

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.77 No.2

特集「第3世代携帯電話技術」

2003 **2**



FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標です

目次

特集「第3世代携帯電話技術」

第3世代携帯電話技術特集に寄せて……………	1
伊藤善文	
21世紀型ライフスタイルの創造—第3世代携帯電話技術—……………	2
小坂益規・青山 滋・濱村正夫	
IMT-2000標準化の概要……………	7
佐藤一美・牧平經市	
W-CDMA携帯機用ベースバンド復調技術……………	11
青柳孝寿・中村隆彦・矢野安宏・石岡和明	
W-CDMA携帯機用ベースバンドLSI……………	15
吉田豊彦・山本正幸・神原隆宏・武内良祐	
W-CDMA携帯機受信デバイス……………	19
谷口英司・新庄真太郎・森 一富	
W-CDMA携帯機機構設計技術……………	23
高田志郎・伊藤順子・下地美保子・武者 淳・長谷川 学	
W-CDMA携帯機の音声・音響処理技術……………	28
高橋真哉・古田 訓・松岡文啓・吉田佳子・丸橋 仁	
W-CDMA携帯機の映像符号化伝送技術……………	32
小川文伸・浅井光太郎・馬場昌之・松田幸成・近藤省造	
W-CDMA携帯機のイメージング技術……………	36
幡野喜子・久野徹也・結城昭正・的場成浩	
W-CDMA携帯機セキュリティ技術……………	40
中川路哲男・松井 充・近澤 武	
W-CDMA携帯機の基本ソフトウェア……………	44
片山吉章・黒澤寿好・上村一穂	
W-CDMA携帯機のソフトウェアプラットフォーム……………	48
浮穴朋興・水口武尚・小中裕喜・二村祐地	
W-CDMA携帯端末のデザイン……………	52
山本光彦・中原義仁・東田智輝	

特許と新案

「スペクトル拡散通信装置およびスペクトル拡散通信方法」「画像の符号化伝送装置」……………	57
「音声符号化装置」……………	58

スポットライト

W-CDMAフィールド試験

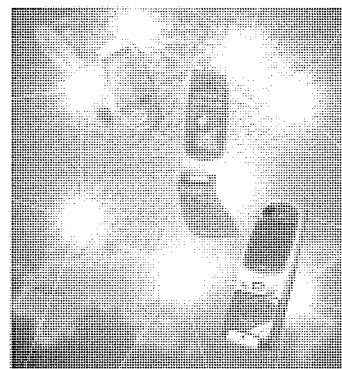
表紙

第3世代携帯電話技術

“ブロードバンド&モバイル”を合言葉に、社会のIT(Information Technology)化が急速に進んでいる。ITは、知識や情報の価値を飛躍的に高め、従来の時間と空間の概念を大きく変えた。また、グローバル化とパーソナル化の相対する事象を同時並行で促進し、マクロ/ミクロ両面から社会や文化を急速に変貌(へんぼう)させている。

第3世代携帯電話技術は、このような新しい時代の重要な技術の一つである。それは、国際標準化された方式、通信性能の高速高品質化、快適なブラウジング、テレビ電話、国際ローミング、情報セキュリティの強化、そしてユーザー情報の記憶などと、これまでのモバイル技術をあらゆる面で一新している。

このように第3世代携帯電話技術は今後のモバイルの核になる技術であり、その市場の成長が大きく期待されている。



第3世代携帯電話技術特集に寄せて



常務取締役 通信システム事業本部長

伊藤善文

携帯電話の技術は、ほぼ10年ごとに世代が変わっている。第1世代のアナログ方式の自動車電話システムの商用サービスが始まったのは1979年であり、デジタル方式の第2世代携帯電話の商用化は1993年であった。そして、2001年10月から、ドコモが、W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access)方式の第3世代移動体通信サービスFOMA^(注1)を商用開始している。携帯電話は、今、第2世代から第3世代へ、世代交代期を迎えている。

第3世代携帯電話技術は、同一の携帯電話が世界中で使えるように、IMT-2000という国際標準に基づいて方式が選択されたことや、高速化・大容量化・音声通話の高品質化、そして周波数の新たな帯域の割当てやその利用効率向上など多くの技術的特長を持っている。第2世代の28.8kbpsに対し、期待の大きい高速化は、最大384kbpsと画期的に速くなり、更なる高速化も近い将来の視野にある。この新しい技術は、従来サービスを向上させるにとどまらず、新しいサービスへも道を拓(ひら)くものであり、第3世代携帯電話技術を利用して、新しく画期的な産業が生まれる期待がある。このような領域は、モバイルインターネットと呼ばれている。

モバイルインターネットは、“いつでも・どこでも・何でも”インターネット接続する(ユビキタスにインターネットにつながっている。)ことを目指すものであり、ブロードバンドネットワークと相乗効果をなして発展していくものと考えられる。このように、携帯電話とネットワークが結び付いて、グローバルなデジタル社会が出来上がろうとしている。

国際標準を目指した第3世代携帯電話技術の仕様検討や開発には非常に長い歴史がある。1980年代中ごろから、世界共通の携帯電話方式を作る機運が高まり、幾多の変遷を経ながら、1999年にIMT-2000として最初の世界標準仕様がまとめられた。そして、第3世代移動体通信サービス

(注1) FOMA, iモード, iショットは、(株)NTTドコモの商標である。

FOMAが商用サービス開始されている。

我が国では、これまでに、ドコモの「iモード^(注1)」サービスなどの成功により、75%以上の人が携帯電話からインターネットにアクセスしていると言われている。これは、我が国がこの新しい世代の技術を世界で最初に適用するにふさわしい国であることを示している。国際標準化された第3世代携帯電話技術を日本で育てて世界に広げていくことを、切に期待している。

三菱電機は、技術分野が多様で広い領域に及ぶこの第3世代携帯電話技術に対し、全社を挙げて、積極的に取り組んでいる。第1世代、第2世代と携帯電話を支えてこれまで多くの実績を残してきた無線通信技術、モバイルインターネットを安全なデジタル社会とするために採用された情報セキュリティ技術、多様なサービスを可能とするマルチメディアやアプリケーションソフトウェア技術、そしてこれら技術が複雑化・大規模化するにもかかわらず小型軽量化の追求を続ける実装技術などである。この特集では、これら当社の第3世代携帯電話技術への取り組みの様子を紹介する。

2002年のFOMAの市場は、予測どおりには立ち上がらず、厳しい状況にあった。一方で、PDC(Personal Digital Cellular)における「iショット^(注1)」対応の携帯電話ムーバD251iのヒットには、画像サービスがケータイのサービスとして定着しつつあることを感じる。この新しい動きは、第3世代が目指すモバイルマルチメディアサービスと関連したものであり、動画サービスなどへの展開を期待したい。

三菱電機は、積極的に第3世代携帯電話の開発に取り組み続けるとともに、“Better Link to the Future”のスローガンの下、お客様に満足がいただける優れた携帯電話づくりに努力している。皆様のご指導とご支援をお願い申し上げます。

21世紀型ライフスタイルの創造 —第3世代携帯電話技術—



小坂益規*



青山 滋**



濱村正夫***

要 旨

携帯電話とインターネットが融合して「iモード^(注1)」などの新しいサービスが提供され、携帯電話のサービス領域が、音声通信から、非音声通信へと大きく広がっている。メール機能やブラウジング機能の搭載は、個人がインターネットの恩恵を直接享受できることを可能とした画期的な出来事であった。また、身近な機能の充実も進み、着メロやピクチャーメールなどいわゆる“ケータイ文化”が浸透して静かに生活風景を変えている。

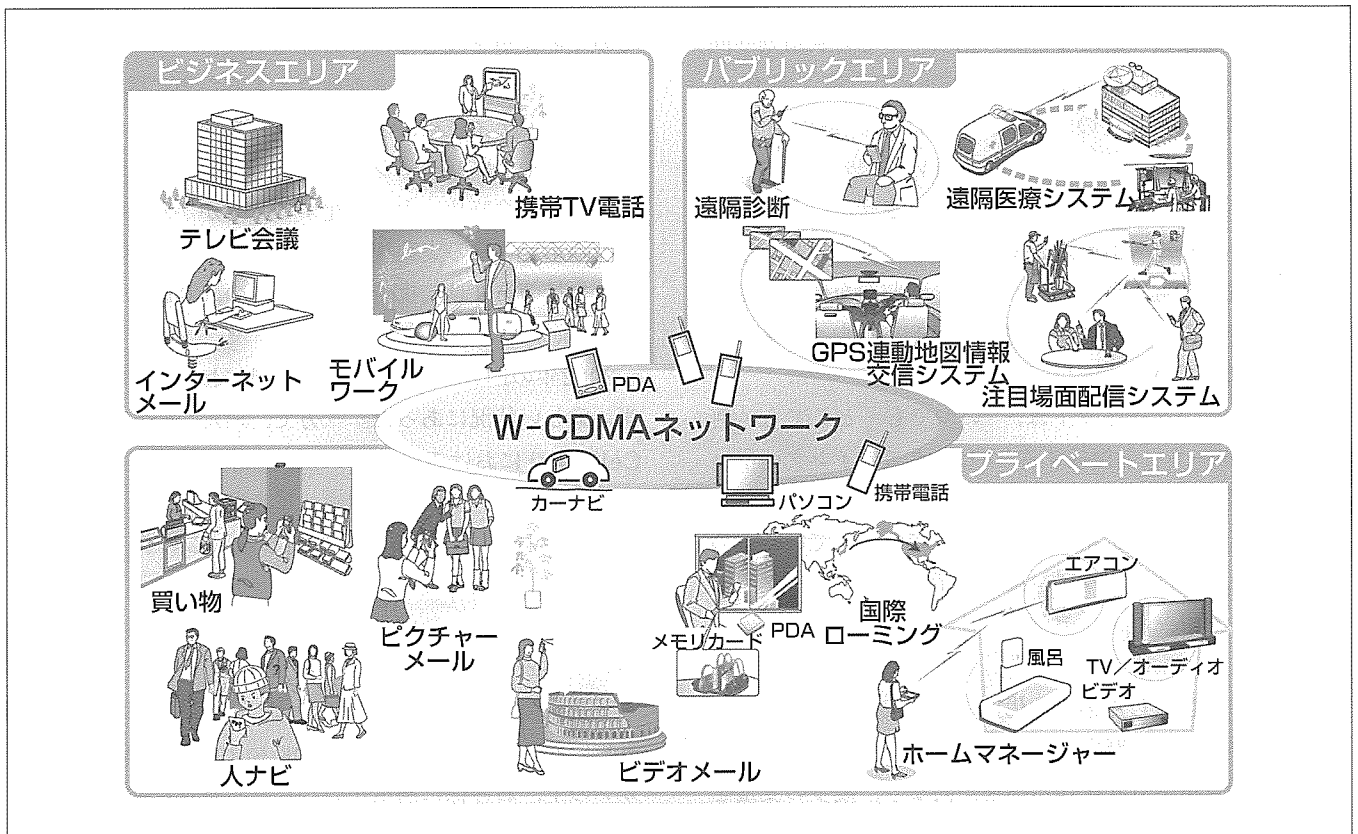
しかし、これらは、人々のライフスタイルの変化の始まりに過ぎない。既に、動画ニュースやテレビ電話などの新しいサービスを、携帯電話上で利用することができる。世界中を自分の携帯電話を持ち歩いて、自国のサービス圏内にいると同じように使い、快適に行動することができるよ

うになる。さらに、認証やセキュリティの技術が進み、広く電子決済なども可能となって、個人の行動領域が飛躍的に拡大される。第3世代携帯電話技術は、21世紀のデジタル社会において、新しいライフスタイルを提供する中心技術である。

第3世代携帯電話を取り巻く領域は極めて広い。三菱電機は、基礎技術開発からグローバルなビジネス展開まで、世界的な規模で積極的に取り組んでいる。

この特集では、無線通信技術、実装技術、音声・映像符号化技術、情報セキュリティ技術、イメージング技術、そしてソフトウェア技術など、第3世代携帯電話を支える当社の技術を紹介し、その展望を述べる。

(注1) iモード、FOMAは、(株)NTTドコモの商標である。



第3世代携帯電話技術が創る21世紀型ライフスタイル

第3世代携帯電話は、IMT-2000世界共通技術仕様に従って作られる。W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 方式もその一つである。W-CDMA方式は、第3世代移動体通信サービスFOMA^(注1)として2001年10月から商用サービスが開始されている。サービスの領域は、テレビ電話、国際ローミング、eコマース、ナビゲーションそしてネット家電との接続などが目標にあり、モバイルインターネットを取り巻くあらゆるものへの接続が期待されている。

1. ま え が き

携帯電話の成長と普及は極めて急激である。国内の携帯電話加入者数は、2002年11月時点で携帯電話が7,281万台、PHSが560万台を数え、人口普及率は62%を超えている。また、固定電話の加入者数を2000年3月に上回り、インターネット接続ができる携帯電話の普及率が2002年3月で75%を超えている。全世界では、2002年には約4億台の携帯電話が生産され、その加入者総数は10億加入にも上る。実に世界の6人に1人が携帯電話を利用している計算になる。

しかし、現在これらを支えてきた第2世代携帯電話が変革期を迎えている。ユーザー数の爆発的な増加と、データ通信サービスの拡大／多様化によりもたらされた周波数資源不足の解消や、より高度な情報をやり取りするためのデータ通信速度高速化など、現状課題の発展的な解決策が必要となっている。

今、携帯電話は、新しいデジタルネットワーク社会に適応できる、高速で高品質な通信性能など多くの技術的特長を持つ第3世代技術へと、世代交代しようとしている。

第3世代携帯電話技術は、1999年、ITUがIMT-2000の無線インタフェースの勧告を完成させ、国際標準として制定して、今日に至っている。IMT-2000が求めた条件は、世界中で使えること、データ通信の高速化、音声通話の高品質化、そして周波数利用効率の向上である。

この特集では、第3世代携帯電話を構成する要素技術を中心に、当社の技術を紹介する。

2. 第3世代の目標と概要

2.1 第3世代の目標

第2世代のデジタルセルラー方式は、日・米・欧の3地域で方式が異なっている。このため、単一モードの携帯電話を、世界中どの国でも使うというわけにはいかない。第3世代は、統一的な世界共通技術仕様がIMT-2000として規格化され、勧告されている。各地域ともこれに従わねば

ならず、したがって、第3世代では、同一の携帯電話を世界中どこでも使用することが可能となる。例えば、2001年10月に第3世代移動体通信サービスFOMAをスタートしたドコモは、IMT-2000勧告に基づくW-CDMA方式を通信方式として採用している。このグローバル化への対応が第3世代の最も特長的なものである。このほかに、新世代にふさわしい高速化、大容量化、音声通話の高品質化そして周波数の新たな帯域の割当てとその利用率の向上など多くの技術的特長を持っている。

第3世代の優れた通信性能は、テレビ電話や動画を利用するマルチメディアアプリケーションを可能とし、通信サービスに新しい展望を与えている。また、携帯電話にUIM(User Identity Module)カードを標準装着するなどして、個人データの管理や記憶を可能とし、パーソナル化の対応を強化している。

2.2 通信技術の概要

W-CDMA方式では、回線交換・パケット交換とも、第2世代よりも通信速度が大幅に向上し、回線交換では、適応マルチレート(AMR)により、固定網並みの高品質な音声通話が可能である。また、非制限デジタルベアラでは、ISDNや移動機との間で64kbpsのデータ通信ができ、AVベアラを用いてTV電話や動画の通信が可能である。パケット交換は、最大伝送速度が下り384kbps、上り64kbpsの速度が得られる(図2)。さらに、マルチコールにより音声通信とパケット通信が同時に使用でき、iモード利用やデータのやり取りをしながら同時に通話をすることが可能である。

	パケット交換モード	回線交換モード
高速移動環境	最大384kbps	64kbps
歩行環境		
室内環境	最大2Mbps(予定)	

図2. FOMAの通信方式と速度(現状)

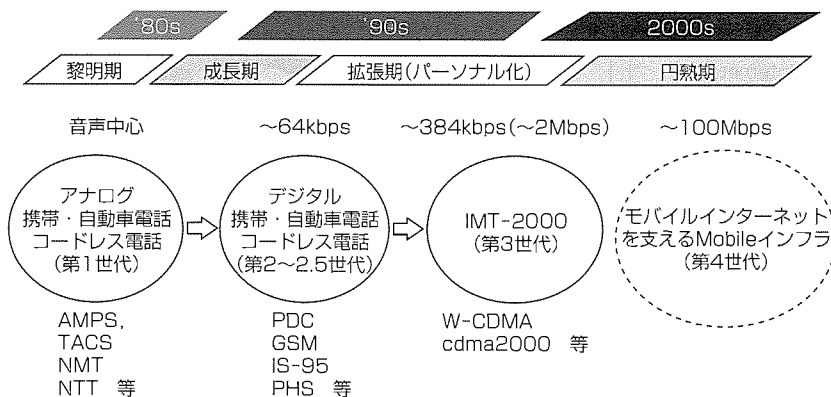


図1. 移動通信システムの発展

2.3 サービスの概要

サービスは既存ユーザーの利便性を十分考えながら提供される必要があり、第2世代と第3世代の連続性は重要である。ここでは、特に、第3世代サービスの特長について述べる(図3)。

