

次世代の移动通信方式の実験のため、W-CDMA 端末を開発した。方式の詳細パラメータは策定中だが、1997 年末時点での検討状況から無線機能を抽出した。マルチメディア機能として ISDN インタフェースの一種である I.430 規格で MPEG-4 動画端末を接続、移動体テレビ電話を実現した。端末実現上の主要な技術課題は、大規模デジタル回路の構成法と 2 GHz 帯電力増幅器の低ひずみ化である。前者はゲートアレイ開発(4 種)と FPGA および DSP を適切に組み合わせることで、後者はフィードフォワード型リニアライザ付電力増幅器を新規開発することで解決した。実験が目的のため 20l と大型ではあるが、移动通信の次世代へ向けた世界的な動きの一翼を担うものと期待される。

We have developed a W-CDMA (wideband code-division multiple access) terminal for IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) field experiments. Although many efforts are ongoing to merge candidate systems, we selected the 1997 version W-CDMA from ARIB.

For multimedia functions, an I.430 interface was installed and an MPEG-4(Moving Picture Experts Group-4)-based moving picture terminal was connected to realize a mobile TV-phone. Two problems were encountered: how to realize a giant-scale digital circuit, and how to realize a 2 GHz low-distortion power amplifier. In response to these problems, we developed four LSIs and constructed a digital circuit with these LSIs together with a digital signal processor (DSP) and field programmable gate arrays (FPGAs). We also developed a power amplifier with a feed-forward type linearizer.

Although the terminal is currently large in size (approximately 20 liters), it can be used for field experiments. We expect this terminal to contribute to the development of IMT-2000 systems.

1 まえがき

移动通信の世界規格(IMT-2000)の検討が進んでいる。92年に国際的に共通な新周波数帯(2GHz帯)の割当てが行われ、現在は国際電気通信連合無線通信セクター(ITU-RS)の場で基本仕様の標準化活動が進んでいる。わが国はW-CDMA(Wide band-Code Division Multiple Access: 広域符号分割多元接続)の名称で無線方式案を提案し、欧州から提案された無線方式UTRAや米国から提案されたcdma 2000など、諸外国案との融合作業中である。

当社は次世代の移动通信へ向けた先行技術の確立を旨とし、W-CDMA方式の端末(図1右)を開発したのでその主要技術および構成について述べる。

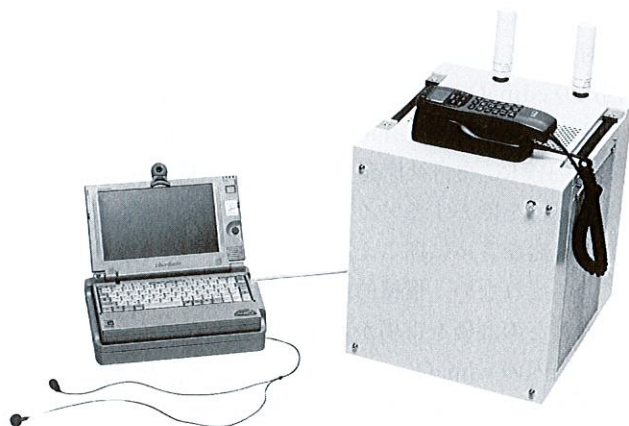


図1. W-CDMA 端末と MPEG-4 モバイル情報端末 実験用で約20lの容積である。左側に接続されているのはMPEG-4 モバイル情報端末を示す。

W-CDMA terminal and MPEG-4 mobile information terminal

2 目標機能

W-CDMA は上記のように融合作業中であり、また、詳細なパラメータも関連各機関が参加する ARIB(Association of Radio Industries and Businesses)の場にて策定中である。ここでは 97 年末時点での検討状況から、表1に示す無線機能を実現の目標とした。

