で無線リンクスループットに追従

表4. シミュレーション条件

トラヒック発生量	256 packet sessions(10Mbps相当)
Queue数	32
Iub回線帯域	45Mbps
無線リンクスループット	平均6Mbps
フロー制御しきい値 (バッファ滞留量)	送信停止：18,000 送信再開：12,000
フロー制御パラメータ	Credits=5, 10, 20, 32, 64 Interval=10, 20, 40, 80ms データ長=660ビット

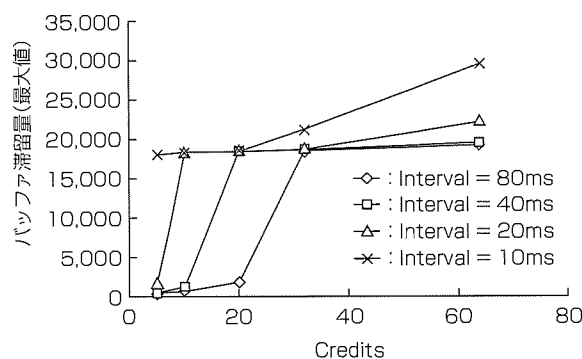


図4. フロー制御シミュレーション結果

するフロー制御パラメータを算出

- (b) フロー制御パラメータはIub回線帯域で制限

5. む す び

HSDPA基地局ベースバンド処理部概要と、その要素技術であるパケットスケジューラ及びフロー制御の検討について述べた。今後、これらの要素技術を搭載した基地局の開発を行っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 藤江良一, ほか: 遅延考慮型スケジューリングアルゴリズムのHSDPAへの適用, 電子情報通信学会, 2003年総合大会, B-5-26 (2003)
- (2) 3GPP TS25.211~TS25.215 Release 5 (2003)
- (3) 3GPP TS25.321 Release 5 (2003)
- (4) 3GPP TS25.435 Release 5 (2003)
- (5) 3GPP TR25.848 Release 4 (2001)

IP RANゲートウェイ

武 啓二郎*
八木章好**
木下裕介**

要 旨

インターネットの普及に伴い、急速に固定通信システムのIP化が進展している。モバイルネットワークにおいても、モバイルインターネットサービスという形で顕在化した大量のIPトラフィックへの対応として、第3世代モバイルネットワークも含めて、ALL-IP化の検討が進んできている。

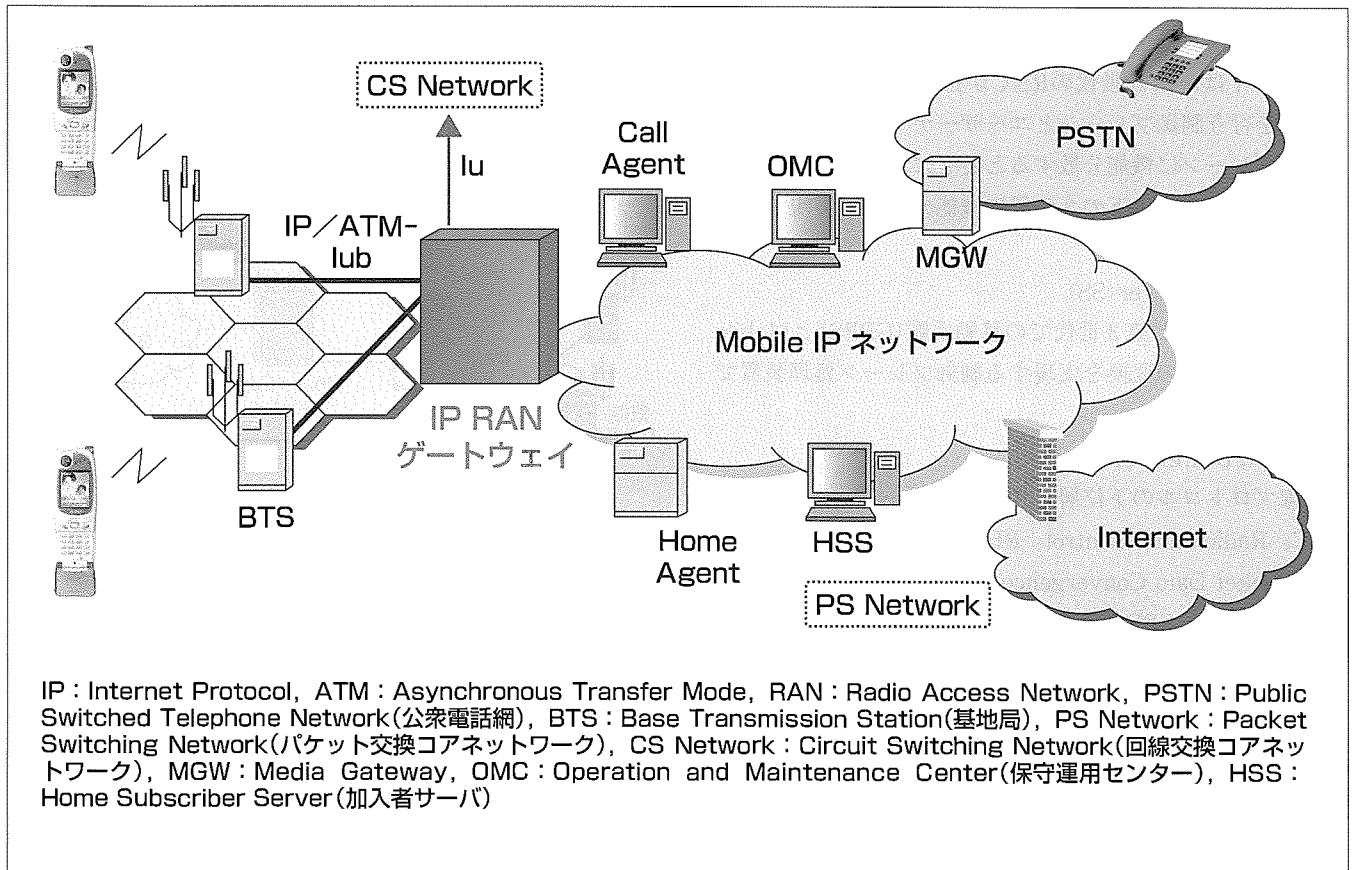
ALL-IP化には今後急速に増加するであろう多種多様なIPトラフィックへの対処と柔軟なネットワーク構成への対応が不可欠で、それには、コストパフォーマンスに優れ、かつスケーラビリティに富むノード装置が必要となる。一方で、既存の第3世代モバイルネットワークからのマイグレーションにも対応が必要である。

ここでは、Mobile IP技術を導入して端末の移動性をIP層で吸収したコアネットワークを想定し、これに接続され

るRAN(Radio Access Network：無線アクセスネットワーク)のIP化を実現する手段として、IP RANゲートウェイを紹介する。

このIP RANゲートウェイは、第3世代のRANにIPトランスポートを導入するとともに、基地局をMobile IPネットワークに接続することができる。さらに、既存のATMトランスポートを持つ基地局との接続性も担保しつつ柔軟なスケーラビリティを実現した分散型アーキテクチャを採用している。

本稿では、そのアーキテクチャについて述べ、IP RANゲートウェイを構成する各装置の実現手段と試作装置での諸元を示している。



IP RANゲートウェイの位置付け

IP RANゲートウェイはMobile IP技術を導入したIPコアネットワーク(Mobile IP Network)と基地局(BTS)を接続するゲートウェイであり、基地局は既存のATMトランスポートを持つBTS及びIPトランスポートを持つBTSと接続可能である。

1. ま え が き

近年の通信ネットワークのIP化に伴い、第3世代モバイルネットワークにおいてもALL-IPネットワークへの移行が予想される。第3世代モバイルネットワークのIP化は、文献(1)でも述べられているように、コアネットワーク、RAN、端末の順に実現されると予想されており、第3世代からALL-IPネットワークへのマイグレーションにも考慮しなくてはならない。また、ALL-IP化への過程では、“小規模から大規模までのノードが構築可能”となるスケラビリティが要求される。

本稿では、こうした状況の中で、第3世代のRNC(Radio Network Controller：無線ネットワーク制御装置)が持つ機能とコアネットワークが持つ機能の一部を複数の装置で代替することで高いスケラビリティを実現したIP RANゲートウェイについて述べる。

2. IP RANゲートウェイ

2.1 仮想RNC機能

ALL-IPモバイルネットワークでは多種多様なトラヒックに対応する必要がある。例えば、高速なユーザートラヒックの増大と、頻繁な制御信号を必要とするトラヒックの増大の双方に対応する必要がある。そのため、IP RANゲートウェイは、第3世代のRNCが持つ機能をシグナリング処理を行う制御プレーンとユーザーデータ処理を行うユーザープレーンに機能分散するとともに、物理的にも分離した構成をとり、以下の3装置に機能分散して実現している。

(1) Signaling Server(SS)

仮想RNC機能と第3世代での移動手順(GPRS)とMobile IP(制御情報)との変換を実現する制御プレーン処理装置である。

(2) Radio Bearer Server(RBS)

無線プロトコルの下位層(Medium Access Control：MAC, Radio Link Control：RLC)とパケット転送プロトコル(Packet Data Convergence Protocol：PDCP, Frame Protocol：FP, GPRS Tunneling Protocol：GTP)を処理するユーザープレーン処理装置である。

(3) Mobile Edge Router(MER)

ATM AAL(ATM Adaptation Layer)Type 2 / Type 5-IP変換と、GTP及びMobile IP(ユーザーデータ)の処理を行うエッジルータである。

RNCの機能を物理的に分離することで、多様なトラヒックに対するスケラビリティが向上する反面、端末の移動に伴うドリフト通信や端末制御ポイントの再配置が発生して処理量や使用リソースの増大を招く。

そこで、シグナリング処理を行うSSとユーザーデータ

処理を行うRBSが通信中に変更される頻度が抑制するために、IP RANゲートウェイでは、SSとRBSの双方ともに、各セルにくくり付けの資源の制御機能と、端末単位の資源の制御機能とに分離するアーキテクチャをとる。前者をControl SS/Control RBS、後者をServing SS/Serving RBSと呼ぶ。

また、コアネットワークから見て、通信中の端末がIP RANゲートウェイ配下の基地局間を移動し、たとえ制御ポイント(Serving SS及びServing RBS)に変更が生じてても、MERにおいてその移動を吸収することで、あたかもIP RANゲートウェイが1つのRNC(“仮想RNC”)として見えることとなる(図1)。

さらに、ATMベースの既存基地局も、ATM-IP変換を行うエッジルータを介してIP接続することで、基地局と端末対応のRBS間の通信パスがショートカットで設定され、物理的に分離された状態でも遅延が最小となるとともに、第3世代のRANからALL-IPモバイルネットワークへのマイグレーションにも対応可能となる(図2)。

2.2 負荷分散方式

機能分散された仮想RNCでは、セル対応の制御を行うControl SSとControl RBSで無線共通チャネルの制御及び信号処理を行う。すなわち、端末から送信された無線リソース制御(Radio Resource Control：RRC)用のコネクショ

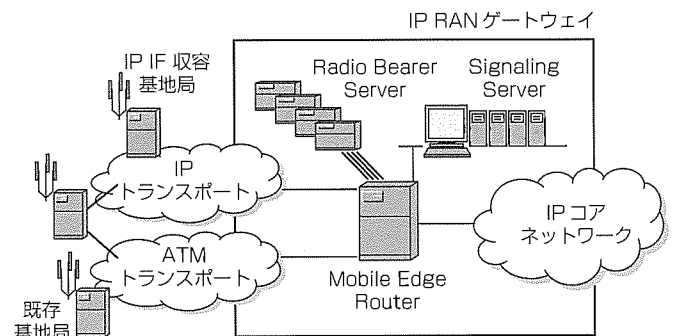


図1. IP RANゲートウェイの構成要素

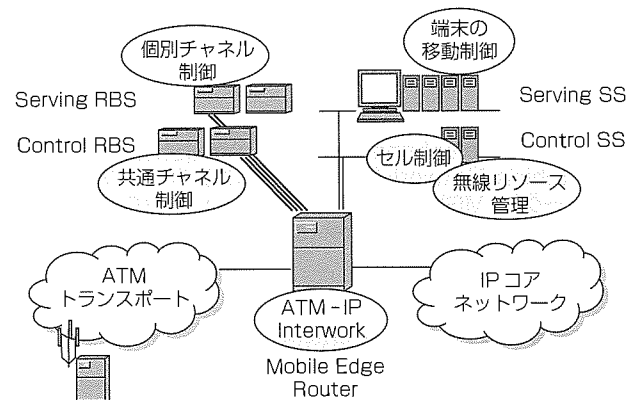


図2. IP RANゲートウェイの機能分散方法

ン要求はControl RBSで無線プロトコル下位層(MAC/RLC)の終端が行われ、上位プロトコルであるRRCメッセージとしてControl SSに転送される。ここで、Control RBSとControl SSの対応は各セル対応に一意に決まる。このメッセージを受信したControl SSは、メッセージを解析して取得した端末識別子で、端末対応の処理を行うServing SSを決定し、メッセージをServing SSに転送する(図3)。

Serving SSは、Serving RBSを決定した上で、Control RBSに応答メッセージを送信するという処理を実現している。

これにより、端末対応のServing SSとServing RBSの負荷分散を実現している。なお、Control SSとControl RBSについては、セル対応であらかじめ定められた負荷分散を行っている。

2.3 GPRS-Mobile IP変換

IP RANゲートウェイでは、端末対応のServing SSでGPRSをMobile IP(制御プレーン)に相互変換するとともに、端末対応Serving RBSがPDCPをGTPに変換する。さらに、MERでGTPカプセル化されたユーザーデータをIP in IPカプセルに変換する。この構成により、既存の端末を変更することなくMobile IPネットワークが利用可能となり、Mobile IPの持つルート最適化などの機能を提供できる。

なお、仮想RNCの端末制御点の再配置抑制動作により、Mobile IP位置登録回数は抑制される(図4)。

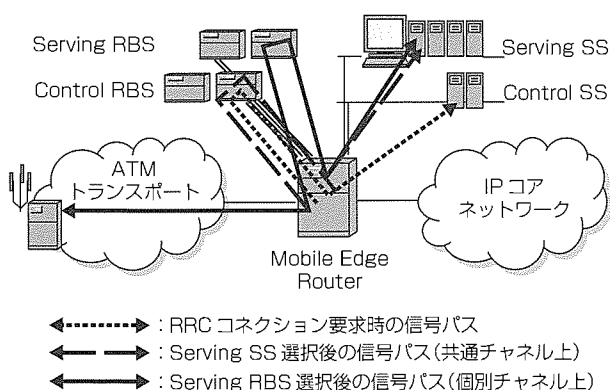


図3. 信号パスの移動形態

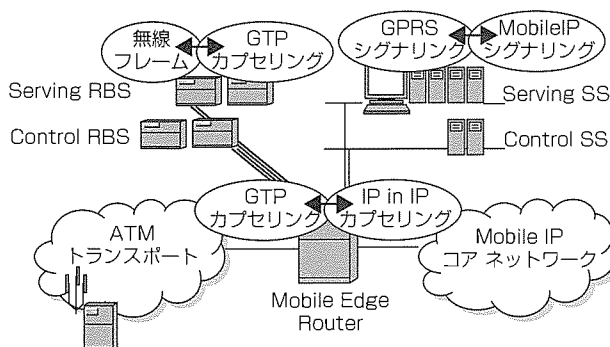


図4. GPRS-Mobile IP変換

3. Signaling Server

SSは制御プレーン処理のためのサーバであり、仮想RNC機能を実現するための無線制御及び基地局制御関連の信号を終端する。また、Mobile IPネットワークとのゲートウェイ機能として、GPRS-Mobile IPシグナリング変換機能を持っている。SSは汎用のLinux PC Server上にソフトウェアで実現されており、表1の処理能力が確認できている。

4. Radio Bearer Server

RBS(図5)はユーザプレーン処理のためのサーバであり、仮想RNC機能を実現するための無線ベアラ制御としてMAC, RLC, PDCPを終端する。また、MERとの間のユーザーデータ転送のためのGTPカプセル化処理を行う。試作したRBSは、ネットワークプロセッサとFPGAによるハードウェア処理エンジンであり、表2の処理能力を持っている。

5. Mobile Edge Router

MER(図6)は、ATM AAL Type 2 / Type 5 トランス

表1. Signaling Server (SS) 諸元

使用プラットフォーム	Linux Based PC Server
収容インタフェース	Fast Ether-1Port(/PC)
終端プロトコル	3GPP TS25.331, 413, 433, TS24.007, 008, ITU-T Q.2110, 2630.1準拠
収容ユーザー数	20,000ユーザー*
呼処理能力	500,000BHCA*

*Control SS×2, Serving SS×7 使用時

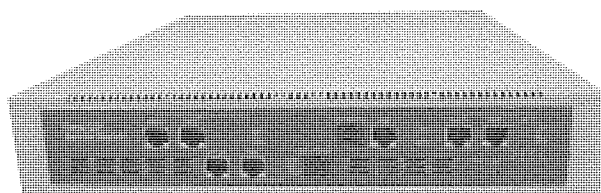


図5. Radio Bearer Server (RBS)

表2. Radio Bearer Server (RBS) 諸元

収容インタフェース	Iub-IF : Fast Ether-2Ports Iu-IF : Fast Ether-2Ports SS-IF : Fast Ether-1Port
終端プロトコル	3GPP TS25.321, 322, 415 (TrMode), 323, 427, 435, TS29.060準拠
収容チャンネル数	4,000 RLCチャンネル
実効スループット	50Mbps
サイズ	(W)33×(D)41×(H)6 (cm)
消費電力	50W (DC100V)

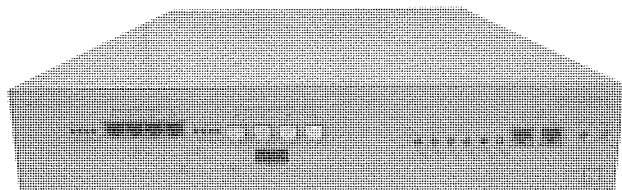


図 6. Mobile Edge Router (MER)

ポートをIPトランスポートに変換する処理を行うとともに、ユーザーパケットをRBSに転送するためのGTPの終端処理と、Mobile IPネットワークとのゲートウェイ機能としてIP in IPカプセリング処理を行う。なお、試作したMERはATM-IP変換処理を行う装置とGTP-IP in IPカプセリング変換処理を行う装置からなり、双方ともネットワークプロセッサを用いた同一ハードウェア処理エンジンである。各試作装置の機能はネットワークプロセッサ上のファームウェアで実現しており、表3の処理能力を持っている。

6. む す び

RANを構成するIP RANゲートウェイが、分散構成をとることにより大規模から小規模までのスケーラビリティを持つとともに、MERにATMトランスポート機能を実装することで既存BTSとの接続性を確保していることを説明した。現在、試作したIP RANゲートウェイで端末との接続動作を確認できており、IPトランスポートにより発生する遅延や揺らぎがアプリケーションに与える影響を検証する予定である。また、IP RANゲートウェイに無線LAN等の他アクセスネットワークを接続し、異なる無線アクセ

表 3. Mobile Edge Router (MER) 諸元

取容インタフェース	Fast Ether-4Ports, OC3-4Ports
終端プロトコル	3GPP TS29.060, TS25.415(TrMode) 準拠 UDP/IPv4/Ether, AAL2, AAL5/ATM ルーティングプロトコル: OSPF
取容チャンネル数	100,000 GTPトンネル/装置 4,000チャンネル(AAL2/5)/装置
実効スループット	400Mbps(GTPパケット処理時)/装置 100Mbps(ATM-IP変換時)/装置
サイズ	(W)43×(D)56×(H)8 (cm)
消費電力	100W(DC100V)

ス間のシームレスハンドオーバーを実現することが課題である。

今後、コアネットワークからRAN、そして端末のIP化が進展していく中で、IP RANゲートウェイは、ALL-IPモバイルネットワークにおいて重要な役割が期待できる。

参 考 文 献

- (1) 永澤道夫：移動通信のIP化の動向，情報通信ネットワーク産業協会IPネットワーク委員会標準化推進委員会講演会資料（2003）
- (2) 清水桂一，ほか：IP Based Mobile Networkの構想－RAN GWアーキテクチャー，電子情報通信学会2002年総合大会，B-5-23（2002）
- (3) 清水桂一，ほか：RNC負荷分散方式の検討，電子情報通信学会2002年総合大会，B-5-25（2002）
- (4) MWIF：Open RAN Architecture, MTR007v1.0.0（2001）

モバイルマルチメディア 多地点通信システム

坂井正尚* 柴田邦夫**
枝廣圭一* 茂木 強**
小松正裕*

要 旨

モバイルマルチメディア多地点通信システムは、NTTドコモの第3世代移动通信サービス“FOMA”^(注1)を用いて、多地点テレビ会議を実現するシステムである。

このシステムは、MCU(Multi-point Control Unit)部とサーバ部からなる。サーバ部は、“iモード”^(注1)による会議予約のインタフェースの提供など、ユーザーからのサービス要求を受け付ける機能を持っている。MCU部は、音声や映像に対するメディア処理を行い、多地点テレビ会議サービスを実現する。

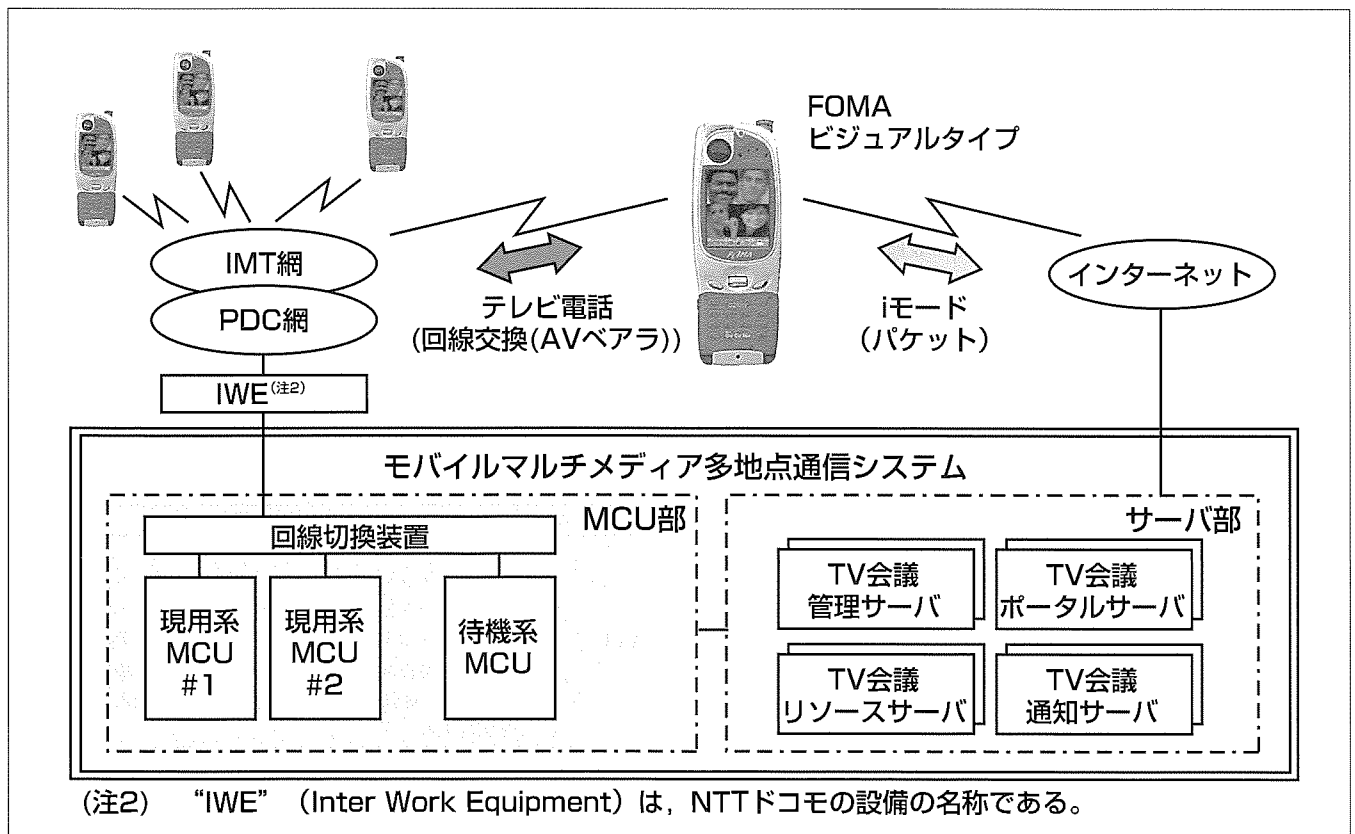
多地点テレビ会議中には、FOMAビジュアルタイプに対して、4画面分割/画面切換え/画面固定など多様な画面表示モードを提供する。

ユーザーフレンドリーなサービスを提供すると同時に、高信頼性確保のため、MCU部及びサーバ部を冗長構成とするなど、サービスの公共性・公益性にも十分配慮したシステム構成としている。

このシステムは、NTTドコモの提供する“M-stageビジュアルネット”^(注1)サービスとして、既に、FOMAビジュアルタイプを用いた多地点テレビ会議サービスを商用化している。

本稿では、モバイルマルチメディア多地点通信システムの概要と、その中心技術であるMCUについて述べる。

(注1) FOMA, iモード, M-stageビジュアルネットは、NTTドコモの商標又は登録商標である。



モバイルマルチメディア多地点通信システムの構成

多地点テレビ会議を行う場合、最初に“FOMA”ビジュアルタイプから“iモード”により会議予約を行う。サーバ部は、会議予約を受け付けると、会議予約状況の確認、会議リソース確保を行い、会議予約を完了する。会議予約完了後、サーバ部は、会議メンバーに対して、会議の開催日時・メンバー・接続先電話番号などを記した予約メールを送信する。MCU部は、FOMAビジュアルタイプとの間で、回線交換による呼接続、映像/音声のメディア処理を行うことにより、多地点テレビ会議を実現する。

1. ま え が き

モバイルマルチメディア多地点通信システムは、“FOMA”ビジュアルタイプによる多地点テレビ会議システムとして、NTTドコモと共同開発した。NTTドコモは、現在、“M-stageビジュアルネット”サービスの名称で、多地点テレビ会議サービスを提供している。

本稿では、モバイルマルチメディア多地点通信システムの概要と、その中心技術であるMCUについて述べる。

2. サービス概要

多地点テレビ会議を行うための会議予約と多地点接続の手順について説明する(図1)。

2.1 会議予約

多地点テレビ会議を行うには、ユーザーは、“iモード”によりこのシステムに接続し、会議設定を行う。このシステムは、会議の予約状況を確認し、会議リソースを確保することにより会議予約を実施する。このシステムは、会議予約完了後、各会議メンバーに対して、多地点テレビ会議の開催日時、メンバー、接続先電話番号などを記した予約メールを送信する。

2.2 多地点接続

FOMAビジュアルタイプから、会議予約時間内に予約メールに記載した接続先電話番号への接続要求に対し、このシステムは呼接続を行うとともに、FOMAビジュアルタイプのテレビ電話プロトコルである3G-324M^(注3)で映像/音声の通信処理を行う。また、同一会議の複数メンバーに対しても、同様に映像/音声の通信処理を行った上で、会議音声処理と映像合成処理を行い、多地点テレビ会議を実現する。

3. システム構成

前述のサービスを提供するためのシステム構成を図2に

(注3) 3G-324M: 3GPPにより、第3世代移动通信システムにおけるビデオフォン上での、音声・映像のデータ交換のために策定された通信制御プロトコルであり、3GPPは、第3世代移动通信システムの標準化プロジェクトである。

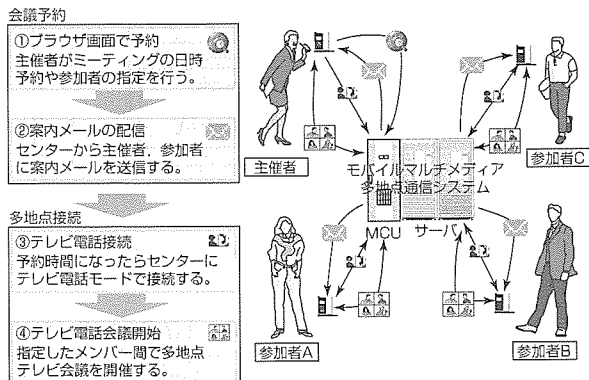


図1. サービス概要

示す。このシステムは、主に多地点接続を行うMCU部と、会議予約やMCU管理などの機能を実現するサーバ部により構成される。

3.1 MCU部の構成

MCU部は、多地点接続を行うMCUと、MCUとインタワーク装置(IWE)間に位置しIWEから提供されるISDN 1次群速度インタフェース(PRI回線)の接続・切換えを行う回線切換え装置により構成される。

MCU部の構成機器を表1に示す。

MCUは、回線切換え装置と後述のTV会議管理サーバの連携により切り換えを実施する(N+1)冗長構成を実現している。

3.2 サーバ部の構成

サーバ部は、このシステムの構成要素の中でMCU部を除くすべての機器の総称である。サーバ部を構成する主な機器を表2に示す。

このシステムでは、TV会議管理サーバ、TV会議リソースサーバは、Act-Sbyの二重化構成とし、TV会議ポータルサーバ、TV会議通知サーバはロードバランサによる

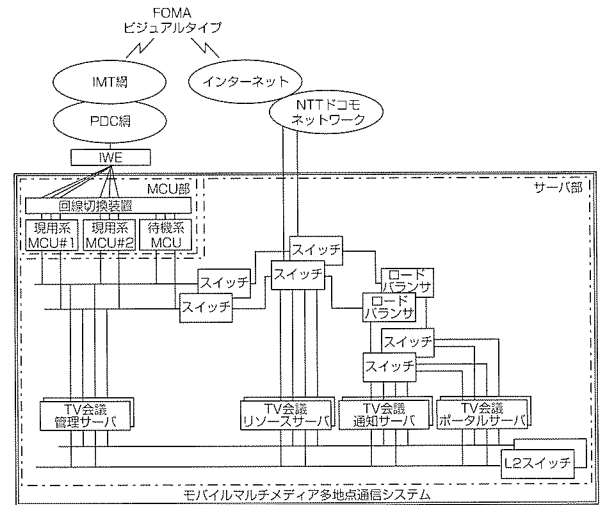


図2. システム構成

表1. MCU部の構成機器

機器名	機能概要
MCU	テレビ電話多地点接続装置 IWEとのインタフェースであるISDN1次群インタフェースの終端を行うとともに、FOMAビジュアルタイプとの間は、3G-324Mにより相互の映像情報/音声情報の処理を行う。 また、会議音声生成のための音声加算、話者検出による映像切換えや映像合成を行う機能を持ち、多地点テレビ会議を実現する。
回線切換え装置	IWEとMCU間のPRI回線の切換え・接続を行う。