第3世代では、パケット通信が高速になるため、iモードが快適に使える。パケット通信は、使ったパケット分だけの課金のため、時間を気にせずネットワークを利用でき、常時接続の感覚に近づいている。

iモードにおけるメールやブラウジングは通信速度の高速化とともに、データ容量の拡張などが併せて実施され、より高機能かつ実行速度の向上が実現可能となる。また、Javaによる「iアプリ^(注2)」も同様に大きなアプリケーションやデータが扱えるようになり、動画像のような高度なサービスへの対応が可能となる。特に、テレビ電話機能、動画像クリッピングや動画像メールなどモバイルマルチメディアサービスにおける快適な利用が実現され、今後第3世代の中心的サービスになるものと考えられる。

3. 当社の携帯電話技術

携帯電話の成長と普及は、図4の主要サービスの契約者数推移に見られるように、極めて急激である。アナログ方式の第1世代が1979年に自動車電話として最初に導入され、デジタル方式の第2世代が1993年に商用化されている。

当社は、自動車電話の初期からこの分野に参入した。特に、1990年以来、ドコモにPDC(Personal Digital Cellular)商用移動機としてコンパクトでシンプルなデザインのフリップタイプ型携帯電話“ムーバD”シリーズなどを納入し、
(注2) iアプリは、(株)NTTドコモの商標である。

2002年11月までに、累計台数は2,300万台に達している。携帯電話開発に関する当社の世代ごとの技術的特長を図5に示している。

第3世代携帯電話技術の開発に関しては、1996年から、本格的にドコモの“移動通信W-CDMA実験装置”の研究試作に着手し、W-CDMA方式についての理解を深めるとともに、技術向上に努めてきた。同時に、基地局と移動局の対向試験時の実験装置であるエアモニタを始めとして、次期システム導入時の研究試作や量産開発を効率的に進める体制の整備なども併せて行った。

また、学会、ITU、3GPP(3rd Generation Partnership Project)など国際会議、ARIB(電波産業会)や郵政省関係の委員会などの場においても、標準化活動などを積極的に行ってきた。

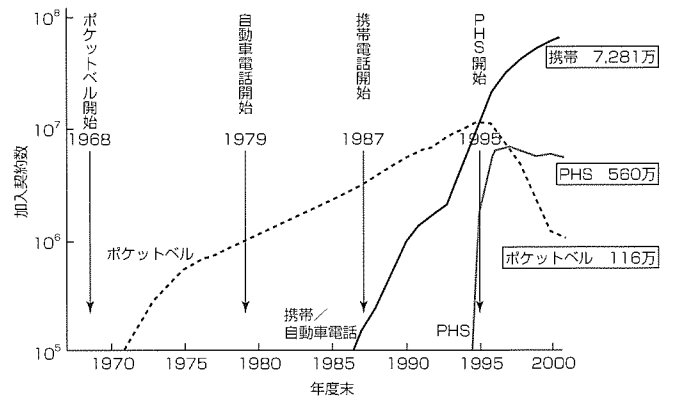


図4. 主要サービスの契約者数推移

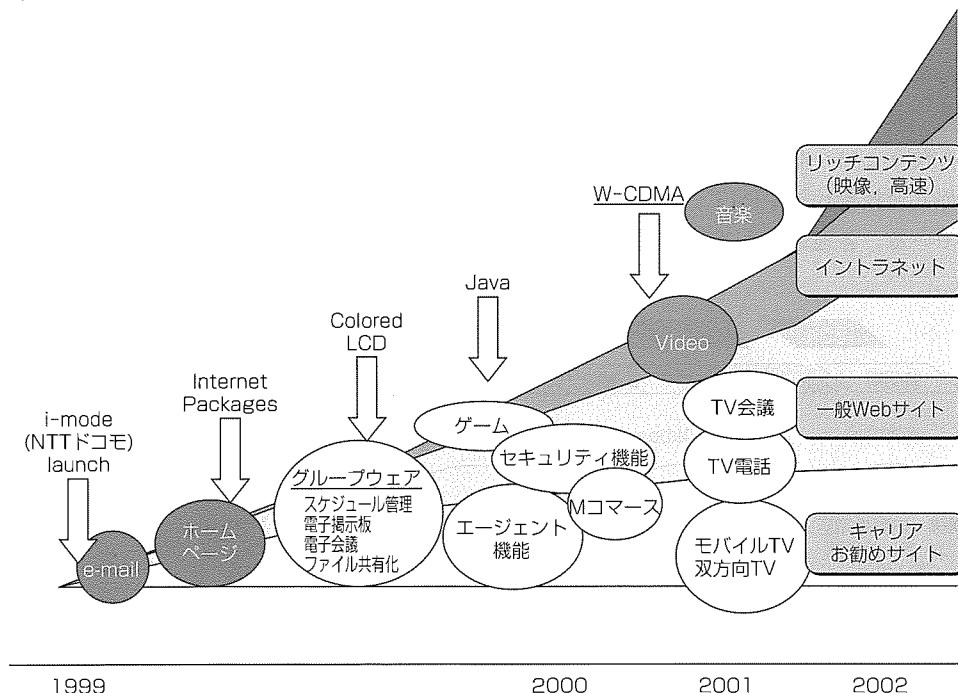


図3. モバイルマルチメディアサービスの進展

第1世代 1980	第2世代 1990	第3世代 2000
アナログ	デジタル(PDC)	IMT-2000
<ul style="list-style-type: none"> ●アナログムーバ -無線部の小型化 -低消費電力化 -FDMA方式 	<ul style="list-style-type: none"> ●デジタルムーバ -デジタル化→TDMA方式・多チャンネル化(3倍) -小型化/軽量化/低消費電力化 -パケットデータ通信 -ショートメールサービス -iモード -ブラウザ・eメール -ゲーム -Java, SSL 	<ul style="list-style-type: none"> ●FOMA -W-CDMA方式(3GPP/国際標準) -高速データ通信(~384k~2Mbps) -マルチコール -国際ローミング -動画像配信

図5. 当社の世代ごとの技術的特長

この特集では、ドコモに2002年3月に納入したW-CDMA方式の携帯電話FOMAのD2101Vに適用した技術を踏まえて、当社の第3世代携帯電話技術について述べる。

(1) 無線通信技術

3GPP規格に準拠して、音声(12.2kbps)から高速パケット通信(384kbps)までの種々の伝送速度に対応し、W-CDMA固有のRAKE受信・拡散符号同期・ソフトハンドオーバを統合的に実現するベースバンド復調技術を開発した。W-CDMAとして最初のダイレクトコンバージョン受信を実現し、受信部の小型化を実現している。

(2) 音声符号化・音響処理技術

3GPP規格を満足するノイズサプレッサ技術を開発し、2002年5月に世界で最初に3GPPの性能承認を得た。受信側と送信側の話者が同時に話しても安定に動作するエコーキャンセラ技術、3GPP周波数特性規格を満足するレシーバ実装技術と合わせて、TV電話のハンズフリー通話も良好に行える高い音声品質を実現している。

(3) 情報セキュリティ技術

当社暗号技術“MISTY”をベースにした暗号アルゴリズム“KASUMI”が3GPP規格(W-CDMA)及びGSM規格に採用された。国産暗号技術としては初めて国際標準に採用されたものである。

(4) 映像符号化・イメージング技術

高品質かつ誤りに強いMPEG-4画像符号化技術をベースとして携帯TV電話機能を実現した。また、AR(人工網膜)チップ開発などにより、イメージング系の性能向上を図っている。

4. デジタルネットワーク社会と携帯電話

移動通信の伝送速度の高速化は、通信サービスを発展させるために不可欠であり、より高速な伝送速度を目指して開発が続けられている。第3世代の通信サービス開始時の伝送速度は384kbpsであるが、次のステップは、2Mbpsが視野にある。さらに、HSDPAによる最大14.4Mbpsの実現を目標とした高速化が開発の途上にある。それ以上の高速化は第4世代で検討されることになろう。

第3世代の大きな課題は、どのようなタイムスケジュールでIMT-2000が世界に広まっていくかであろう。それによって、そのときの国際ローミングサービスが可能となるエリアの広さ、グローバル化の程度が決められる。現在のところ、世界的にみて、第3世代への移行は、まだ緩やかである。

携帯機の小型化・省電力化・低価格化は、第2世代の携帯電話がそうであったように、厳しい努力が要求される。音声通話は、個人が最も効率的にコミュニケーションすることを可能とする、携帯電話による通信の原点である。TV電話ができるようになって、携帯電話のこの基本的要件は大切である。

第3世代の携帯電話が普及し、いわゆる“ブロードバンド&モバイル”ネットワーク時代が到来すると、携帯電話には、更に新しい役割が課せられる。図6にデジタルネットワーク社会における携帯電話の新しい位置付けを示す。デジタルネットワーク社会における個人は、現代の車社会における行動形態のように、携帯電話を駆使して、デジタルネットワーク社会の中で生活行動をするようになるであろう。デジタルネットワーク社会は基本的にグローバルであり、かかるコストは、距離の関数ではなく、時間の関数に比例する。この結果、現在の生活行動に比べて個人の活動領域は飛躍的に拡大されると考えられる。

インターネットが普及して以来、情報の入手の仕方や利用の方法が変わり、購入先選択や配布の方法にも影響を及ぼした。さらに、今後、放送や家電そして社会システムなど個人を取り巻くあらゆるものと、利用者としての個人とのかかわり合い方に、大きな変化が生ずるであろう。

モバイルインターネットを取り巻くサービスには、既に多くの変化が起きているが、携帯電話で処理できるサービスは増加を続ける。例えば、自分の知りたい地域の天気予報や交通情報などは、どこにいても携帯電話を通じて、いつでも知ることができる。チケットの購入も更に簡単で便利になっていく。映画なども映像配信によって、チャプター単位に、あたかも連続ドラマのように分割して、見たいときに、見たいだけを、携帯電話上で見るようなことが起

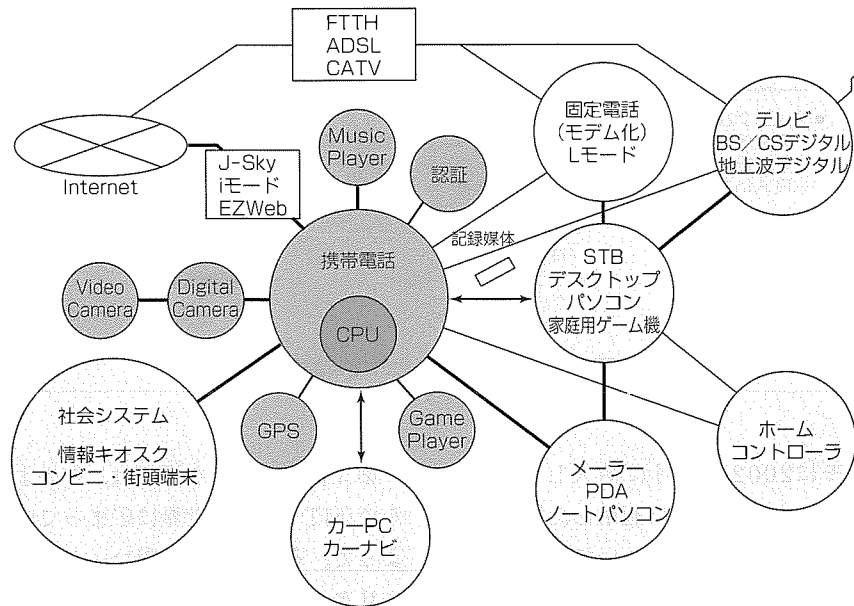


図6. デジタルネットワーク社会と携帯電話

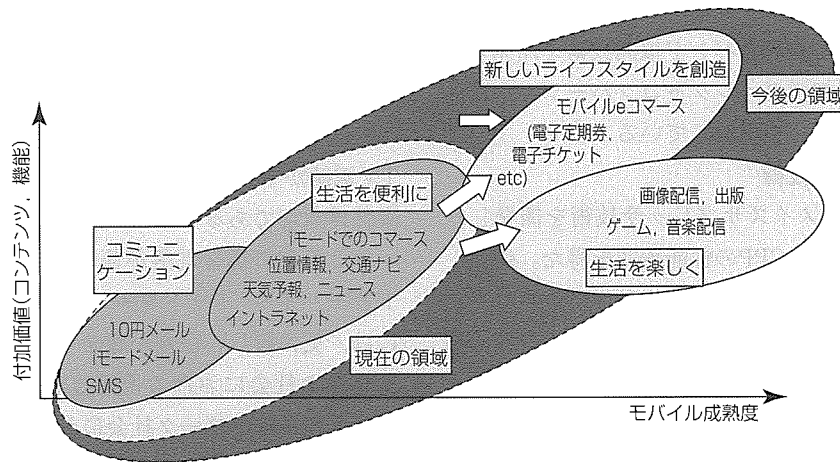


図7. 進化するモバイルアプリケーションサービス

きることも考えられる。

デジタルネットワーク社会におけるサービスの形態の大きな変化は、サービス内容や利用方法が利用者によって選択されるということである。提供者側本位のサービスは、変革を迫られることになる。図7には直近に予測されるアプリケーションサービスの代表的な例を示している。

5. むすび

これまで述べたように、第3世代携帯電話技術は、あらゆる面でこれまでの携帯電話技術を一新している。そこに

は、デジタルネットワークを駆使した新しいライフスタイルの期待がある。

三菱電機は、第3世代携帯電話技術開発に積極的に取り組み続け、デジタル社会におけるお客様の新しいライフスタイル創りに貢献していく所存である。

参考文献

- (1) NTTDoCoMoテクニカルジャーナル, 9, No.2 : IMT2000サービス特集

IMT-2000標準化の概要

佐藤一美*
牧平経市**

要 旨

世界共通の携帯電話方式に対する期待が起こり、開発に着手したのはアナログ方式がサービスを始めて間もない1980年代中ごろであった。以来、十有余年の歳月を掛けて世界的なコンセンサスを得ながら関連勧告類を完成させていき、ようやく、1999年11月になってITU-R(International Telecommunication Union the Radiocommunication sector)がIMT-2000の無線インタフェース詳細仕様の勧告(ITU-R M.1457)を完成させた。

一方、具体的な製品化を実現するために、日欧米中韓を中心とした関係国及び関係地域の民間標準化機関がパートナーシップを形成し、共通の技術仕様の開発に着手した。最初の技術仕様が1999年12月にまとめられ、2001年10月には日本において、ドコモが世界に先駆けて商用サービスを始めた。

なお、共通の技術仕様の対象となるサービスは、音声サ

ービスから大きく発展し、マルチメディアサービスへと質的にも量的にも充実が図られている。

三菱電機は、この活動の重要性にいち早く注目して初期の段階から標準化活動に参画してきており、具体的な作業が標準化機関で始まると全社的な取り組みを整えて、当社開発による技術の提案を行ってきた。成果として、無線区間の暗号アルゴリズムには当社保有技術のMISTY方式の技術的優位性が認められ、それを核とするKASUMI仕様が当社を中心とした専門家によって開発されたこと、MPEGコーデック仕様、音声コーデックや無線伝送方式の改良等に国際的な貢献を行ってきたことである。

本稿では、上記の世界共通技術仕様の開発に長い年月と大きなエネルギーが注ぎ込まれた経緯と成果、及び今後の動向について説明する。



写真1 1999年11月 ITU-R TG8/1
ヘルシンキ会合

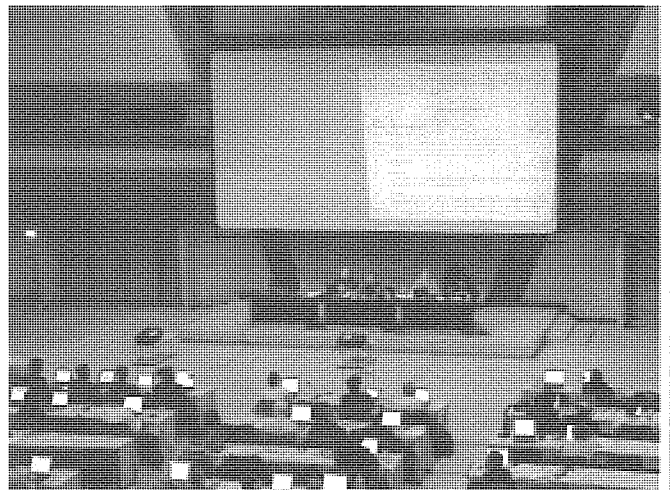


写真2 2001年12月 3GPP京都会合

写真の説明

写真1：ITU-R TG8/1は1991年に第1回会合を開催し、1999年11月の第18回ヘルシンキ会合において最終的なIMT-2000の無線伝送技術の勧告(ITU-R M.1457)案を承認し、閉会となった。写真はヘルシンキ会合のスナップである。