IMT-2000 に対しては、周波数利用効率向上によるチャネル数の増大などのほかに、音声から動画像まで幅の広い

メディアを伝送するマルチメディア機能が特に期待されている。今回開発した端末では、音声は ITU 電気通信標準化セクター(ITU-TS)により定められた音声符号化方式の一つである G.729 に準拠した符号化方式により 8 kbps で伝送する。デジタルデータは I.430 のインタフェース規格を設け、最大 128 kbps の通信をサポートする。I.430 規格の利用例として、別途開発した MPEG-4 動画像コーデ

表 1. 無線機能

Major radio functions of W-CDMA terminal

項目	仕様
アクセス方式	DS-CDMA/FDD
無線周波数	2 GHz 帯
キャリア間隔	5(MHz)
チップレート	4.096(M チップ/s)
変調方式	情報 拡散ともに QPSK
復調方式	パイロット利用同期検波
最大送信電力	1.6(W)
最大情報伝送速度	128(kbps)
無線フレーム長	10(ms)
無線スロット長	0.625(ms)
誤り訂正(内符号) (外符号)	畳込み符号 ($r=1/2, 1/3$ $k=9$) 短縮化 RS(36,32)
ダイバージチ	RAKE+アンテナ

DS-CDMA/FDD: 周波数で送受を分離する直接拡散の符号多重アクセス方式
QPSK: 四相位相変調方式 r : 符号化率

ックとミニノートパソコン Libretto から成る端末⁽¹⁾との接続を行い、移動体テレビ電話を実現する。これは IMT-2000 が一つの目標とするマルチメディア伝送の代表例である。

今回は無線機能実現の確認など、実験的機能を中心とした開発とし、小型化と節電機能は今後の課題とした。

3 技術課題

図 2 に概要を示す個別機能を組み合わせ、前章に示した無線機能を実現する。図中、パスとは端末と基地局との電波の経路を示す用語であり、直接波や時間差をもつ反射波、さらに複数の基地局から到達するすべての電波の経路がおのおのの一つのパスである。また、フィンガとはおのお

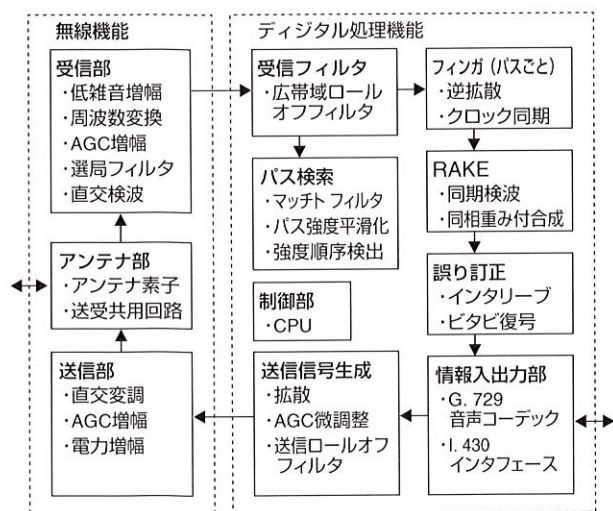


図 2. 個別機能の概要 多くの新規機能が必要とされ、実現手段の策定が重要である。

New functions incorporated into W-CDMA terminal

のパスごとに CDMA 復調(逆拡散)する機能、RAKE とはそれらを個別に同期検波し合成する機能である。図中の矢印は信号の流れを示す。

個別機能を実現する段階で、従来の端末技術に加えて新規に必要とされる主要技術を以下に述べる。

3.1 デジタル信号処理

W-CDMA は高度のデジタル信号処理技術を前提とした通信方式である。とりわけ、高性能 DSP(Digital Signal Processor)と大規模デジタル回路(ハードウェア)の活用が W-CDMA 端末実現の中核技術となる。