表2. サーバ部の構成機器

機器名	機能概要
TV会議ポータルサーバ	iモード経由で会議予約を受け付ける。
TV会議通知サーバ	会議の予約や会議の開始をメールで通知する。
TV会議リソースサーバ	会員情報を格納する。
TV会議管理サーバ	MCUの管理を行う。

負荷分散を用いたAct-Actの冗長構成を実現し高信頼性を確保している。

サーバ部では、ユーザーインターフェースやMCU管理などに、表3に示す機能も実現している。

4. MCU

4.1 MCUの機能

MCUの主要諸元を表4に示す。

4.2 MCUの構成

前述の諸元を満足するため、MCUの機能ブロックを図3に示すとおりとし、各機能ブロックの機能概要を表5のとおりとした。

また、MCU部の外観は図4に示すとおりである。

表3. サーバ部の機能

機器名	機能概要
受付機能	iモードを利用した会議予約などのユーザーインターフェースとして、HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)により要求や応答の送受を行う。
会員管理	会議予約、電話帳、会議一覧、通話履歴などの会員情報の登録・管理を行う。
会員認証	iモードアクセス時や会議開催時に顧客管理システムに対して会員の認証を行う。
電話帳	会議予約時の会議設定時に選択する参加メンバーの登録・管理を行う。
会議予約	ユーザーからの入力に基づき、会議の予約の登録/変更/削除を行う。
MCU管理	会議スケジューリング、会議リソース管理、会議制御、MCU切換えを行う。
会議一覧	会員が予約した会議や参加者となった会議情報の一覧及び詳細を表示する。
通話履歴	会員が過去に主催又は参加した会議についての情報を表示する。
通話記録データ管理	接続/切断の情報である通話記録データとMCUの会議の開始・終了の情報である会議記録データをデータベースに記録し保管する。
統計管理	会議予約情報、呼情報、呼数、会議成立/不成立数、エラーメール受信数、メール設定状況、などの統計情報を作成/出力する。
システム運用	システムの安定稼働のために行われる監視業務。

4.3 MCUの動作

(1) IWE 回線インターフェース

ネットワークI/F部は、PRI回線からのBch信号とDch

表4. MCUの主要諸元

項目	主要諸元
回線I/F	ISDN 1次群速度I/F (PRI; 23B+D) JT-I431/JT-Q921/JT-Q931準拠 最大収容回線数: 4 PRI
同期クロック源	PRI回線(網側)に同期
メディア多重分離方式	ITU-T H.223 Annex B 準拠
AV通信制御方式	ITU-T H.245 Ver.6 準拠
音声符号化方式	AMR準拠
映像符号化方式	MPEG-4: Simple Profile Level 0 準拠
最大同時接続端末数	60 端末/MCU
最大同時会議開催数	20 会議/MCU
1 会議当たりの端末数	16 端末/会議
音声加算数	最大 3 加算/会議
表示画面構成	1 画面 / 4 画面
サーバ部とのI/F	100Base-TX x 2 回線

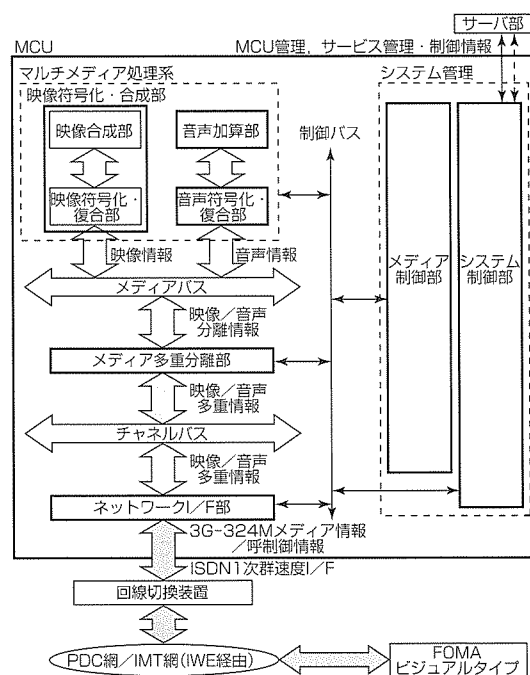


図3. MCUの機能ブロック図

表5. MCUの機能ブロック概要

機能部	機能概要	諸元
システム制御部	MCU全体の装置管理 装置内クロック生成及び分配 サーバ部とのI/F	サーバI/F: 100Base-TX x 2 回線
メディア制御部	メディア制御、会議制御(会議メッセージ、AVメディア処理)	
ネットワークI/F部	PRI(IWE) I/F	JT-I431/Q921/Q931準拠 PRI(23B+D)I/F x 4回線
メディア多重分離部	メディア多重分離 AV通信制御	ITU-T H.223 Annex B 準拠 ITU-T H.245 Ver.6 準拠
映像符号化・合成部	映像信号符号化復号処理、合成映像生成(動画像)	MPEG-4 (Simple Profile Level 0) 準拠
音声符号化・復号部	音声信号符号化復号処理	AMR 準拠
音声加算部	音声加算処理	先取り加算(最大 3 端末/会議)
制御バス	MCU内の各処理部間の制御データを伝送	100Base-TX
チャンネルバス	3G-324Mで多重化された音声/映像情報の信号を伝送	シリアル時分割バス
メディアバス	分離された音声/映像情報の信号を伝送	シリアル時分割バス

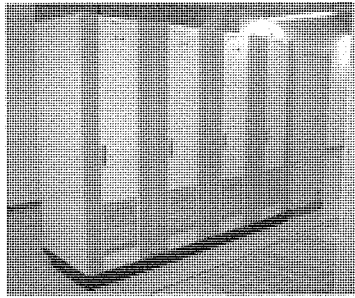


図4. MCUの外観

信号を分離する機能を持っている。JT-I431によりBch信号とDch信号を分離し、分離したBch信号は、チャンネルバスを経由して、多重化された音声／映像信号としてメディア多重分離部へ伝送する。Dch信号は、JT-Q921/Q931により終端し、制御バスを経由してシステム制御へ伝送する。

(2) 端末接続

端末からの着呼に対してMCUは呼接続処理を行う。このとき、接続する端末がユーザー又は会議メンバーか否かを認識し、着信の許可又は拒否の動作制御を選択的に行う。

(3) 会議開催

MCUは、前述の端末接続手順により、複数の端末と接続した後、サーバ部からの指示に従い多地点テレビ会議のサービスを提供する。

(4) 画面制御

MCUは、FOMAビジュアルタイプへの表示画面の制御を行う。画面モードには、話者を判定して表示画面を制御するモードと、固定的に特定の端末の画像や音声を他の全端末に配信するモードがある(図5)。

(5) 同時複数会議開催機能

1台のMCUで、複数の会議に同時に提供することが可能である。接続する端末に対し会議ごとにグループ分けを行い、各グループごとに閉じた通信(会議)を提供する。

(6) 会議終了機能

会議は予約時に指示された時刻で自動的に終了し、端末との間で呼の解放処理を行う。

4.4 メディア処理

(1) メディア分離とAV通信制御

メディア多重分離部では、ネットワークI/F部から受信した多重化された音声／映像信号を、ITU-T H.223 Annex Bにより、音声情報／映像情報／AV通信制御信号に分離する。

分離した音声情報／映像情報は、メディアバスを経由して、各々音声符号化・復号部／映像符号化・合成部に伝送する。また、AV通信制御信号は、メディア多重分離部においてITU-T H.245 Ver.6で終端し、制御バスを経由してメディア制御部に通知する。

(2) 音声処理

①4画面分割モード(音声MIX)
会議中メンバーの画像が4分割表示されるモードで、5人以上参加の場合、画面に表示されていないメンバーが発言したとき、最も古い発言者に代わって新たな発言者の映像を表示する。

②1画面モード

1画面切替えモード(音声MIX)
発言者の画像に切り換わるモード。
1画面固定モード(音声MIX)
固定者の画像が他のメンバー全員に表示されるモード。固定者には、発言した参加者の画像が切り換わり表示される。
1画面固定モード(発言者固定)
固定者の画像と音声(他のメンバー全員に表示、出力されるモード。固定者以外の音声は聞こえない。

音声MIX: 自分を除く、他の発言者音声(聞こえる形態)。

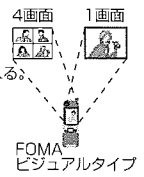


図5. 画面モード

音声符号化・復号部は、メディア多重分離部から受信した分離された音声情報をAMR符号化則に従って復号し、復号化された音声情報を音声加算部に伝送する。

音声加算部では、音声符号化・復号部からの復号化された音声情報の加算処理を行う。

加算された音声情報は、音声加算部から音声符号化・復号部に伝送され、音声符号化・復号部で符号化された後、メディアバスを経由してメディア多重分離部へ伝送される。

また、復号された音声情報を基に音声検出・話者判定を行い、その結果を制御バスを経由してメディア制御部に通知する。

(3) 映像処理

映像符号化・合成部では、メディア多重分離部で分離された映像情報をMPEG-4 (Simple Profile Level 0)符号化則に従って復号する。

また、話者判定結果を基に、メディア制御部からの対象端末の画面表示要求により端末の切替えや合成処理を行う。合成された映像情報は、映像符号化・合成部で符号化されたメディアバスを経由してメディア多重分離部へ伝送される。

(4) メディア多重

メディア多重分離部は、メディア分離の動作とは逆に、メディアバス経由で、音声符号化・復号部／映像符号化・合成部から各々伝送された音声(加算)情報／映像(合成)情報を、ITU-T H.223 Annex Bにより多重化を行う。その後、チャンネルバス～ネットワークI/F～IWEを経由して、FOMAビジュアルタイプへ伝送する。

5. む す び

モバイルマルチメディア多地点通信システムについて述べた。本稿ではFOMAビジュアルタイプを用いた場合についてのみ記述したが、3G-324M準拠のビデオフォン固定端末やPHSビデオフォンの収容も、既に開始している商用サービスで実現している。

第3世代携帯電話の普及に伴い、ユーザーニーズは多様化・高度化していく。今後もこれらのユーザーニーズを的確にとらえ、いち早くサービス提供するため、継続的に技術開発を行っていく。

多チャンネル対応500mW PHS基地局

安田周平*
高橋宏章*
小畑 潔*

要 旨

PHS(Personal Handy-phone System)は1993年RCR STD-28として日本で規格化され、日本を始め世界でサービスされている。国内では、当初は音声通信用として利用されたが、近年はモバイルデータ通信サービス用として再び脚光を浴びている。また、中国ではPHSシステムは“小靈通(シャオリントン)”と呼ばれ、料金の安さから人気を呼び、加入者が増え続けている。

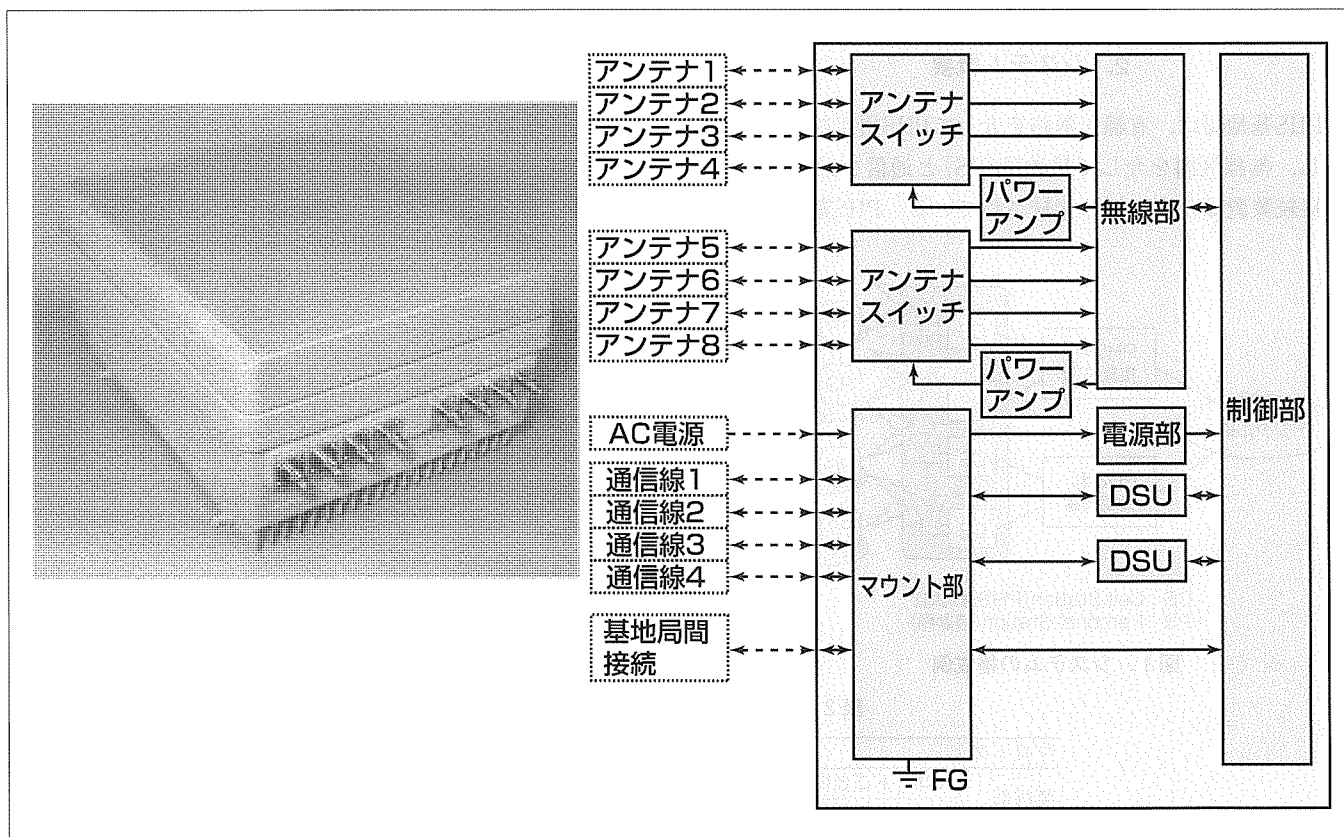
三菱電機はPHSシステムの基地局市場に当初から参入し、現在では国内・海外(中国)向けに500mW PHS基地局を中心に開発・生産を継続している。

多チャンネル対応500mW PHS基地局は通話エリアの広いハイパワー基地局であり、1台当たりの通話チャンネル数を3チャンネルから7チャンネルに増やし、より高いトラフィックへの対応を実現したものである。

この基地局の主な特長は次のとおりである。

- (1) 送信出力500mW
- (2) 8 ブランチ最大比合成ダイバシティ受信による高受信感度の実現
- (3) 7チャンネルの同時通話可能
- (4) カスケード接続で最大15チャンネルの同時通話可能
- (5) 64kbps高速データ通信対応
- (6) 小型・軽量・省電力化

多チャンネル対応500mW PHS基地局の開発に当たっては、20mW基地局ほか各製品シリーズで蓄積された技術を継承するとともに、当社の最先端の無線技術、制御技術による性能向上を行い、高度な実装技術を用いて小型化・高機能化を実現した。



多チャンネル対応500mW PHS基地局の外観及びブロック図

多チャンネル対応500mW PHS基地局の外観(左)と基地局のブロック図(右)を示す。

8ブランチ最大比合成ダイバシティによる高感度受信と4ブランチ送信選択ダイバシティを行い、32kbpsデジタル信号(音声又はデータ)7チャンネル、又は64kbpsデジタル信号(データ)3チャンネルを伝送する(無線側2スロット使用)ことが可能である。

1. ま え が き

PHSは日本において開発されたシステムであり、1995年のサービス開始以来、簡便かつ低廉な移動通信手段として都市部を中心に普及し、携帯電話とともに、日常生活に密着した情報通信手段として定着した。

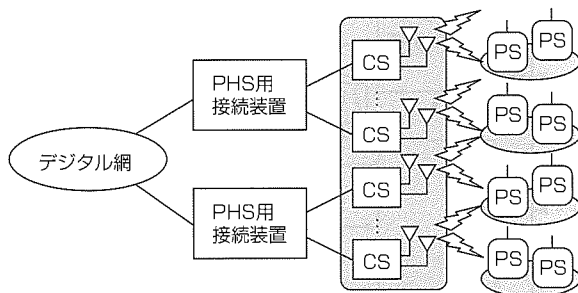
PHSサービス開始時の当社の主力製品は、20mW出力の基地局であった。その後、PHSサービスが普及拡大するにつれ、通話トラフィック増強の必要が生じたため、当社は、いち早く多チャンネル対応500mW PHS基地局を当社主力製品と位置付け、市場投入した。

一方、海外特に中国においては、現在、固定電話サービスの補完手段として、PHSサービスが急速に普及している。3G(IMT-2000)の普及を目指していた中国は、3G計画の遅れのため方針を変更し、インフラ部分は既存の固定網を利用でき設備投資が3Gの10分の1以下と廉価で済むPHSシステムを採用した。料金設定は携帯電話の約半額と安いため爆発的に加入者が増えている。広大な国土を持つ中国では、サービスエリアの広い高出力機が求められ、当社は中国向けの多チャンネル対応500mW PHS基地局も製品化し、着実に出荷実績を伸ばしている。

今回は、この多チャンネル対応500mW PHS基地局について、現在までに蓄積されてきた技術を紹介する。

2. システム概要

PHS基地局は、有線伝送路を介してPHS用接続装置と対向し、無線区間を介して移動局(PS)と通信を行う。PHS用接続装置は公衆回線へ接続されている。PHS基地局が使



CS : Cell Station (PHS基地局)
PS : Personal Station (移動局)

図1. システムの構成例

用されるシステムの構成例を図1に示す。

3. 製品シリーズ

当社では、以下に示す基地局のシリーズ化開発を行っており、国内、海外市場に提供している。

3.1 国内向け

- (1) 1995年3月に20mW - 3ch(チャンネル)機を開発した。特長は小型で保守性が良いことである。
- (2) 1996年7月には500mW - 4ch機を開発し、受信感度向上のため、8ブランチ最大比合成ダイバシティ技術を採用し、高く評価された。
- (3) 1999年7月には多チャンネル対応の500mW - 7ch機を開発した。

3.2 海外向け

2001年2月に、国内向けの500mW - 7ch機をベースに一部機能を変更した中国向け500mW - 7ch機を開発をした。有線回線はISDNインタフェース(エコーキャンセラー方式)を使用し、また、グループコントロールとして基地局2台のカスケード接続を行い、最大15チャンネルの接続を可能とした。

4. 多チャンネル対応高出力PHS基地局

4.1 概要

多チャンネル対応500mW PHS基地局の主要性能を表1に示す。

また、基地局各ブロックの主要機能を表2に示す。

表1. 主要性能

項目	性能
無線周波数帯	1.9GHz帯
キャリア周波数間隔	300kHz
通信方式	マルチキャリアTDMA/TDD
多重数/キャリア	4多重
変調方式/復調方式	$\pi/4$ シフトQPSK(ロールオフ率0.5)/遅延検波
伝送速度	384kbps
音声符号化方式	32kbps ADPCM
フレーム長	5ms
空中線電力(一通話当たり平均)	500mW
同一タイミング送受信キャリア数	2
ダイバシティ構成	送信: 4ブランチ選択, 受信: 8ブランチ最大比合成

表2. 基地局各ブロックの主要機能

ブロック	機能
無線部	スロットごとに送信ダイバシティをON/OFF
	スロットごとに受信ダイバシティをON/OFF
制御部	指定された基地局にフレームタイミングを合わせ込む無線同期機能
	同時に7chの送受信処理
	制御信号の誤り検出
	有線回線4chのデータ多重分離処理
	64kbps通信信号の双方向通信
	通信線(64kbps)を利用して基地局のソフトウェアを遠隔で書き換え

4.2 各ブロックの概要

4.2.1 無線部

無線部のブロック図を図2に示す。

(1) 500mW出力の実現

送信出力は、小型高出力の500mWハイパワーアンプを採用し、かつ、送信出力アップにより更に厳しくなった送信規格を満足するため次の性能改善を実施した(表3, 図3)。

- 直交変調器出力におけるC/N改善
- アクティブ回路部のひずみ特性改善
- スプリアス成分除去のためのシールド強化とフィルタ特性改善

また、温度センサ付きAPC(Automatic Power Control)回路により周囲環境-10~+50℃での送信出力偏差の規格

も満足している。

(2) 受信感度の改善

送信出力アップによるサービスエリア拡大に伴い、上り/下りのバランスをとるため受信感度アップも不可欠となる。そのため、受信部のNF(雑音指数)改善と検波後8ブランチ最大比合成ダイバシティの採用により、20mW機と比較し14dB以上(所要BER=10⁻³)の動特性を改善した。受信感度特性を図4に示す。

(3) 2キャリア送信による相互干渉スプリアス対策

7ch対応とするため送信部を2系統所有するが、相互干渉による相互変調波が発生する。相互変調レベルを送信スプリアス規格値以下に抑える必要があるため、ユニットの配置変更、ハイパワーアンプ用制御・電源ケーブルのシールド被膜追加、さらに同軸ケーブルの配線経路変更を実

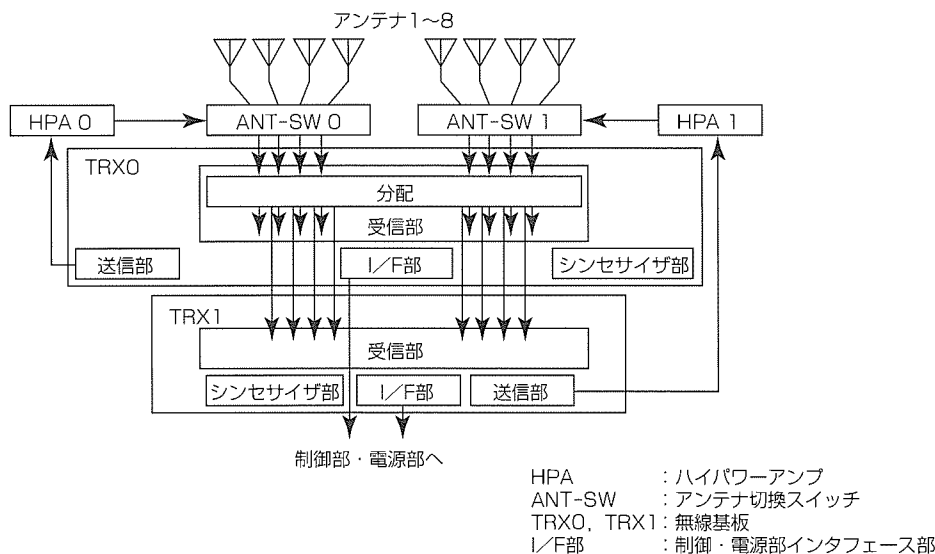


図2. 無線部のブロック図

表3. 送信性能比較表 (相対値規格)

項目	20mW機	500mW機
隣接チャネル漏洩(ろうえい)電力(600kHz離調)	53dB以上	67dB以上
隣接チャネル漏洩電力(900kHz離調)	58dB以上	72dB以上
送信スプリアス(帯域内)	58dB以上	72dB以上
送信スプリアス(帯域外)	48dB以上	62dB以上
キャリアOFF時漏洩電力	63dB以上	77dB以上

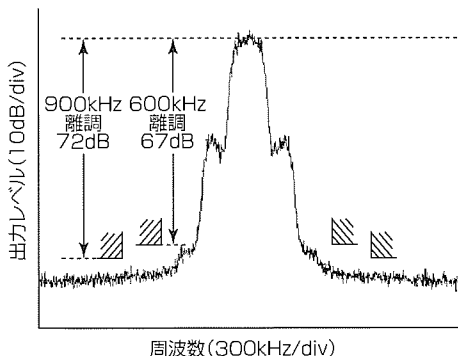


図3. 送信出力波形特性

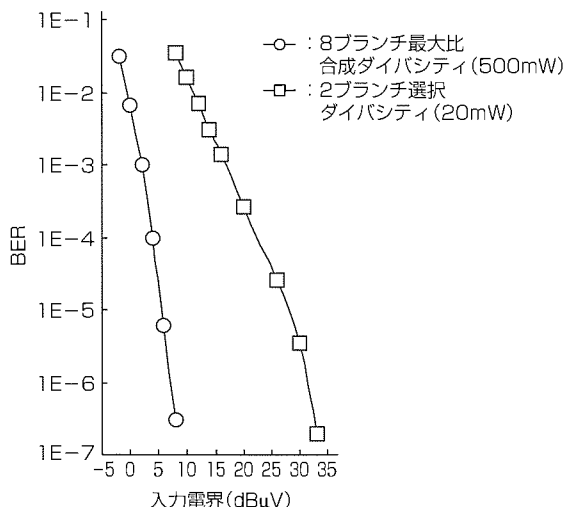


図4. 受信感度特性

施した。

これらの対策により、基地局内部に必要なハイパワーアンプ相互の入出力間アイソレーションを100dB以上確保し、送信スプリアス規格を満足する性能を実現した。

(4) IMT-2000帯域与干渉対策

IMT-2000帯域(上り)と隣接しているためIMT-2000帯域に対する与干渉対策が必要となったが、対策版基地局では、基地局筐体(きょうたい)側面へ高減衰フィルタを追加することにより、スプリアス特性を約50dB(相対値)改善した。

(5) 省電力化

無線区間はTDMA/TDD(時分割多重化方式)であるが、通話に使用していないスロットに対しては、回路の電源をオフする制御を追加し、省電力化を図った。また、電源ユニットは、電源効率を改善し、7スロット送信時の総電力140VA以下を達成した。

4.2.2 制御部

(1) SDRAM(Synchronous DRAM)の使用

基地局の多チャンネル化に当たって、CPU 1個で7chの処理を実現するため、SDRAMを採用し処理能力の向上を図った。その際、以下の特長を持つSDRAMのコントローラLSIを開発した。

(a) SDRAMクロックの倍速化

CPUのクロック速度39.3216MHzに対して、SDRAMは2倍の78.6432MHzで動作させるようにした。

(b) CPUバーストモードの活用

CPUバーストモードに対応させて、CPUの内部キャッシュを利用して高速で動作させるようにした。

これらの2点の組合せにより、CPUの処理能力を高めた。SDRAM周辺のブロック構成を図5に示す。

(2) 基地局間無線同期

PHSは、TDMA/TDDの時分割多重化方式を採用しており、電波の利用効率向上のため、一般的に隣接する基地

局間において無線でフレームタイミングの同期を行っている。500mW機の場合、エリアが広いためより遠隔の基地局との同期をとる必要があるが、以下の方法で、見通して3~5km離れた場合でもフレーム同期を可能とした。

基地局は、自ら主導で決まるフレームタイミングで移動局からの同期用信号のユニークワード(UW)検出を行うが、他の基地局から任意のタイミングで送られてくるUW検出を行うために、1フレームすべての区間にわたって連続受信を行う必要がある。これらのUW検出回路を共通化しタイミングをずらして受信を行うことで、任意のタイミングで送られてくる他の基地局の無線信号が受信可能となる。このような擬似的な連続受信方法で、フレームの位相差測定を行うことにより、±1シンボル(5.2μs)以内の精度でフレームタイミングを一致させ無線同期を行っている。

(3) マルチフレームタイミング保持

公衆用基地局の場合、制御チャンネルを100msごとに送信するマルチフレームタイミングを持っている。基地局は、停電時も、局給電により、ネットワークからの400Hzのクロックを参照してマルチフレームタイミングを保持している。この機能は、停電復旧時に周辺基地局との制御チャンネルの棲(す)み分けを早く行うことができ、システム復旧までの時間が早くなるという利点がある。そのほか、ネットワーク側の有線回線断(125秒以内)時にも、ローカル給電でマルチフレームタイミングを保持する機能を持っている。

なお、棲み分けとは、PHSの場合、制御チャンネルは同一周波数で時分割により異なるタイミング(1マルチフレーム中80個所)で送出するが、周辺基地局同士でタイミングが重複しないようにしていることである。

(4) 64kbpsデータ通信機能

PHSは、無線回線側1スロット分の通信速度が32kbpsであり、一方、有線回線側の1チャンネル分の通信速度が64kbpsである。64kbpsデータ通信機能を実現するためには無線回線側を2スロット使用し、有線回線側の1チャンネルにデータを通すためにデータを多重する必要がある。逆に、有線回線側1チャンネルのデータを2スロット分に分離する必要がある。そのため、有線回線インタフェースLSIを開発し、無線回線側のデータと有線回線側のデータを受け渡しする段階でデータ多重/データ分離を行い、64kbpsデータ通信を実現している。

4.2.3 筐体

(1) 高密度実装

筐体内部のユニット配置に階層構造を採用し、高密度化・小型化を実現した。

(2) 放熱性

ハイパワーアンプユニット、電源部の高発熱部品を放熱フィンが付く基地局背面側に集中して配置することにより放熱性能を高めた。また、側面部のフィン削除により、軽

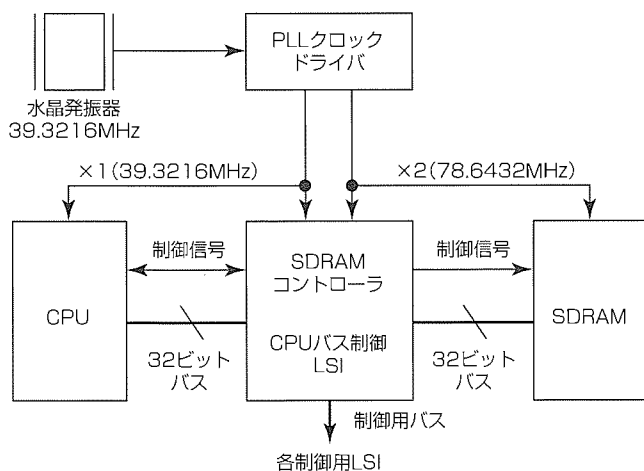


図5. SDRAM制御ブロック構成

量化も図った。屋外設置試験を約1年間実施し、筐体内部温度を測定し、放熱性に問題がないことを確認した。

(3) AC電源断対応のバッテリー搭載

前面扉を防水構造とし、前面扉と本体の空間を利用してバッテリーを搭載可能とした(国内向けのみ)。

(4) 軽量化

前面扉を樹脂製とし軽量化を実現した。

(5) 据付工事作業の容易化

(a) マウント金具を設置した後、筐体をマウント金具に引っ掛け、底面からねじ1本で固定する構造とし、据付作業工数を削減した。

(b) マウント金具部で導入ケーブルの余長処理及びクランプ可能な構造とし、工事部材の削減を実現した。

5. む す び

本稿では、多チャンネル対応500mW PHS基地局について、

現在までに蓄積された技術を述べた。

最近の市場動向として、インターネットアクセスを中心としたデータ通信トラフィックが増加している。今後、多様化・高度化するユーザーニーズに柔軟・的確・迅速に対応していくため、サービスの一層の高度化に向けた新たな技術の導入等について検討を行うほか、基地局として更なる小型化・省電力化についても検討を行う。