写真2：2001年12月に3GPP(3rd Generation Partnership Project)の第14回TSG会合が京都国際会館で開催された。写真は、無線アクセスネットワーク仕様を開発しているTSG RAN会合のスナップ写真である。会合直前の10月には、ドコモが世界に先駆けて商用サービスを開始したところであり、会議場でも披露されて参加者の関心を集めた。

1. IMT-2000標準化の経緯

図1に示したように、アナログ方式の自動車電話システムが商用サービスを始めたのは、日本では1979年、北欧では1981年、また、北米では1983年であったが、それから間もない1980年代中ごろから、世界共通の自動車電話方式を開発する作業がCCIR(International Radio Consultative Committee)で始まった。

当時はこの方式をFPLMITS(Future Public Land Mobile Telecommunications System)と称しており、1991年5月にはFPLMITS開発を集中的に進めるためにタスクグループTG8/1(Task Group 8/1)が発足した。CCIRは1992年にITU-Rと改称され、TG8/1におけるFPLMITSの開発を継続した。

WARC-1992(World Administration Radio Conference-1992)でFPLMITSに対して世界共通の無線周波数帯域が割り当てられたことから、新たな無線周波数の利用技術の開発が加速された。FPLMITSは、具体的に2000年ごろの実用化を目指してIMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)と改称され、ようやく1999年11月にIMT-2000の無線インタフェース詳細仕様勧告(ITU-R M.1457)が完成した。

商用サービスは、日本が提案してきたW-CDMA方式の無線インタフェース仕様により、2001年10月にドコモから世界に先駆けて始められた。

2. W-CDMA方式

IMT-2000の要求条件を満足する無線インタフェース方式として、図2に示す5方式を前記の勧告ITU-R M.1457で採用している。

これらのうちで中心的なものはIMT-DSとIMT-MC方式であり、特にIMT-DS方式の無線伝送技術には日本の提案によるW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)方式が採用されており、1993年3月(勘電波システ

年	85~90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02
ITU-R	85年検討開始	WARC-1992周波数割当て	TG8/1 (ITU-R内のIMT-2000標準化の専門家Task Group)						無線伝送方式	方式仕様の承認	11月	5月	02
日本				IMT-2000研究委員会(ARIB) 提案					4月	6月	3月	5月	
標準仕様開発											12月	10月	
											1月		

*1 3GPP : 3rd Generation Partnership Project (参加: 欧州、日本、韓国、中国及び米国の標準化機関)
 *2 3GPP2 : 3rd Generation Partnership Project 2 (参加: 日本、韓国、中国及び米国の標準化機関)

図1. IMT-2000標準化の経緯

ム開発センター(RCR: Research and development Center for Radio systems, 現在の(株)電波産業会: ARIB (Association of Radio Industries and Businesses)と名称変更)に設置されたFPLMITS研究委員会(後にIMT-2000研究委員会に名称変更)が検討し、提案した方式が基本となっている。

3. パートナーシップ

1998年12月には、上記のような各機関の開発の成果をベースに、日欧米、中国と韓国の標準化機関が加わり、3GPP(3rd Generation Partnership Project)が発足した。無線伝送技術にはW-CDMA方式を採用し、コアネットワークにはGSM(Global System for Mobile)ネットワークの発展形をベースにして共通の技術仕様の開発が始められている。1999年12月には3GPPは基本的な仕様であるリリース'99仕様を完成させ、その後も引き続き新たな技術仕様を追加し拡張を図っている。

また、3GPP2も3GPPとほぼ同時期に発足し、MC-CDMA(Multi Carrier-Code Division Multiple Access)方式と、米国で開発された移動体通信のANSI-41(American National Standards Institute)規格のネットワークをベースとした共通の技術仕様が開発されている。

以下に、世界的に広く採用が期待されている3GPPの技術仕様の開発活動について説明する。

4. 3GPPの活動

4.1 3GPPの構成と技術仕様開発

3GPPに参加している標準化機関は、日本からARIBと(株)情報通信技術委員会(TTC: The Telecommunication Technology Committee)、欧州からETSI(European Telecommunications Standards Institute)、米国からT1、韓国からTTA(Telecommunication Technology Association)、中国からはCWTS(China Wireless Telecommunication Standard)が、図3に示すように、3GPPの標準化

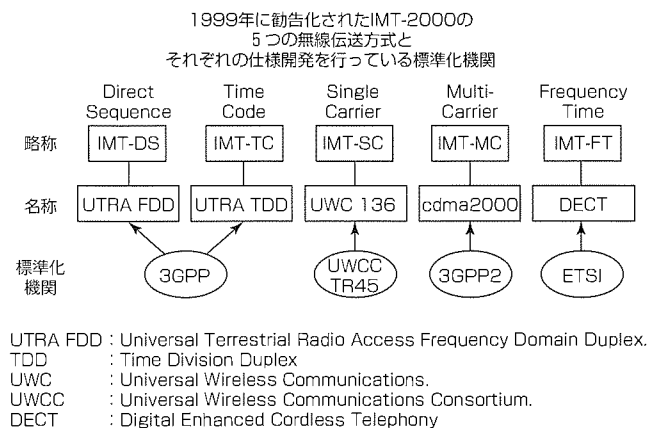


図2. ITU-RにおいてIMT-2000に認定された5方式

機関パートナーとして参加している。

また、市場関係パートナーとしてUMTS(Universal Mobile Telecommunication System)フォーラムやGSMA(GSM Association)等が参加しており、主に、Project Coordination Group(PCG)で3GPPの運営管理に参画している。

一方、具体的な技術仕様の開発はTechnical Specification Group(TSG)が担当しており、各標準化団体会員の通信事業者やメーカーなど主に企業の会員がIndividual MembersとしてTSGへ技術提案を行い、審議を経て技術仕様となる。TSGで完成した3GPPの技術仕様は、そのまま各国・地域の標準化機関の標準規格承認手続きを経て、各標準化機関の標準規格として発効する。

4.2 作業グループ

図4に示すように、3GPPには、システムの要求条件、システムの概要の仕様開発を行うTSG-SA、無線アクセスシステムの仕様開発を行うTSG-RAN、コアネットワークの仕様開発を行うTSG-CN、端末仕様の開発を担当するTSG-Tの四つのTSGが活動し、さらにGSMの拡張仕様を検討するTSG-GERANを合わせて五つのTSGが設置

されている。このうちTSG-SAは、プロジェクト全体のコーディネーション活動を行い、工程管理の任務も担っている。それぞれのTSGには、常設の作業グループとして、三〜五つのWG(Working Group)を持ち、それぞれが図に示す内容の作業を分担して行っている。

作業の手順としては、まず、TSG SAのWG1がサービス要求条件の仕様を開発し、続いてTSG SAのWG2がアーキテクチャに展開し、すべての他のWGが具体的な技術仕様を開発するとした手順を採っている。各WGが開発した技術仕様は、3か月に1回開催されるそれぞれのTSG会合において審議の上、3GPPの技術仕様として承認される。

4.3 リリース

3GPPの仕様は、3GPPで合意した特徴(Feature)を実現するために、グループ化されてリリースと称されており、この単位でスケジュール管理が行われている。1999年12月のTSG会合で承認された最初のリリースは、リリース'99という呼称で呼ばれており、3GPPの基本仕様を構成している。その後リリース4、リリース5を承認している。新リリースは、前のリリースに新たに機能を付加して特徴を持たされている。現状のリリースのスケジュールとそれぞれの特徴を図5に示す。リリースがまとまった後に仕様内容に不都合が発見されると、仕様変更が提案され、必要に応じて改定される。

5. W-CDMAシステムの概要

3GPPで作成されたW-CDMAシステムの構成の概要を図6に示す。

3GPPの無線アクセス方式は、同じ無線周波数帯域を多くのユーザーが共有し、チャンネルの識別に直交符号の性質を利用する、符号分割多元接続(CDMA)方式を採用している。3GPPの仕様書では、FDD方式とTDD方式の無線伝送方式仕様が規定されているが、国内にTDD方式の事業

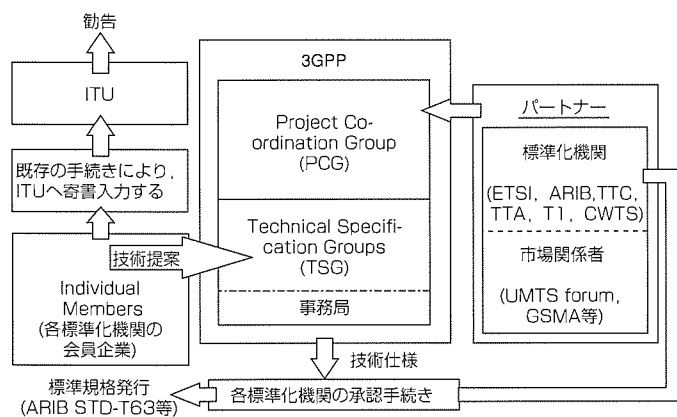


図3. 3GPPと標準化機関及びITUとの活動の関連

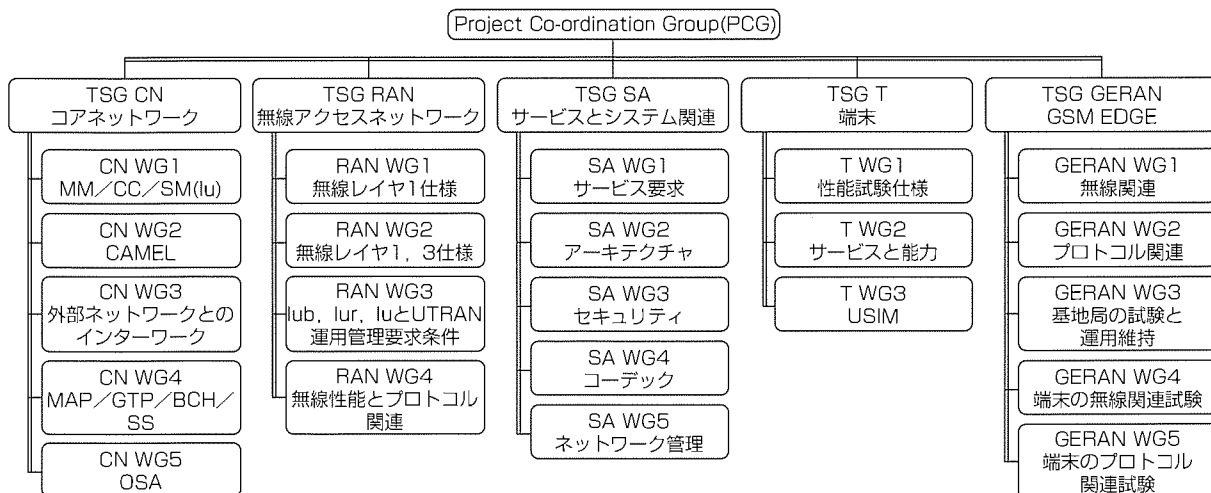
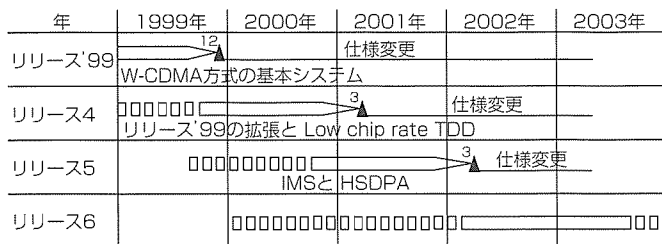


図4. 3GPPの作業グループの構成と担当



注) IMS : IP Multimedia Subsystem
HSDPA : High Speed Down Link Packet Access

図5. 3GPPリリースとFeature

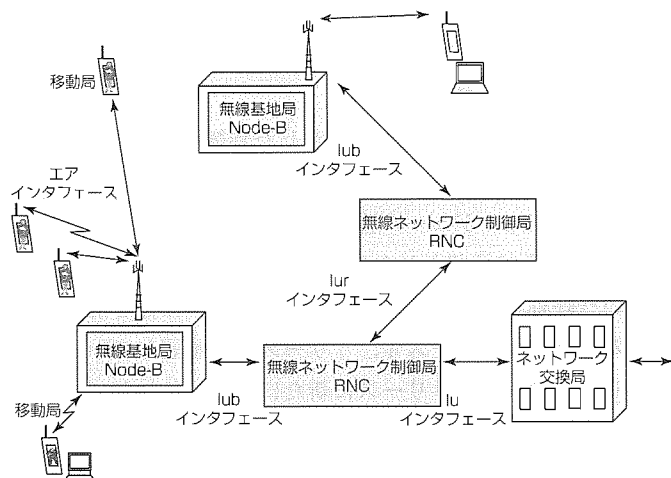


図6. W-CDMAシステムの構成

化を計画する事業者がないために、FDD方式のみが ARIB STD-T63規格として制定されている。表1に、FDD方式W-CDMAシステムの主要諸元を示す。

6. 今後のシステムの展開

3GPPでは、既にリリース'99仕様、リリース4仕様及びリリース5仕様を承認しているが、リリース6及びその後の仕様として、本格的なマルチメディアサービスを提供できるように、高速伝送速度を目指した以下のアイテムなどが拡張仕様の候補として検討されている。

- (1) MIMO (Multi Input Multi Output)
- (2) OFDM変調 (Orthogonal Frequency Division Multiplex Modulation)
- (3) MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service)
- (4) 上り回線の高速化

一方、ITU-Rでは、IMT-2000システムの拡張とともに、2010年ごろを実用化の目標としてIMT-2000の後継システムの開発をWP8F (Working Party 8F)で始めており、伝送速度を高速移動環境で100Mbps以上とし、低速移動

表1. 主要諸元(リリース'99FDD方式)

無線伝送方式	周波数分割複信(FDD)
アクセス方式	符号分割多重(CDMA)
周波数帯域幅	5 MHz
拡散チップレート	3.84Mcps
データ伝送速度	最大 2 Mbps
フレーム長	10ms(38,400チップ/フレーム)
タイムスロット	15スロット/フレーム 2,560チップ/スロット
誤り訂正	畳み込み符号 : R=1/2又は1/3, K=9 ターボ符号 : R=1/3
インタリーブ	送信間隔(TTI) =10, 20, 40, 80ms
変調方式	直交位相変調(QPSK)
個別チャネル電力制御	高速閉ループ1,500Hz
拡散	直交可変拡散率
拡散率	4, 8, 16, 32, 64, 128, 256
音声符号化方式	AMR(4.75, 5.15, 5.90, 6.70, 7.40, 7.95, 10.2, 12.2kbps)
映像符号化方式	MPEG-4
暗号アルゴリズム	KASUMI

環境では1Gbps以上を目指すとした今後の作業の基本的となるビジョン報告案を2002年10月に完成させている。

7. むすび

当社では、日本、欧州及び米国の研究機関や開発部門が組織的にIMT-2000の標準化活動に取り組んでいる。暗号化方式では当社の“MISTY”方式の技術が認められ、これをベースに“KASUMI”がETSIのSAGE (Security Algorithm Group of Experts)により開発されて採用された。また、GSMの次期暗号方式としても採用されることで承認されている。さらに、MPEG関連のコーデックに提案が取り入れられ、さらに、音声コーデックでは、雑音抑圧方式に不可欠の仕様ではないが有効な方式として第1号で承認された。その他、無線アクセスネットワークを中心に提案活動を行い、仕様に採用される等標準仕様開発作業への貢献を行っている。今後も、当社の優位な技術を提案し、国際的な仕様開発を加速するために貢献していく。

参考資料

本文の関係資料の調査に供するために、関係する標準化機関のURLを次に掲げておく。

- (1) ITU-R : <http://www.itu.int>
- (2) 3GPP : <http://www.3gpp.org/>
- (3) 3GPP2 : <http://www.3gpp2.org/>
- (4) ARIB : <http://www.arib.or.jp/IMT-2000/ARIB-STD/STD-T63.html>

W-CDMA携帯機用 ベースバンド復調技術

青柳孝寿* 石岡和明*
中村隆彦*
矢野安宏*

要旨

2001年から商用サービスが開始された第3世代のW-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 携帯電話システムは、12.2kbps音声から384kbps高速パケット通信までの多数のチャネルフォーマットに対応する必要があるとともに、CDMA方式特有の拡散コード同期、RAKE受信、SHO (ソフトハンドオーバー) 等複数の要素技術の融合が特性確保のために不可欠である。これらを実現するためには、特性維持と回路規模低減/低消費電力化という相反する要求を満たす必要があり、変復調処理の中でも、特にベースバンド復調部の開発が重要となる。