3.1.1 DSPとランダムロジック回路の機能分担

DSP は近年長足の発展を続けている。これはプログラムによって所要機能を実現する柔軟性が高く評価されているからであり、今回のように新しい機能を開発する場合にはきわめて魅力的な回路素子である。しかし、2~3年後の携帯端末への採用を考慮した場合でも、実用的なクロック速度は 100 MHz 程度と見込まれ、これ以上の速度を必要とする機能はランダムロジック回路で実現せざるを得ない。また、所要速度は低くても同時に多数の演算を並列に行う機能であれば DSP は適さない。DSP で実現する機能とランダムロジック回路で実現する機能との機能分担が大きな技術課題である。

3.1.2 ランダムロジック回路の大規模化

図 2 に示した機能のなかで、確実に DSP による処理が適すと見られるのは音声コーデック^(注1)機能と RAKE 機能であり、その他の機能は、部分的に DSP が支援するにせよ、ランダムロジック回路で実現せざるを得ない。これは W-CDMA の信号帯域が広く、多くの信号処理回路で高速のサンプリング速度(16 MHz)の動作が必要なためである。誤り訂正機能は最大 128 kbps の情報レートで動作すればよいのであるが、 k (拘束長)=9 の場合のビタビ(VTB)復号^(注2)アルゴリズムは 1 ビット復号するために 256 回の演算を必要とし、DSP で実現するには過大な負荷である。

結果として大半の機能をランダムロジック回路で実現することになり、全体の規模はゲートアレイ換算で 300 k ゲートを超えている。さらにパス探索やインタリーブ^(注3)、DSP とのデータ入出力に 1 K ワード(16 ビット)程度の RAM が 10 個以上必要であり、ハードウェア全体の規模を増大させている。回路規模が大きいことと、基本クロックが 16 MHz と速いこと、さらに新規機能が多く回路アルゴリズムを確認しつつ設計を進める必要があることから、

(注 1) 音声 Coder/Decoder の短縮略称で、音声 Coder とは音声ビットに変換する機能、音声 Decoder とはビットから音声を復合する機能。この両方の機能を併せもつ機能を音声 Codec(コーデック)と呼ぶ。

(注 2) 発明者の人名

(注 3) ビット列を送信前にシャッフルし、受信側で並べ直して元に戻す操作。伝送中に誤りが集中的に発生したときに誤り訂正能力が低下する難点を防ぐ手法。

従来の論理シミュレーションシステムを中心にした回路設計の手法は採用できず、回路設計手法の選択は大きな課題である。

3.2 無線回路

前述のように W-CDMA はデジタル信号処理の比率を高めその分無線回路への要求機能が緩和すると考えられるが、一部の無線機能について新たな対応が必要とされる。

3.2.1 2 GHz 帯低ひずみ電力増幅 W-CDMA では、情報の帯域にかかわらず一定の広帯域の無線信号を送信する。このため、送信系のひずみに起因する送信スペクトルの劣化は広い周波数範囲に影響を及ぼし、その結果、周波数利用効率の低下、加入者容量の低下を招く。一方、送信信号はフィルタ特性の規定の一つであるロールオフ率 0.22 により、平均電力に対するピーク電力の比率が PDC (Personal Digital Cellular) や PHS などの従来方式の規定 (ロールオフ率 0.5) よりも大きな値となり、回路のひずみの影響が現れやすい。したがって送信系、特に電力増幅器の低ひずみ化が重要な技術課題である。

3.2.2 送信電力制御 W-CDMA の基礎であるスペクトル拡散通信方式では、基地局において近くの移動機から受信する強い信号が、遠くの移動機から受信する弱い信号に干渉を与え加入者容量の低下を招く、いわゆる遠近問題が古くから指摘されてきた。この問題を解決するかが、移動機が基地局からの情報に基づいて送信電力を制御する、送信電力制御である。送信電力制御は加入者容量の確保と同時に端末消費電力の低下にもつながり、重要な技術課題である。