最後に、これまでの基地局の開発に当たり多大なる御指導をいただいた(株)NTTドコモの関係各位に厚く感謝の意を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) 三井和夫, ほか: 公衆用PHS基地局装置, 三菱電機技報, 68, No.12, 1057~1060 (1994)

5 GHz帯高速無線アクセスシステム

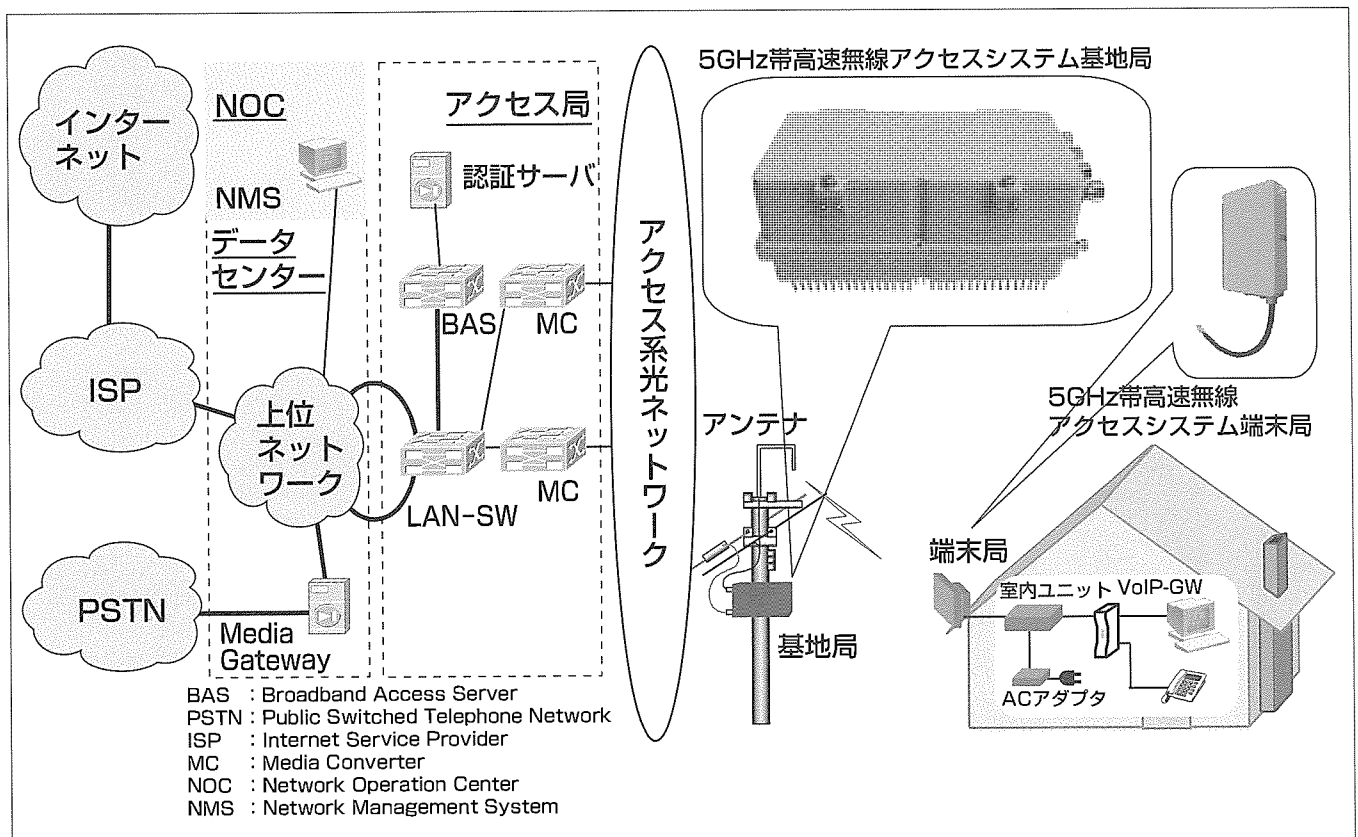
要 旨

近年、e-Japan構想などのIT政策により、国内のインターネット通信のインフラ整備が進められ、ADSLやFTTH等の高速インターネットアクセス回線が急速に普及してきた。しかし一方で、場所的制約により高速インターネットサービスが受けられない地域がある等の問題がある。

無線を使ったアクセス方式の一つとして2.4GHz帯の無線LANシステムがあるが、医療機器や電磁調理器などによる電波干渉問題があり、より安定的で高速な無線アクセスシステムの実用化が求められてきた。このような状況の中、2002年の規制緩和により、4.9～5.0GHz帯及び5.03～5.091GHz帯が通信事業者に開放され屋外での使用が可能

となった。これに対応し、高速無線インターネット接続サービス事業に適用する“5 GHz帯高速無線アクセスシステム”を開発した。このシステムの主な仕様、特長は次のとおりである。

- 使用周波数：4.9～5.0GHz／5.03～5.091GHz
- 無線アクセス方式：IEEE802.11a準拠
- ユーザー間のスループット公平性を確保するフェアネス機能
- 音声信号(VoIP)トラフィック優先機能
- 基地局、端末局への遠隔ファームウェアダウンロード機能による保守コスト削減



5GHz帯高速無線アクセスシステム

5GHz帯高速無線アクセスシステムの構成図である。基地局は、屋外の柱上やビル屋上に設置され、複数の端末局の親局として動作する。端末局は、マンションのベランダや屋根の上などに設置され、基地局と対向で5GHz帯無線アクセスを行う。

1. ま え が き

5 GHz帯高速無線アクセスシステムは、安定かつ高速なインターネットアクセス回線を提供する無線システムである。高速インターネットアクセス回線としてはADSLやFTTH等があるが、地域によっては距離の制約により低速となる、又は利用できないなどの課題があった。一方、2002年の規制緩和により、4.9~5.0GHz帯及び5.03~5.091GHz帯が通信事業者に開放され屋外での使用が可能となった。今回、これに対応する5 GHz帯高速無線アクセスシステムを開発した。

本稿では、このシステム及び装置の概要を紹介するとともに、技術的な課題とその解決策についても述べる。

2. システム概要

2.1 システムの特長

5 GHz帯高速無線アクセスシステムは、主に次のような特長を持っている。

(1) 高速かつ安定なインターネット通信の実現

下り方向のみならず上り方向においても高速伝送を実現した。また、干渉の少ない5 GHz帯の利用により、安定したサービスが提供できる。

(2) 無線アクセス制御によるフェアネス機能

各ユーザー間のスループットに偏りが発生しないように、公平かつ効率的な無線リソースの配分を行う“フェアネス機能”を持っている。さらに、音声信号(VoIP)の優先制御を行う。

(3) セキュリティ機能

無線区間は、特に高いセキュリティレベルを確保した。

(4) 遠隔からの保守機能

遠隔からの基地局及び端末局の監視・制御機能、さらに、ファームウェアダウンロード機能を持っている。

(5) 屋外設置を考慮した構成

施工性を考慮した小型・軽量の単一筐体(きょうたい)である。また、屋外設置される装置として、直射日光や風雨などに対する耐候性に優れた構造とした。

2.2 システム構成

このシステムの構成を図1に示す。

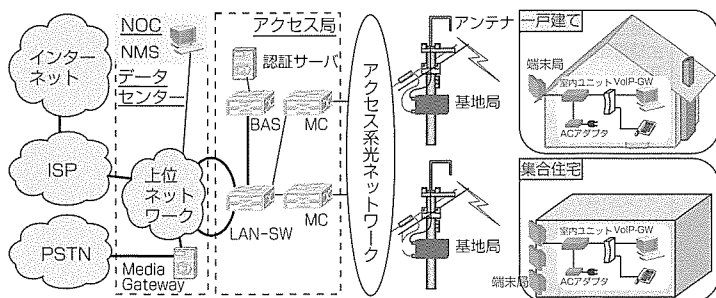


図1. システムの構成

このシステムは、アクセス系及び上位ネットワーク、基地局、端末局及び保守装置NMS(Network Management System)から構成される。基地局は、光回線により上位アクセス系と接続され柱上などの高所に設置される。端末局は、エンドユーザー宅のベランダや屋根の上などに設置され、エアコンダクト穴などを通して宅内のパソコン等に接続される。1つの基地局で同時に複数の端末局を収容することが可能であり、上下最大54Mbpsの伝送速度でのインターネットアクセス回線を提供している。

NMSは、通信事業者のNOC(Network Operation Center)に設置され、基地局及び端末局の状態監視・制御、遠隔ファームウェアダウンロード作業などを行う。

2.3 システムの主要諸元

システムの主要諸元を表1に示す。無線規格IEEE802.11aに準拠し、屋外用周波数(4.9GHz帯, 5.0GHz帯)に対応している。

3. 装置概要

3.1 基地局

基地局は、無線部、レイヤ2スイッチ(L2SW)、メディアコンバータ(M/C)、電源等で構成され、単一筐体の実装される。ブロック図を図2に、機能を次に示す。

(1) 無線部：CPU、ベースバンドチップ、無線チップから構成される無線基板、及びRFモジュール(HPA, LNA)を搭載した5 GHz帯OFDM方式無線送受信機

(2) レイヤ2スイッチ：1心双方向光モジュールを搭載し

表1. システムの主要諸元

項目	内容
規格	IEEE802.11a/ARIB STD T-71準拠
周波数帯	4.9~5.0GHz及び5.03~5.091GHz
伝送速度	上下最大54Mbps
ネットワークI/F (基地局)	100Base-FX (光ポート付きスイッチングハブ内蔵)
ユーザーI/F(端末局)	100Base-TX/10Base-T
セキュリティ方式	独自方式を含む暗号方式を採用
サービスエリア	最大500m
端末局収容数	最大70端末局/基地局
保守管理方式	SNMP等

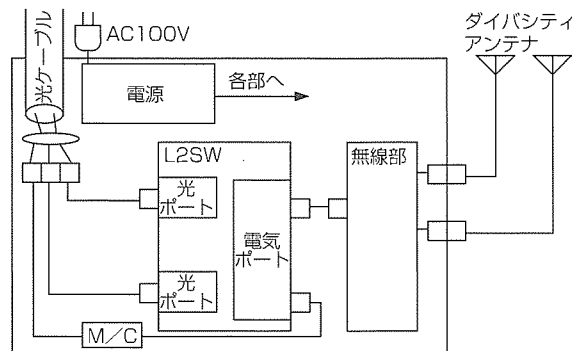


図2. 基地局ブロック図

たレイヤ2スイッチングハブ

- (3) メディアコンバータ：TS-1000準拠の保守機能をサポートした光／電気変換器
- (4) 電源：AC100VをDC12Vへ変換し、装置内の各部へ供給する電源

3.2 端末局

端末局は無線機、室内ユニット、ACアダプタからなり、無線機は防水構造で屋外に設置する。ブロック図を図3に示す。

3.3 装置の特長

屋外装置として放熱性の向上及び小型化を図り、さらに、端末局については高利得アンテナを筐体に内蔵しコンパクト化を実現した。基地局、端末局の主要諸元を表2に示す。

3.3.1 基地局の特長

(1) 放熱性の向上

発熱量が大きい電子部品を筐体(アルミダイカスト)に直接接触させることで熱を効率的に筐体に伝達する構造とし、さらに、無線チップに大型アルミ放熱板を装着することで放熱性の向上を図った。

(2) 小型化

三次元CADを用いたユニット配置の最適化で装置の小型化を実現した。

小型電源ユニット(大きさ：70×165×50(mm))を開発し、搭載した。

3.3.2 端末局の特長

(1) アンテナ内蔵

内蔵アンテナはパッチ平面アンテナを2パッチ垂直配置することで高利得を実現した。

アンテナの前面カバーは、電波を良く透過して耐候性が

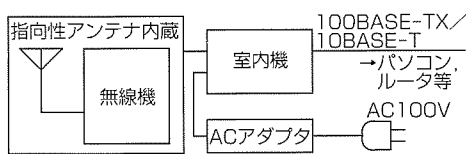


図3. 端末局ブロック図

良いプラスチック材料を選択した。

(2) 放熱性の向上

基地局同様、発熱量が大きい電子部品を筐体(アルミダイカスト)に直接接触させることで熱を効率的に筐体に伝達する構造とし、放熱性の向上を図った。

(3) 小型化

三次元CADを用いた基板上部品配置の最適化で装置の小型化を実現した。

4. フェアネス機能

4.1 一般的な無線LANシステムにおける問題点

(1) ヘビーユーザーによる通常ユーザーへの圧迫

1台の基地局が複数の端末局を収容する無線LANシステムでは、無線の帯域を複数の端末局で共有することになる。ここで、他の端末局に比べて大きい帯域を要求する端末局(以下“ヘビーユーザー”という。)が存在すると、ヘビーユーザーではないユーザーの帯域がヘビーユーザーの要求する帯域に圧迫される問題が起きる(図4)。

(2) 上下トラフィックアンバランス

一般的な無線LANシステムでは、基地局1台が端末局1台と同等の通信機会を持つ。このため、1台の基地局で複数の端末局を収容した場合、1台の端末局に注目すると、

表2. 装置の主要諸元

項目	基地局	端末局
アクセス方式	CSMA/CA	CSMA/CA
チャンネル数	4.9GHz帯 4ch, 5.03GHz帯3ch	4.9GHz帯 4ch, 5.03GHz帯3ch
変調方式	OFDM	OFDM
伝送速度	最大54Mbps	最大54Mbps
空中線電力	200mW/18MHz以下	10mW/MHz以下
占有周波数帯域幅	18MHz以下	18MHz以下
アンテナ形式	無指向性又は指向性	指向性
アンテナゲイン	9 dBi以下	約11dBi
温度条件	-10~50℃ (性能保証)	-10~50℃ (性能保証)
防水性	JIS C 0920 等級5以上	JIS C 0920 等級4以上
電源	AC100V	AC100V
サイズ	500×260×180(mm)以下	130×200×50(mm)以下
質量	10kg以下	1kg以下

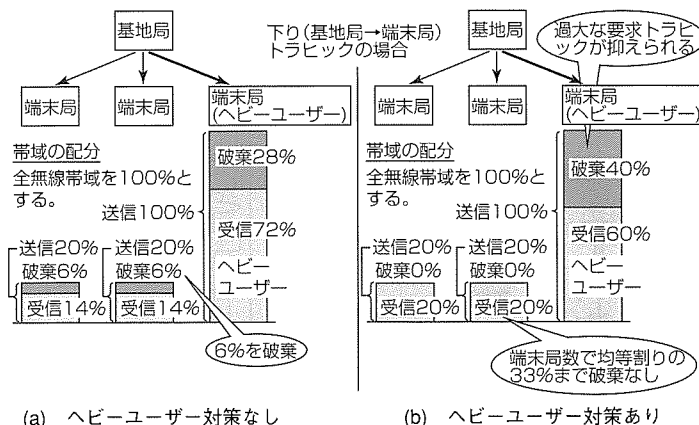


図4. ヘビーユーザー抑制によるトラフィック配分

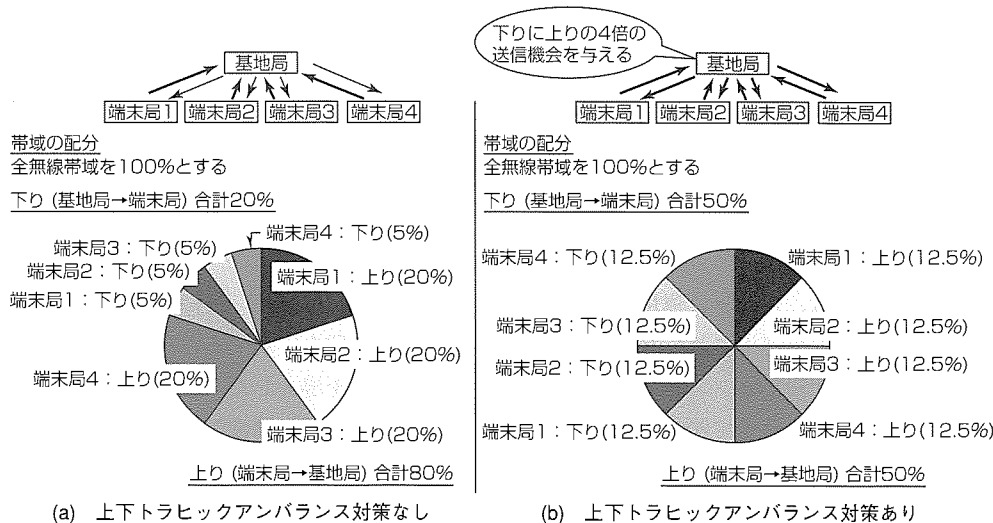


図5. 上下トラフィックアンバランス対策

上り／下りの無線帯域の割当てがアンバランスになる(図5)。

(3) パケットの衝突多発による全体スループットの低下
一般的な無線LANシステムの場合、送信機会は端末局数に関係なく一定である。端末局数が増えると、無線区間でのパケット衝突と再送により全体スループットが低下する(図6)。

4.2 フェアネス機能の仕組みと効果

(1) ヘビーユーザー対策

ヘビーユーザーが過大なトラフィックを送受信しようとした場合でも全帯域を通信端末局数で均等分した帯域は各端末局に最低限確保する仕組みを設けた。

(2) 上下トラフィックアンバランス対策

基地局が複数の端末局と通信している場合、端末局より基地局に送信機会を多く与えることで、上りと下りのトラフィック比率を均等に制御する。例えば図5のように下りに4つの端末局あてのデータがある場合、基地局には端末局4台分の送信機会を与える。

(3) パケットの衝突による全体スループットの低下対策

基地局が通信中の端末局台数をリアルタイムに各端末局に通知して端末局の送信機会を制限することにより、端末局間同士の衝突によるスループット低下も一定以下に抑えることを実現した。図6は通信端末局数と上下トラフィック合計値の関係を一般の無線LAN方式と比較したもので、この機能を適用したことにより、通信端末局数が増加しても上下トラフィック合計値が大きく低下しないことが分かる。

5. む す び

以上、今回開発した5GHz帯高速無線アクセスシステムについて概要を説明し、技術的課題とその解決方法について紹介した。

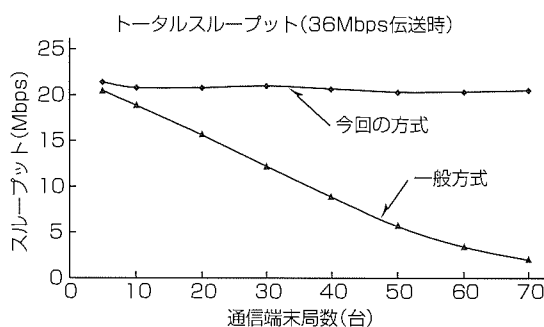


図6. フェアネス機能の効果

これらの装置が使用される屋外高速無線アクセスシステムは、今後、高速かつ安定したインターネットアクセス回線として、大きく発展すると予想される。また、伝送速度の更なる高速化に向けて検討を進めている。

最後に、このシステムの開発に当たり多大なるご指導をいただいた東京電力㈱を始めとする関係各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Wireless LAN Medium Access Control(MAC)and Physical Layer(PHY)specifications, IEEE 802.11 (1999)
- (2) High-speed Physical Layer in the 5GHz Band, IEEE Std 802.11a (1999)
- (3) Medium Access Control(MAC)Enhancements for Quality of Service(QoS)Draft D4.0, IEEE 802.11e (2002)
- (4) ARIB STD-T71広帯域移動アクセスシステム(CSMA)2.0版
- (5) 松江 英明, ほか: 802.11高速無線LAN教科書, IDG 情報通信シリーズ (2003)

東北・上越新幹線 デジタル列車無線システム

藤岡 滋* 久保博嗣**
山崎 誠*
川本真紀夫*

要 旨

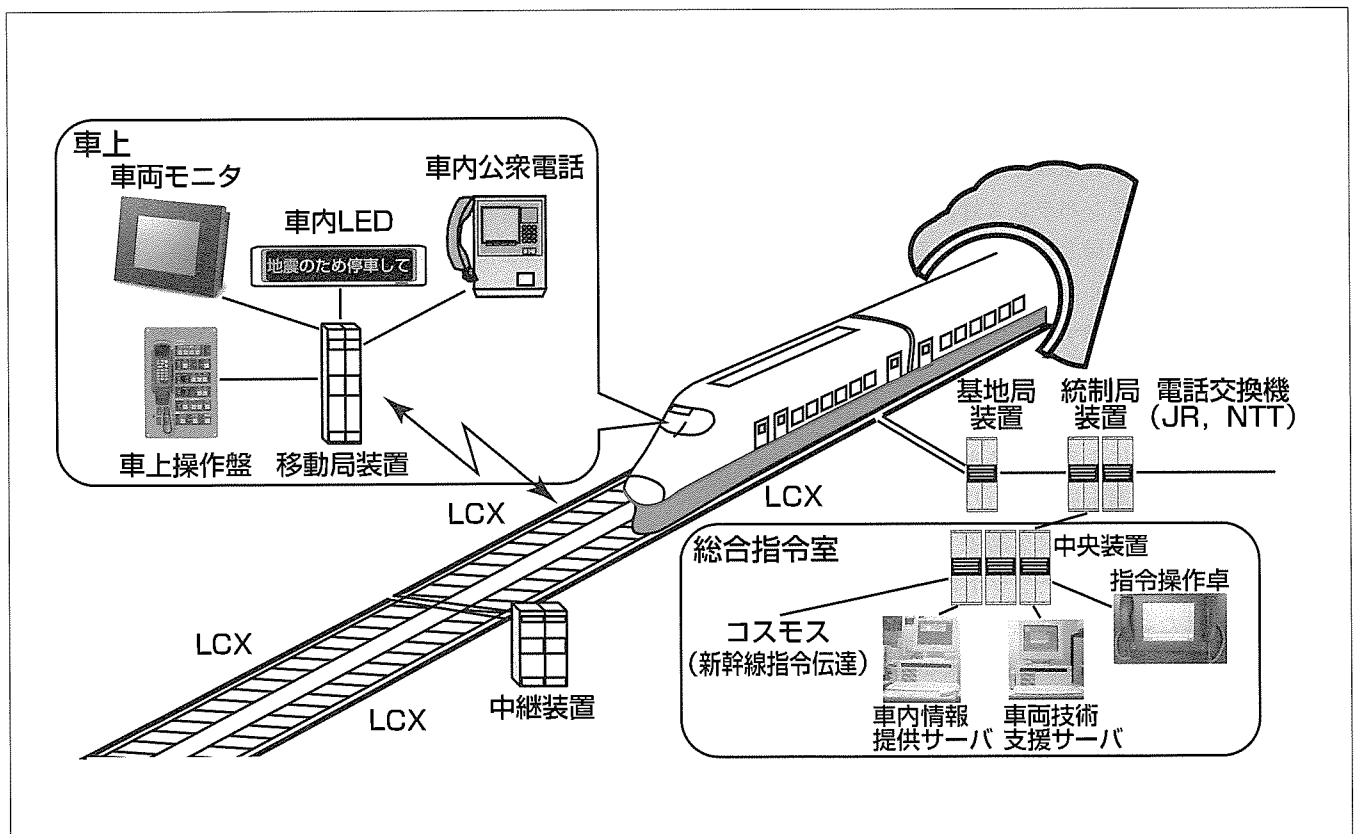
東北・上越新幹線列車無線は、1982年に運用開始してから20年間にわたりアナログ方式で運用されてきた。データ通信を利用した新たなアプリケーションニーズに対応するため、無線設備の老朽取替えに合わせて2002年11月に最新のデジタル無線技術を活用したデジタル方式に更新された。

新しい列車無線システムは、地上と列車間の通信をデジタル無線化することで、アナログ方式と比較して高品質な音声回線を提供するとともに、データ通信は、大容量・高速通信を実現し、アナログ通信と比較して格段に機能アップが図られた。高速データ回線を活用して列車運行に関するあらゆるデータを送受信することで、列車の安全安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を担っている。

300km/hで高速走行する列車と地上間において安定した回線品質を実現するため、適応等化器と最大比合成ダイバシティを導入した。CELP方式で専用の5.6kbps音声コーデックを開発し周波数の利用効率を向上させたことにより、音声とデータの伝送チャンネル数の増加を図った。

また、ソフトウェア無線技術を活用したメンテナンスシステムを構築し、遠隔での監視・制御に加えリアルタイムのデータ収集が可能となり、保守・点検作業の効率化を図った。

これらを実現するため三菱電機が東日本旅客鉄道(株)と共同開発した新幹線列車無線システムの概要と、新たに導入した技術について述べる。



東北・上越新幹線デジタル列車無線システムの構成

2002年に更新された新しい新幹線列車無線システムはアナログ方式で確立された400MHz帯のLCX方式を採用しており、地上設備が中央装置・統制局装置・基地局装置・中継機で構成され、移動局装置を搭載した列車とはLCXを介してデジタル無線伝送が行われる。最新のデジタル無線技術により、高品質な音声回線を提供するとともに、高速データ回線を活用してあらゆるデータ伝送を行い、安全安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を担っている。

1. ま え が き

東北・上越新幹線列車無線は、2002年11月にアナログ方式からデジタル方式に切り換え、IT技術の進歩に伴う新たなアプリケーションニーズに対応するシステムを構築した。下記に新幹線デジタル列車無線のシステム概要について述べる。

2. システム概要

このシステムは、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継機、LCX(Leaky Coaxial Cable)及び移動局装置で構成されている。システム概要を図1に、各装置の機能概要を表1に示す。

2.1 チャンネル数

このシステムの機能は音声系とデータ系に分けることができる。従来のアナログ方式と比較すると、音声系の機能に大きな違いはないが、高効率音声コーデックの採用により、またデータ系では、 $\pi/4$ シフトQPSK変調の採用による伝送速度の向上とともに、周波数利用効率の向上により、チャンネル数の増加を図った。表2にデジタル方式とアナログ方式のチャンネル数比較を示す。

2.2 無線仕様

このシステムの無線区間は、時分割多重アクセス方式(TDM-TDMA)を採用して、400MHz帯のアナログ方式と同一帯域で2対波による伝送速度384kbpsと307.2kbpsの無線回線を構成している。無線品質の向上を図り、符号

誤り率 1×10^{-4} 以下を実現した。表3に無線仕様概要を示す。

表1. 各装置の機能概要

装置名	機能概要
中央装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置、移動局間の音声及びデータ回線制御 ②指令操作卓等総合指令所内の機器と列車無線システムとの接続
統制局装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置、移動局間の音声及びデータ回線制御 ②業務公衆電話等、統制局、移動局間の音声及びデータ回線制御 ③音声回線の追跡制御 ④JR電話及びNTT電話交換機との接続
基地局装置	①電波の送受信 ②無線信号と有線信号間の変換
中継機	①LCX伝送損失を補償するための電波の直接増幅
LCX	①基地局送信電波の伝搬及び輻射(ふくしゃ) ②移動局送信電波の受信及び伝搬 ③中継機電源の伝送
移動局装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置、移動局間の音声及びデータ回線制御 ②業務公衆電話等、統制局、移動局間の音声及びデータ回線制御 ③操作盤等車上機器と列車無線システムとの接続

表2. チャンネル構成の比較

	音声 チャンネル数	データ	
		伝送速度	チャンネル数
デジタル (東北・上越)	22ch	9.6kbps 64kbps	12ch 3ch
アナログ (長野)	15ch	1.2kbps	8ch

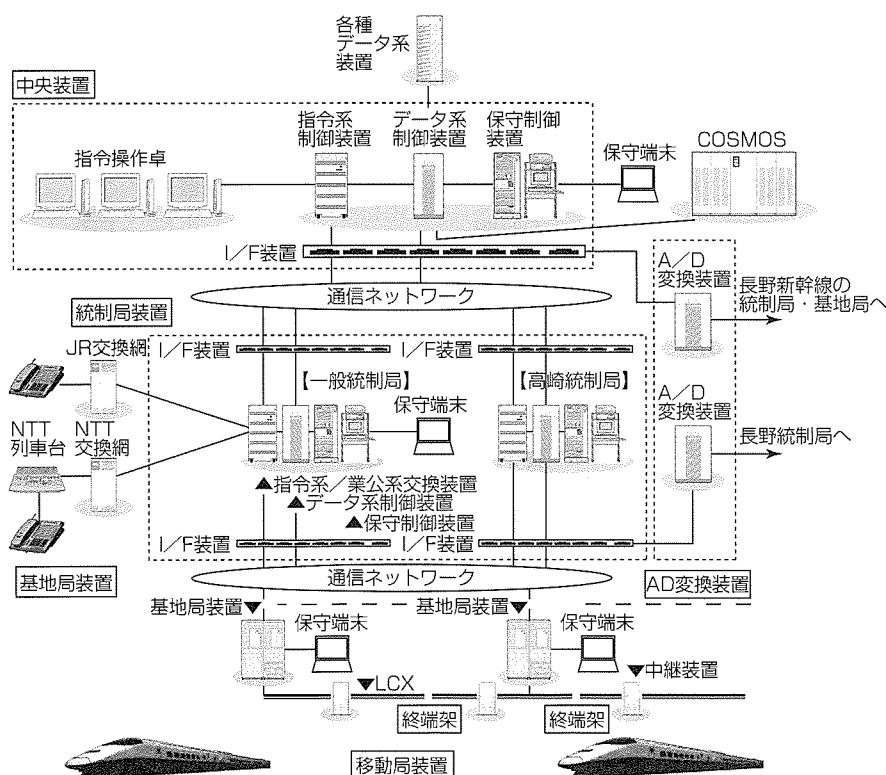


図1. システム概要

3. 新しく導入した技術

300km/hで高速走行する列車と地上間において安定した回線品質を提供することが必要なため、以下の技術を新たに導入した。

3.1 無線ゾーン境界での干渉改善

隣接する2つの基地局の無線ゾーン境界では両局からの電波が受信されるが、LCX伝送距離の差による位相遅延が発生し、フレームタイミングが一致しないため通信品質が大幅に劣化する。この問題を解決するため、片方の基地局においてフレームタイミングに強制的な遅延を挿入し、無線ゾーン境界での遅延量の差が一定の値となるように制御した。無線ゾーンでの遅延量の差分検出は、両局の無線ゾーン境界に設置した中継機(終端架)で行われ、基地局に差分量の通知を行うことで制御を実現している。

ただし、遅延挿入だけでは遅延波成分が妨害波となり、受信波形に遅延広がりに伴う波形ひずみの問題が発生する。このため、適応等化器を採用することによって、遅延波を希望波として利用する効果を引き出し品質向上を図った⁽¹⁾。