本稿では、W-CDMA携帯機用に開発したベースバンド復調部の構成と特長について述べる。

復調機能は、

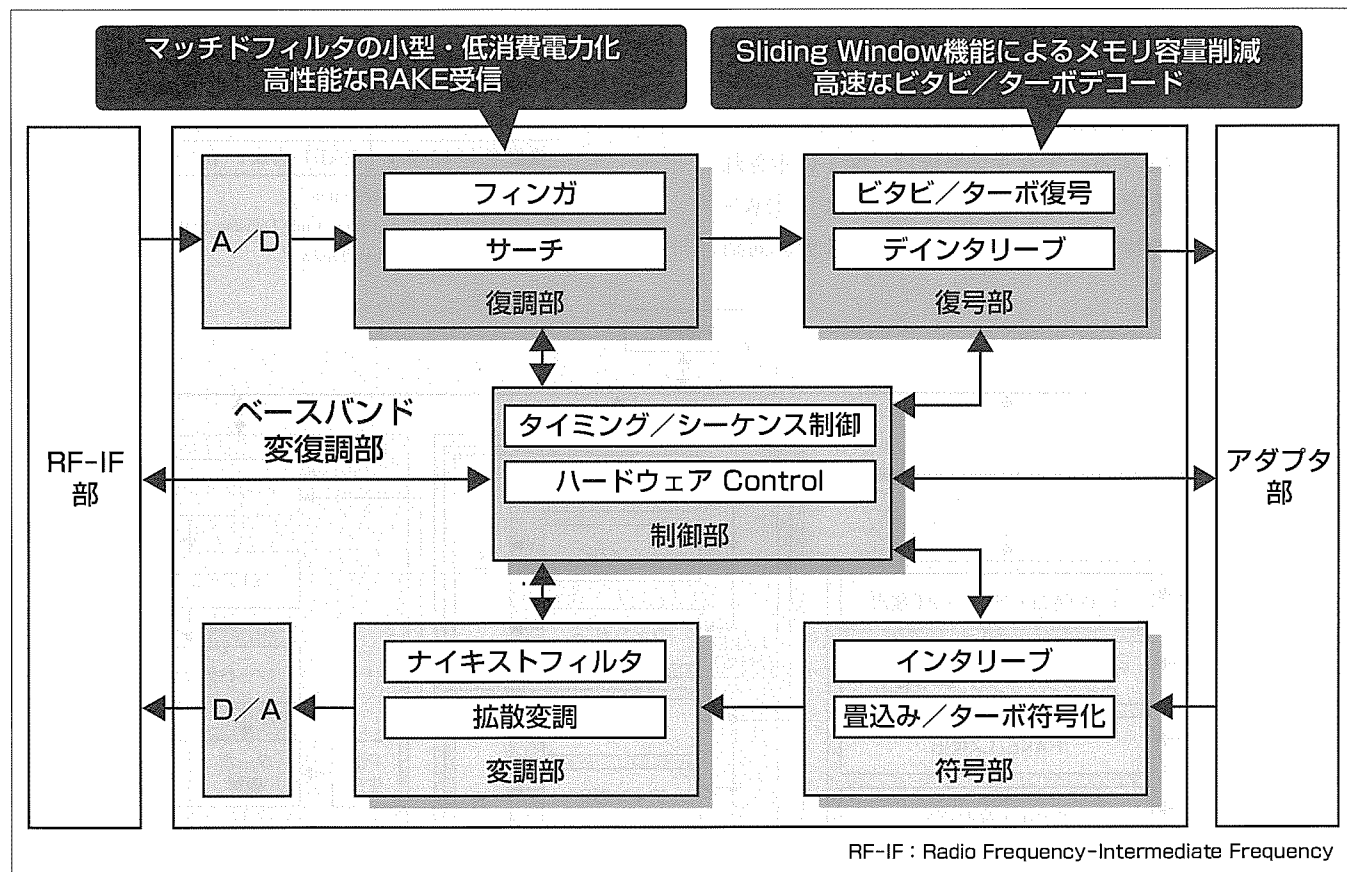
(1) サーチ部：システム同期用のセルサーチ、RAKE合成

のためのマルチパスタイミング/レベル検出実施
(2) フィンガ部：データの逆拡散、同期検波処理を行い、データ/制御チャネルのRAKE受信を実施
(3) 復号部：データのデインタリーブと高速な誤り訂正 (ビタビ/ターボデコード) を実施

の三つの機能ブロックで構成されており、サーチ用のマッチドフィルタ、RAKE受信機(フィンガ)、ターボデコーダ等の処理量と回路規模が大きくなる機能について、補間処理による動作速度の低減、ハードウェアの共有化、時分割処理等による回路規模低減/低消費電力化を図っている。

この開発方式は、変調部、制御部と合わせ試作機による評価を実施した後、LSI化/パッケージ化されドコモのFOMA^(注1) 動画対応機(D2101V)に実装されている。

(注1) FOMAは、(株)NTTドコモの商標である。



W-CDMA携帯機ベースバンド変復調処理部の構成

ベースバンド変復調処理部は、上記のようなブロックで構成されるが、特に、下りの~384kbpsまでの高速かつ高品位な受信を実施するための復調部の受信/制御方式とハードウェア構成が重要である。復調機能は、サーチ部、フィンガ部、復号部の三つの機能部として実現され、制御部によるパラメータ設定/モード制御により、間欠受信やSHO等に対して柔軟性のある動作が可能となっている。

1. ま え が き

第3世代携帯電話システムは、PDC(Personal Digital Cellular)等の第2世代デジタル方式よりも更に周波数利用効率に優れるとともに、音声や高速パケット通信等のマルチメディア通信に対応した多数のチャネルフォーマットに対応する必要がある。また、CDMA方式特有の拡散コード同期、RAKE受信、SHO等の複数技術の融合が特性確保のために不可欠である。したがって、第3世代W-CDMA携帯機用のベースバンド処理部の開発では、特性を維持しつつ回路規模の増大を抑え低消費電力化を図るという大きな課題に直面する。なかでも、特性確保と低消費電力化には、復調部の開発が大きな鍵(かぎ)を握っている。

当社は、第3世代W-CDMA携帯端末開発の初期から、W-CDMA用変復調部開発⁽¹⁾を復調部を中心に実施するとともに、ドコモが2001年に商用化したFOMA用に画像対応端末を開発/納入している。

本稿では、この端末用に開発したベースバンド復調部の構成と特長について述べる。

2. ベースバンド復調部構成

ベースバンド復調部の主要諸元を表1に示す。この開発方式はW-CDMAの標準化組織である3GPP(3rd Generation Partnership Project)のRelease99仕様⁽²⁾に準拠しており、音声の12.2kbpsから最大384kbpsまでの各種チャ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、①W-CDMAシステムの特性向上に不可欠であるシステム同期

を確保するためのセルサーチ機能及びマルチパス検出(遅延プロファイル作成)機能を実現するサーチ部、②各マルチパスの逆拡散と同期検波を行いRAKE受信を実現するフィンガ部、③高速なビタビ/ターボ復号を実行する復号部である。

以下に各機能部の特長を述べる。

2.1 サーチ部

サーチ部は図1に示す4個のブロックから構成される。これらのブロックは互いに独立しており、制御部からの動作制御によってセルサーチやバスタイミングの検出を実行する。

サーチ部は主に以下の機能を実現する。

- 受信可能周波数バンドの検出
- スクランプリングコードとタイミングを検出するセルサーチ
- RAKE受信のためのバスタイミング検出
- 検出したセルの定期的なレベル測定

表1. ベースバンド復調部の主要諸元

項目	諸元
仕様	3GPP Release99 仕様準拠
無線アクセス方式	DS-CDMA FDD
チップレート	3.84Mcps
マルチコード	~3コード
データレート	12.2~384kbps
FEC	ビタビ/ターボデコード
受信ダイバシティ	RAKE 合成(~8フィンガ)

FEC: Forward Error Correction

DS-CDMA: Direct Sequence-Code Division Multiple Access

FDD: Frequency Division Duplex

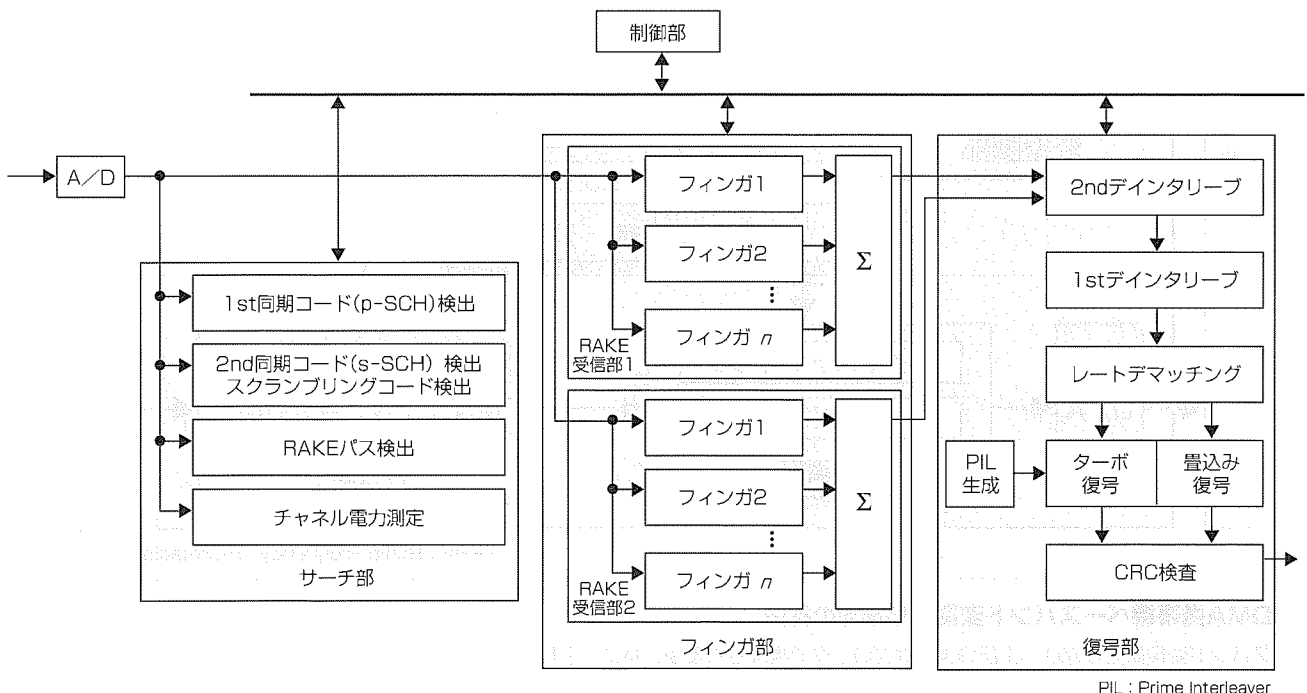


図1. ベースバンド復調部の機能ブロック図

セルサーチは以下の3段階セルサーチによって行われる。

First step : 第1同期チャネル(p-SCH(primary Synchronisation Channel))によるスロットタイミングの捕捉(ほそく)

Second step : 第2同期チャネル(s(secondary)-SCH)によるフレームタイミング及びスクランプリングコードグループの捕捉

Third step : スクランプリングコードグループ内のコードの同定

セルサーチ機能ではAFC(Automatic Frequency Control)引き込み前の6kHz以上の周波数偏差に対してもセルの検出が可能であり、AFC引き込み後のセルサーチにおいては同時に複数の基地局を検出することによりセルサーチ時間を削減し消費電力を削減した。

RAKE受信のためのパスタイミングの測定においては、デジタルマッチドフィルタを複数搭載し、高速に複数のセルの遅延プロファイルを測定する。これにより、高速移動時におけるSHOにおいても安定した受信を実現している。デジタルマッチドフィルタは、エリアシングによる劣化と許容される性能の限界を検討し低レートで動作させることにより大幅な消費電力削減を実現している。

2.2 フィンガ部

フィンガ部は、サーチ部で検出された各遅延パスに対して逆拡散処理とパイロット同期検波を行い、RAKE受信を実現する。フィンガ部は、各パスの検波処理を行う複数のフィンガを持ち、最大8フィンガでのRAKE合成が可能である。また、データチャネル受信用と制御チャネル受信用に2系統RAKE受信機能を持ち、データ/制御チャネルの同時受信が可能である。フィンガはそれぞれ別の基地局に対応可能で、SHO時のデータチャネルの受信には最大4基地局をRAKE合成可能である。

RAKE受信後、データシンボルはデインタリーブや誤り訂正復号を行う復号部へ、送信電力制御シンボルや下りIndicatorチャネルのシンボル等の制御情報は制御部等へそれぞれ出力され、各機能の達成に用いられる。また、下り回線品質測定やAFCのため、RAKE合成前の復調情報も制御部に出力する。

フィンガ部の動作や機能は3GPP仕様⁽²⁾における各規定によっており、受信可能な物理チャネルとして、個別物理チャネルであるDPCH(Dedicated Physical Channel)のほか、P-CCPCH(Primary Common Control Physical Channel)やS-CCPCH(Secondary Common Control Physical Channel)などの共通制御チャネルや、AICH(Acquisition Indicator Channel)やPICH(Paging Indicator Channel)などのIndicatorチャネル、そしてP-CCPCHに適用される送信ダイバシティ種別の検出に用いる同期用チャネル

SCH、などをRAKE受信可能としている。DPCHでは3マルチコード受信による最大384kbpsデータ受信が可能である。下り送信ダイバシティについては、STTD(Space Time Transmit Diversity)、Closed-loop Mode1、同Mode2の各モードに対応可能である。

補間方式の有効利用と回路の共有化(時分割使用)等により、以上の機能を必要最小限の回路規模/消費電力で実現している。

2.3 復号部(チャネルデコード部)

復号部では、フィンガ部から入力される軟判定信号を、物理チャネルごとに2ndデインタリーブ、レートデマッチングを行い、トランスポートチャネルごとに1stデインタリーブ及び誤り訂正を行い、CRC(Cyclic Redundancy Check)により誤り検出を行う。誤り訂正については、畳込み復号とターボ復号があり、DSP(Digital Signal Processor)によって指定される方式で処理される。畳込み復号は軟判定Viterbi復号処理が行われ、ターボ復号はMax-logMAP(Maximum A-posteriori Probability)アルゴリズムを用いた軟入力軟出力アルゴリズムにより繰り返し復号を実施する。

特長としては、以下のものが挙げられる。

(1) Sliding Window機能によるメモリ容量削減

Max-logMAPアルゴリズムでターボ復号を行うときにForward又はBackwardのパスメトリック値を符号長時点すべてで記憶させる必要があるが、Sliding Window機能により、一部のみ記憶し、分割して復号することによりメモリ領域を小さくし、ターボ復号部のメモリ容量を約1/3に削減している。

(2) BTFD(Blind Transport Format Detection)機能

W-CDMAに採用されているAMR(Adaptive Multi-Rate)音声信号の復号において、Viterbi復号による誤り訂正結果を可変レートに対応した誤り検出結果などに基づいて送信されたトランスポートフォーマットを推定する機能を付加した。

(3) 高速誤り訂正機能の実現

384kbpsのTTI(Transmission Time Interval)=20msパケット信号、12.2kbpsのAMR音声信号及びDCCH(Dedicated Control Channel)の処理を10ms以内に行うために以下の構成を採る。

(a) チャネルコーデック部の主要機能をハードウェアで構成し、DSPではパラメータの計算設定等を行い、高速化と柔軟性を両立

(b) ターボ復号ブロックと畳込み復号ブロックの並列動作を可能とし、複数トランスポートチャネルの同時処理を実現

(4) ターボ符号繰り返し復号回数の可変機能

繰り返し復号回数を多くすると性能改善が図れるが、消

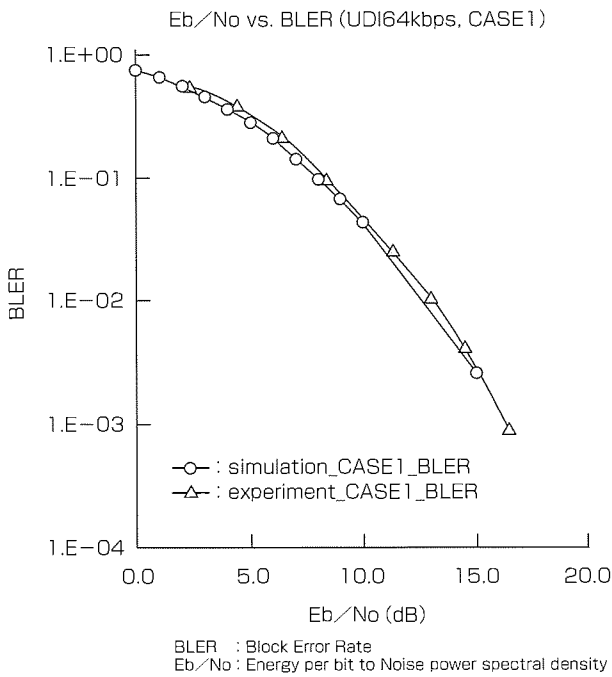


図2. 試作機のブロック誤り率

費電力の増加につながるため、DSPから繰り返し復号回数を設定できるよう柔軟性を持たせた。

2.4 特性

図2にこの方式で試作した機能試験機での特性例を示す。図は3GPP規格のCase 1⁽³⁾(2波モデル, 3km/h相当)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は