今回の開発では 70 dB のダイナミックレンジ、1 dB の

ステップで送信電力を制御することを目標とした。

4 構成

図 3 に W-CDMA 端末のブロック構成を示す。

受信系無線回路は、ヘテロダイン方式とし、中間周波段で自動利得制御 (AGC) を行い直交検波する。受信系はスペースダイバーシチのために 2 式実装した。低損失デュプレクサ (送受分波器) と低雑音指数 (NF) の低雑音増幅 (LNA) を採用することにより、5 dB 以下の低い受信系総合 NF を実現した。チャンネル選択は中間周波段のバンドパスフィルタ (BPF)、ベースバンドのデジタルロールオフフィルタ機能およびフィンガの逆拡散機能により行う。送信系無線回路は構成簡略化のために、中間周波段を設けない直接変換方式の構成とした。この構成では送信出力信号がローカル発振器回路へ回り込むことが問題とされている。これを防止するため、ローカル発振周波数を送信周波数の 1/2 とした。

装置全体の容積は約 20 l と、実験装置としては現実的な寸法に収めることができた。

以下、前章に述べた技術的課題について詳述する。

- (1) DSP は 2 個実装し、一つ (DSP 1) は RAKE 機能を実現し、もう一つ (DSP 2) では音声コーデックを実現した。

RAKE 機能は、別途ランダム ロジックで構成した通信チャンネル・制御チャンネルおのおの 6 本、計 12 本のフィンガからの出力信号を個々に同期検波し、おのおのの重み係数 (信号対干渉電力比) を算出して重み付け合成するものである。合成後の信号についても改め

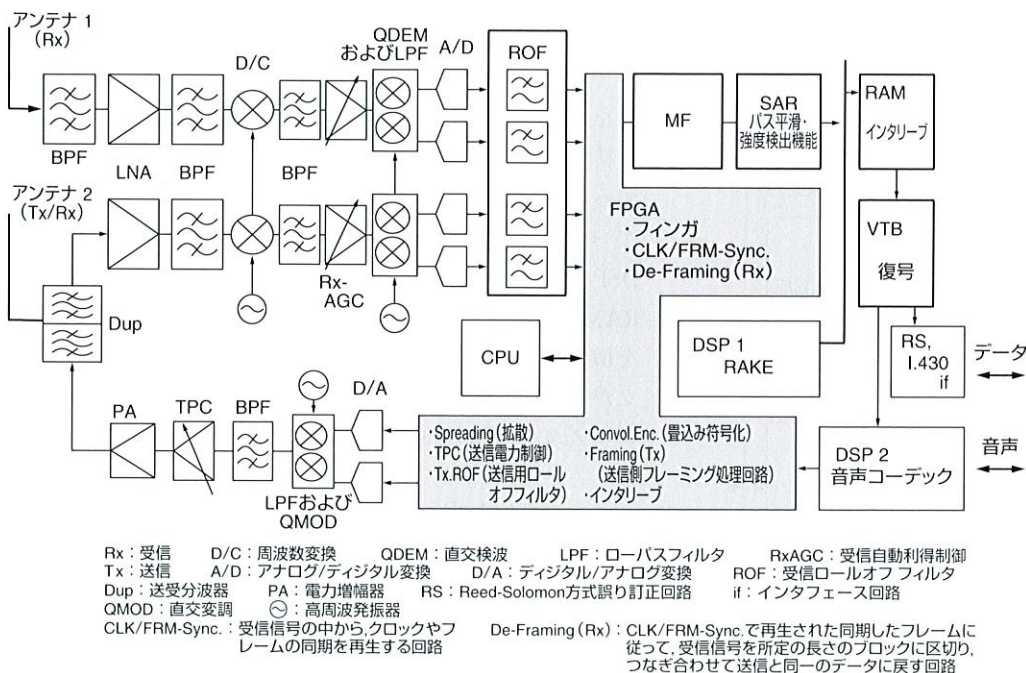


図 3. W-CDMA 端末のブロック構成 A/D および D/A を境に、向かって右側のデジタル部ではゲートアレイ、FPGA、DSP により所要機能が実現されている。