3.2 最大比合成ダイバシティ

移動体通信においては、回折波や反射波など多重波間での干渉の影響により、受信波の瞬時値が変動するフェージングが発生し回線品質に影響を及ぼす。フェージングの影響を軽減するため、今回のシステムでは、基地局→移動局における改善策として、車両の両側面に配置された4面のアンテナから受信する4ブランチ最大比合成ダイバシティを採用し、所要の回線品質 1×10^{-4} 以下を確保した。図2に4面ダイバシティの構成を示す⁽²⁾。

3.3 デジタル中継機

従来のアナログ方式の中継機は、経済性の観点から地上→車上(A→B)と車上→地上(B→A)の共通増幅器を採用し、その構成上の制約からB→Aでは地上受信機でダイバシティ受信が不可能であった。今回のシステムではB→Aも最大比合成ダイバシティを導入して回線品質を向上することとし、中継機の増幅部の構成をA→B/B→Aの共通増幅方式から各々独立させた方式に変更した。

また、LCX方式では上り線と下り線の外側にLCXが敷設されており、中継機の設置場所は上り線か下り線のいずれかの側に設置されるため、B→A回線を夫々のLCXで伝送した場合には、線路横断によるケーブル長の差が加算され、上り線側LCXと下り線側LCXに位相差が発生する

この位相差を保証するために、中継機ごとにB→A回線の出力に接続されるLCXを入れ換える“タスキ掛け”構成として、伝送路長の補正を行った。図3にアナログ方式の中継機、図4にデジタル方式の中継機構成を示す。

3.4 デジタル/アナログ方式の境界

東北・上越新幹線はデジタル化されたが、長野新幹線については開業時期が1997年と設備が新しくアナログ方式の

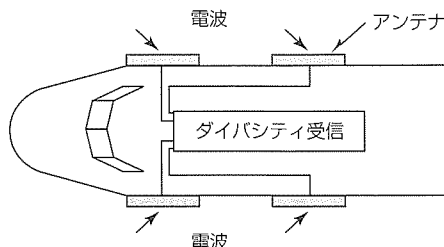


図2. 4ブランチダイバシティ受信

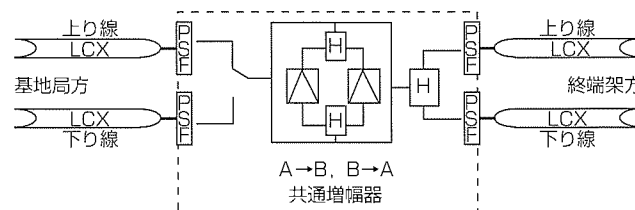


図3. アナログ方式の中継機構成

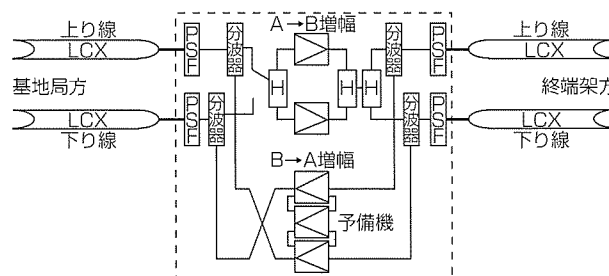


図4. デジタル方式の中継機構成

表3. 無線仕様概要

		デジタル方式	アナログ方式
無線方式	伝搬方式	LCX方式	
	アクセス方式	TDM-TDMA 基地局送信：時分割多重方式 移動局送信：時分割多重アクセス方式	基地局送信：周波数多重方式 移動局送信：単一方式
	変調方式	基地局送信： $\pi/4$ シフトQPSK 移動局送信： $\pi/4$ シフトQPSK	基地局送信：位相変調 移動局送信：周波数変調
	周波数	基地局送信：400MHz帯 2波 移動局送信：400MHz帯 2波	基地局送信：400MHz帯 1波 移動局送信：400MHz帯 24波
	送信出力	基地局送信：2 W 移動局送信：4 W	

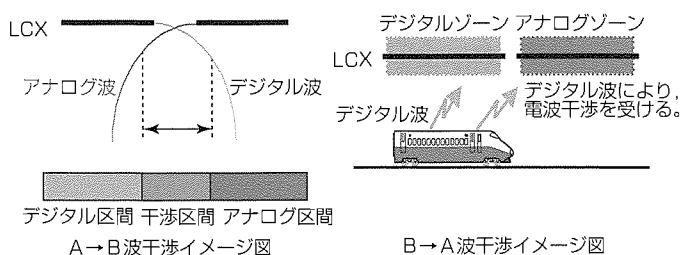


図5. デジタル/アナログ境界での干渉

まま存続することとなった。このため、高崎付近にデジタル方式とアナログ方式の境界が生じ、異なる変調方式の電波干渉区間が発生するので、境界付近にフィルタを挿入することで干渉を軽減した。

また移動局では、デジタル波を受信し同期が確立した場合にデジタル区間と判定し、アナログ波を受信しパイロット信号を検出した場合にアナログ区間と判定する機能を搭載して、境界付近において自動で方式切換えを実現している。図5に境界での干渉のイメージ図を示す。

3.5 音声コーデック

このシステム専用5.6kbpsの音声コーデック(Rail system Code Excited Liner Prediction: RL-CELP)を開発した。LCX方式では安定した無線回線品質が得られることから、通常のPSI-CELP系コーデックと比較して、誤り訂正符号を軽減し、音声符号データを増加させた。また、音声信号の特徴を変換処理に反映させることで、音声品質を高めている。

3.6 リモートメンテナンス

このシステムのメンテナンスのため、指令室及び通信技術センター等に保守端末を設置し、通信ネットワークを介して中央装置、統制局及び基地局に接続している。保守端末からは、リモートで各局の状態監視、異常時における系切換え等の制御が可能で、基地局にはソフトウェア無線技術を応用した無線測定ユニットを実装することにより、無線機の送信電力、送信周波数、占有帯域幅などのリモート測定を可能とし、保守作業の負担を軽減した。

図6に構成図を、図7に無線測定ユニットによる無線機性能の測定データの画面表示例を示す。

3.7 LANの二重化構成

このシステムは、回線の二重化、各装置を二重化構成にすることで、故障時に運用が停止しない構成としている。中央装置と統制局装置は各々局舎内をLAN構成で接続したが、スパンニングツリー(spanning tree)機能を導入する

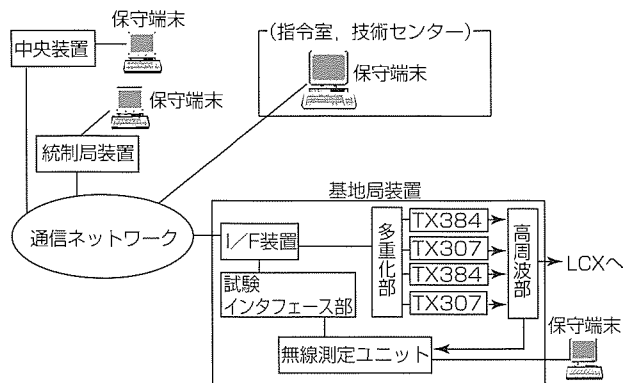


図6. リモートメンテナンスの構成

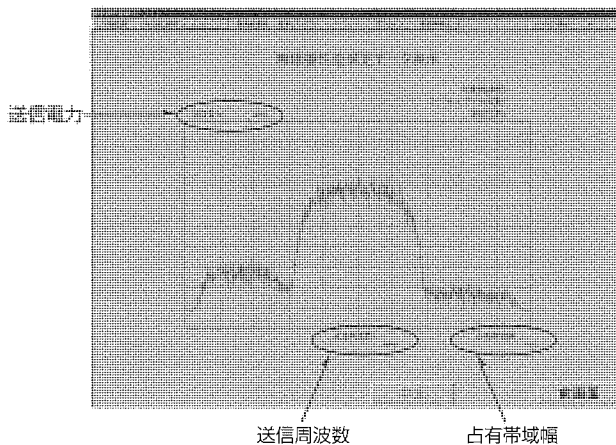


図7. 無線機性能の測定データ表示

ことでシステムダウンを回避している。

4. むすび

以上、東北・上越新幹線デジタル列車無線システムの構成と新しく導入した技術を述べた。当社は、列車無線のデジタル化により、新たなニーズに対応したネットワークを構築し、列車無線システムの新しいサービスを提供していく。

参考文献

- (1) 久保博嗣, ほか: 送信ダイバーシチと適応等化器によるビート干渉抑圧方式に関する一検討, 信学論(B), J86-B, No.3, 468~476 (2003)
- (2) 高瀬康裕, ほか: LCX方式における最大比合成ダイバーシチの効果, 電子情報通信学会予稿集, B-5-201 (2000)

東北・上越新幹線デジタル列車無線のアプリケーションサービス

伊村 真*
花田 豊*
平松昭彦*

要 旨

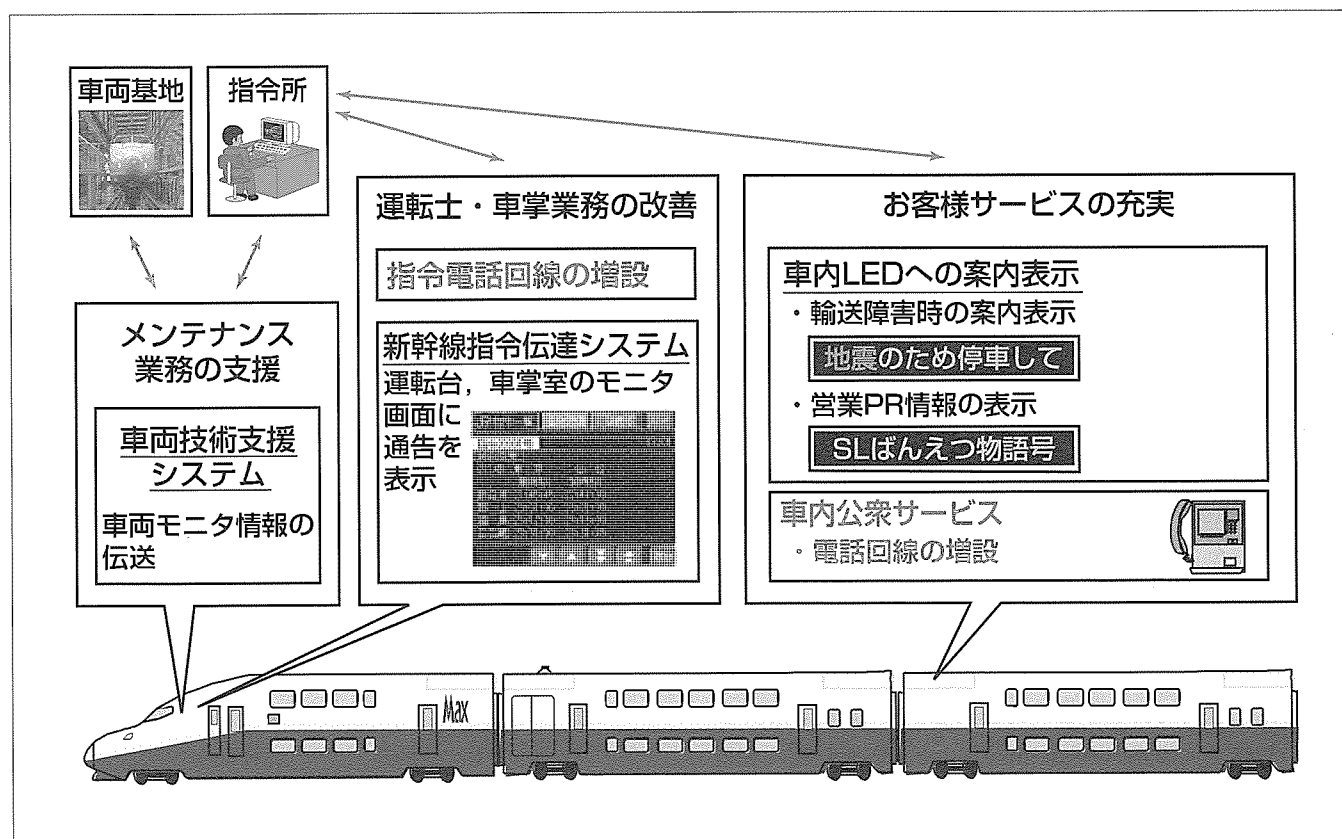
東北・上越新幹線デジタル列車無線システムは、データ通信を利用した新たなアプリケーションニーズに対応するため、2002年11月に最新のデジタル無線技術を活用したデジタル方式に更新された。

三菱電機が列車無線装置のデジタル化を東日本旅客鉄道(株)と共同で開発したことで、従来のアナログ方式では実現できなかった多くの機能を実現できた。また、デジタル化による装置性能の改善を図り、伝送品質が向上したことにより、データ伝送速度の高速化が図られた。

音声通話では、チャンネル数の増加により指令員から乗務

員への一斉呼出しに対する応答機能を追加し、運転一斉情報の追加、操作指令卓をタッチパネル方式に改良することで利便性が向上できた。また、緊急時に業務公衆系チャネルの用途を切り換える方式も採用できた。

データ通信では、パケット通信対応のシステムと安定した無線回線品質を構築したことで、列車運行や車内サービスの向上につながる新幹線指令伝達システム、車内情報提供、車両技術支援などを実現した。また、無線による列車制御も運用可能とした。



東北・上越新幹線デジタル列車無線のアプリケーションサービス概要

2002年に導入されたデジタル列車無線システムは、地上と列車間の音声通話をもとより、高速データ通信を活用した新しいニーズに対応したアプリケーション(車内情報提供、指令通告システム、車両技術支援、列車制御)を実現した。

1. ま え が き

東北・上越新幹線の通信システムアプリケーションは、音声系とデータ系に分けられる。当社が列車無線システムをデジタル化し高品質で安定した伝送路を提供できたことにより実現した音声系機能とデータ系機能のアプリケーションについて述べる。

2. 音 声 通 話

音声系は、地上と列車間で音声の通話を行うために使用される。システム構成と実現した技術について説明する。

2.1 システム構成

地上側は、当社が開発した中央装置の指令系制御装置に指令卓が接続される。業務公衆系は、当社統制局装置の業務公衆系交換装置にJR電話網とNTT電話網が接続される。

車上側は、移動局装置に運転室・車掌室操作盤や公衆電話が接続される構成となる。

音声系の通話システム構成を図1に示す。

2.2 新たな機能

デジタル化することで音声系は22chの容量を持つことができ、3つの機能追加を図った。

(1) 一斉呼出しに対する応答機能

従来は、運行本部の指令員が乗務員に一斉呼出しで指令伝達を行った後、確認するため個別に乗務員を呼び出していた。機能追加により、乗務員が応答確認ボタンを押下することで、指令員は一斉通達が乗務員に周知されたことを即座に知ることが可能となった。

(2) 運転士への運転情報の放送

指令員が通知したい情報を、指定したゾーン内のすべての運転士に放送形式で報知することができる。

(3) 緊急時の業務公衆電話回線の運用

業務公衆電話回線用のチャンネルは12ch準備してあるが、

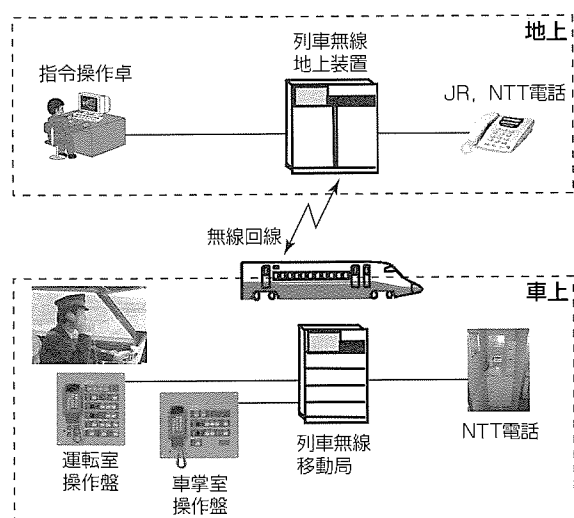


図1. 音声系の通話システム構成

輸送障害等の異常時には指令からの操作で12chのうち4chを業務専用切り換えることができる。

2.3 指令操作卓の改良

従来の指令操作卓から利便性を向上するため、以下の技術改良を加えた。

- (1) WindowsNT(パソコンのOS)で動作する本体とタッチパネルディスプレイ構成とし、タッチパネルディスプレイでは、指令通話操作を行うほかに列車在線情報、指令通話状況をリアルタイムに表示可能とした。
- (2) 2台のハンドセットを収容する音声回線部を一体化し同時通話を可能にした。
- (3) 指令操作卓の制御は中央装置に接続するサーバで集中制御する方式とし、最大32台の指令操作卓を収容した。
- (4) 指令操作卓とサーバ間の制御回線はネットワーク機器を含めて冗長構成とし、信頼性の向上を図った。指令操作卓の外観を図2に示す。

3. データ通信

従来のアナログ方式によるデータ伝送は、割り当てられた無線の周波数帯域幅が狭く、音声帯域でFSKによるサブキャリア伝達を行っていたため、低速・低容量にとどまっていた。今回、東北・上越新幹線でデジタル化を行ったことで、伝送速度の向上・通信容量の増大が可能となり、データ伝送機能が大幅に向上できた。

- (1) すべてのデータ回線がパケット通信対応のシステムを構築し、様々なシステムと相互接続できる柔軟なシステムとした。
- (2) ハンドオーバーが発生してもデータの追跡が可能のように高速ハンドオーバーに適應し、また、誤り検出再送方式を採用し、信頼性を向上した。

信頼性のあるデータ通信回線を提供することで、安全・安定輸送に貢献するデータ系アプリケーションを実現することが可能となった。

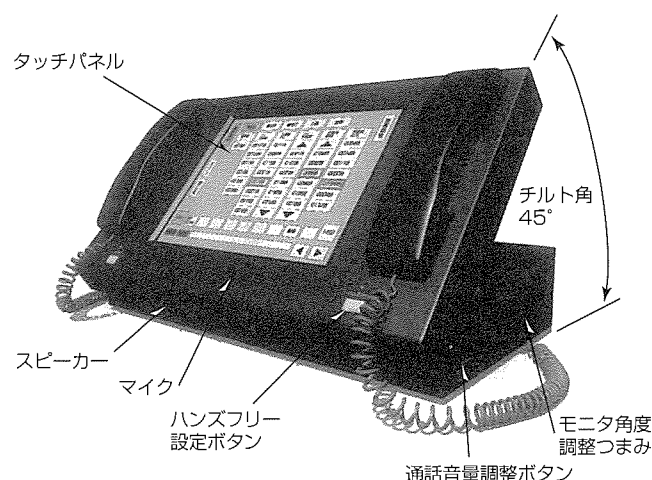


図2. 指令操作卓の外観

3.1 システム構成

地上装置としては、当社の中央装置(データ系制御装置)に各種サービスを制御するためのサーバ類が接続される。また、当社の基地局装置には運転制御用の無線代用保安が接続される。

車上装置は、当社の移動局装置に接続される車両モニタや無線代用保安によって構成される。

データ系システムの構成を図3に示す。

3.2 チャンネル構成と実現したアプリケーション

データ系の無線チャンネルは15chの容量を持ち、用途に応じて使い分けている。

列車運行や車内サービスの向上に向けて実現した新しいアプリケーションについて、以下に概要を説明する。

3.2.1 新幹線指令伝達システム

新幹線指令伝達システムは、輸送混乱時に発生する膨大な運転整理情報の伝達作業を効率化する。指令員・乗務員間の音声による伝達方式からデータ伝送による伝達方式に移行することにより、情報の正確性・迅速性が向上した。

地上系では、列車無線中央装置と新幹線総合システム(Computerized Safety Maintenance and Operation systems of Shinkansen : COSMOS)が接続され、COSMOS端末で入力された通告内容が車上モニタに表示される構成となっている。

新幹線指令伝達システム構成を図4に示す。

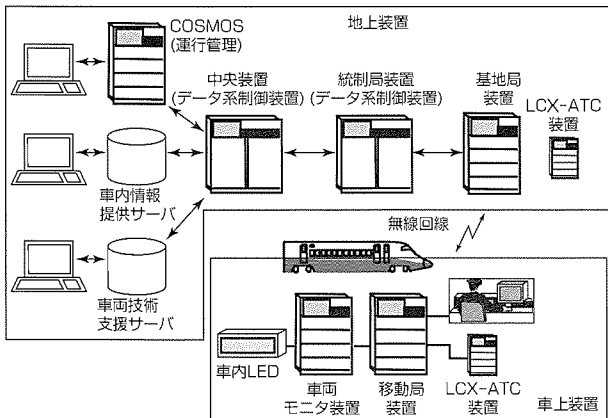


図3. データ系システムの構成

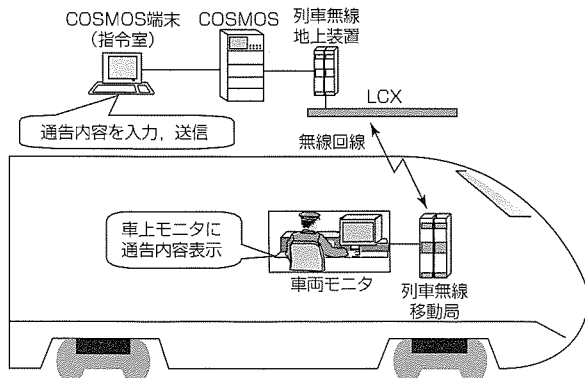


図4. 新幹線指令伝達システムの構成

3.2.2 車両技術支援システム

車両技術支援システムは、走行中の車両モニタ画面を大幅な遅延がなく地上に送信することができるため、車両モニタと同じ画面を地上で表示する。

新幹線車両に不具合等が発生した場合、地上の指令員が当該車両の状態を正しく把握することによって、乗務員に対して迅速かつ適切な支援を行い、輸送障害を最小限に抑えることが可能となった。

車両技術支援システムの構成を図5に示す。

3.2.3 通信機器監視

列車無線移動局装置に異常等が発生した場合には、通信機器監視用の回線を利用して、車上から地上(新幹線運行本部)に設置された新幹線通信設備情報監視装置(Centralized information Monitoring System : CMS)端末と列車無線保守端末に警報を発生させる。

これによって、移動局故障等の迅速な把握や対処方法の早期検討を行うことが可能である。

3.2.4 車内情報提供システム

車内情報提供システムは、新聞社からの文字ニュース、輸送障害等における緊急メッセージ、営業及び沿線案内の表示を新幹線車内の乗客へ迅速かつ詳細に情報提供する。

車内情報提供システムの構成を図6に示す。

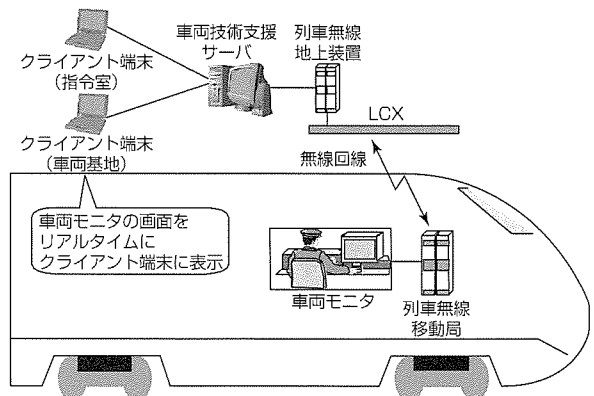


図5. 車内技術支援システムの構成

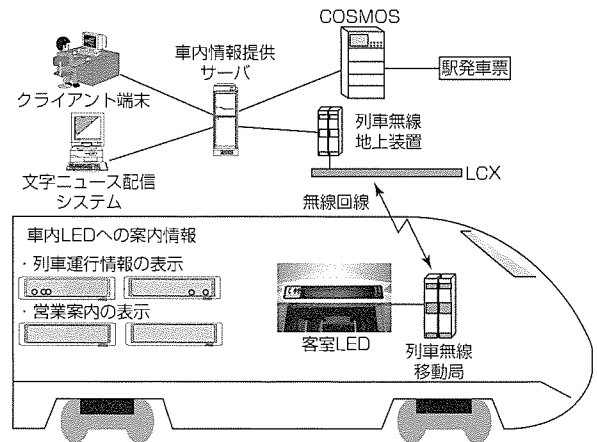


図6. 車内情報提供システムの構成

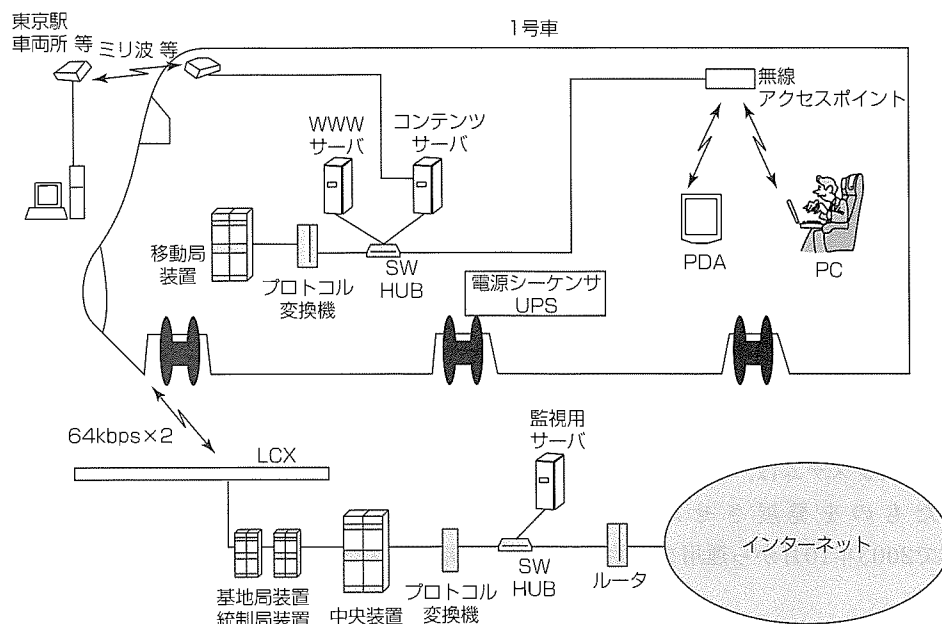


図7. 将来対応サービスのイメージ

4. 将来対応

4.1 運転制御システム

新幹線の安全を支える保安システムとしてATCが用いられており、大きな実績を上げている。しかし、ATC故障時等には、保安要員を添乗させ、目視による低速走行の運転が行われるが、人間の注意力に頼る部分が多く、誤まる可能性もある。

このため、デジタル無線を活用した制御による運転が可能となるシステムを構築し、緊急時に使用される予定である。

4.2 サービス向上

新幹線車内におけるサービスを向上させるという観点から、車内公衆回線を活用したインターネットサービス環境

の整備が検討されている。

具体的には、無線LANのアクセスポイントを車内に設置することにより、乗客が自ら持ち込むパソコンやPDA等を利用して車外とメールの送受信ができたり、また、車内コンテンツサーバにあらかじめ蓄積された情報の閲覧等が可能となる。

サービスイメージを図7に示す。

5. むすび

以上、東北・上越新幹線デジタル列車無線システムのアプリケーションについて、あらましを述べた。

当社は、列車無線のデジタル化により新たなニーズに対応したネットワークを構築し、列車無線システムの新しいサービスを提供していく。

800MHz帯デジタルMCAシステム

要 旨

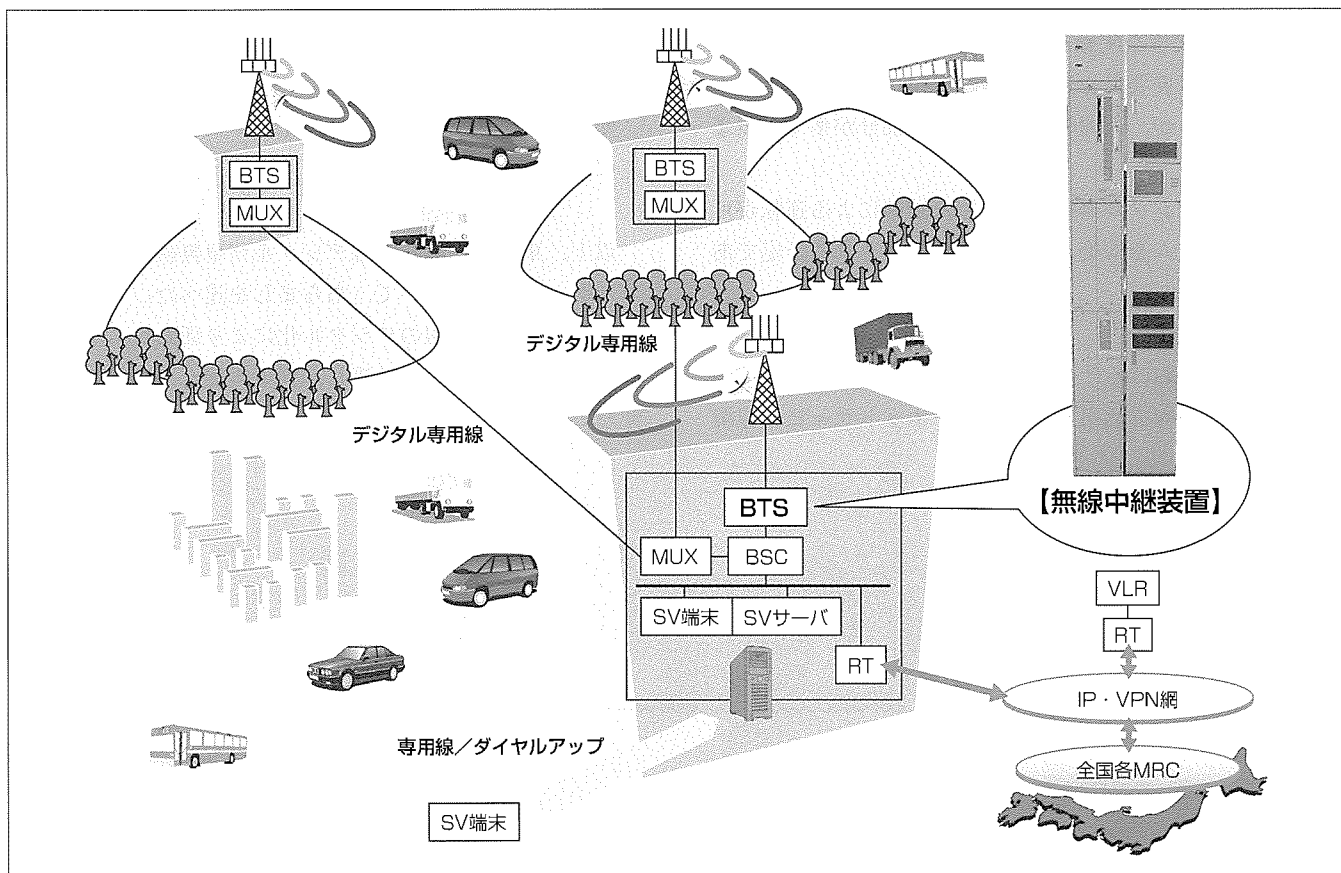
MCA (Multi Channel Access) 無線システムは、一定数の周波数を多数の利用者が共同で利用する業務用(運送業、製造・販売、タクシー等)陸上移動通信システムであり、(財)移動無線センター(全国8財団)が管理運営している。