ほぼ同様な特性が得られている。この開発方式について、他の条件でも3GPP規格を満たす特性が得られており、この試作結果をベースに変調部と制御部も含めたLSI化を実施し、ドコモのFOMA動画対応機(D2101V)に実装している。

3. むすび

W-CDMA方式は、複数の要素技術の融合で実現されており、ほとんどの要素技術がシステムの伝送容量にかかわり単独では最適解が求められないため、今後の変復調技術の開発には特にシステム性能設計がより重要となると思われる。また、PDCシステム用携帯端末を凌駕(りょうが)する更なる小型/低消費電力化技術に加え、HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)などの高速データ通信に適した変復調部の開発が期待されている。

参考文献

- (1) 青柳孝寿, ほか: W-CDMA用復調LSI, 電子情報通信学会総合大会, B-5-120 (1999)
- (2) 3rd Generation Partnership Project ; Technical Specification Group Radio Access Networks ; TS25.211~TS25.215 V3.5.0(Release99) (2000-12)
- (3) 3rd Generation Partnership Project ; Technical Specification Group Radio Access Networks ; TS25.101 V3.5.0(Release99) (2000-12)

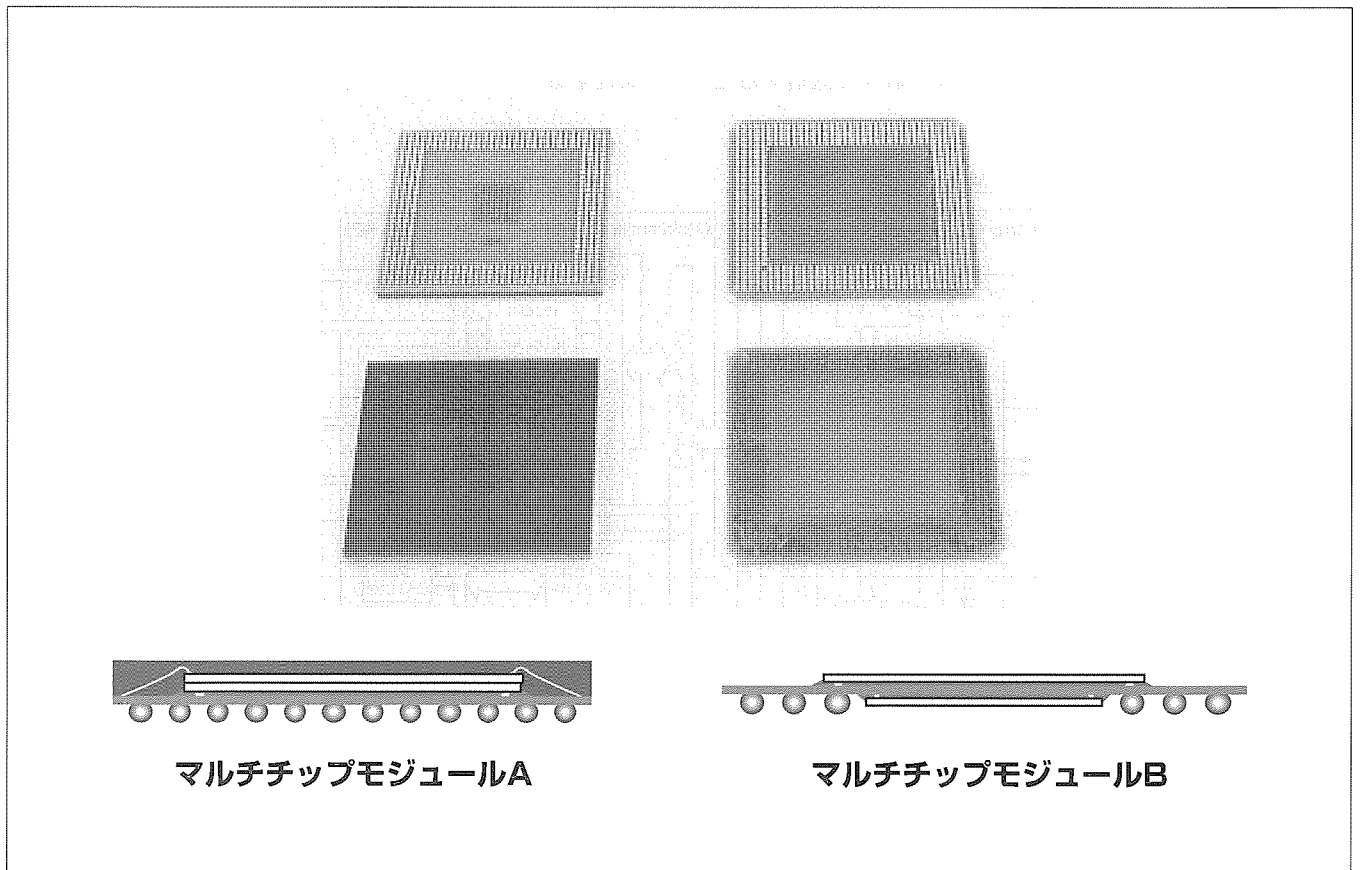
W-CDMA携帯機用ベースバンドLSI

吉田豊彦* 武内良祐***
山本正幸**
神原隆宏**

要旨

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 携帯機のベースバンド処理を実現するチップセットを開発した。リアルタイム性の強い通信モデムソフトウェアと多機能で負荷変動の激しいアプリケーションソフトウェアを効率的に実行するため、通信モデム処理とアプリケーション処理を二つの32ビットRISC (M32R) に分離した2CPUアーキテクチャを採った。CPU以外の各部の機能は計6個の16ビットDSP (Digital Signal Processor) マイコン (D10V) とハードウェアアクセラレータで分散して実現した。この結果、通信モデム処理を1個のCPU、2個のDSPとハードウェアアクセラレータで実現し、二つのシリコンチップにまとめて1パッケージに実装した。また、アプリケーション処理を1個のCPU、4個のDSPとハードウェアアクセラレータで実現し、三つのシリコンチップに

まとめて、うち2チップを1パッケージ化し、計2個のパッケージに実装した。ベースバンド処理を分散することで複数チームが効率的に並列作業をすることが可能となった。各チームがFPGA (Field Programmable Gate Array) と個別のDSPマイコンチップやCPUチップを用いてブレッドボードを開発して事前検証し、それをエンベデッドセルアレー (ECA) 手法によりカスタムLSI化した。この結果、計5個のシリコンチップ開発をRTL (Register Transfer Level) 設計開始からサンプル入手まで約6か月という短期間で成し遂げた。また、ハードウェアエミュレータなどを用いてプリシリコン段階での検証を徹底することで、各LSIを最初のサンプルから機能エラーなしで動作させることに成功した。



マルチチップモジュールに封止されたベースバンドLSI

通信モデム処理部の二つのチップ、アプリケーション処理部の二つのチップをそれぞれ最適なマルチチップパッケージに封止した。通信モデム処理部は1チップをフリップチップ基板に接続し、もう1チップをその上に重ねてワイヤボンディングで基板に接続した560ピンパッケージ(A)に実装した。アプリケーション処理部の2チップはフリップチップで基板の両面に接続して619ピンパッケージ(B)に実装した。

1. ま え が き

第3世代携帯電話システムは、W-CDMAの通信モデム処理やTV電話機能を始めとする多くのアプリケーション処理が必要である。これらの処理を低消費電力でかつ小型に実現するためには、なるべく多くの機能をLSI化する必要がある。しかし、2001年の半導体テクノロジーでは、これらのベースバンド処理を一つのCPUやDSPで実現することはおろか1チップのLSIで実現することすら困難であり、ソフトウェアとハードウェアへの機能分割、複数のLSIへの機能分割が不可欠であった。

本稿では、D2101Vのベースバンド処理部のLSI化において実現した通信モデム処理部とアプリケーション処理部の各機能のソフトウェアとハードウェアへの割り付け結果、計5チップのLSIへの分割結果を解説する。

2. ベースバンド処理部の機能

ベースバンド処理部は、モデムLSI(モデムチップ#1, モデムチップ#2), そしてマルチメディアLSI(マルチメディアチップ#1, マルチメディアチップ#2), カメラLSIの3個で構成される。

通信モデム処理は、図1のモデムLSIに含まれる部分で行われる。ここにはRF(Redio Frequency)処理を行うTRX(Transmitter and Receiver)とアナログ信号で通信するた

めのAD変換やDA変換などを行うアナログベースバンド処理回路を含む。デジタル回路としては、W-CDMAの拡散、逆拡散処理や位相変復調処理を行うモデム部、誤り訂正を行うチャンネルコーデック部、通信プロトコル処理部などがある。アナログベースバンド処理部とモデム処理部をモデムチップ#1として一つのシリコンチップに実装し、チャンネルコーデック部と通信プロトコル処理部をモデムチップ#2としてもう一つのシリコンチップに実装した。モデムチップ#2は、外部メモリとして1MバイトのSRAMと4MバイトのFLASHをマルチチップパッケージ化したメモリ2個と接続する。

アプリケーション処理は図のマルチメディアLSIとカメラLSIで構成される。マルチメディアLSIは、音声の圧縮伸張やエコー除去などを行うDSPマイコン(D10V⁽¹⁾)と基本アプリケーションソフトウェアを実行するCPUであるM32Rとその周辺回路を実現するマルチメディアチップ#1と、MPEG-4準拠のビデオの伸張やH.223準拠のビデオと音声の多重化/逆多重化、H.245準拠のTV電話プロトコル処理を行うマルチメディアチップ#2で構成される。マルチメディアチップ#1は、1MバイトのSRAMと8MバイトのFLASHを、マルチチップパッケージ化したメモリ2個に接続する。カメラLSIは、カメラから入力されたビデオ信号をMPEG-4準拠で圧縮してマルチメディアLSIへ転送する。

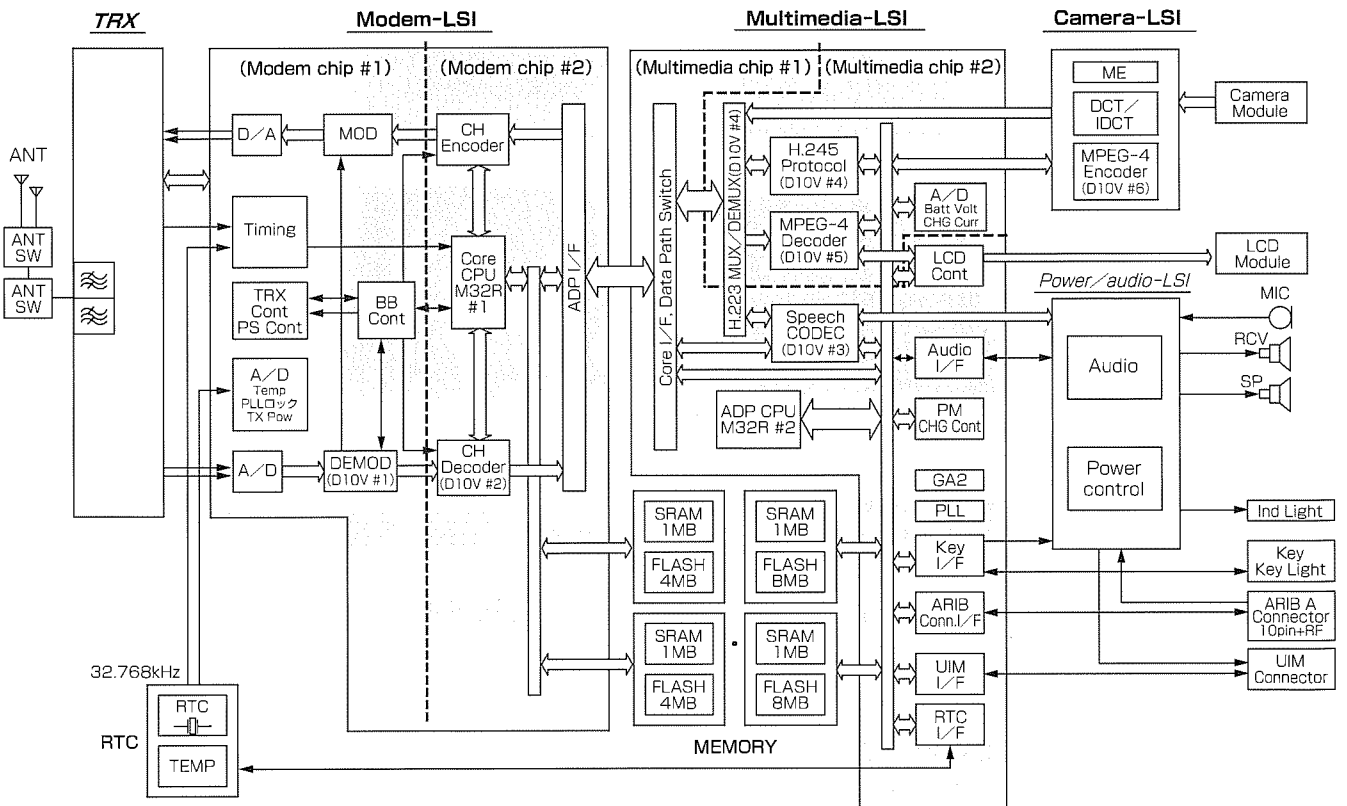


図1. ベースバンド処理部の機能

3. ソフトウェア／ハードウェアの機能分担とチップ分割

リアルタイム性の強い通信モデムソフトウェアと多機能で負荷変動の激しいアプリケーションソフトウェアを効率的に実行するため、通信モデム処理とアプリケーション処理を二つの32ビットRISC(M32R)に分離した2CPUアーキテクチャを採用した。CPU以外の各部の機能は、計6個の16ビットDSPマイコンとハードウェアアクセラレータで分散して実現した。通信モデム処理は1個のCPU、2個のDSPマイコンとハードウェアアクセラレータを組み合わせ、二つのシリコンチップにまとめて1パッケージに実装した。また、アプリケーション処理は、1個のCPU、4個のDSPマイコンとハードウェアアクセラレータを組み合わせ、三つのシリコンチップにまとめて、計2個のパッケージに実装した。動作周波数が高く低消費電力化の必要性の高いDSPマイコンはハードマクロとした。また、CPUは他のロジックとともにソフトマクロで実現した。設計期間短縮のため、各チップをエンベデッドセルアレー(ECA)手法によりカスタム開発した。

ベースバンド処理部を実現するCPU、DSPマイコン、ハードウェアアクセラレータを五つのシリコンチップへ分割した結果を表1に示す。CPUやDSPマイコンについては動作周波数、命令メモリ容量、データメモリ容量を併せて示す。各シリコンチップでは、それぞれ担当機能をCPUやDSPマイコンによるソフトウェア処理と、アクセラレータロジックによるハードウェア処理に分けて実現した。

3.1 モデムLSIでの機能分担

モデムLSIでは、CPUが10ミリ秒のフレームタイミング又はそれ以上長い周期のレイヤ1、レイヤ2、そしてレイヤ3の通信プロトコル処理を担当し、D10V#1、#2のDSPマイコンとハードウェアアクセラレータが1/15ミリ秒又はそれよりも短いスロットタイミングでの処理を担当する。

逆拡散や誤り訂正符号化やデインターリーブはハードウェアアクセラレータが実行し、DSPマイコンはスロット周期でハードウェアアクセラレータを制御するとともにSIR(Signal-to-Interference power Ratio)など一部のデジタル信号処理を行う。

表2に、CPU、DSPマイコン、ハードウェアアクセラレータがモデムLSIの各機能をどのように分担処理しているかの詳細を示す。

3.2 マルチメディア、カメラLSIでの機能分担

マルチメディアチップ#1はDSPマイコンとCPUとその周辺回路から構成され、ハードウェアアクセラレータはな

表2. ハードウェア、DSP、CPUの機能分担(モデムLSI)