Hardware configuration

て信号対干渉電力比を算出し、無線回線の品質を監視する。DSP 1は、マッチフィルタ(MF)および強度検出(SAR)から得られるパス分布と、フィンガから得られる各パス個別の情報とを基にパステープルを作成更新し、各フィンガへの最適パス割当ても行う。

- (2) ランダムロジック回路は、アルゴリズムが確定しかつ回路規模の大きな回路はゲートアレイで、その他の回路はFPGA(Field Programmable Gate Array)で構成した。

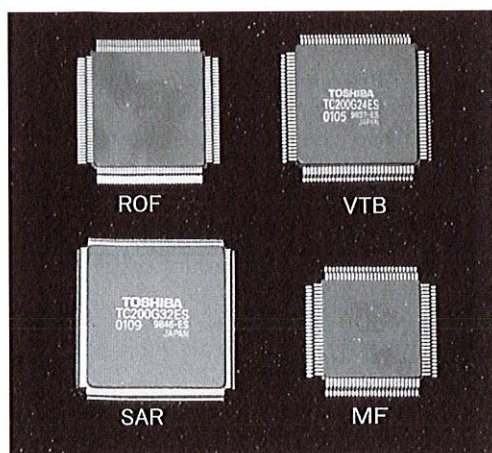


図4. 新規開発ゲートアレイ4種 ROF, MF, SAR, VTBの4種を新規に開発した。

Newly developed gate array LSIs

ゲートアレイは、受信ロールオフフィルタ(ROF), MF, パス平滑および強度検出機能をもつLSI SAR, VTBの4種を新規に開発した。図4に4種のゲートアレイの外観を示す。

FPGAは、内部にフリップフロップを約6,000個もつものを10個使用した。これにより、システムレベルの動作検証と回路修正のサイクルを短縮し、大規模な回路の新規開発を効率的に行うことができた。

- (3) 電力増幅器の低ひずみ化のためリニアライザを開発した。制御が電力増幅器内部で閉じて、特別の外部制御が不要であることからフィードフォワード型を採用した。図5に送信スペクトルを示す。隣接チャンネルへの漏洩は-40 dBc以下、次隣接チャンネルへは-60 dBc以下に抑えることができた。
- (4) 送信電力制御は、4 dB以上の粗いステップを無線回路で、それ以下の微調整は波形生成デジタル回路により行う構成とした。これにより無線回路の電力制御素子のばらつきをデジタル回路内部のROMによって補正することができる。



図5. 送信スペクトル フィードフォワード型リニアライザにより、隣接・次隣接チャンネル漏洩電力を改善した。

Transmission power spectrum

5 あとがき

次世代の移動通信方式の実験用に、W-CDMA 端末を開発した。デジタル回路構成手段として、ゲートアレイ、FPGA、DSPを適切に組み合わせることで、新規装置の開発を効率的に行った。今後、きたるべきサービスイン(使用開始)に備え小型化、低消費電力化を進める。

謝辞

日頃ご指導いただいている、NTT 移動通信網株の永田清人主幹技師に深く感謝の意を表す。

文献

- (1) 岩井勇, 他. MPEG-4 モバイル情報端末. 東芝レビュー. 53, 10, 1998, p.17-18.



高橋 英博 TAKAHASHI Hidehiro

WT 開発センター 開発第四担当主幹。
移動無線通信システム、関連機器の研究・開発に従事。
電子情報通信学会、IEEE 会員。
Wireless Technology Development Center



鶴見 博史 TURUMI Hiroshi

研究開発センター 情報・通信システム研究所主務。
無線通信システム、関連機器の研究・開発に従事。
電子情報通信学会会員。
Communication & Information Systems Research Labs.



小倉 浩嗣 OGURA Koji

研究開発センター 情報・通信システム研究所主務。
無線通信システム、関連機器の研究・開発に従事。
電子情報通信学会会員。
Communication & Information Systems Research Labs.