800MHz帯デジタルMCAシステムは、従来アナログ方式で運用されていたものを発展させたもので、“mcAccess e”の愛称で2003年10月から運用を開始している。

三菱電機は、無線中継装置(BTS)の回線制御部(LC)、運用監視制御装置(SV)、及び音声コーデックの開発を担当した。

今回開発したシステムは以下の特徴を持っている。

- (1) 無線中継装置の回線制御部
無線中継装置の無線部を制御し、複数の無線中継装置と接続される通信制御装置とのインタフェースを行う。
- (2) 運用監視制御装置
ビルの屋上や山頂に設置された各装置を遠隔で監視し、制御を行うために用いる。
- (3) 音声コーデック
デジタルMCAシステム向けに要求される特長(雑音抑圧、誤り伝送耐性、音声品質)を備えている。



無線中継装置

無線中継装置は、複数の無線中継装置と接続され交換機能を持つ通信制御装置とのインタフェースを行う。また、通信制御装置に障害が発生した場合は自律的に通信の制御を行い、1中継局内の通信を可能とする。
無線中継装置に実装する音声コーデックボードは、デジタルMCAシステムに要求される特長(雑音抑圧、誤り伝送耐性、音声品質)を備える。

1. ま え が き

MCA無線システムは、一定数の周波数を多数の利用者が共同で利用する業務用(運送業、製造・販売、タクシー等)陸上移動通信システムにおいて広く利用されている。

システムは、(財)移動無線センターなどが設置管理する“制御局”と、利用者が設置管理する“移動局”及び“指令局”で構成され、利用者は、同じユーザーコードを持った会社等のグループ単位ごとに無線通話を行うことができ、他のグループとは通話できないようになっている。

今回開発した800MHz帯デジタルMCAシステムは従来アナログ方式で運用されていたものを発展させたもので、当社は、無線中継装置(BTS)の回線制御部(LC)、運用監視制御装置(SV)、及び音声コーデックについて開発を行った。

本稿では、800MHz帯デジタルMCAシステムの概要、及び今回新規に開発した音声コーデックについて述べる。

2. 800MHz帯デジタルMCAシステムの概要

2.1 システムの概要

800MHz帯デジタルMCAシステムは、図1に示すとおり、通信制御装置(BSC)を中心に、無線中継装置(BTS)がスター状に接続される。

BTSは半径約30~50kmをカバーしており、このゾーンを無線ゾーンと呼び、1つのBSCに複数の無線ゾーンが接続され、これらをまとめたものを制御ゾーンと呼ぶ。

ユーザーは、同一制御ゾーンに在圏する指令局及び移動局同士で、一斉通信、グループ通信、個別通信を行うことができる。

ホームロケーションレジスタ(HLR)はBSCに接続され

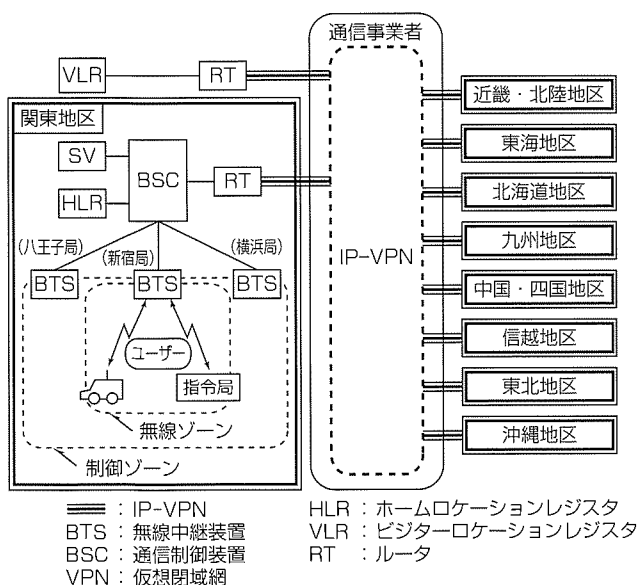


図1. 800MHz帯デジタルMCAシステム

ユーザーのサービス情報を蓄積しており、移動局が圏内に流入した際に、位置登録要求に対するデータベースとして機能する。また、通信が行われた際に、利用状況の集計のためのトラフィック情報が蓄積される。

運用監視制御装置(SV)は、BSCに接続され、BSC及びBSC配下のすべてのBTSの監視・制御を行う。

BSCは、ルータ経由で、IP-VPNに接続され、他地区のBSCと接続される。この機能により、全国を移動する移動局との通信を可能にしている。

ビジターロケーションレジスタ(VLR)はIP-VPNに接続され、他地区の移動局情報を参照するためのロケーションレジスタであり、HLRの全国版である。

2.2 システムの特長

800MHz帯デジタルMCAシステムの特長を次に示す。

- (1) 複数の通信エリアをつなげて更に広い通信エリアをカバーしている。
- (2) IP-VPN経由で、更に全国ネットで移動する移動局との通信が可能となっている。
- (3) 災害などにより万一ネットワークが切断されても、その制御ゾーン内又は無線ゾーン内で通信が可能となっている。
- (4) 複数のユーザーコードでの着信が可能となっている。
- (5) 個別通信では、通話中のゾーン切替え(ハンドオーバー)が可能になっている。

従来システムとの比較を表1に示す。

3. 800MHz帯デジタルMCAシステムの音声コーデック

800MHz帯デジタルMCAシステムは10msのスロット4

表1. 800MHz帯デジタルMCAシステムの特長

	800 デジタル	1.5 デジタル	800 アナログ
無線ゾーン間通信	○	○	×
1ユーザー複数同時通信	○	○	×
複信通信	○	○	×
音声・データ同時通信	○	○	×
全国ローミング	○	×	×
位置登録	○	×	×
ハンドオーバー	○	×	×
ID-ROMレス	○	×	×
複数ユーザーコード着信	○	×	×
制御ゾーン間通信	○	△(一部)	×
緊急モニタ/通信機能	○	×	×
優先接続サービス	○	×	×
専用システム/専用チャンネル	○	△(一部)	×
1キャリア当たりチャンネル数	4	6	1
複数スロットデータ伝送	最大4	最大2	1のみ
伝送速度(kbps) (1スロット/最大容量)	6.4kbps/ 25.6kbps	7.5kbps/ 15kbps	1.2kbps/ 1.2kbps

つからなる1フレーム40msのTDM/TDMA方式の無線通信システムであり、音声伝送速度は誤り訂正ビットを含め6.4kbpsである。

3.1 デジタルMCA向け音声コーデックに対する要求

デジタルMCAシステムは1つの基地局の通話エリアが半径30～50kmの大ゾーン方式の無線システムであるため、エリア内であっても、周辺の地形、環境等により部分的に電波状況の悪いスポットが存在する。また、通話は車中の移動局と事務所の指令局との通話を基本としている。

このような特徴を持つ無線システムであるため、デジタルMCAシステムの音声コーデックには次のような特性が求められる。

- (1) 車中、しかもトラックなどの大型車からの送話が多いため、走行中の車内の背景ノイズを抑圧し伝達する必要がある。
- (2) 業務上の指令を誤りなく伝達できる通話品質を提供する必要がある。
- (3) 大ゾーン方式のため、伝送誤り耐性を強化し、電波状況の悪いスポットでも通話を可能とする必要がある。

3.2 雑音抑圧

車内の背景ノイズを抑圧するため、コーデックへの入力音声に雑音抑圧を行っている。

雑音抑圧性能を強化することは、反面、音声信号の抑圧にもつながり、自然な音声通話の妨げになる。このトレードオフの関係にある十分な雑音抑圧と自然な音声通話の両者を得るため、当社は、比較的信号・雑音比率(SN比)が高い周波数領域では主に雑音スペクトルの減算を行い、雑音抑圧量を稼ぎ、SN比が低い高周波数領域では雑音スペクトルの振幅抑圧を行い、音声のスペクトル成分を保存しつつ雑音を抑える方式をとっている。また、雑音と音声を判定するとき一意に判定せず、“らしさ判定”を行うようにし、誤判定による雑音スペクトルの推定精度の劣化を防止している。

3.3 通話品質の確保

十分な通話品質の確保のため、音声符号化方式には、800MHz帯デジタルMCAシステム向けに当社が開発したM-CELP(Multi-mode Code Excited Linear Prediction)方式を採用している。

M-CELPは、複数の音源駆動モードを備える符号駆動線形予測符号化方式であり、聴覚的特性を考慮した高度なモード選択制御アルゴリズムによって復号音の主観品質を良好にしている。

音声符号化部に入力された音声は、その特徴により幾つかの 카테고リーに分類され、各カテゴリーごとにあらかじめ用意した重み係数を用いてひずみに対する重み付けを行う。あるカテゴリーに分類された入力音声を符号化したときに劣化音を発生しやすい駆動音源モードがあれば、この

モードのひずみに乗じる重み係数を大きく設定することで、劣化音の発生頻度を少なくし、良質な音声符号化を行っている。

音声符号化部の基本品質を評価するため、背景ノイズ、伝送誤りのない状態で、MOS(Mean Opinion Score)主観評価試験を行った。比較対象として6.4kbps用音声コーデックとして一般的なEL-CELP⁽¹⁾とPDCハーフレート用音声コーデック(PSI-CELP)⁽²⁾を用いた。評価結果を図2に示す。

評価結果から、M-CELPは、EL-CELP及びPSI-CELPよりも高品質な音声符号化方式であるとの結果を得た。

3.4 伝送誤り耐性

伝送誤り耐性の改善のため、従来のように誤り保護対象をすべて誤り検出対象とするのではなく、音声符号、誤り訂正対象符号、誤り検出対象符号のバランスを細かく調整している。さらに、誤り訂正符号化する際のゲイン符号配置位置、CRC符号ビットの配置位置の最適化を行っている。

また、より伝送誤り耐性を向上させるために、フレーム間で伝送データビットのインタリーブを行っている。一般にインタリーブするフレーム数を多くすると誤り耐性は向上するが、反面、伝送遅延が大きくなるという短所につながる。今回、インタリーブを行うフレーム数による伝送誤り耐性と系統的に許容できる伝送遅延から最適なインタリーブフレーム数を求め、違和感のない通話とBER7%程度の伝送誤り耐性を得た。

4. む す び

800MHz帯デジタルMCAシステムは、2003年10月1日から、関東、近畿エリア、及び関東-近畿間での運用を開始し、順次エリアを全国に拡大中である。業務用無線とし

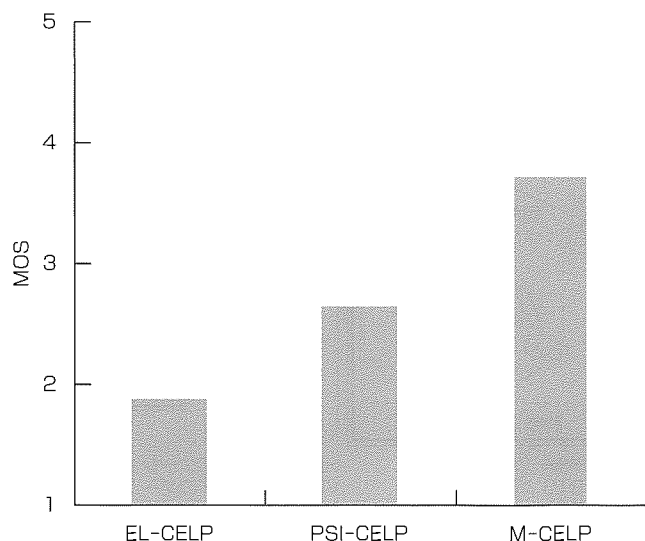


図2. 音声符号化部のMOS評価結果

て業界初の全国ローミングを行うなど、既存ユーザーの巻き取りに加え、新規ユーザーの獲得も順調に進んでいる。

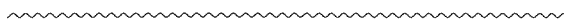
ここでは、主にこのシステム向けに当社が開発した音声コーデックについて述べた。主観評価からは、6.4kbps用音声コーデックとして大きなシェアを持つEL-CELPやPDCハーフレート用音声コーデックに比べ、高品質であるとの結果を得ている。また、伝送誤り耐性を高めたことにより、電波状況の悪いスポットでも十分な意思伝達を可能とし、実質的に通話エリアの拡大ができた。

今後、800MHz帯デジタルMCAシステムの普及のため、

音声通信のみならず、デジタル無線システム、全国通信などの特長を生かしたデータ通信の需要の拡大を図る予定である。

参考文献

- (1) 長崎 ほか：6.4kbpsEL-CELP音声CODECチップの開発，NEC技報，49，No.11（1996）
- (2) ARIB標準規格：デジタル方式自動車電話システム標準規格，RCR STD-27



市町村デジタル同報通信システム

増田真介*

要旨

従来、市町村同報通信システムはアナログ方式で実用化され、災害等の発生時に避難情報伝達、救助活動や復旧活動に用いられるとともに、平時においても災害発生の予測情報、行政情報の伝達等に使用されてきた。

しかし、同システムには①周波数資源逼迫(ひっばく)に伴う周波数利用効率の向上、②情報化社会に対応したサービス機能の向上、③重大災害時に他システムの戸別受信機を投入するためのメーカー間相互接続、等が求められており、デジタル方式の導入が要望されていた。

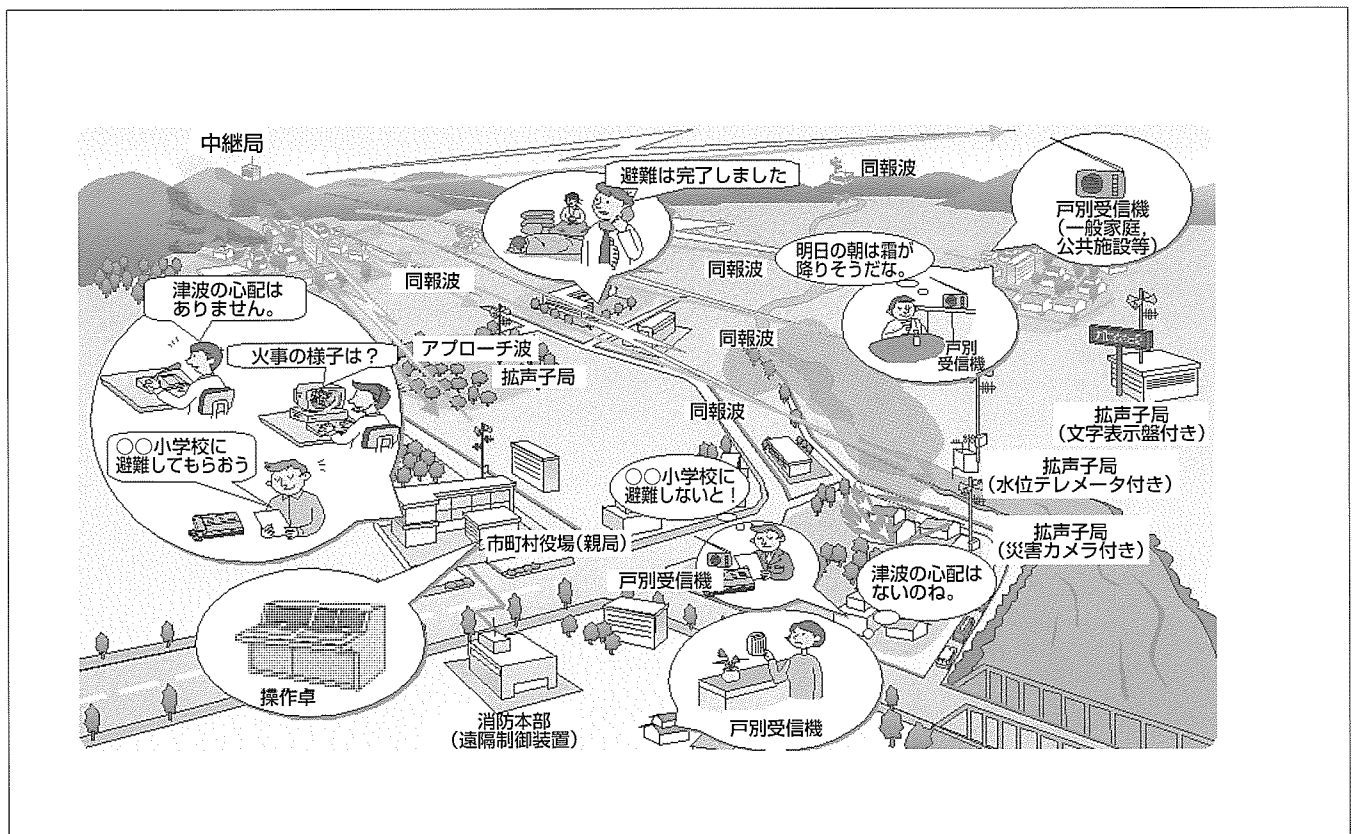
三菱電機は、総務省、(社)電波産業会での規格策定に当たり、上記要求にこたえるデジタル同報無線システムの提案を積極的に行い、2001年度には、他社に先駆け、初のデジタル化した同報無線納入に成功した。

規格策定に当たっては、機器機能(仕様)、フレームフォ

ーマット等のエアインタフェース、音声コーデック等、新規に検討する必要がある要素が多く、60MHz/16QAMのフィールドデータ取得、及び一括通報用音声コーデックの選定/開発を行い、それらの検討を考慮しながら並行してフレームフォーマット等のエアインタフェースの開発を行った。

この結果、音声コーデックとエアインタフェースは当社提案をベースとしたものが総務省推奨規格に採用され、特に音声コーデックに関しては同推奨規格準拠システム機器に対して当社が供給することとなった。

本稿では、デジタル化に伴う仕様策定、特にフレームフォーマット多重数にかかわる部分、及び一括通報用音声コーデックの選定・開発について紹介する。



市町村デジタル同報通信システムのイメージ図

市町村役場に設置された“操作卓”から、“中継局”下、又は“親局”下にある“拡声子局”に対し一括通報やデータ伝送、連絡音声通話等を行う。また“水位テレメータ”や“監視カメラ等”のアプリケーションも設置可能である。各家庭に設置した小型の受信専用の“戸別受信機”に対し一括通報を行うことが可能。これらはすべて、群/個別の放送・データ伝送が可能である。また、消防本部等には“遠隔制御装置”が有線で設置される。これは簡易操作卓としての機能を持ち、操作卓以外の場所からの制御を可能とする。

1. ま え が き

1995年の阪神・淡路大震災以後、防災に対する取り組みが再認識される中、総務省により、市町村同報通信システムのデジタル化の検討が進められた。総務省、(株)電波産業会(ARIB)での規格策定において、当社は同システムのスペックリーダーとして提案を行い、また、シェア拡大のための製品開発を推進した。

その成果として、2001年度には、市町村デジタル同報通信システムの初の納入を実現し、運用に入った。

本稿では、そのデジタル化に伴う仕様策定、特にフレームフォーマット多重数にかかわる部分と、一括通報用音声コーデックの選定・開発について紹介する。

2. システムの概要

2.1 同報通信システムの目的

同報通信システムは、役所及び消防本部等に設置した“操作卓”“遠隔制御装置”から、“屋外子局”“戸別受信機”に対し、一括通報を行うシステムである。

従来のアナログシステムでも、この一括通報機能に加え、モデムを介したFAX機能、気象情報を収集するためのテレメータ情報収集機能等があるが、システムの基本は音声による一括通報である。

2.2 デジタル同報通信システムの基本仕様

デジタル化に際しアナログシステムに追加すべき項目として挙げられたのは次の項目である。

- 連絡音声通話
- 緊急連絡音声通話(一括通報中での連絡通話)
- データ伝送

また、基本仕様は次のとおりである。

- 変調方式 : 16QAM
- 通信方式 : TDMA/TDD
- キャリア周波数帯 : 60MHz帯
- 周波数帯域 : 15kHz
- 伝送速度 : 45kbps
- ロールオフ率 : 0.2
- 空中線電力 : 10W以下

3. フレーム構造

フレーム構造は、当初連絡音声通話用スロットと一括通報用スロットとを並べる単純な構造が提案されたが、より高度なシステム制御を可能とするため、①これらに制御チャンネルを加え、②更に各種メディア伝送に対応させるようn等分割する方向で検討を進めていた。

多重数は、基本スロットとなる音声通話用コーデックの伝送レートを考慮し、6.4kbpsを基本スロットとした6多重と、4kbpsを基本スロットとした9多重について検討

を行った。

3.1 一括通報用音声コーデック

当初、規格策定は、32kbps-ADPCM(8kbps-誤り訂正+ITU-T G726:24kbps-ADPCM)方式で検討が進められていた。

3.2 連絡通話用音声コーデック

連絡通話用音声コーデックは、占有するビットレート及び性能・実績から、次の2方式について絞り込んだ。

(1) 伝送速度6.4kbps

デジタル移動通信システム使用実績があるELCELPがあり、音声符号成分3.2kbps、誤り訂正符号成分3.2kbps構成であり、6多重の場合に使用可能である。

(2) 伝送速度4kbps

当社開発のCELP系方式がある。音声符号成分4kbpsであるが、誤り訂正符号成分がないため、別途CRC等の誤り検出を行う必要がある。

3.3 多重数とチャンネル割当て

図1の6多重の場合、通常通信時には伝送速度6.4kbpsで音声通話や1スロットデータ伝送を行い、一括通報時には上りCCH(control channel)も利用して、下りTCH(traffic channel)32kbpsで行う。

図2の9多重の場合、伝送速度4kbpsで音声通話や1スロットデータ伝送を行う。一括通報は32kbpsで行う。

図2の9多重の場合、①連絡通話用音声コーデックの誤り訂正が付加できない、②多重数を増やすことでデータ伝送効率が悪くなり、変復調に必要な同期シンボル数の確保が難しい、③多重数が奇数では、上り下りで非対称になる、等の理由により、図1の6多重を選択することとし、連絡通話用音声コーデックはELCELPを選択した。

4. 一括通報用音声コーデックの改善

4.1 音質の改善

このシステムの要求に合致する音声コーデック方式を検討した結果、S方式コーデックをADPCMと比較検討する候補とした。

S方式コーデックは、ITU-T G.722.1の拡張として公開されている16kbps構成の音声コーデック方式に当社が開発した強力な誤り訂正方式(音声成分に適用多重化方式の誤り訂正を掛けた上で、更にビタビ符号化方式の誤り訂正

通常通信時	CCH下り	TCH	TCH	CCH上り	TCH	TCH
	6.4kbps	6.4kbps	6.4kbps	6.4kbps	6.4kbps	6.4kbps
一括通報時	CCH		32kbps 一括通報			

図1. 6多重構成

通常通信時	CCH	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH	TCH
	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps	4kbps
一括通報時	CCH		32kbps 一括通報						

図2. 9多重構成

を掛ける方式)とを組み合わせ、無線通信に適用することを可能とした方式である。

ITU-T G.722.1は、32kbpsと24kbpsとの構成が標準勧告されたTV会議等で使用する高音質の音声コーデックで、広帯域(7kHz)の音声信号を複数の周波数成分に分解し、各成分をハフマン符号を用いて可変長符号化する方式である。

24k-ADPCMとS方式の2つの方式に対し誤り訂正を付加した音声データをシミュレーションし、図3のようにスタジオに設置した拡声スピーカーで聴聴試験を行った。

聴聴の結果、C/N-MOS評価及びC/N-FER特性双方において、S方式+当社開発誤り訂正が良い結果を得た。

図4はC/N-MOS評価で、BER(理論値)に対しS方式の方が全般的に24k-ADPCM+BCHを上回る結果を得た。

C/N-FER特性を図5に示す。S方式で各種音声をシミュレーションした音声を24k-ADPCM+BCHと比較したもので、S方式が、約2.5dB上回った。

4.2 誤り訂正方式の改善

24k-ADPCMの誤り訂正方式はBCH(63, 51)であり、S方式の当社開発誤り訂正方式はビタビ符号則(k=6)である。

当社開発誤り訂正方式を使用することにより、24k-ADPCMと比較し、誤り訂正後のFER、及び図4にも示し

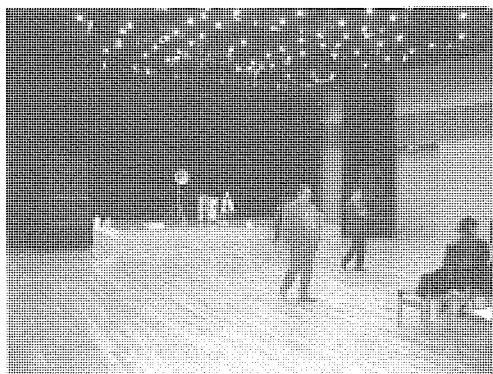


図3. スタジオ視聴試験(当社における評価)

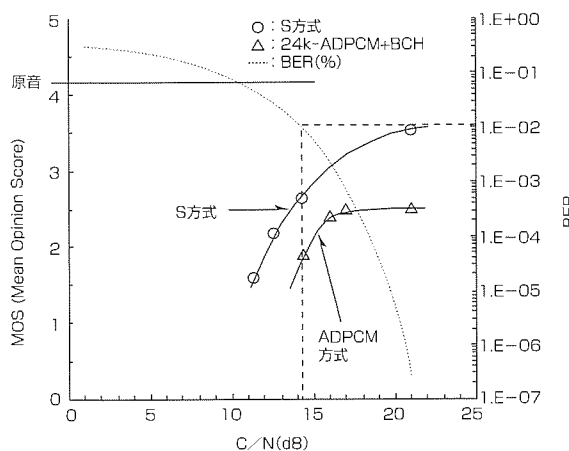


図4. C/N-MOS評価

たMOS評価の向上を図ることができた。

図6は、誤り訂正のFERの近似計算と、そのシミュレーション結果である。UNCODED_calcが誤り訂正なし、BCH(63, 51)_calcが24k-ADPCM+BCH, CONV6_calcがS方式である。このように誤り訂正後のFERでは、S方式が優れていることが分かる。

表1に、S方式と24k-ADPCMの比較を示す。

当社開発誤り訂正方式で誤り訂正後のFERとMOS評価が優れていることから、デジタル化に際しての課題の一つであるサービスエリアの縮小を防ぐことができた。

4.3 フレームフォーマットの改善

前述の16k-S方式コーデック+当社誤り訂正方式の組合せを当初のフレームフォーマットに当てはめると、6スロット構成の場合、一括通報に4スロット占有するだけでよい。つまり、残りの2スロットで緊急音声連絡通話を複線で実現できることになる。

以上のように、当社開発の誤り訂正方式を付加したS方式を採用することで、①一括通報に耐え得る音声認識率の高い高音質を得る、②デジタル化に際して特有の課題であるサービスエリアの縮小に対して改善が図れる、③スロット構成上、一括通報中に2スロットを空けることが可能で

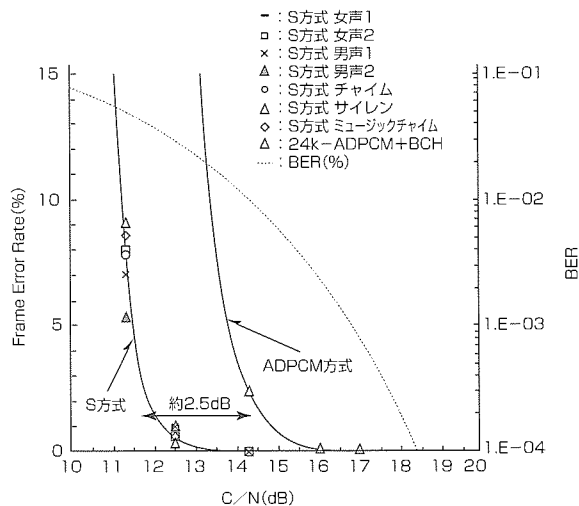


図5. C/N-FER評価

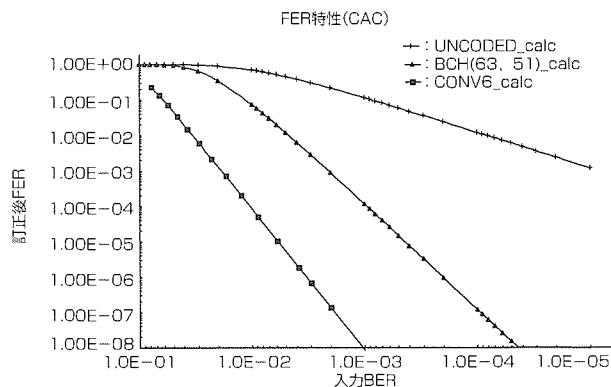


図6. ビタビ符号のFER近似計算とシミュレーション結果

表 1. 一括通報用音声コーデック比較

	ADPCM方式	S方式
一括通報用 音声コーデック	ITU-T G.726	ITU-T G.722.1 extension
誤り訂正方式	BCH方式	ビタビ符号則
一括通報に必要な ビット量(kbps)	32.0 (コーデック24k+FEC 8k)	25.6 (コーデック16k+FEC9.6k)
音 質	○	◎
周波数帯域	300Hz~3.4kHz	50Hz~7.0kHz
訂正能力	○	◎

連絡音声通話の複信化等の使用方法に幅ができる、という結果が得られた(図7)。

4.4 総務省推奨規格への提案

一括通報用音声コーデックに対し当社のS方式を提案した結果、高音質と高い誤り訂正能力を評価され、総務省推奨規格標準コーデックとして採用された。総務省推奨規格標準のシステムにおいて不可欠となるS方式コーデックは、当社がROM又はプロセッサに組み込み、各社に提供している。

なお、S方式は、Speech CODEC using method of "Variable Length Coding Using a Plurality of Region Bit Allocation Patterns" ("複数のサブバンドビットアロケーションを用いた可変長オーディオ信号符号化"方式による音声コーデック)である。

5. む す び

市町村同報通信システムは、最も住民に近い防災システムであり、防災情報を迅速に、かつ直接、住民に伝えることが可能なシステムである。危惧(きぐ)されている東・南海地震は過去発生のために津波による甚大な被害を我々に与えてきたが、このシステムは、この津波情報などの一刻を争う防災情報伝達はもとより、あらゆる危機管理に絶大な効果を発揮すると考えられ、またそうなることを願う。