機能	ハードウェア	DSP	CPU	
受信・復調処理／制御	AGC	○	○	
	AFC	○	○	
	バンド検出	○	○	○
	初期同期	○	○	
	周辺セルサーチ	○	○	
	ダイナミック・パス割り当て／追尾	○	○	
	逆拡散・復調	○		
	ハンドオーバー	○	○	○
	同期管理	○	○	○
	受信レベル測定	○	○	
拡散・変調	○			
送受信複合制御	ランダムアクセス	○	○	
	送信電力制御	○	○	○
	CL送信ダイバーシティ	○	○	
チャンネルデコード	デインターリーブ	○		
	レートマッチング	○		
	ターボ符号復号	○		
	ビタビ符号復号	○		
暗号	○			
マルチメディアLSIとのI/F	○			
制御状態管理		○	○	
全体シーケンス制御			○	

表1. ソフトウェア／ハードウェアの機能分割とチップ分割結果

チップ	Functions	Processor				Accelerator Logics	
		CPU/DSP	動作周波数	命令メモリ	データメモリ	Logics	SRAM
Modem #1	Modulator, Demodulator, TRX control, Timing gen.	D10V #1	61.44MHz	140kByte	80kByte	1470kGate	90kByte
Modem #2	Channel codec	D10V #2	44MHz	100kByte	48kByte	1060kGate	300kByte
	Protocol stack	D32R #1	32MHz	External	70kByte+外部		
Multimedia #1	OS, Applications, and External interface	D32R #2	48MHz	256kByte+外部		460kGate	300kByte
	AMR, Echo and Noise canceller	D10V #3	64MHz	80kByte	70kByte		
Multimedia #2	MUX/DEMUX	D10V #4	48MHz	160kByte	64kByte	200kGate	30kByte
	Video decoder	D10V #5	48MHz	50kByte	140kByte		
Camera	Video encoder	D10V #6	48MHz	80kByte	32kByte	120kGate	50kByte

い。DSP(D10V#3)が、16ビット固定小数点DSPとして、音声圧縮伸張とハンズフリー通話のためのエコー除去などの音声デジタル信号処理を実現する。また、CPUであるM32Rとその周辺回路が、キー入力やLCD表示などの機能と「iモード^(注1)」などのアプリケーションソフトウェアを実行する。

マルチメディアチップ#2は、二つのDSPマイコンとビデオの伸張処理をするハードウェアアクセラレータで構成される。DSP(D10V#4)が、H.223の多重化/逆多重化処理とH.245のプロトコル処理を実行する。DSP(D10V#5)が、ビデオ伸張ハードウェアアクセラレータを制御して、MPEG-4ビデオストリームのデコードを行う。

カメラLSIはDSPマイコンとビデオ圧縮ハードウェアアクセラレータで構成され、DSP(D10V#6)がハードウェアアクセラレータを制御してMPEG-4ビデオの圧縮処理を行う。

表3に、CPU、DSPマイコン、ハードウェアアクセラレータがマルチメディアLSIとカメラLSIの各機能をどのように分担処理しているかの詳細を示す。

4. む す び

W-CDMA携帯機D2101Vのベースバンド処理を実現するチップセットを開発した。リアルタイム性の強い通信モデムソフトウェアと多機能で負荷変動の激しいアプリケーションソフトウェアを効率的に実行するため、通信モデム処理とアプリケーション処理を二つの32ビットRISC(M32R)に分離した2CPUアーキテクチャを採った。CPU以外の各部の機能は、計6個の16ビットDSPマイコン

(注1) iモードは、(株)NTTドコモの商標である。

表3. ハードウェア, DSP, CPUの機能分担 (マルチメディアLSI)

機 能		ハードウェア	DSP	CPU
ビデオ 圧縮/ 伸張	MPEG-4 復号化	○	○	
	MPEG-4 符号化	○	○	
	表示	○	○	○
	TFCI符号化		○	
音声 圧縮/ 伸張, エコー/ ノイズ 除去	AMR 符号化		○	
	AMR 復号化		○	
	エコー除去		○	
	ノイズ除去		○	
TV 電話 処理	H.223 MUX/DEMUX	○	○	
	H.245 プロトコル		○	
OS, アプリケーション				○
外部インタフェース		○		○

(D10V)とハードウェアアクセラレータで分担処理を行っている。複数チームが並列作業して計5個のシリコンチップの開発をRTL設計開始からサンプル入手まで約6か月という短期間で成し遂げた。また、ハードウェアエミュレータなどを用いてCPUやDSPマイコンのソフトウェアの一部を開発して、プリシリコン段階でLSIの機能検証を徹底することで各LSIを最初のサンプルから機能エラーなしで動作させることに成功した。

参 考 文 献

- (1) Sato H., et al.: A Dual-Issue RISC Processor for Multimedia Signal Processing, Trans. IEICE, E81-C, No.9, 1374~1381 (1998)

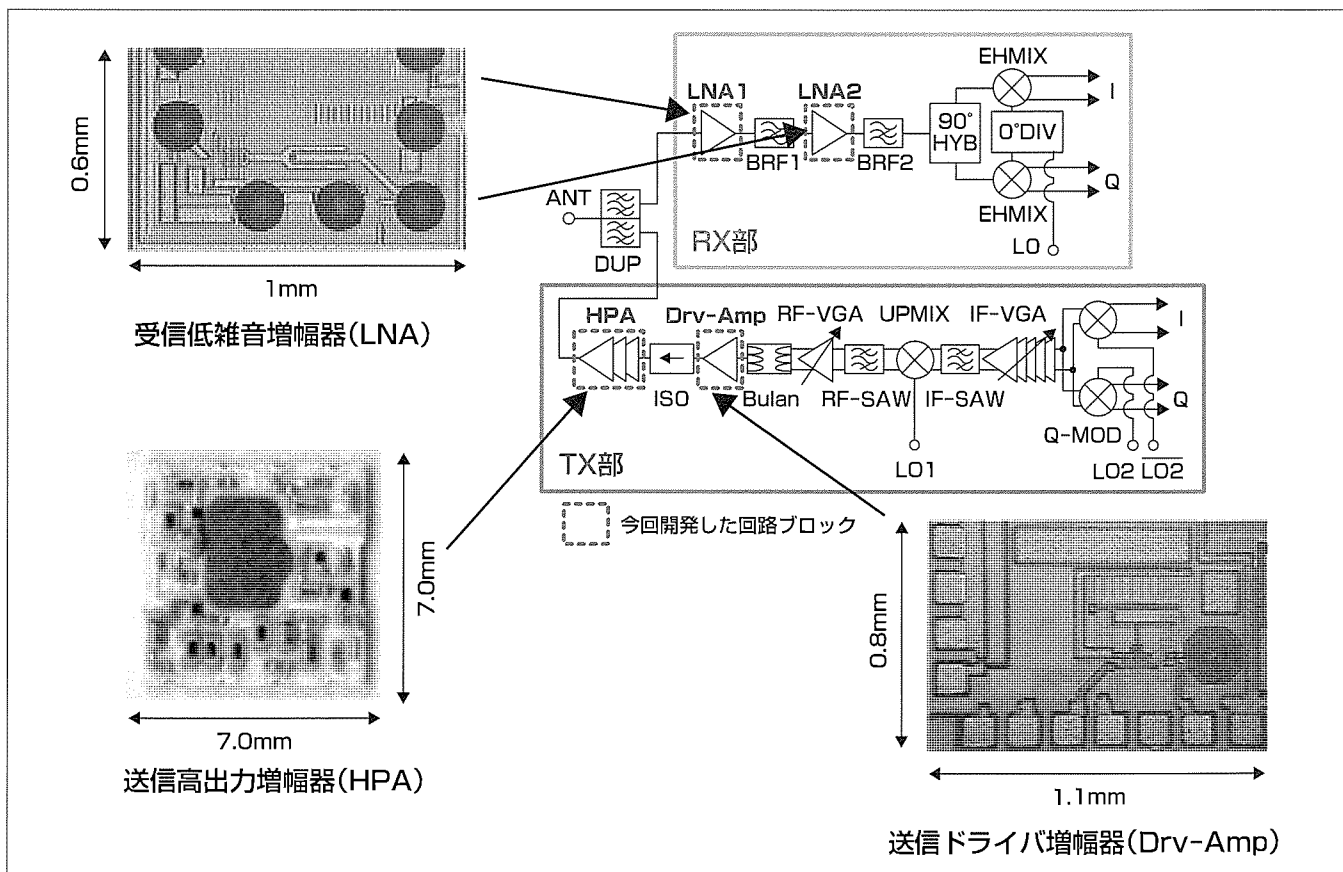
W-CDMA携帯機送受信デバイス

要 旨

移動体通信用携帯機に用いられる高周波送受信デバイスには、従来から低コスト化・高集積化・低電流化が要求されている。W-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)方式では、これらの要求に加え、非常に広いダイナミックレンジでの信号の送受信が必要とされている。低消費電力化に対しては、送受信増幅器には低アイドル電流動作かつ高飽和特性及び低ひずみ特性が要求される。一方、低コスト化・高集積化に対しては、Siプロセスの適用がこれまで検討されてきており、SiGeプロセスの開発により、2GHz帯アプリケーションでは、送信用の最終段高出力増幅器を除いては良好な性能が報告されている。

今回、広ダイナミックレンジが要求されるW-CDMA用送受信増幅器の開発を行った。開発を行った受信用低雑音増幅器及び送信用ドライバ増幅器には低コスト化・高集積

化を目的としてSiGeプロセスを、送信用高出力増幅器には高効率かつ低ひずみな性能を得るためGaAsPHEMTプロセスをそれぞれ採用した。受信用低雑音増幅器には入力信号レベルに応じてバイアス回路が切り換わるデュアルバイアスフィード回路を考案し、アイドル電流を低減するとともに、高飽和特性及び低ひずみ特性を実現した。送信用ドライバ増幅器にはベース電圧自己補償形バイアス回路を考案し、高出力時にはベース電流を自動的に供給することにより低アイドル電流時にも良好なひずみ特性を実現した。送信用高出力増幅器にはハイパスフィルタ形整合回路とローパスフィルタ形整合回路を組み合わせた整合回路を適用し、大信号動作時及び小信号動作時にそれぞれ最適な電源インピーダンス/負荷インピーダンスにすることにより、必要なひずみの条件を満足した上で高効率な特性を実現した。



W-CDMA携帯機向け高周波回路ブロック

受信低雑音増幅器及び送信ドライバ増幅器にはSiGeプロセスを採用して低コスト化を図るとともに、入力信号レベルに応じて自動的に切り換わる高機能なバイアス回路を同一チップ上に集積することにより、低アイドル電流化及び低ひずみ化を実現している。送信高出力増幅器にはGaAsPHEMTプロセスを採用し、ハイパスフィルタ形整合回路とローパスフィルタ形整合回路を組み合わせた整合回路を用いることにより、低ひずみ及び高効率特性を実現した。

1. ま え が き

移動体通信用携帯機に用いられる高周波送受信デバイスには、従来から低消費電力化・低コスト・高集積化が要求されている。W-CDMA方式では、これらの要求に加え、非常に広いダイナミックレンジでの信号の送受信が必要とされている。低消費電力化に対しては、送受信増幅器には低アイドル電流動作かつ高飽和特性及び低ひずみ特性が要求される。一方、低コスト化・高集積化に対しては、Siプロセスの適用がこれまで検討されてきている⁽¹⁾。近年、SiGeプロセスの開発により高周波化が可能となり、2GHz帯アプリケーションでは、送信用の最終段高出力増幅器を除いては良好な性能が得られるようになってきている^{(2)~(4)}。

今回、広ダイナミックレンジが要求されるW-CDMA用送受信増幅器の開発を行った。受信用低雑音増幅器(LNA)及び送信用ドライバ増幅器にはSiGeプロセスを、送信用高出力増幅器には高効率かつ低ひずみな性能を得るためGaAsPHEMTプロセスをそれぞれ採用している。LNA及びドライバ増幅器においては、それぞれSiGeプロセスを採用することで、アイドル電流低減かつ高飽和及び低ひずみ化に有効である高機能なバイアス回路の検討を行った。LNAには入力信号レベルに応じてバイアス回路が自動的に切り換わるデュアルバイアスフィード回路を考案し、携帯機の待ち受け時間にかかわるアイドル電流を低減するとともに、高飽和特性及び低ひずみ特性を実現している⁽⁵⁾。ドライバ増幅器にはベース電圧自己補償形バイアス回路を考案し、高出力時にはベース電流を自動的に供給することにより、低アイドル電流時にも良好なひずみ特性を実現している⁽⁶⁾。送信用高出力増幅器(HPA)には、B級に近いバイアス点で動作させるとともに、ハイパスフィルタ形整合回路とローパスフィルタ形整合回路を組み合わせた整合回路を適用し、大信号動作時及び小信号動作時にそれぞれ最適な電源インピーダンス/負荷インピーダンスにすることにより、必要なひずみの条件を満足した上で高効率な特性を実現している⁽⁷⁾。

2. 送受信デバイス

2.1 高周波部回路構成

図1にW-CDMA携帯機の高周波(RF)部回路構成を示す。受信(RX)部において、LNAは、2段構成となっており、ダイレクトコンバージョンミキサのアクティブ素子(ダイオード)とともにSiGe-MMIC上に集積されている⁽²⁾。一方、送信(TX)部では、ドライバ増幅器は、RF及びIF可変利得増幅器(VGA)、アップミキサ(UPMIX)及び直交変調器(Q-MOD)とともにSiGe-MMIC上に集積されている。HPAは、高効率かつ低ひずみな性能を得るためGaAs-PHEMTを採用している。また、広ダイナミックレンジ実

現のため、IF部及びRF部に可変利得増幅器(VGA)を用いている⁽³⁾。

今回、LNA、ドライバ増幅器及びHPAの開発を行った。以下、これらの回路構成及び性能について述べる。

2.2 L N A

W-CDMA方式に用いられるLNAには、低NF化・低電流化・小型化等の一般的な要求に加え、送信信号の漏洩(ろうえい)に対する高い飽和特性、低ひずみ特性が要求される。今回、入力信号レベルに応じてバイアス回路が切り換わるデュアルバイアスフィード回路を考案しLNAに適用することにより、NF、利得といった基本的な性能の劣化や、アイドル電流を抑えつつ高飽和特性、低ひずみ特性を実現した⁽⁵⁾。図2に考案したデュアルバイアスフィード形LNAの回路構成を示す。デュアルバイアスフィード形LNAは、抵抗フィードとダイオードフィードの二つの異なるベースバイアス回路を持ち、小信号入力時にはダイオードバイアスフィード回路がほぼ開放状態とみなすことができ、一方、大信号入力時には電圧源として動作するため、低雑音かつ高飽和特性、低ひずみ特性を実現できる。

図3に試作したLNAのICチップ写真を示す。チップエリアは1.0mm×0.6mmである。バイアス回路はすべて同一チップ上に集積されている。表1に、評価結果を、同一プロセスで試作した従来の抵抗バイアスフィードの結果と併せて示す。デュアルバイアスフィード形LNAは、抵抗バ

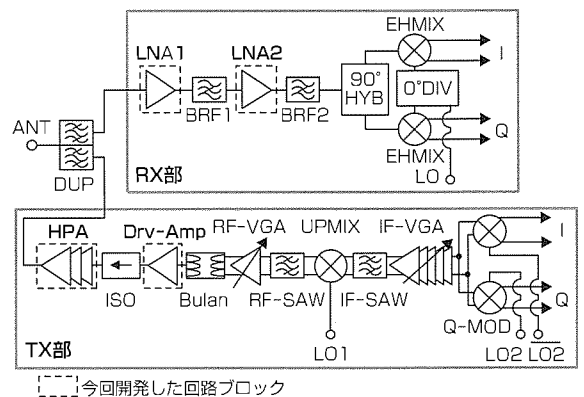


図1. RF部回路構成

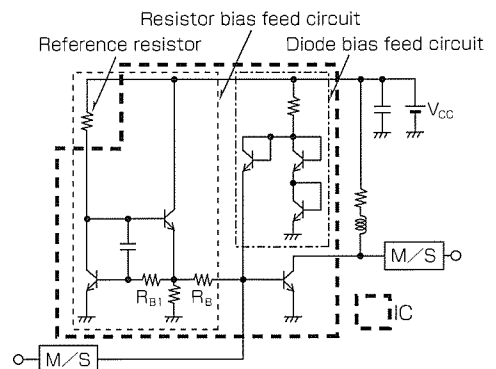


図2. デュアルバイアスフィード形LNAの回路構成

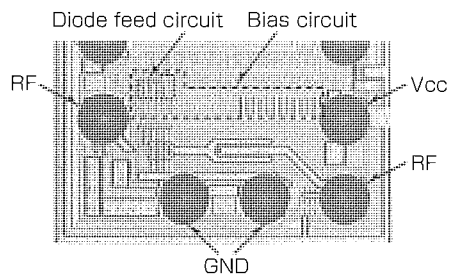
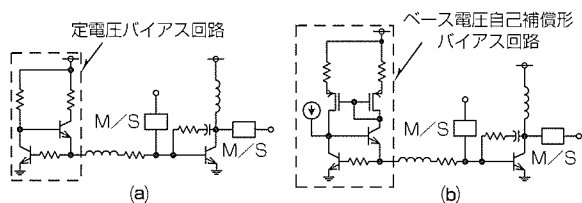