当社は、このシステムにとどまらず、広く関連の防災システムを提供することで、住民の安全に寄与していくものである。

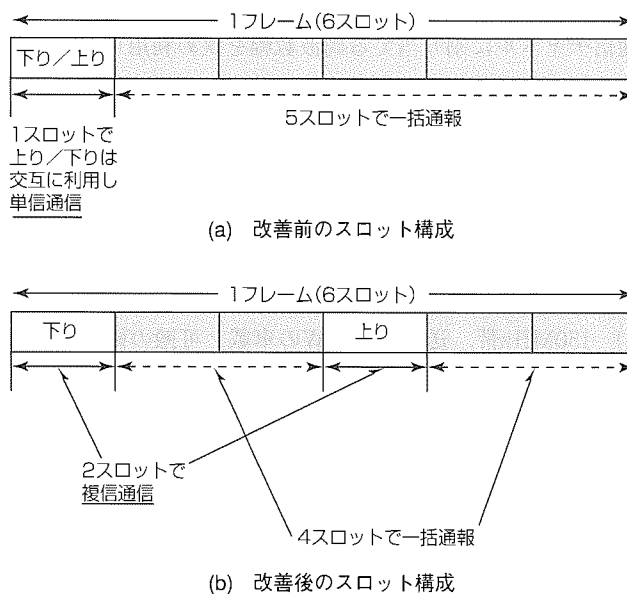


図7. 一括通報時のスロット構成

参 考 文 献

- (1) 総務省：市町村デジタル同報通信システム推奨規格(総務省推奨規格)(2003)
- (2) 社電波産業会：市町村デジタル同報通信システム標準規格 ARIB STD-T86(1.0版)(2003)
- (3) 久保博嗣，ほか：繰返し復調による周波数誤差補正方式，信会論(B)，J86-B，No.2，294~297 (2003)

デジタル移動体通信システム用端末 “FM-719A”

村田隆司* 久保博嗣**
澤村 洋*
武智伸泰*

要 旨

業務用移動体通信の分野においても、従来のアナログ方式からデジタル方式への切り替えが進みつつある。この切り替えにおいては、周波数資源の有効利用の観点から、1つの通信チャンネルに割り当てる周波数幅を狭め利用可能なチャンネル数を増加させる通信方式(狭帯域デジタル方式)が採用されている。今回、狭帯域デジタル方式に準拠したデジタル移動体通信システム用無線端末“FM-719A”を開発した。

本稿では、FM-719Aの概要と主要技術について紹介する。

主な特長は次のとおりである。

(1) 150MHz帯、送信出力10Wの車載/可搬の両用機であ

り、可搬時にはバッテリー動作で8時間以上の運用が可能

(2) 基地局を介さない移動機間相互通信機能、及び基地局からの電波を他の移動機に中継しエリア拡大する中継機能を搭載

(3) 音声とデータ通信の同時通信が可能。また、複数スロットを束ねた高速データ通信が可能(実効伝送速度25.6kbps)

(4) マルチパスによる遅延波に対して最大200 μ sまで等化可能な適応等化器を搭載

(5) 容積:1,600cm³、質量:1,710g(バッテリー込み)



FM-719A

150MHz帯デジタル移動体通信システム用端末であり、4chTDMA方式出力10Wの車載/可搬両用機で、音声通話と同時にデータ通信が可能である。可搬時には、バッテリー動作で8時間以上(送信:受信:待受け=1:4:5)の運用ができる。

1. ま え が き

業務用移動体通信の分野においても、従来のアナログ方式からデジタル方式への切換えが進みつつある。この切換えにおいては、周波数資源の有効利用の観点から、1つの通信に割り当てる周波数を狭め利用可能なチャンネル数を増加させる通信方式(狭帯域デジタル方式)が採用されている。今回、狭帯域デジタル方式に準拠したデジタル移動体通信システム用無線端末“FM-719A”を開発した。

本稿では、FM-719Aの概要と主要技術について紹介する。

2. システム諸元

デジタル移動体通信システムの概念を図1に示す。通信制御装置と複数の基地局装置(以下“基地局”という。)とがアプローチ回線で接続されたプレストーク指令制御システムである。複数の基地局からは同一周波数でタイミング同期をとりつつ送信(複局同時送信)することで、エリアの拡大を行っている。通信制御装置に接続された音声リモコンからの指令通信が、複数の基地局から無線端末へ一斉に伝送される。一方、無線端末からの音声は、基地局を介して通信制御装置まで伝送され、音声リモコンから音声として出力されるとともに、通信制御装置内で折り返されて、他の無線端末でも音声を受信される。

3. 特 長

製品の主な仕様と性能を表1に示す。以下に製品の特長を述べる。

3.1 送信出力10Wの車載／可搬両用デジタル無線機

可搬時にはバッテリー動作で8時間以上(送信：受信：待受け=1：4：5)の運用が可能である。MCA等の業務用無線機の送信出力が2～5Wであるのに対し、今回の製品では10Wの出力(車載時、可搬時ともに)を達成し、大きな通信エリアを確保できる。

3.2 直接通信機能・中継機能

基地局を介さない移動機間直接通信機能、及び基地局か

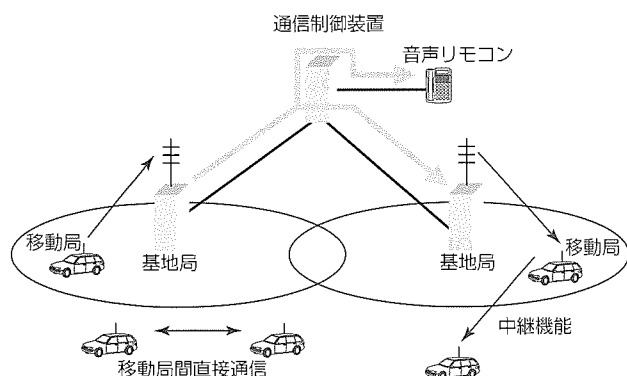


図1. システムの概念

らの電波を他の移動機に中継し不感地帯対策としてエリア拡大する中継機能を搭載しており、ユーザーの用途に合わせた多彩な運用が可能である。

3.3 音声とデータの同時通信対応

業務用無線機においてもデータ通信は可能であるが、音声チャンネルと共用しているため、データ通信中は音声通話ができない。今回の製品では、音声の送信又は受信をしながら、別スロットにアサインされたデータスロットを使って、データ通信が可能である。

3.4 複数スロットを束ねた高速データ通信対応

大容量のデータを伝送する必要がある場合、複数スロット(最大4スロットまで)をデータ通信用にアサインすることが可能である。4スロット使用時の実効伝送速度は25.6kbpsである。

3.5 適応等化器

複局同時送信及びマルチパスによる遅延波に対して最大200 μ sまで等化可能な適応等化器を搭載している。

3.6 4スロット連続送信にも耐えられる筐体放熱構造

データ通信時には4スロットすべてを送信にアサインする場合もあるため、4スロットの連続送信にも耐えられる筐体(きょうたい)の放熱設計を採用した。薄肉放熱フィンによる放熱効果と、筐体温度により制御する強制空冷ファンを搭載している。

3.7 外部操作表示部からの遠隔オペレーション機能

外部操作表示部を本体にケーブル接続することにより、操作・表示、音声通話、データ通信のすべての機能が外部操作表示部から可能となる。これにより、本体を車両のト

表1. 製品の主な仕様・性能

無線周波数	150MHz帯
使用可能周波数範囲	10MHz
キャリア周波数間隔	25kHz
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK
アクセス方式	下り(基地局→移動機): TDM 上り(移動機→基地局): TDMA
多重数	4
フレーム長	40ms
伝送速度	32kbps
トラヒックチャンネル伝送速度	6.4kbps(1チャンネル当たり)
容積	1,600cm ³
質量	1,710g(バッテリー込み)
送信性能	
送信出力	10W(+20%, -50%以内)
送信周波数偏差	$\pm 3 \times 10^{-6}$ 以下
スプリアス発射強度	-60dB以下、又は2.5 μ W以下
隣接チャンネル漏洩電力	送信出力に対して-55dB以下
受信性能	
受信感度	2 dB μ V以下(BER = 1%)
隣接チャンネル選択度	42dB以上(規格感度 + 3 dBとの比)
スプリアス感度	53dB以上(規格感度 + 3 dBとの比)
相互変調特性	53dB以上(規格感度 + 3 dBとの比)

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying
TDM: Time Division Multiplex
TDMA: Time Division Multiple Access

ランクに搭載し、外部操作表示部を運転席に取り付ける等の、取付けの柔軟性を考慮している。図2に外部操作表示部の接続方法を示す。

3.8 可搬運用アクセサリ

可搬運用時に使用するアクセサリとして、携帯ケース、ホイップアンテナ、電池パック(Liイオン電池)、専用充電器を用意した。図3に可搬運用アクセサリを示す。

4. 各部の構成

図4に全体のブロック図を示す。

4.1 無線部

(1) 送信部

直交変調器、ミキサ、ドライバアンプ、HPAモジュール、アイソレータ、移相器、直交復調器から構成される。

カルテジアンフィードバック方式のひずみ補償回路を搭載し、HPAの電力効率25%と、隣接チャネル漏洩(ろうえい)電力55dBを実現している。

(2) 受信部

低雑音増幅器、ミキサ、IF増幅器、バンドパスフィルタから構成される。初段のバンドパスフィルタは、トラッキング制御をかけ、10MHzの周波数帯域をカバーしている。

(3) シンセサイザ部

送信ローカル周波数、受信ローカル周波数、送受信共通のチャンネル切換用周波数の3つの周波数を生成する。周波数切換用シンセサイザは、スロットごとの周波数切換えを

実現するため、偶数スロット用と奇数スロット用の2組のシンセサイザで構成し、10msごとに両シンセサイザの出力を切り換えている。この構成により、スロットごとに周波数を切り換えることが可能となっている。

4.2 制御部

この製品の制御CPUは、16ビットマイコン(M30624)を採用している。操作・表示及びアプリケーションを処理するCPUと、ハードウェア(DSPを含む)制御及びデータリンクを処理するCPUの2CPU構成をとっている。

4.3 ベースバンド処理部

ベースバンド処理部は、DSP(Digital Signal Processor)と、タイミングを生成するカスタムLSIとから構成される。DSPのソフトウェアで処理する機能とハードウェアで処理する機能は、処理速度・消費電力の観点から整理・検討を行い、機能分担を最適化した。

DSPと周辺デバイスとのインタフェース機能、タイミング生成&調整機能をカスタムLSIに分担し、次に挙げる機能については、DSPのソフトウェアで実現した。

(1) 受信デジタルフィルタ

IF帯のセラミックフィルタだけでは、温度変化による通過帯域特性の変動、及び狭帯域化による群遅延特性の劣化が生じる。今回の製品では、セラミックフィルタとDSPによるデジタルフィルタにより、隣接チャネル選択度(42dB)を達成している。

(2) 適応等化器

移動通信用の適応等化器には、少ない演算量と高い性能が同時に要求される。そこで、今回は、伝送路変動に強い方式⁽¹⁾と演算量を抑圧できる方式⁽²⁾の両者の特長を活用し、DSPの限られた演算量で高い性能を引き出している。

(3) 復調部(受信データ復調、AFC制御)

等化処理を施したデータを復調し、軟判定データをチャンネルCODECへ出力する。また、AFC制御をかけるため、再生データから周波数誤差を抽出し、VCTCXO制御電圧データを生成する。

(4) 送信ベースバンド波形生成部

チャンネルCODEC部から入力される2値のデータをシリアルからパラレルに変換し、差動符号化の後、帯域制限用ルートナイキストフィルタをかけた $\pi/4$ シフトQPSKのベースバンド信号を生成する。Ich、Qchの成分のデータとして生成し、これらのデータはD/Aコンバータでアナログ信号に変換し、無線部の送信回路の直交変調器に入力する。

(5) チャンネルCODEC部

無線回線上のトラヒックチャンネル部分の誤り訂正符号化及び復号化と、フレームフォーマットの組立てを行う。

4.4 構造

車載/可搬両用機であり、容積：1,600cm³、質量：

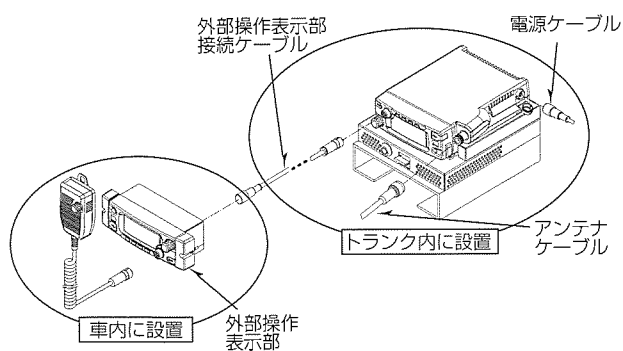


図2. 本体への外部操作表示部接続方法

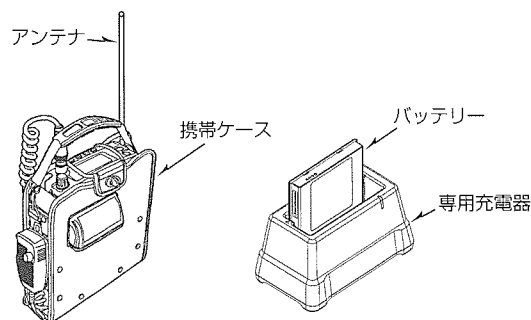


図3. 可搬用のアクセサリ(携帯ケース、電池パック充電器)

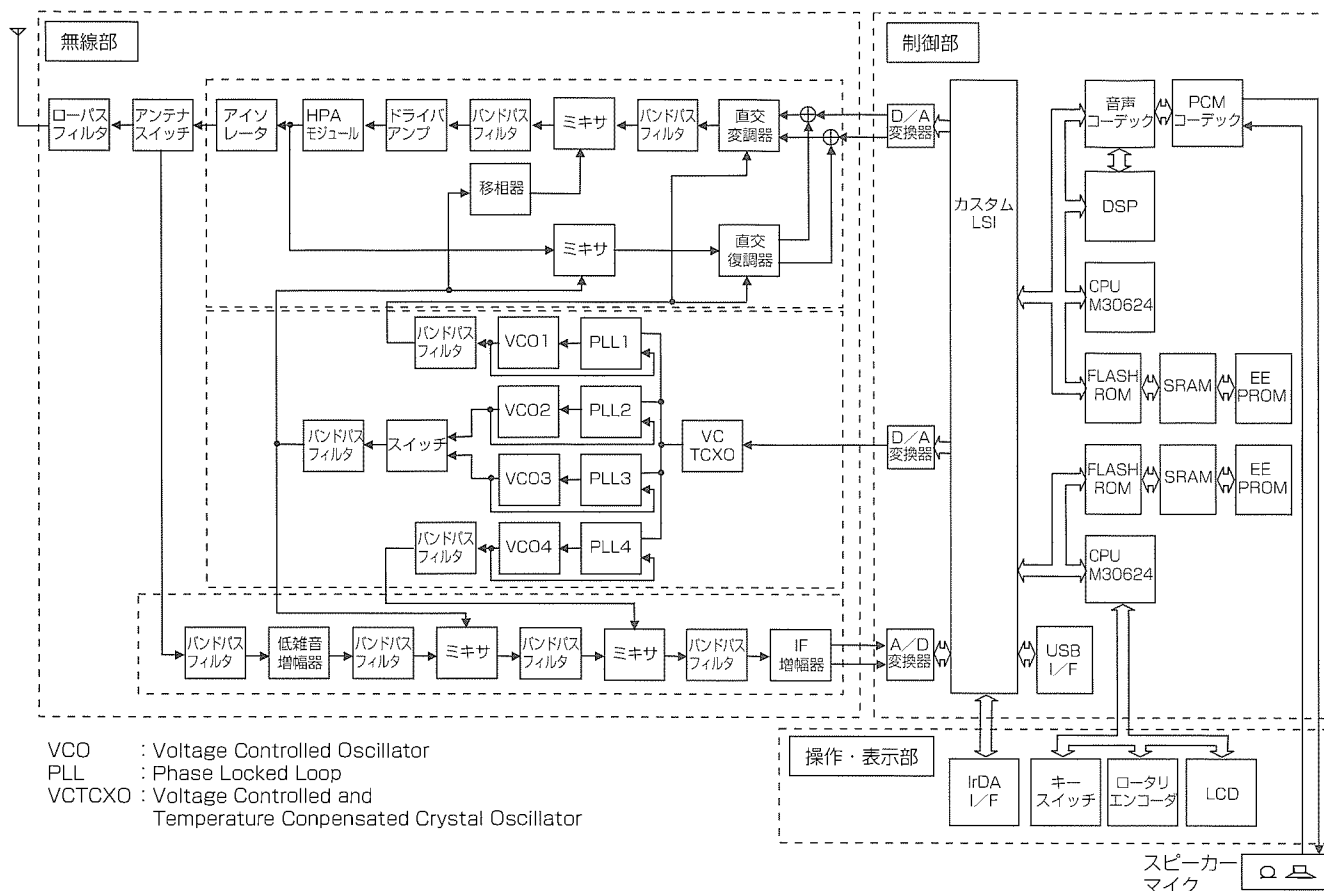


図4. FM-719Aのブロック図

1,710g (バッテリー込み)の制約があったため、筐体には、マグネシウムを採用した。実装スペース及び薄肉放熱フィンを形成する必要性から、成形方法としてチクソモールド成形を採用した。発熱量が多いため、冷却方式として強制空冷を採用し、ファンの寿命及び騒音を極力低減するため、無線部の温度によりファンの回転制御を実施している。

5. む す び

今回開発したFM-719Aの概要と主要技術について紹介した。この製品は、高効率HPAモジュールとひずみ補償回路、適応遅延等化技術、容積・質量・放熱を達成するための機構設計、筐体材質(マグネシウム)と工法(チクソモールド)の選定等の要素技術をベースとしており、ユーザ

ーの要求する性能及び機能を満たす無線機を開発できた。この技術を他のユーザー対応の無線機の開発へも適用していく所存である。

参 考 文 献

- (1) Kubo, H., et al.: An adaptive maximum-likelihood sequence estimator for fast time-varying intersymbol interference channels, IEEE Transactions on Communications, **COM-42**, No. 2/3/4, 1872~1880 (1994-2, 3, 4)
- (2) Kubo, H., et al.: List Viterbi equalizers with two kinds of metric criteria, IEICE Transactions on Communications, **E85-B**, No.2, 487~494 (2002-2)

地上デジタル放送送信機

千田晴康*
三木正道*
岡村一弘*

要 旨

関東・中京・近畿において地上デジタル放送が既に開始された。三菱電機では、これに対応した小型・低価格の1kW送信機の製品化を完了した。最も大きな技術的課題は、混変調(Inter-Modulation: IM)及び電力増幅器(Power Amplifier: PA)効率の目標達成である。

目標規格

- ・IM: -50dBc以下
- ・PA効率: 18%以上

これらの性能を実現するためには、ひずみ補償の高精度化とPAの高効率化が不可欠である。

ひずみ補償方式は、PA前段で補償を行うプリディストーション方式とし、PA特性変化に対して補償量が追従す

る適応型を採用した(適応型デジタルプリディストーション: Adaptive Digital Pre-distortion: ADPD)。

高精度化を図るためのポイントは、

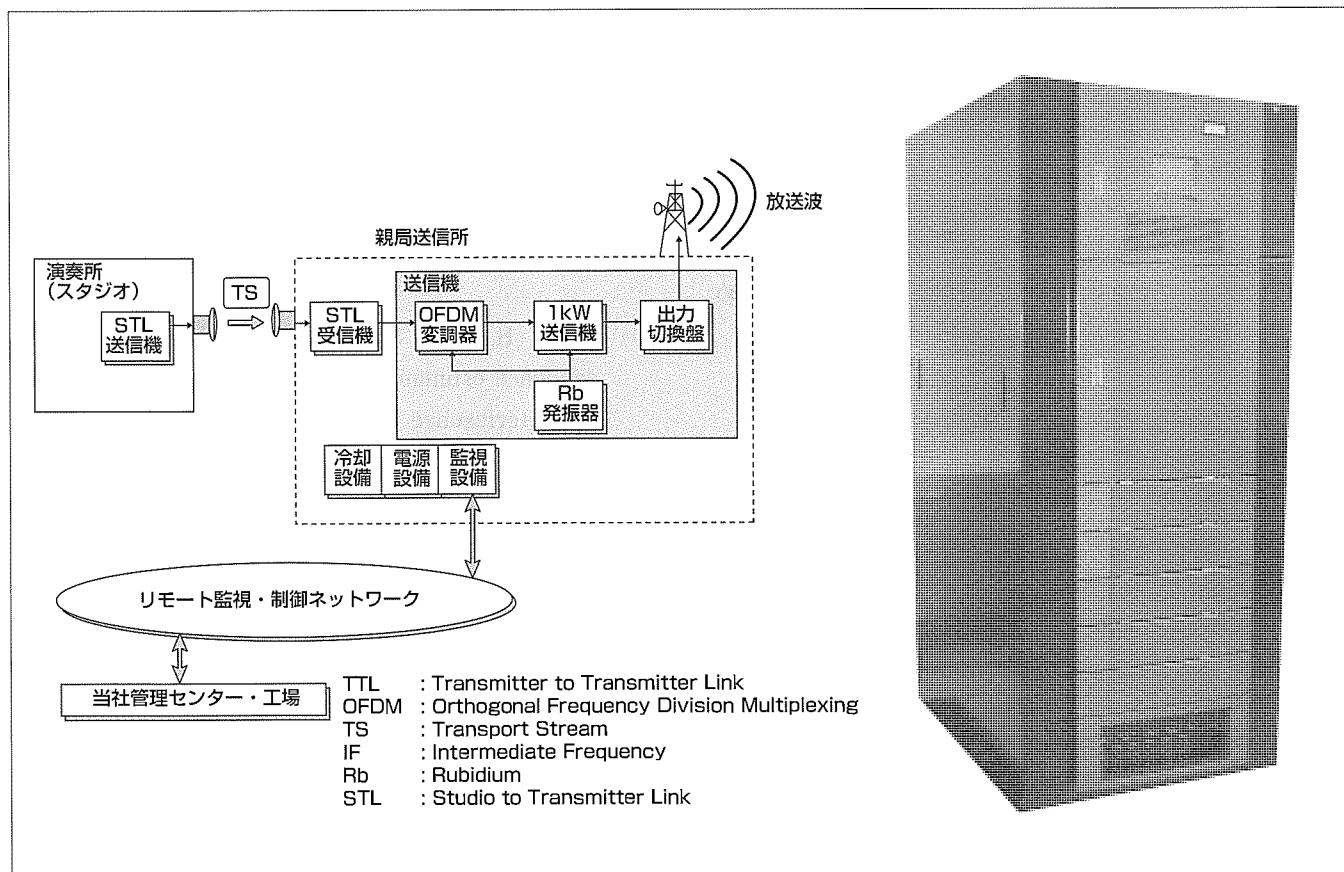
(1) 飽和カーブ対策

PAの飽和出力近傍における利得変動特性のトレース能力向上を図った。

(2) 演算精度向上

PA高効率化については、増幅デバイスのロードプル(Load-pull)測定を行い、最適整合回路を設計した。

以上のように製作したこの装置を評価し、IM -50dBc以下、PA効率18%以上、送信機総合効率12%以上(2台方式)を達成した。



1kW送信機と位置付け

1kW送信機の外観と送信所送信設備の構成・位置付けを示す。演奏所(スタジオ)とはSTL送受信機で結ばれ、OFDM変調器、送信機を経て送信アンテナから送信される。監視設備により送信所内の各装置はリモート監視制御される。

1. ま え が き

2003年12月1日、関東・中京・近畿において地上デジタル放送が開始された。当社ではこれに対応した送信機開発に取り組んでおり、2000年度にはフィードフォワード(Feed Forward)ひずみ補償方式の1kW送信機の開発を報告した(文献1)。今回、適応型デジタルプリディストーション(ADPD)方式を採用した小型・低価格の1kW送信機の製品化を完了した(表1)。最も大きな技術的課題は、IM(-50dBc以下)及び電力増幅器(PA)効率(18%以上)の実現であった。これらの性能を実現するため、PAは、電界効果トランジスタ(Field-Effect Transistor:FET)の性能を最大限に引き出す整合条件とし、さらに、ADPDによるひずみ補償効果を最大にするため入出力特性の最適化を行った。ADPDは高精度化を図るため、①飽和カーブ対策、②演算精度向上を行った。

以上のように製作したこの装置を評価し、混変調(IM)-50dBc以下、PA効率18%以上、送信機総合効率12%以上(2台方式)を達成した。

本稿では、主に当社の送信機と開発・製品化に当たって

の基本的な考え方を述べる。

2. 1kW送信機構成

図1に1kW送信機の構成を示す。

送信機は入力盤、送信機架、出力切換盤からなる。図の構成は、送信機架そのものを2台用いた冗長系を構成している。これを2台方式と呼ぶ。送信機架は、300W電力増幅器を4台実装して出力合成することにより、所要の送信電力を得ている。出力信号は、出力切換盤を通じて送信アンテナへと出力される。

3. 電力増幅器

300W電力増幅器は電源内蔵としており、3相AC200Vにより駆動する。RF入力端子、RF出力端子、電源端子ともにプラグインコネクタを採用している(図2)。

電力増幅器設計においてデバイス選定は重要である。選定は性能・信頼性・過去の実績や入手性など多方面から検討を行い決定した。性能のかなめとなる整合回路の設計は、FETのロードプル測定を活用して行った。整合状態は、入力側はひずみ優先整合、出力側はひずみ特性を考慮しつつ効率優先整合とした。FETをプッシュプル型で動作させるための balan 回路も含めてすべてをPWBパターンで構成し、部品点数削減を行った。

終段増幅器の分配合成器は同軸型を採用した。一般に電力分配合成器はマイクロストリップラインを用いた平面型が多いが、同軸コネクタとの変換部に熱ストレスが加わることによる信頼性低下に注意が必要である。今回の装置では、同軸型を採用することで、その問題を回避している。

表1. 主要諸元

送信電力	1 kW
送信周波数	UHF TVchの指定の1波
入力信号	OFDM IF信号 37.15MHz -10dBm/50Ω
IM	-50dBc以下
電 源	AC200V ± 10%

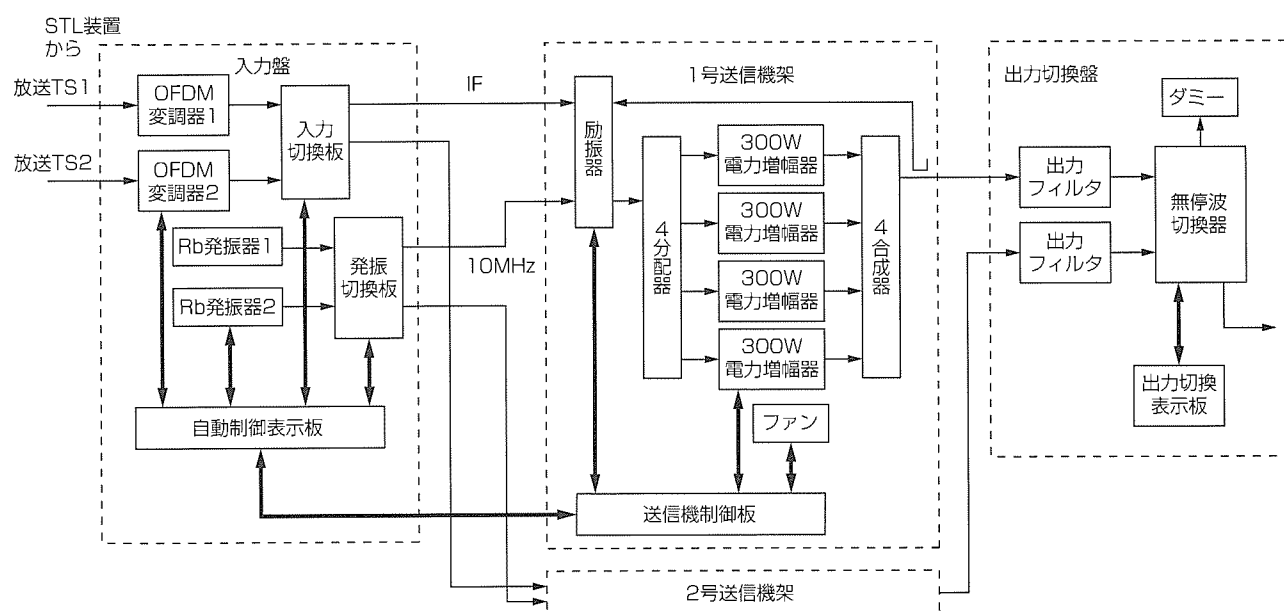


図1. 1 kW送信機の構成

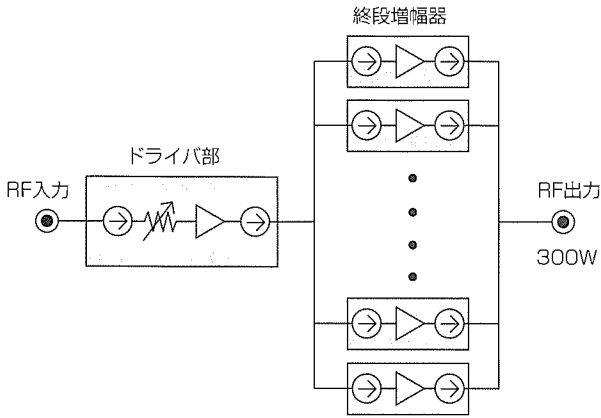


図 2. 300W電力増幅器の構成

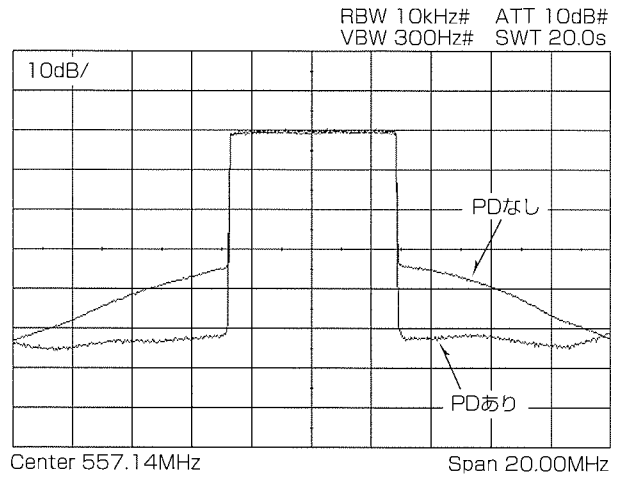


図 4. ひずみ特性

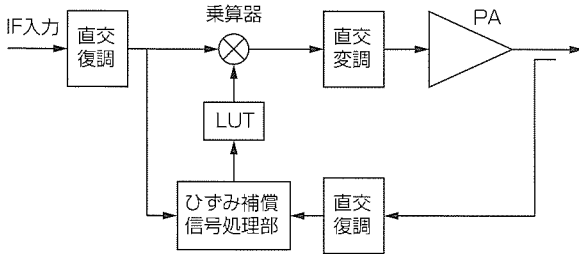


図 3. ADPDの構成

4. 適応型デジタルプリディストーション (ADPD)