図3. 試作したICチップ写真

表1. LNA評価結果

	Resistor Bias Feed	Dual Bias Feed
I_{TOTAL} (mA)	5.9	6.1
Gain (dB)	14.2	14.8
NF (dB)	2.2	2.0
Return Loss (dB)	IN	8.2
	OUT	15.1
OP1dB (dBm)	-0.8	+4.5
IIP3 (dBm)	-5.9	+0.2



(a) 定電圧バイアス回路内蔵ドライバ増幅器 (Type-A)
 (b) ベース電圧自己補償形内蔵ドライバ増幅器 (Type-B)

図4. ドライバ増幅器の等価回路

イアスフィード形LNAと比較し、DC電流値及び小信号特性はほぼ同等の性能であるとともに、飽和特性及びひずみ特性が大幅に改善できたことを確認した。

2.3 ドライバ増幅器

ドライバ増幅器には、低アイドル電流で動作すること、高出力増幅器以上に低ひずみであること、及びMMIC化のため小型であることが求められている。図4にドライバ増幅器の等価回路を示す。図の(a)は、従来の定電圧バイアス回路内蔵ドライバ増幅器 (Type-A) の等価回路である。Type-Aドライバ増幅器は、アイドル電流を低減すると高出力電力時に十分にベース電流が供給されず、ひずみ特性が劣化する。図の(b)は、考案したベース電圧自己補償形バイアス回路内蔵ドライバ増幅器 (Type-B) の等価回路である⁽⁶⁾。ベース電圧自己補償形バイアス回路は、定電圧バイアス回路にp-MOSFETカレントミラー回路と定電流源を組み合わせた構成である。Type-Bドライバ増幅器は、高出力電力時にType-Aドライバ増幅器で生じるベース電流の増加以上に電流を自動的に供給することが可能となる。したがって、低アイドル電流動作時にも良好なひずみ特性を得ることができる。

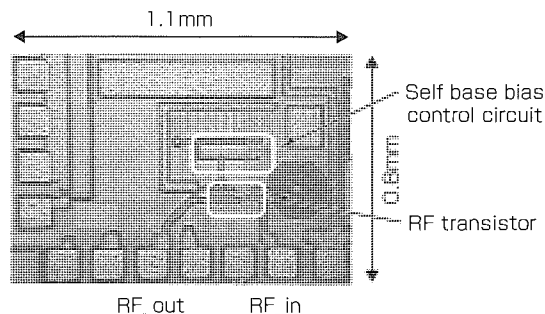


図5. Type-Bドライバ増幅器のICチップ写真

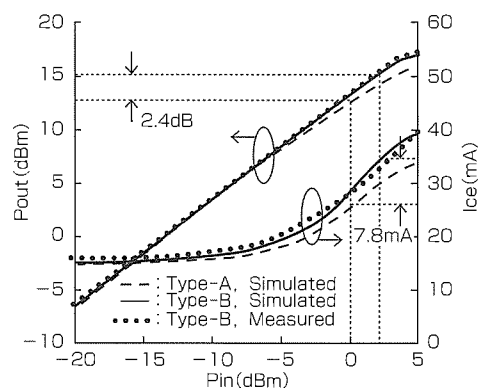


図6. Type-A及びType-Bドライバ増幅器の入出力特性計算結果とType-Bドライバ増幅器の入出力特性測定結果

図5に試作したType-Bドライバ増幅器のICチップ写真を示す。チップサイズは0.8mm×1.1mmである。

図6に、周波数1.95GHzにおけるType-A及びType-Bドライバ増幅器の入出力特性計算結果と、Type-Bドライバ増幅器の入出力特性測定結果を示す。アイドル電流は15.0mAである。図から、Type-Aドライバ増幅器のP1dBはType-Bドライバ増幅器と比較して2.4dB高いことが計算結果から分かる。また、試作したType-Bドライバ増幅器はP1dB 15.0dBm、P1dB時の動作電流32.6mAであった。ベース電圧自己補償形バイアス回路を適用することによって低アイドル電流動作時のひずみ特性を改善できることが分かった。

2.4 H P A

W-CDMA携帯機に使用するHPAには、必要なひずみ条件を満足した上で高効率であることが求められている。多段HPAにおいては、最終段FETは大信号動作をしているが、そのドライバ段のFETも大信号に近い動作をしている。FETの最適な電源インピーダンスと負荷インピーダンスは、大信号動作時には小信号動作時とは異なる値を持つことが知られている⁽⁸⁾。したがって、必要なひずみ条件を満足した上で高効率な特性を実現するためには、最適な段間インピーダンスを実現する段間整合回路の構成について検討する必要がある。図7に試作した3段HPAモジュールの等価回路を示す。増幅素子としては、高効率かつ低ひずみな特性を得るために、GaAsPHEMTプロセス

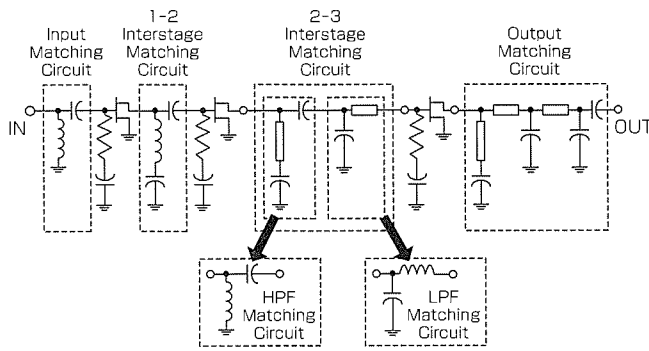


図7. 3段HPAモジュールの等価回路

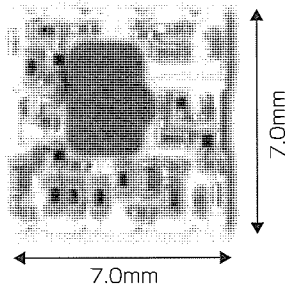


図8. 3段HPAモジュール

を採用した。2-3段間整合回路にハイパスフィルタ形整合回路とローパスフィルタ形整合回路を組み合わせたHPF/LPF組合せ形整合回路を適用した⁽⁷⁾。HPF/LPF組合せ形整合回路は、W-CDMAの仕様に対する3段目FETの最適電源インピーダンスと2段目FETの最適負荷インピーダンスを同時に実現することが可能となる整合回路である。

図8に開発した3段HPAモジュールを示す。小型化のために多層セラミック基板を用いた。モジュールのサイズは0.08cc(7mm×7mm×1.7mm)である。

図9に、周波数1.95GHzにおける3段HPAモジュールの出力電力(Pout)、電力付加効率(PAE)、隣接チャネル漏洩電力(ACPR)、次隣接チャネル漏洩電力(NACPR)の測定結果を示す。測定にはチップレート3.84McpsのHPSK変調波を用いた。ACPR-38.0dBc、NACPR-49.1dBc時にPout27.1dBm、PAE43.9%を得た。HPF/LPF組合せ形段間整合回路を用いることにより、必要なひずみ条件を満足した上で高効率な特性を実現できることが分かった。

3. む す び

W-CDMA携帯機送受信デバイスとして、LNA、ドライバ増幅器及びHPAを開発した。LNA及びドライバ増幅器にはSiGeプロセスを採用し、新規に考案した高機能なバイアス回路を内蔵することにより、アイドル電流の低減と低ひずみ特性を実現した。HPAには高効率かつ低ひずみな性能を得るためGaAsPHEMTプロセスを採用し、多段増幅器の段間インピーダンス最適化のためのHPF/LPF

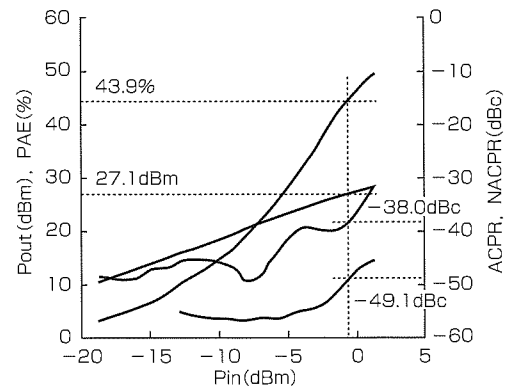


図9. 出力電力(Pout)、電力付加効率(PAE)、隣接チャネル漏洩電力(ACPR)、次隣接チャネル漏洩電力(NACPR)の測定結果

LPF組合せ形段間整合回路を適用し、必要なひずみ条件を満足した上で高効率な特性を実現した。

参 考 文 献

- (1) Suematsu, N.: On-chip Matching Si-MMIC for Mobile Communication Terminal Application, 1997 IEEE RFIC Symp., Dig., 9~12 (1997-6)
- (2) Itoh, K., et al.: Integrated Even Harmonic Type Direct Conversion Receiver for W-CDMA Mobile Terminals, IEEE MTT-S IMS., Dig., 9~12 (2002-6)
- (3) Joba, H., et al.: W-CDMA SiGe TX-IC with High Dynamic Range and High Power Control Accuracy, 2002 IEEE RFIC Symp., Dig., 27~30 (2002-6)
- (4) Cressler, D.: SiGe HBT Technology: A New Contender for Si-Based RF and Microwave Circuit Applications, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, **46**, No.5, 572~589 (1998)
- (5) Taniguchi, E., et al.: Dual Bias Feed SiGe HBT Low Noise Linear Amplifier, 2001 IEEE MTT-S IMS, Dig., 285~288 (2001-5)
- (6) Shinjo, S., et al.: Low Quiescent Current SiGe HBT Driver Amplifier having Self Base Bias Control Circuit, IEICE Trans. Electron., **E85-C**, No.7, 1404~1411 (2002)
- (7) Mori, K., et al.: An L-band High Efficiency and Low Distortion Power Amplifier using an HPF/LPF Combined Interstage Matching Circuit, IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., **48**, No.12, 2560~2566 (2000)
- (8) Yamada, H., et al.: Self-Linearizing Technique for L-Band HBT Power Amplifier: Effect of Source Impedance on Phase Distortion, IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., **44**, No.12, 2398~2402 (1996)

W-CDMA携帯機機構設計技術

高田志郎* 武者 淳***
 伊藤順子** 長谷川 学***
 下地美保子*

要 旨

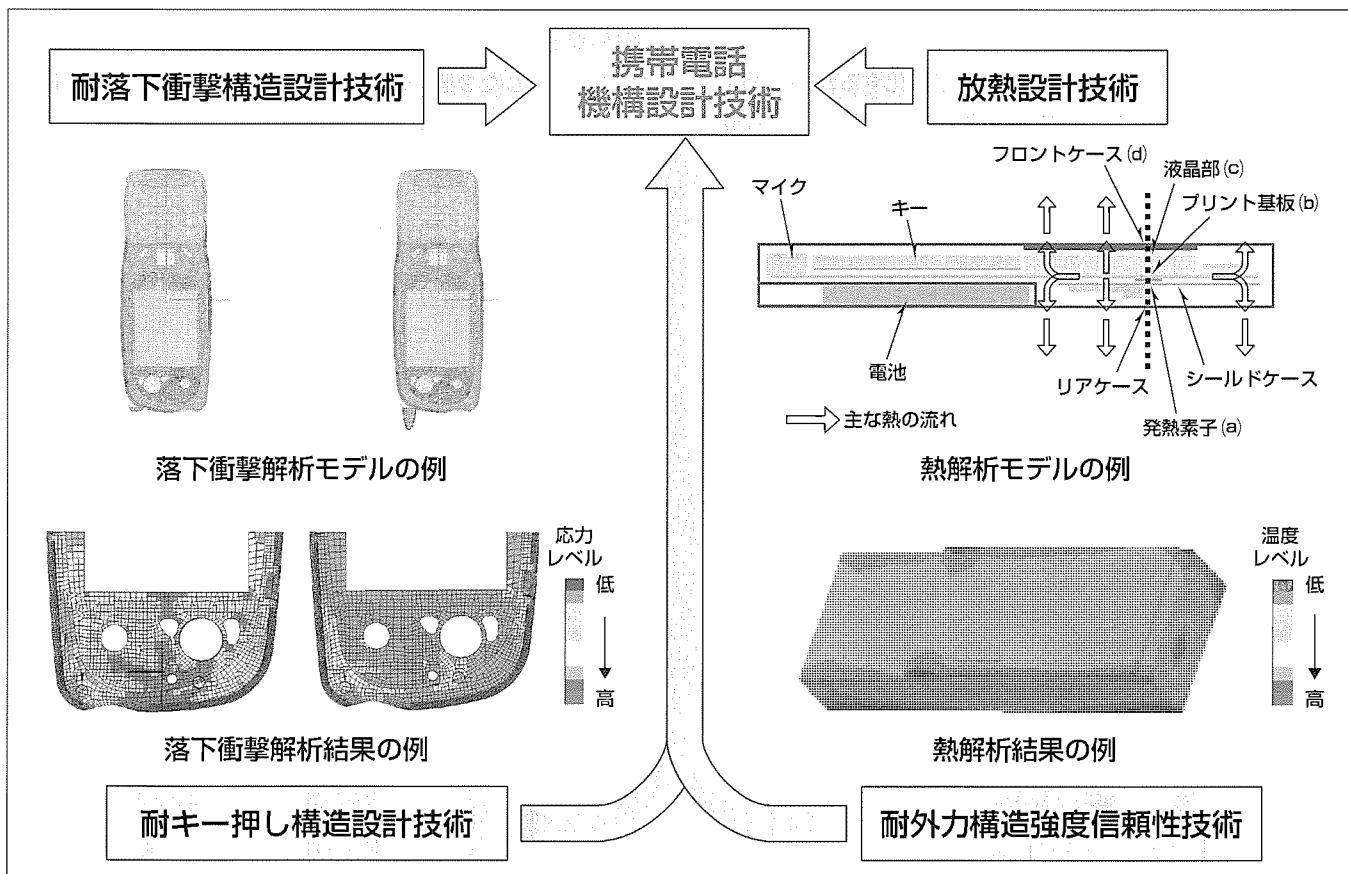
2001年度からサービスを開始した第3世代携帯電話(Wideband-Code Division Multiple Access: W-CDMA)では、通話領域の広域化、データ伝送速度の向上、動画機能向上など、従来のPDC(Personal Digital Cellular)方式を遥(はる)かに凌(しの)ぐ高機能を実現している。W-CDMA向けの各種の実装部品は、表示デバイスを除けば、今後は小型化・低消費電力化が進むと考えられるが、現時点では未だ大型・高消費電力であるため、必然的に携帯電話自体も大型化・重量化している。

一方、携帯電話機構設計からの要求としては、強度・剛性面では、落下衝撃を始めとする各種外力に対する筐体(きょうたい)・実装部品強度の確保が重要である。また、熱的には充電時又は通話時の素子発熱による筐体温度上昇を極力抑える必要がある。このため、各種搭載部品の大

型・重量化にも対応できる筐体強度・剛性を確保するための耐外力構造設計技術の開発、また、高機能化する電子部品の高発熱化に伴う温度上昇を抑制するための放熱設計技術の開発が急務となっている。

耐落下衝撃設計技術については、自由落下衝撃を再現性良く試験できる独自の落下衝撃試験装置を開発するとともに、有限要素法を利用した携帯電話機の落下衝撃解析技術開発を行い、設計段階における耐落下衝撃特性の予測と改善を実施している。また、放熱設計技術については、簡易な熱解析モデルの構築と解析モデルの検証により、設計段階で電話機の温度分布を予測できる技術を開発している。

本稿では、機構設計技術開発の観点から、特に耐落下衝撃構造設計技術及び放熱設計技術に関する技術開発概要とW-CDMA機への適用事例を紹介する。



W-CDMA機を始めとする携帯電話機構設計技術開発の概要

W-CDMA機を始めとする携帯電話機構設計技術として、耐落下衝撃構造設計技術、放熱設計技術のほかに、耐キー押し構造設計技術及び各種の外力に対する構造強度信頼性技術の開発を実施している。これらの技術を設計レベルで統合化して実践することにより、高機能・高性能と高信頼性を両立する携帯電話の開発を進めている。

1. ま え が き

2001年度からサービスを開始した第3世代携帯電話(W-CDMA)では、市場ニーズにこたえるため、通話領域の広域化、データ伝送速度の向上、動画機能向上など、従来のPDC方式に比較して大幅な高機能化が図られている。このため、各種搭載部品の大型・重量化に対応できる筐体強度・剛性の確保が重要である。また、電子部品の高発熱化に伴う温度上昇を抑制するため、放熱性能向上技術の開発が急務となっている。