ひずみ補償部の構成を図3に示す。まず、IF入力信号をAD変換、直交復調し、基準信号とする。一方、PAから帰還される信号も同様に変換する。基準信号は、その振幅に対応して、LUT(Look Up Table)に記憶されている複素補正係数(PAのAM-AM(Amplitude Modulation to Amplitude Modulation), AM-PM(Amplitude Modulation to Phase Modulation)特性の逆特性に相当)が乗算される。このとき、付加されるひずみはPAで発生するひずみと逆特性を持つため、発生するひずみはキャンセルされる。

ひずみ補償ループは、あらかじめLUTに設定した振幅範囲の区切りごとに独立して動作し、振幅に対応した補正係数を得る。振幅範囲の区切りは、シミュレーションによる最適化を行い、PAの飽和出力近傍における利得変動特性のトレース能力を高めることで、ADPDの高精度化を図った。

図4にADPDの効果を示す。IMは-50dBc以下で良好な結果が得られた。

5. 送信機の特性

図5に1kW送信機の出カスペクトル例を示す。現状IMは-50dBc以下と十分な性能がとれている。

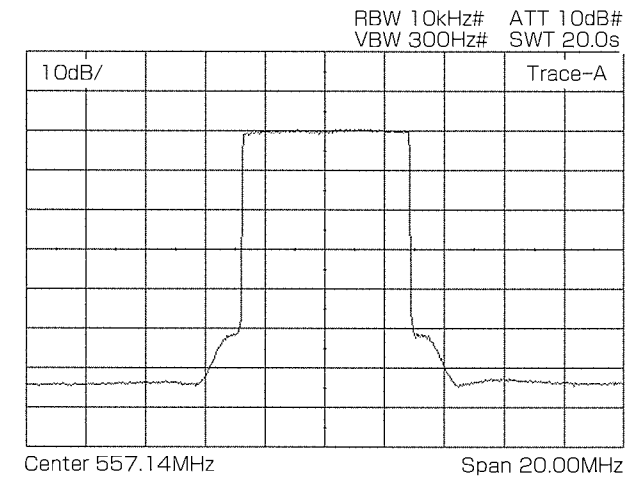


図 5. 出力スペクトル

ADPDの採用により1kW送信機の総合効率率は12%以上となり、高効率化を実現している。

そのほか、デジタル放送の送信信号に要求されるスペクトラムマスク、スプリアス、振幅周波数特性、周波数許容偏差の諸特性も満足することを確認している。

6. むすび

以上のように、地上デジタル放送用送信機について、構成、課題とその技術的解決について述べた。そして、開発装置を評価し、IM-50dBc以下、PA効率18%以上、送信機総合効率12%以上(2台方式)を達成した。今後は顧客のニーズに合わせた最適なシステム提案を行っていきたいと考える。

参考文献

(1) 水川繁光, ほか: デジタル放送用送信機, 三菱電機技報, 74, No.10, 643~646 (2000)

地上デジタル放送 SFN中継用キャンセラ

山崎健一郎* 村上圭司*
石津文雄*
三木正道**

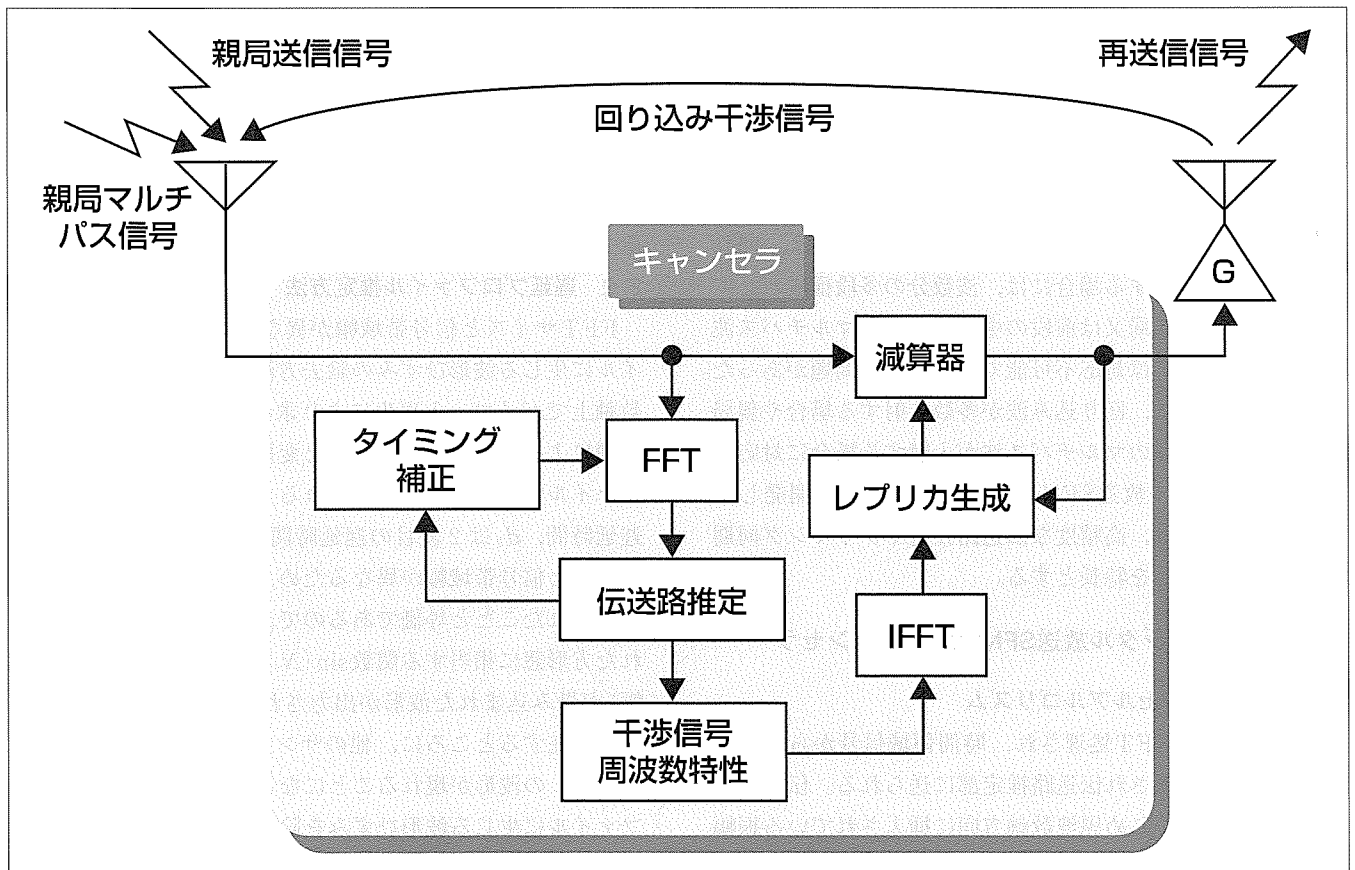
要旨

地上デジタル放送では、周波数利用効率が高くマルチパス耐性に優れているOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重方式)を用いたSFN(Single Frequency Network：同一周波数ネットワーク)による放送波中継の実現が期待されている。しかしSFNでは、中継局での受信周波数と送信周波数が同一周波数のため、送信アンテナからの再送信信号が受信アンテナに回り込み、発振が生じて特性が劣化することが大きな問題となる。その対策として、三菱電機は、地上デジタル放送SFN中継用キャンセラの検討を行っている。開発したキャンセラは、あらかじめ挿入されているパイロット信号を

用いて中継局に入射する干渉信号成分のみの周波数特性を求め、それを基に干渉信号のレプリカを生成し、受信信号から減算することで干渉信号の影響を軽減している。

本稿では、当社が開発した地上デジタル放送SFN中継用キャンセラについて述べる。開発したキャンセラの特長は以下のとおりである。

- (1) 高精度な伝送路推定方法及びタイミング同期方法による特性改善
- (2) 親局マルチパス、回り込み波ともにキャンセル可能
- (3) 動作が安定なフィードフォワード型キャンセラ



SFN中継用キャンセラの構成

当社では、地上デジタル放送SFN中継用キャンセラを開発している。このキャンセラは、高精度な伝送路推定方法及びタイミング同期方法を用いることにより良好な特性が得られ、親局マルチパス及び回り込み波ともにキャンセル可能な方式である。

1. ま え が き

近年、地上デジタル放送の実現に向け、OFDM通信方式の検討が盛んに行われている。OFDM通信方式は、周波数利用効率が高くマルチパス耐性に優れているという点から、SFNによる放送波中継の実現の可能性が高く、その検討が行われている。放送波中継は、放送局(親局)からの放送波を中継放送局が受信し増幅して再送信を行う方式であり、ケーブルやマイクロ波を用いて中継するよりも安価に実現可能な方式である。現在の放送ネットワークでは、複数の周波数を用いた放送波中継、すなわち、中継局において受信周波数を異なる送信周波数に変換して放送する中継方式が行われているが、現在の逼迫(ひっばく)した周波数利用状況の中では、限りある周波数資源を有効に活用する必要があり、その点で中継局における受信周波数と送信周波数を同一のものを用い、中継用周波数の要らないSFNは実現が大いに期待されている。

しかしSFNでは、受信周波数と送信周波数が同一周波数であるために、中継局での送信アンテナからの再送信信号が受信アンテナに回り込み、発振が生じて特性が劣化することが大きな問題となる。この解決策としては、送受のアンテナを分離して設置したり、同一鉄塔内に設置する場合でも十分に距離をとることが必要となるが、このような手法の場合、市街地等に設置する場合に、場所的な制限が大きくなり、設置が困難になると考えられる。そこで現在、幾つかの回り込み波キャンセラが検討されている⁽¹⁾⁽²⁾。当社では既にOFDM信号の自己相関特性を利用した回り込みキャンセラを検討しているが⁽³⁾、この方法では、回り込み波が多数入射する場合には、波数分の多段構成が必要であり、また、親局又は前段の中継局からのマルチパス波が入射する場合には対応不可能であるという問題があった。

そこで当社では、回り込み波が多数入射する場合や親局又は前段の中継局のマルチパス波が入射する場合に対応可能な地上デジタル放送SFN中継用キャンセラを開発している。この方式は、高精度な伝送路推定やタイミング同期機能を備えることを特長とする。

2. 地上デジタル放送SFN中継用キャンセラ

2.1 干渉キャンセルアルゴリズム

受信信号は、FFT処理され、時間領域信号から周波数領域信号へと変換され伝送路推定部に送られる。伝送路推定部では、あらかじめ周波数軸方向に挿入されている振幅及び位相が既知のパイロット信号を抽出し、全信号帯域にわたる周波数特性を算出する。この周波数特性から後述する遅延プロファイル推定方法により伝送路推定値を求め、干渉信号周波数特性算出部へ出力する。またこのとき、タイミング同期ずれが生じている場合には、後述するタイミ

ング補正方法による正しいタイミングによりFFTが行われ、その場合の伝送路推定値を求める。干渉信号周波数特性算出部においては、求められた周波数特性から、希望波成分を取り除き、親局送信信号のマルチパスや回り込み波成分のみの周波数特性を干渉信号周波数特性として算出する。親局送信信号の周波数特性を $X(z)$ とし、キャンセラ出力信号の周波数特性を $Y(z)$ とすると、キャンセラの系全体の伝達関数 $H(z)$ は $H(z) = Y(z)/X(z)$ となる。キャンセラの出力としては、親局送信信号が得られるのが目的であるから、キャンセラの系全体の伝達関数は理想的には1となることが望ましい。そこで、誤差関数として $E_r(z) = H(z) - 1$ と設定し、これを基に周波数軸上での親局送信信号のマルチパス及び回り込み波など干渉信号成分のみの影響を抽出できる。さらにここで、親局直接波成分が伝送路変動を受けている場合には、その伝送路変動値を $F_0(z)$ とすると、 $H(z)$ の目標値としては $F_0(z)$ となり、干渉信号周波数特性は $E_r(z) = H(z)/F_0(z) - 1$ となる。ここで $F_0(z)$ の算出は、伝送路推定部で求められる遅延プロファイルにおける先頭波タイミングでの振幅・位相の変動量 $f(0)$ をFFT処理することによって求めることができる。このように求めた干渉信号周波数特性は、IFFT部で周波数領域信号から時間領域信号へと変換され、親局送信信号のマルチパスや回り込み波の振幅・位相及び遅延時間情報を含んだタップ係数としてレプリカ生成部へ送られる。レプリカ生成部では、このタップ係数と受信信号から親局送信信号のマルチパス及び回り込み波のレプリカ信号を生成し、受信信号から親局送信信号のマルチパスと回り込み波成分を除去し干渉キャンセルを実現する。

2.2 遅延プロファイル推定方法

FFTサイズと信号帯域幅が異なる場合に遅延プロファイルに生じる波形ひずみの除去方法について述べる。周波数軸上でパイロット再生により求めた周波数特性をIFFT処理によって時間領域信号へと変換して得られる遅延プロファイルは図1のように表される。ここで、 d_1 は1波目の遅延時間、 d_2 は2波目の遅延時間を表す。これは、FFTサイズと信号帯域幅が異なるため、周波数軸上で方形窓が乗算されたことと等価であるので、時間応答では、乗算された方形窓に相当する関数 $\sin(N_s x)/\sin(x)$ (N_s は方形窓幅)が畳み込まれた波形が出力され、本来インパルス列のみが存在するところに、他のサンプル点に関数 $\sin(N_s x)/\sin(x)$ の波形が現れることになる。このような遅延プロファイルに生じる波形ひずみを除去し精度良く遅延プロファイルを求める方法を提案する。図1のような遅延プロファイルが求まる場合、時間応答の観測範囲において、各サンプル点でのレベルを求めてその最大値を検出し、しきい値 th_1 を決定し、しきい値以下の時間応答を強制的に0とする(図2)。ここでは1波目のみ出力されることになる。

ここでしきい値 th_1 は、FFTサイズと信号帯域幅から畳み込まれる関数 $\sin(N_s x)/\sin(x)$ の形状が既知となるため、それを基に雑音等による誤差を考慮し設定する。この時間応答をFFTにより周波数領域信号に変換し、保持していた受信信号周波数特性との信号帯域内の差分をとると、1回目の波形整形で除去された2波目の周波数特性が得られる。この周波数特性を再びIFFT処理によって周波数領域信号から時間領域信号へと変換すると、時間応答は、図3に示されるように、1回目の波形整形で除去された信号成分のみが関数 $\sin(N_s x)/\sin(x)$ が畳み込まれた状態で求まる。ここで再び時間応答の観測範囲において各サンプル点でのレベルを求めてその最大値を求め、しきい値 th_2 を決定し、しきい値以下の時間応答を強制的に0とすると図4となる。これを図2の時間応答と加算すると、1波目と2波目の理想的な遅延プロファイルが求められる。以上の動作を、しきい値 th_i がしきい値 TH_i を下回るまで繰り返し波形整形を行うことで、FFTサイズと信号帯域幅が異なる場合に生じる波形ひずみを除去でき、高精度な遅延プロファイルが推定可能となる。また、繰り返し処理後の最終出力遅延プロファイル上において、レベルの低い雑音成分を除去するためのしきい値 TH_n を設定し、このしきい値以下の時間応答を強制的に0とすることで、より精度を向上させる。

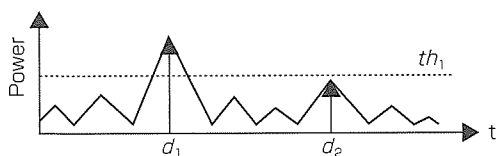


図1. 波形ひずみ1

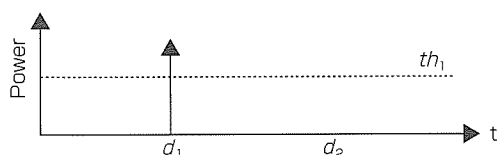


図2. ひずみ除去1

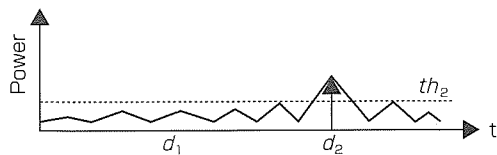


図3. 波形ひずみ2

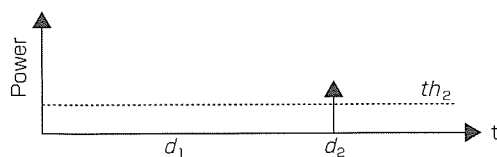


図4. ひずみ除去2

2.3 タイミング同期方法⁽⁴⁾

提案するタイミング同期方式は以下の7ステップで処理する。

【step 1】 GIを用いた自己相関処理でのピーク検出によって仮の初期タイミング T_1 を検出する。

【step 2】 初期タイミング T_1 に従い、FFTにより時間領域信号を周波数領域信号に変換する。

【step 3】 あらかじめ定められた位置に挿入されているパイロット信号を抽出する。

【step 4】 パイロット信号発生器のパイロット情報により伝達関数を求める。

【step 5】 伝達関数はIFFTされ伝送路遅延プロファイル $h(n)$ が出力される。

【step 6】 遅延プロファイル $h(n)$ の各パスと、あるしきい値 TH_2 を比較して先行波を検出し、補正タイミング $\Delta\tau$ を推定する。このとき、FFTの周期性を積極的に利用している。なお、しきい値 TH_2 は、 $h(n)$ の最大電力値 h_{\max} ($=\max[|h(n)|^2]$) に対して a (a は正の定数) を用いて $TH_2 = h_{\max}/a$ と設定する。

【step 7】 初期タイミング T_1 を補正タイミング $\Delta\tau$ で補正し、更新タイミング T_c としてFFT部へ送り、以後改めて復調処理を行う。ここで T_c は $T_c = T_1 - \Delta\tau$ として表される。

次に、【step 6】のFFTの周期性を利用した先行波サーチの具体的な処理を図5の2波モデルにより説明する。ここで初期タイミング T_1 により求めた遅延プロファイルは図のように求まり、初期タイミング T_1 よりも前にある先行波は、FFT範囲を外れた領域に現れる。しかしこの先行波は、図に示すように、FFTの周期性によりFFT範囲内の後部データ成分と等価となり、折り返しとして現れる。

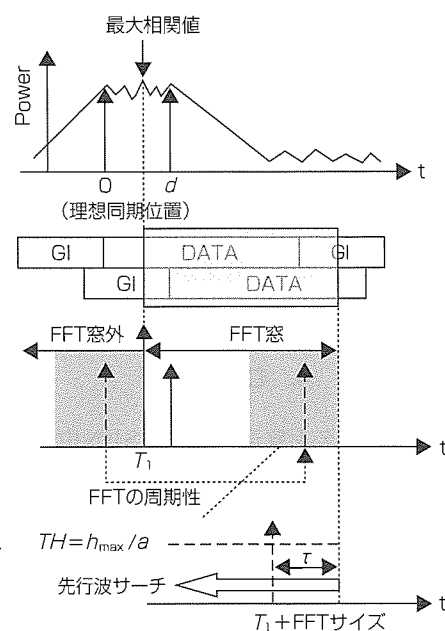


図5. 先行波サーチ

したがって、遅延プロファイル最後部から前方に向かってしきい値 TH_2 を超える先行波のタイミングを補正タイミング $\Delta\tau$ として検出し、初期タイミング T_1 の補正を行う。しきい値を超える先行波が複数検出された場合には、その最前列のものを先頭波として検出し、補正タイミングを求める。ここで、先行波サーチの探索範囲は、適用システムが想定する遅延プロファイルによって決定され、この値はパイロット信号の挿入間隔に対応する。また、この方式の付加の特長として初期タイミング検出の要求精度が大幅に軽減できるため、自己相関処理に用いる観測サンプル数を削減することが可能となる。

3. 提案キャンセラの特性

計算機シミュレーションによる特性評価の結果を示す。ここでの評価は、変調方式は64QAM-OFDM、拘束長7、 $R=7/8$ の畳み込み符号を行い、復調側で誤り訂正を行う。FFTサイズ8,192、キャリア数5,616、GI長1,024、回り込み波はGI内に収まる遅延時間を持つ5波で、受信DUR=2 dBとした。なお、回り込み波の振幅及び位相の変動は一定とした。また、パイロット復調は理想復調を行っている。

まず、図6と図7に、遅延プロファイル推定方法評価結果を示す。ここでは、遅延波の遅延時間がGI長の半分の512で遅延波レベルが先行波レベルより10dB低い2波モデルでの結果である。図6に、FFTサイズと信号帯域幅が異なるために波形ひずみを生じた遅延プロファイルを示す。なおここで、しきい値 th_1 は遅延プロファイル上最大値の-5dB、最終しきい値 TH_1 と雑音除去しきい値 TH_2 はそれぞれ遅延プロファイル上最大値の-60dB、-40dBとして評価した。この環境下で提案する遅延プロファイル推定方法を用いると、図7に示すような各波がインパルスとして現れる遅延プロファイルが求められることが確認できる。

さらに図8に、この提案キャンセラのBER特性を示す。回り込み波が入射する場合に、キャンセラを用いない場合は大きく特性劣化を生じているが、提案キャンセラを用いることにより大きく特性改善が図れているのが確認でき、 $BER=2.0 \times 10^{-4}$ でのCNR劣化量は0.1dB以下となっていることが確認できる。以上の結果から、この提案キャンセラがSFNの構築に有効であることが確認できた。

4. む す び

以上、地上デジタル放送におけるSFN中継に向けて当社が開発しているキャンセラに関して述べた。このキャンセラは、sinc関数の畳み込みによる波形ひずみを除去する遅延プロファイル推定方法を用いることにより、高精度な伝送路推定が可能であり、さらに、FFTの周期性を利用したタイミング同期方法を適用することにより、高精度なタイミング同期が可能となる。なお、このキャンセラを用

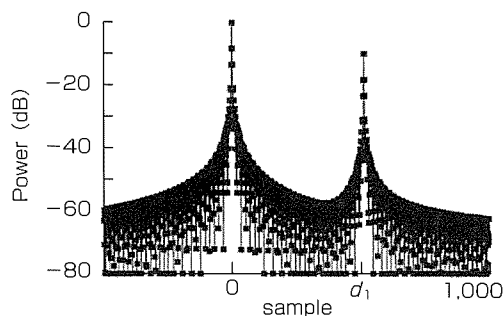


図6. 遅延プロファイル(ひずみ除去前)

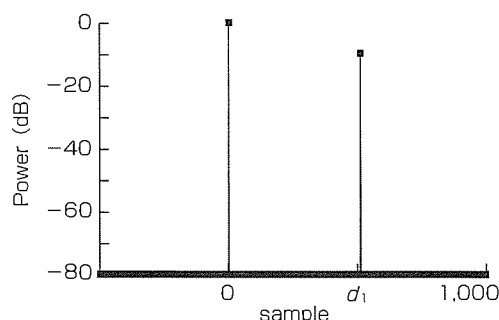


図7. 遅延プロファイル(ひずみ除去後)

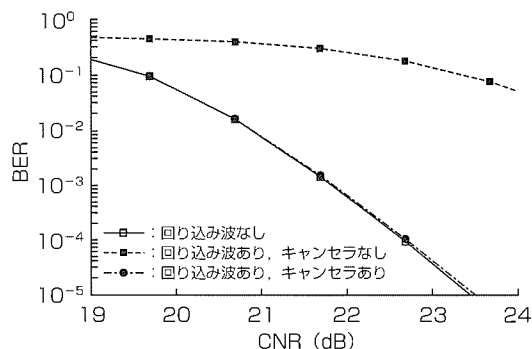


図8. BER特性

いることでの十分な特性改善効果が見られ、SFN構築に有効な手段であることを明らかとした。

参考文献

- (1) 川島孝司, ほか: 地上波デジタルTV放送のSFN中継における廻り込みキャンセラ, 信学技報, IT98-11, 59~64 (1998-5)
- (2) 今村浩一郎, ほか: 地上デジタル放送SFNにおける放送波中継用回り込みキャンセラの基礎検討, 映像学誌, 54, No.11, 1568~1575 (2000)
- (3) 山崎健一郎, ほか: 回りこみ遅延時間変動に追従するSFN用回り込み波キャンセラ, 信学技報, RCS2001-95, 1~6 (2001-9)
- (4) 山崎健一郎, ほか: FFT利得を利用したOFDM用タイミング同期方式に関する検討, 信学論(B), J86-B, No.10, 2097~2106 (2003)

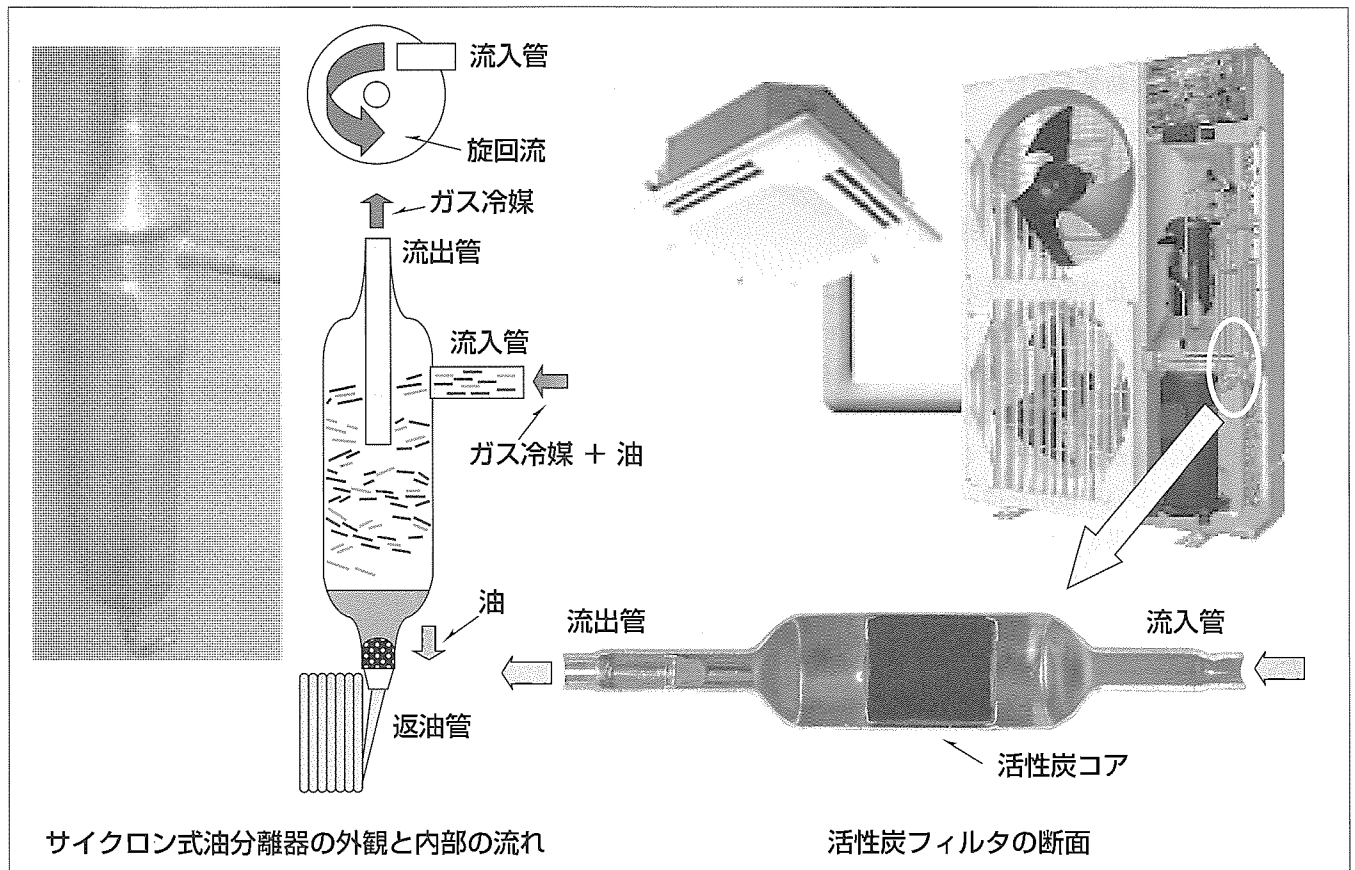
パッケージエアコン対応リプレース技術

七種哲二*
柴 広有*
榎本寿彦*

要 旨

オゾン層保護の観点から、冷凍空調業界では、HCFC冷媒からHFC冷媒への切換えを促進している。店舗・オフィス用のパッケージエアコンにおいてもHFC冷媒化が完了し、現在、市場への普及が進んでいる。一方、買換え需要が市場全体の6割以上を占める中で、HFC冷媒機切換え時には既設配管内に残留する塩素化合物などにより冷凍機油が劣化するため、洗浄機による既設配管洗浄や新規配管への交換が必要であり、工事性改善に対する要望が高かった。そこで三菱電機は、3馬力以下の機種に対して塩素化合物に対して化学的に極めて安定性の高いアルキルベンゼン油を適用する技術を開発した。アルキルベンゼン油は冷媒に対し非相溶性であるため、伝熱管内に油が滞留し伝熱性能低下や返油性能低下という問題があるが、サイクロ

ン式油分離器の採用、熱交換器パスの見直し、返油促進制御の導入により従来冷凍機油と同等の性能と返油性を確保した。また、4～6馬力の機種に対しては塩素化合物を吸着除去する活性炭フィルタを適用する技術を開発した。粒状の活性炭を円筒状に固め、樹脂シートで包む活性炭コアを銅容器内に収める構造とし、冷媒回路への組込みを可能とした。ユニット設置時に活性炭フィルタに液冷媒と塩素化合物を流通させる洗浄運転を実施することで、既設配管に残留する塩素化合物を許容値以下に低減し信頼性を確保することが可能となった。非相溶油適用技術と活性炭適用技術の開発により、既設配管を洗浄せずに再利用することができる店舗用リプレースインバートシリーズが製品化され、2002年11月から発売中である。



サイクロン式油分離器と活性炭フィルタ

写真左は、3馬力以下のパッケージエアコン用として開発したサイクロン式油分離器を示す。偏心した流入管によって発生する旋回流によって90%以上の油分離性能を持っている。また、圧力の高いR410A冷媒対策として、流入管差込部に平坦(へいたん)部を設けて配管接続する構造により耐圧を確保している。写真右は、4馬力以上のパッケージエアコン用として開発した活性炭フィルタを示す。内部に活性炭コアを持ち、残留鉱油が混入した液冷媒を流通させることで、既設配管内の塩素化合物を吸着する。

1. ま え が き

オゾン層保護の観点から、冷凍空調業界では、HCFC冷媒からHFC冷媒への切換えを促進している。店舗・オフィス用のパッケージエアコンにおいてもHFC冷媒化が完了し、現在、市場への普及が進んでいる。一方、買換え需要が市場全体の6割以上を占める中で、HFC冷媒機切換え時には既設配管内に残留する塩素化合物などにより冷凍機油が劣化するため、洗浄機による既設配管洗浄や新規配管への交換が必要であり、工事性改善に対する要望が高かった。そこで当社は、3馬力以下の機種に対しては塩素化合物に対して化学的安定性の高い非相溶油アルキルベンゼン(以下“AB油”という。)を適用し、4～6馬力の機種に対しては塩素化合物を吸着除去する活性炭フィルタを搭載することで、既設配管を洗浄せずに再利用可能とする技術を開発した。

2. 既設配管内の残留物

既設配管内にはHCFC冷媒(R22)に含まれる塩素から生成された塩素化合物や旧冷凍機油の鉱油などが残留している。これらは、更新機器の冷凍機油であるエステル油(以下“POE油”という。)の潤滑性能の低下や、スラッジを発生させ冷媒回路の信頼性を低下させる要因となる。表1は市場配管を調査した結果を示し、塩化鉄や塩化銅など塩素化合物は許容値の6.7倍と大きく、そのまま既設配管を使用することはリスクが大きいことが分かる。

3. 非相溶油適用技術⁽¹⁾

塩素化合物に対し化学的安定性の高いAB油は、1998年に業界で初めて当社ルームエアコンに適用され、HFC冷媒対応ルームエアコン用の冷凍機油として実績を持っている。しかし一方では、AB油は、冷媒との非相溶性により、冷凍サイクル内に油が滞留しやすく、伝熱性能の悪化や返油性の悪化を伴うという短所を持っており、冷媒配管長が長く、さらに余剰冷媒を貯溜する液だめを持つパッケージエアコンには適用が難しいとされてきた。今回、上記課題を解決しパッケージエアコンへAB油を適用する技術を開発した。

図1にAB油対応冷媒回路を示す。

表1. 市場配管残留物の調査結果

種類	塩素化合物	鉱油
許容値 (対エステル油中濃度比)	1.0 (基準)	1.0 (基準)
最大値 (対許容値比)	6.7	0.8
エステル油への影響	加水分解で油の潤滑性能劣化	過度な劣化の場合影響あり

3.1 AB油適用時の性能改善

AB油適用時の冷房性能評価結果を従来の相溶油であるPOE油と比較して図2に示す。冷凍機油だけをPOE油からAB油に入れ替えたドロップイン試験(油分離器なし)では、能力・COPともに約10%低下し、POE油に比べて蒸発温度の低下、低圧圧力損失の増加を確認した。これはAB油が非相溶性であり、低温の蒸発器、低圧配管内で油粘度上昇による油滞留量増加により、伝熱悪化、圧力損失増加が起きるためである。

次に性能改善対策を示す。図3(a)に示すように、従来の室内熱交換器パスは不均等形状であり、低温で粘度上昇が大きいAB油はPOE油よりも部分的な油の滞留が起きやすい。そこで、図3(b)に示すように室内熱交換器を均等パスに変更し、さらに油循環率を低減するために図4に示すサイクロン式油分離器を導入した。その結果、POE油に対し蒸発温度は同等、低圧圧力損失の増加は抑制され、能力・COPはほぼ同等まで回復した。また、暖房性能についても改善仕様でPOE油並みの性能を確認した。

3.2 AB油適用時の返油性改善

3.2.1 定常状態における圧縮機油面確保

図1に示すAB油対応冷媒回路は余剰冷媒を高温状態で貯溜する中圧レシーバを用いており、AB油はこの高温液

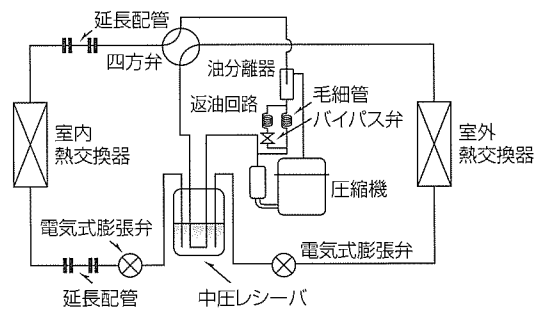


図1. AB油対応冷媒回路

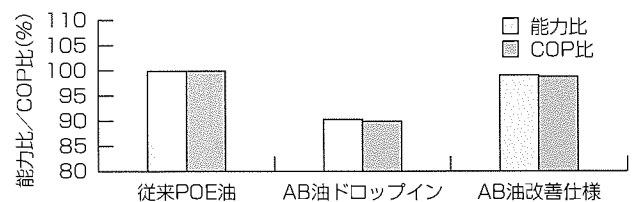


図2. AB油適用時の冷房性能評価

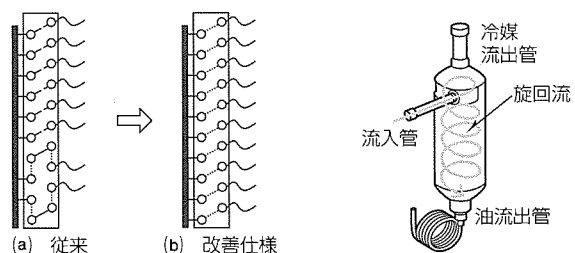


図3. 室内熱交換器パスの改善 図4. サイクロン式油分離器

冷媒に対し1%程度の弱溶解性を持っている。一方、図4に示す油分離器を適用すると冷凍サイクル内の油循環率は0.1%以下に抑制されるため、AB油は余剰冷媒に溶解し中圧レシーバでの定常的な油分離・滞留は防止される。これにより、圧縮機の油吐出率が大きな高回転数運転においても、十分な定常油量を確保できることを確認した。

3.2.2 過渡状態における圧縮機油面確保

圧縮機の油面評価を実施する際、定常油面の評価だけでなく、過渡的な油量を確認することが重要である。図5に暖房起動時の圧縮機シェル内の状況と油面の変化を示す。圧縮機起動直後の液バックにより、圧縮機シェル内のAB油は徐々に下部にたまり込む液冷媒に押し上げられ、白濁した液冷媒層とAB油層の2層に分離した状態となる。この時、圧縮機回転部に達したAB油は攪拌(かくはん)されて圧縮機外に持ち出され冷媒回路へ流出する。その後圧縮機内液冷媒層はモータの発熱により徐々に減少し、吐出冷媒に過熱度が付いた時点で急激に蒸発して消失する。この時、圧縮機の油面は最低必要油面以下に低下し、約10分程度油量不足となる。その後、冷媒回路に流出したAB油が徐々に返油され、定常油面まで回復する。

次に、過渡的な油量不足を改善するための技術について述べる。図6は、暖房起動後の油分布量変化を机上推定したものであるが、低温で流動性が低下し冷媒流速も低い蒸

発器内にAB油が長時間滞留し、返油を阻害することが分かる。そこで油流動性の確保に必要な冷媒流量を条件に応じて算出し、これを基に圧縮機回転数及び電気式膨張弁開度の制御を変更した。

さらに、圧縮機油面低下の根本的原因である起動時の油持ち出しを抑制するため、図1に示す返油回路のバイパス弁や四方弁の制御を追加した。図7はこれらの仕様を導入した結果であるが、図5に比較し過渡的にも十分な油面を確保することが可能となった。

3.3 既設配管適用時の信頼性

パッケージエアコンの使用条件でコンタミネーションを混入し、スラッジ発生加速試験を実施した。封入したコンタミネーションは、工程油、水分、空気以外に、既設配管残留物として劣化鉱油及び塩化鉄、塩化銅等の塩素化合物を加えた。劣化鉱油の量は既設配管に残留する最大量を想定してAB油封入量の30%相当を封入し、塩素化合物は市場の配管調査から得た塩素化合物残留量の $x+10\sigma$ (x :平均、 σ :標準偏差)相当量を封入した。図8に運転時間2,000時間における試験結果を示す。なお、比較ベースはPOE油に工程油、水分、空気のみを混入したものである。これによれば、AB油は既設配管残留物を加えてもPOE油の1/3程度しかスラッジは発生せず、また、毛細管の閉塞(へいそく)や圧縮機異常磨耗等も確認されなかった。

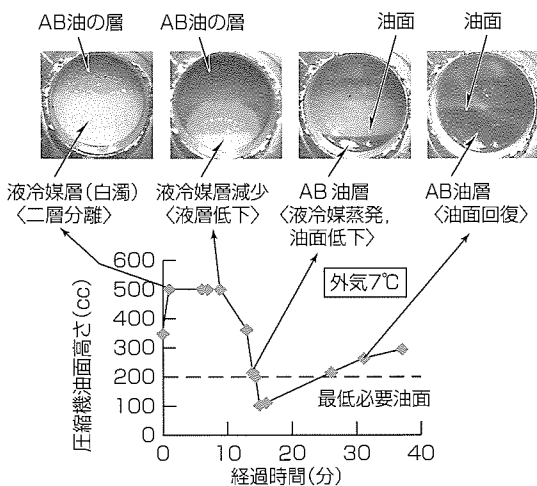


図5. 暖房起動時の圧縮機シェル内状況と油面変化

4. 活性炭適用技術⁽²⁾

4~6馬力の機種は3馬力以下の機種と圧縮機形式が異なり非相溶油の適用が難しい。そこで、塩素化合物を吸着除去する活性炭フィルタを搭載することで、既設配管を洗浄せずに再利用可能とする技術を開発した。

4.1 活性炭の塩素化合物吸着原理

飲料水の清浄化で多用される活性炭には、塩素化合物を強く吸着する特性がある。活性炭は内部には直径10~200Åの微細孔が網目状に存在し、表面積は1グラム当たり500~2,500m²と大きく、種々の物質を吸着する性質がある。吸着は微細孔表面に流体中の分子が引き付けられる現象である。吸着力には、吸着と脱着が平衡して作用する分子間力を主体とした比較的弱い物理吸着と、極性を持つ分子に

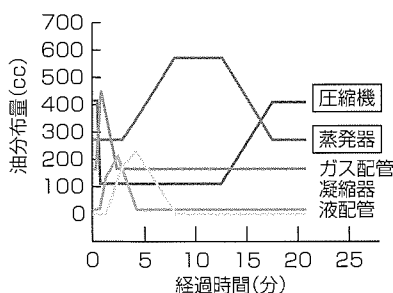


図6. 暖房起動後のAB油の分布量変化

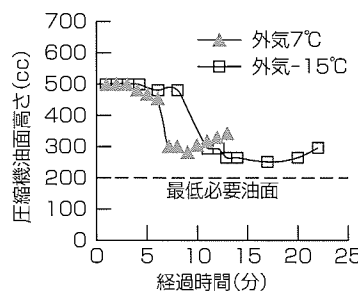


図7. 改善対策後の圧縮機油面の変化

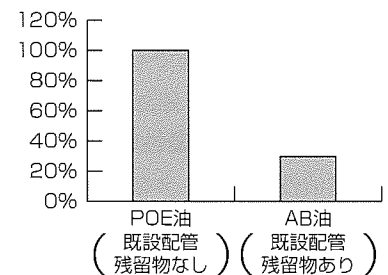


図8. POE油とAB油のスラッジ発生量比較

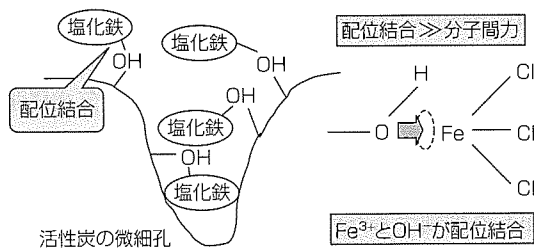


図9. 活性炭の塩素化合物吸着原理

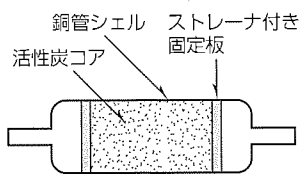


図10. 活性炭フィルタ断面図

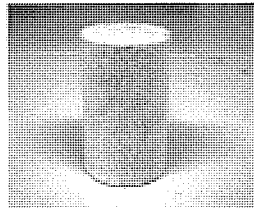


図11. 活性炭コア

作用して強固な配位結合を形成する化学吸着の2つに大別される。活性炭が冷媒中で塩素化合物を吸着する原理は主として後者の配位結合であり、その様子を図9に示す。塩素化合物の代表として塩化鉄を例にとると、活性炭の微細孔表面に存在する負極性の水酸基が、塩化鉄分子中の正極性である鉄原子と配位結合することにより強く吸着される。

4.2 塩素化合物吸着性能

活性炭による塩素化合物の吸着性能を試験的に評価した。活性炭は加工しやすい粒状の活性炭を採用し、これを円筒状に固め、繊維シートで包んだ活性炭コアとし、銅管容器に収める構造とした。活性炭の使用量は塩素化合物の吸着性能や信頼性を考慮して決定した。図10に活性炭フィルタの断面図、図11に活性炭コアを示す。次に、吸着性能評価に用いた塩素化合物にはPOE油劣化やスラッジ発生に最も影響を与える塩化鉄を用いた。評価方法は冷媒とPOE油に塩化鉄を許容値の73倍相当量を溶解したサンプル液を活性炭に一定流量で流通し、流通前後の油中塩化鉄濃度から活性炭の塩化鉄吸着量を測定した。その結果、1回の流通で99%以上の塩化鉄が吸着できることが分かった。

4.3 信頼性評価

活性炭はヤシ殻から製造されており、アルカリ土類金属を含むため、冷凍機油への影響や活性炭自身の劣化が考えられたが、冷媒、POE油、活性炭コアを5MPa、90℃で所定時間放置した場合でも冷媒、POE油、活性炭自身の劣化は生じないことを確認した。

4.4 実機搭載時の吸着性能

図12に活性炭フィルタを搭載した冷媒回路を示す。

活性炭フィルタは室外機の絞り装置に並列に設置し、既設配管中の残留塩素化合物を除去するため、適宜電磁弁を制御して活性炭フィルタに冷媒を流通するよう運転を制御した。

評価方法は、市場の配管調査から得た塩素化合物残留量

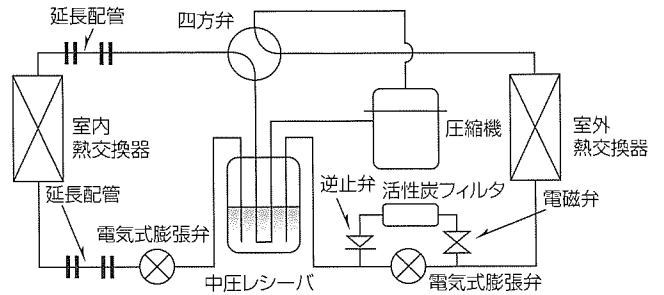


図12. 活性炭フィルタ搭載冷媒回路

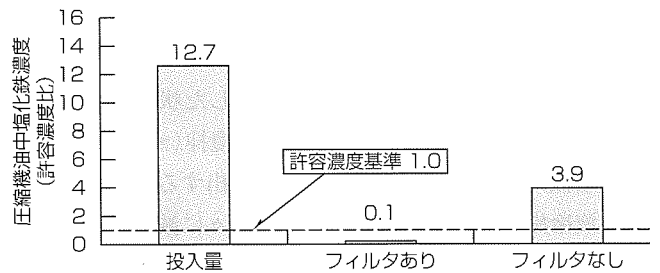


図13. 塩化鉄吸着の実機試験結果

の $x + 5\sigma$ (x : 平均, σ : 標準偏差)に相当する量の塩化鉄 (許容値の12.7倍)を冷媒回路に投入し、活性炭フィルタがない場合、活性炭フィルタに冷媒を流通する運転を1時間実施した場合でそれぞれ冷房運転を所定時間行い、圧縮機内のPOE油中の塩化鉄濃度を測定した。

試験結果を図13に示す。この試験結果から、活性炭フィルタに冷媒を流通した場合は、圧縮機内のPOE油中塩化鉄濃度は許容値比0.1にまで低減し、活性炭フィルタがない場合の許容値比3.9と比較して十分な吸着性能が得られた。さらに、長時間運転による圧縮機信頼性を確認するため、1,000時間の冷房運転を行い圧縮機の解体調査を実施したが、軸受の損傷など信頼性上の問題がないことを確認した。

5. む す び

パッケージエアコンへの非相溶油適用技術、活性炭適用技術を開発した。これらの技術を導入して既設配管を洗浄せずに再利用可能なリプレースインバータシリーズを製品化し、2002年11月から発売中である。

参考文献

- (1) 七種哲二, ほか: リプレース対応パッケージエアコンの開発 その1. 非相溶油適用技術, 第37回空気調和冷凍連合講演会論文集, 67~70 (2003-4)
- (2) 柴 広有, ほか: リプレース対応パッケージエアコンの開発 その2. 活性炭適用技術, 第37回空気調和冷凍連合講演会論文集, 71~74 (2003-4)



特許と新案

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

軟判定復号方式 特許第3223755号(特開平8-317006)

発明者 鈴木邦之

この発明は、位相変調方式の移動体無線通信における受信装置の軟判定復号方式に関するものである。

従来方式では、様々な受信レベルの上下限を考慮して固定的に信頼度情報の量子化する範囲と精度を設定していた。そのためシャドーイングのように急激に変化する伝搬環境では、受信レベルが大幅に変動することにより、量子化精度が劣化し、軟判定利得が低下するという問題があった。

この問題を解決するために、軟判定復号の対象となる信号セットごとに検出された受信レベルの中で、例えば最大値を算出する。この最大値から受信レベルの変動分が量子化ビット幅に入るようにスケーリングを行う(図1)。

受信した位相情報の0/1判定境界点からの距離に相当する位相信頼度情報と合成し、軟判定フォーマットを決定する(図2)。以上により所要軟判定ビット数を増加させないで誤り訂正能力を向上することができる。

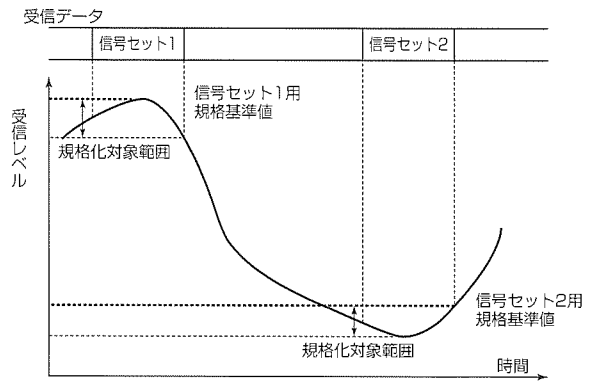


図1

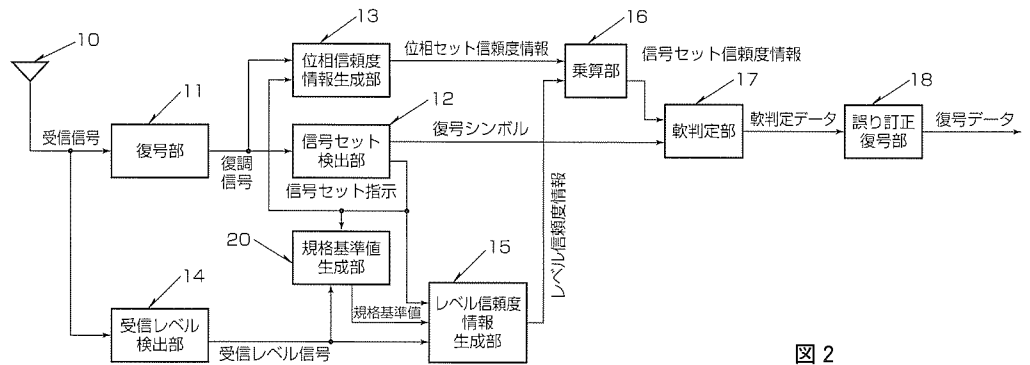


図2

移動体通信システム 特許第3094922(特開平8-283873)

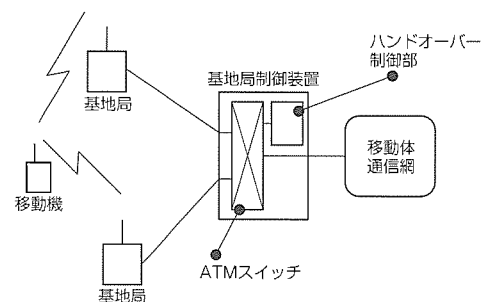
発明者 武 啓二郎, 伊藤修治

この発明は、基地局と基地局制御装置との間でATM (Asynchronous Transfer Mode)による情報伝送を行い無線区間は符号分割多元接続方式(CDMA)を用いて情報伝送を行う移動体通信システムにおいて、ハンドオーバーを実現するための同期情報の転送及び選択合成に関するものである。

W-CDMA方式のように移動機において最大比合成を行うことでハンドオーバーを実現する移動体通信システムでは、異なる基地局から同一データを同一タイミングで送信する必要がある。この場合に基地局と基地局制御装置との間の回線にATM回線やパケット回線を用いると、基地局制御装置から複数の基地局に対するデータ送信に同時性を保証できず、複数の基地局が同一タイミングで移動機にデータを送信することが困難であるという問題がある。

この発明では、移動機に対するデータ送信を複数の基地

局で同一タイミングにて送信できるように、基地局制御装置から基地局でデータ送信のためのタイミング情報を生成するための特殊なATMセル(又はパケット)を等間隔で優先して送信するようにした。これにより、基地局では、特定のATMセルの受信間隔から移動機へのデータ送信タイミングが決定できる。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

送信電力制御装置 特許第3374139号(特開2002-198901)

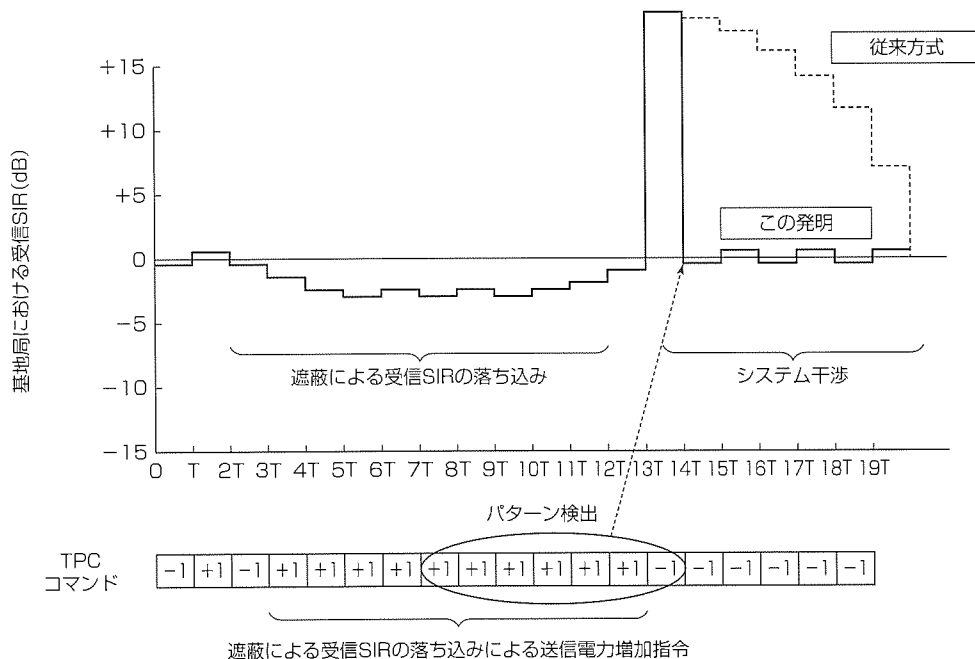
発明者 高野道明

この発明はCDMA方式(符号分割多元接続方式)を用いた陸上移動体通信システムにおける上りリンクの送信電力制御方式に関するものである。

従来の送信電力制御方式は、移動局が遮蔽(しゃへい)等に起因する受信SIR(信号電力対干渉電力比)の落ち込みから回復した場合に大きな上り送信電力で送信してしまい、またその制御が所定ステップサイズ(例えば1dB)で行われるため、その大きな送信電力が長期間継続し、それにより

大きなシステム干渉を引き起こしてしまうという問題点があった。

この発明では、TPCコマンドをあらかじめ蓄積しておき、所定コマンドパターンを検出し、移動局の送信電力を所定電力値(例えば過去の平均電力値)に設定する手段を設けた。これにより、図のように、速やかに送信電力値を低減できるため、従来方式に比べて大幅にシステム干渉を低減できる効果がある。



〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.78 No.3 特集「光・高周波デバイス」

三菱電機技報編集委員	三菱電機技報 78巻2号	2004年2月22日 印刷
委員長 井手 清	(無断転載・複製を禁ず)	2004年2月25日 発行
委員 小林智里 長谷川 裕 堤 清英	編 集 人 井手 清	
楽原幸志 村松 洋 松本 修	発 行 人 松本 敬之	
浜 敬三 田島 範一 中川 博雅	発 行 所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部	
瀬尾和男 部谷文伸	〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号	
黒畑幸雄 山木比呂志	日本地所第一ビル 電話(03)3288局1847	
事務局 松本敬之	印 刷 所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス	
本号取りまとめ委員 柏木 孝	発 売 元 株式会社 オーム社	
	〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地	
	電話(03)3233局0641	
	定 価 1部735円(本体700円) 送料別	
URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/	三菱電機技報に関するお問い合わせ先	cep.giho@ml.hq.melco.co.jp

〈訂正〉

第78巻1号(2004年1月)20ページ右段17行目を右記のとおり訂正いたします。(正)(関連記事75頁に掲載)←(誤)(関連記事66頁に掲載)

スポットライト

5GHz帯高速無線アクセスシステム

近年、e-Japan構想などのIT政策により、国内のインターネット通信のインフラ整備が進められています。高速インターネットアクセス回線としてはADSLやFTTH等がありますが、距離の制約により低速となる又は利用できないなどの課題があり、設置制約の少ない高速無線アクセス回線への期待が高まっています。

このような状況の中、2002年の規制緩和により、4.9～5.0GHz帯及び5.03～5.091GHz帯が通信事業者に開放され屋外での使用が可能となりました。これに対応し、高速無線インターネット接続サービス事業に適用する“5GHz帯高速無線アクセスシステム”を開発しました。

(3) セキュリティ機能

無線区間は、特に高いセキュリティレベルを確保しました。

(4) 遠隔からの保守機能

遠隔からの基地局及び端末局の監視・制御機能、さらに、ファームウェアダウンロード機能を持ち保守が容易です。

(5) 屋外設置を考慮した構造

施工性、耐候性を考慮した小型・軽量の単一筐体(きょうたい)です。

■システム主要諸元

システムの主要諸元を下表に示します。

■このシステムの主な仕様、特長

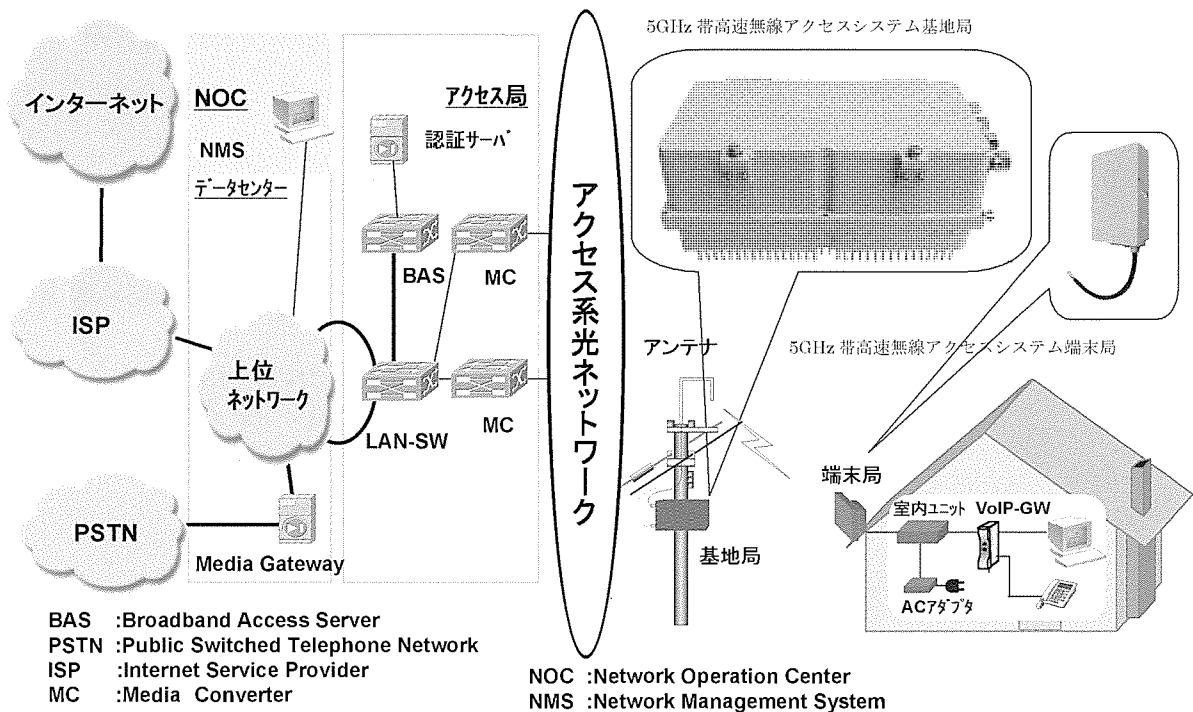
(1) 高速かつ安定なインターネット通信の実現

下り方向のみならず上り方向においても高速伝送を実現しました。また、干渉の少ない5GHz帯の利用により安定したサービスが提供できます。

(2) 無線アクセス制御によるフェアネス機能

各ユーザー間のスループットに偏りが発生しないように、公平かつ効率的な無線リソースの配分を行う“フェアネス機能”を持っています。さらに、音声信号(VoIP)の優先制御も可能です。

項目	内容
規格	IEEE802.11a/ARIB STD T-71準拠
周波数帯	4.9～5.0GHz及び5.03～5.091GHz
伝送速度	上下 最大54Mbps
ネットワークI/F(基地局)	100Base-FX(光ポート付きスイッチングハブ内蔵)
ユーザーI/F(端末局)	100Base-TX/10Base-T
セキュリティ方式	独自方式を含む暗号方式を採用
サービスエリア	最大500m
端末局収容数	最大70端末局/基地局
保守管理方式	SNMP等



5GHz帯高速無線アクセスシステム構成図

住 所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-2-3 (三菱電機ビル)

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：電力部 情報通信課 TEL 03-3218-2629

FAX 03-3218-2761