本稿では、機構設計技術開発の観点から、特に耐落下衝撃構造設計技術及び放熱設計技術に関する技術開発概要とW-CDMA機への適用事例を紹介する。

2. 落下衝撃解析技術の開発

携帯情報端末機器の使用環境上、落下に対する耐衝撃性は、強度信頼性の中でも重要な特性である。当社では、設計の初期段階で機器の衝撃応答を定量的に予測し、適切な構造開発を行うために、従来から落下衝撃解析技術の開発を進めており⁽¹⁾⁽²⁾、ここでは開発した落下衝撃シミュレーション技術とW-CDMA機に適用した例について紹介する。

2.1 落下衝撃試験機の開発

自由落下における機器の衝撃応答を定量化するため、図1に示すような斜面式落下衝撃試験機を開発した。この試験機では、供試サンプルを試験台上に保持した状態で落下させ、供試サンプルが床面に衝突する直前に保持部を解放し、落下させる機構になっている。したがって、落下直前まで供試サンプルの落下姿勢、落下方向を制御しながら自由落下を再現することができる。この試験機により、供試サンプルが衝突したときの衝撃荷重、供試サンプルに生じる加速度やひずみ、及び、衝突直前の供試サンプルの落下速度な

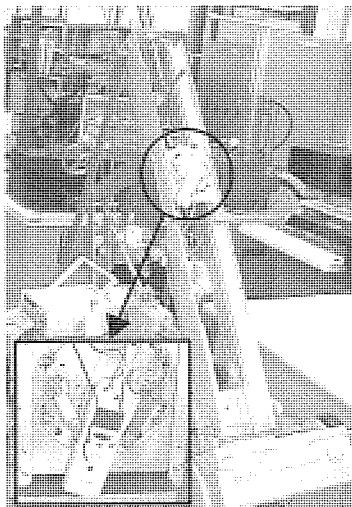


図1. 斜面式落下衝撃試験機

どを計測することが可能である。

2.2 落下衝撃解析技術の開発

ストレート型携帯電話のアンテナトップを衝突部とした天面落下衝撃解析モデル化技術について述べる。

2.2.1 解析モデルと解析条件

図2に衝撃解析用有限要素モデルを示す。モデル化においては、筐体ケースの主要部分をシェル要素で構成し、衝突部付近の要素分割を細かく、その他を粗くして解析の効率化を図った。また、内部部品としては、実装基板、シールドケース、液晶部品、電池、I/Oコネクタなど、剛性に寄与する主な部品をモデル化した。1.5mの高さから剛体壁に自由落下したときの衝突直前の速度5.4m/sで、アンテナトップを衝突部とした天面落下衝撃解析を実施した。

2.2.2 落下衝撃解析結果と解析モデルの検証

図3に衝突直後から0.6msと2msにおける筐体の変形挙動を示す。携帯電話は剛体壁に衝突後アンテナ付け根が撓(たわ)むことにより衝突方向に沈み込み、その後、機器全体としての重心と衝突箇所との位置関係により、回転しながら反発していることが分かる。また、このとき、上記の変形モードに対応して、アンテナ付け根付近に最大応力が生じることが明らかになった。次に、同条件で斜面式落下衝撃試験により計測した落下衝撃荷重と、衝突部近傍に貼付(てんぷ)した2軸(垂直, 水平)方向ひずみゲージの時刻

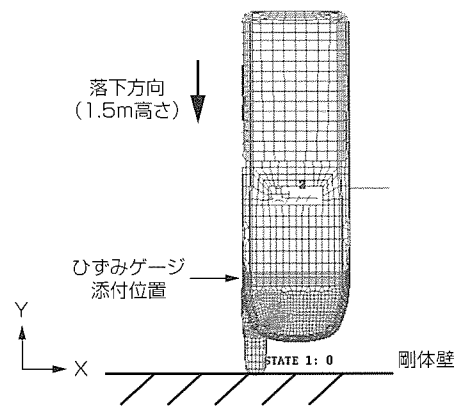


図2. 落下衝撃解析モデル

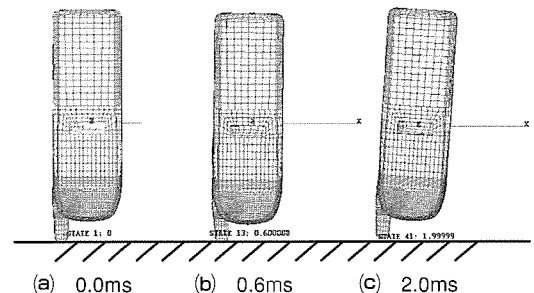


図3. 剛体壁に衝突後の変形挙動

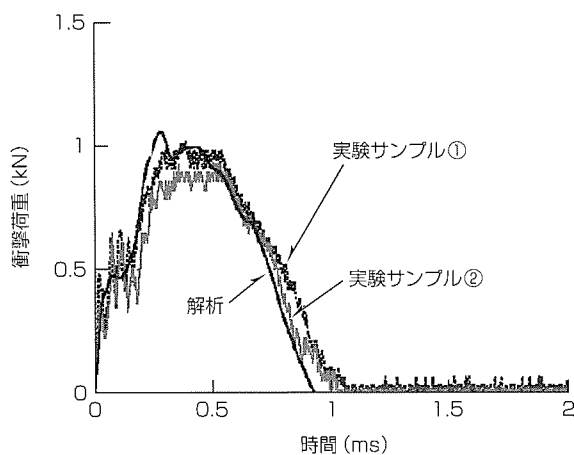


図4. 衝撃荷重-時間波形

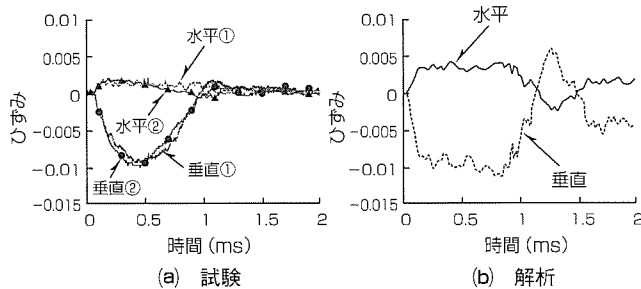


図5. 衝突部近傍のひずみ-時間波形

歴波形と、上記の解析結果を図4、図5に示す。衝撃荷重-時間波形、ひずみ-時間波形とも試験の再現性が認められるとともに、解析とよく対応し、解析モデルの妥当性が検証された。

2.3 W-CDMA機への落下衝撃解析技術の適用

W-CDMA機では、剛性を確保するため、フロントケースにマグネシウム合金を採用し、リアケースには樹脂を使用している。このような異種材料を組み合わせた筐体は当社初のため、上記の落下衝撃シミュレーション技術をW-CDMA機筐体設計の初期段階で適用し、従来の全樹脂製筐体に比べて、落下時の衝撃荷重が増加することなどを事前に定量的に明らかにするとともに、筐体の嵌(は)め合わせ、嵌号(かんごう)つめの位置、内部補強リブ等の適正化、アンテナ形状やカメラ搭載部周辺の構造改善などを行った。ここでは、その一例として、アンテナ構造の適正化について述べる。W-CDMA機筐体設計の初期段階で検討に使用した解析モデルを図6に示す。前述と同じようにアンテナ側から落下させた場合、図7に示すように、アンテナトップの形状によりマグネシウム筐体に発生する応力が大きく変化することを明らかにし、これらの結果に基づき、デザインとの調和を図りながら、アンテナ形状の適正化を図った。また、前述したように、アンテナ付け根付近に生じる応力も、補強リブの適正化により、低減することが可能に

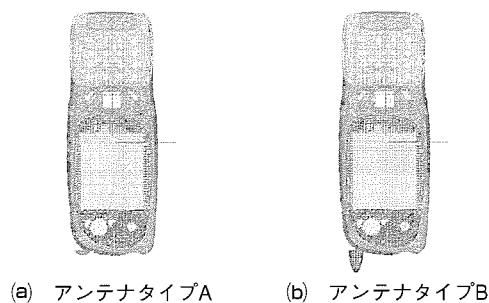


図6. 設計初期段階での落下衝撃解析モデル

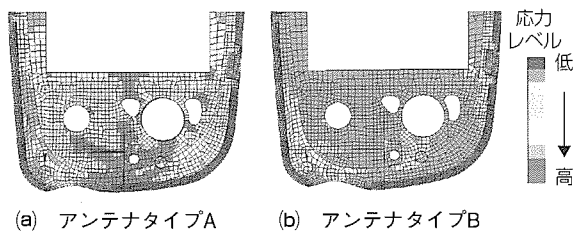


図7. マグネシウム筐体天面付近に発生する応力分布

なった。

3. 放熱設計技術の開発

携帯電話では小型軽量化が機構設計の最重要課題であり、さらに、騒音の発生源となるファンなどを付いた強制空冷機構を実装することができない。そのため、素子の温度上昇を最小化しておくとともに、設計初期段階で部品実装を最適化し、ユーザーに快適な温度分布を実現することが重要である。

携帯電話のような電子機器は、発熱分布や部品配置が不均一で、解析的に素子や筐体表面の温度上昇を予測することは難しく、数値解析の利用が有効である⁽³⁾。また、携帯電話は、モデルチェンジのサイクルが短いため、実用上十分な精度を確保しながらモデル作りが簡単で短時間に評価できる熱解析モデルを構築する必要がある。

以下では、W-CDMA機の開発に適用した熱解析モデルについて述べる。

3.1 携帯電話の熱の流れ

携帯電話は、図8に示すように、素子が実装されたプリント基板、送受信回路を覆うシールドケース、液晶部、電池、及びスピーカー、レシーバ、マイクなどの音声部品、キーなどの入力部品から構成され、上記部品は、フロントケースとリアケースを組み合わせた筐体に収納されている。また、主な発熱源は基板上の素子で、発生した熱は、実装部品や空気層を伝わって、最後は筐体表面から空気の対流や放射によって外気へ放散される。

3.2 温度分布解析手法

携帯電話の内部は部品が密に実装されているので自然対流による熱伝達の影響は小さく、また、放射の影響も熱伝

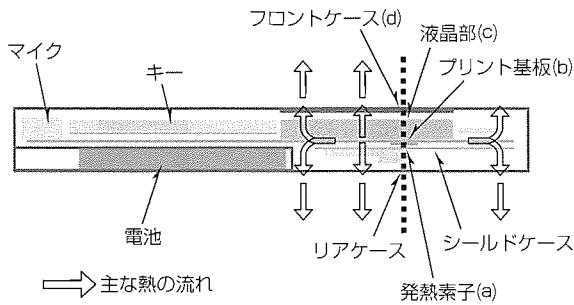


図8. 携帯電話の概略断面構造

導に比べて小さい。そのため、熱伝導のみを考慮して評価を行った。

数値解析法には有限要素法を用いた。モデル形状には、構造格子モデルと非構造格子モデルがあるが、メッシュ作成が簡単でパラメータスタディに適した構造格子モデルを採用した。要素分割数については、筐体寸法が内部部品寸法に対しそれほど大きくないことや、定常の線形解析であることから、モデル全体の分割数を多くしても計算時間は比較的短い。したがって、要素分割の作業を単純化し、筐体全体ではほぼ均一な要素分割とした。

筐体表面の対流・放射熱伝達は使用条件によって熱伝達率が変化するものと、計算を簡単にするため、実験により求めた平均の熱伝達率を用いた。また、プリント基板など構成が複雑な複合部品は、熱伝導率測定を行い、異方性材料の単体部品として取り扱うことで、モデルを簡略化した。

このように、簡単なモデルと実測データを組み合わせることで、解析精度を維持しながら計算作業を大幅に削減できるようになった。図9に解析結果の温度コンター図を示す。

3.3 解析モデルの検証

適用した解析モデルの妥当性を検証する方法として実際の携帯電話機を運転させ温度分布比較を行うことも考えられるが、この場合、複数の素子が発熱するため誤差分析が複雑になる。そのため、ここでは、プリント基板上にダミー素子、銅板、ヒーターの順に積層して接着する構成で発熱条件を明確に規定できる模擬発熱実験装置を用いて検証を行った。

実験は無風での通話を想定し、筐体を縦置きに設置し、箱で覆った。測定は、図8中の破線に示す模擬発熱素子の中心軸上のフロントケースからリアケースまでの実装部品の表面温度を測定した。

図10に実験と解析の温度分布を示す。実線が実験値、破線が解析値である。図10中の(a)(b)(c)(d)は、図8中の部品表面の測定点(a)(b)(c)(d)を示す。図10から、ケース表面温度は解析と実験が良く一致し、実発熱部品においても精度良く予測できることが分かった。一方、構成部品の区間(a)-(d)で実験と解析の差が生じている。区間(a)-(b)は、

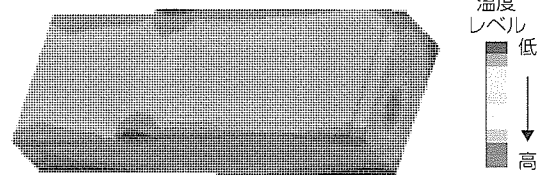


図9. 解析結果の温度分布

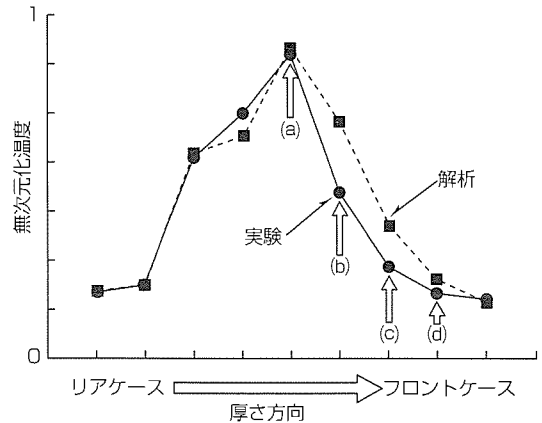


図10. 携帯電話厚さ方向の温度分布

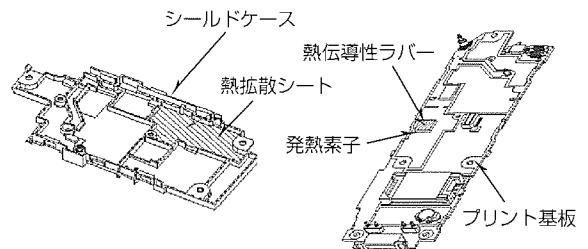


図11. W-CDMA機に適用した放熱対策

ヒーター表面からプリント基板裏側の区間で熱流束も大きく、接着状態の差が顕著にでたものと推定される。区間(b)-(c)は、空気層、ガラスパネル、偏光板、樹脂製ケースなどで構成される液晶部で、樹脂製ケースのリップなどの影響が現れたものと推定される。区間(c)-(d)は液晶ガラス表面からフロントケース表面の区間で、液晶部での熱拡散効果の差が二次的に現れたものと予想される。

したがって、内部部品の温度差は、実装時の構造分析や材料物性の測定などによって補正でき、この解析モデルは十分活用できるものと考えられる。

3.4 W-CDMA機への適用

開発した解析モデルをW-CDMA機へ適用し、初期設計段階で最も良好な発熱分布を示す素子配置を選定するとともに、構成部品の材料や配置の影響、熱拡散シートや熱伝導性ラバーを用いた対策の効果を検討した。その結果、適切な熱対策として、以下を採用するに至った。

- (1) 発熱素子の配置を最適化し、ケース温度を低下

- (2) 図11に示すように熱伝導性ラバーとアルミシートを張り付ける対策により素子温度を低下
- (3) フロントケースをマグネシウム合金で構成し、素子温度を低下

4. む す び

本稿では特に耐落下衝撃設計技術及び放熱設計技術について紹介したが、これ以外にも、キー押し荷重や各種の外力に対する剛性・強度設計などの機構設計技術の開発を実施している。

W-CDMA機に限らず携帯電話では今後更に高機能化が進むと予想されるが、搭載部品の大型・重量化と筐体の軽

量・薄型化の両立、発熱量の増大に対する効率的な放熱システムの設計など、機構設計技術の開発がますます重要になってくると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 伊藤順子, ほか: 日本機械学会第13回計算力学講演会講演論文集, 525~526 (2000-11)
- (2) 宮崎政行, ほか: 携帯電話機機構設計の革新, 三菱電機技報, 75, No.2, 128~131 (2001)
- (3) 小林 孝, ほか: 日本機械学会論文集B編, 64-628, 255~262 (1998)

W-CDMA携帯機の 音声・音響処理技術

高橋真哉* 吉田佳子**
古田 訓* 丸橋 仁***
松岡文啓*

要 旨

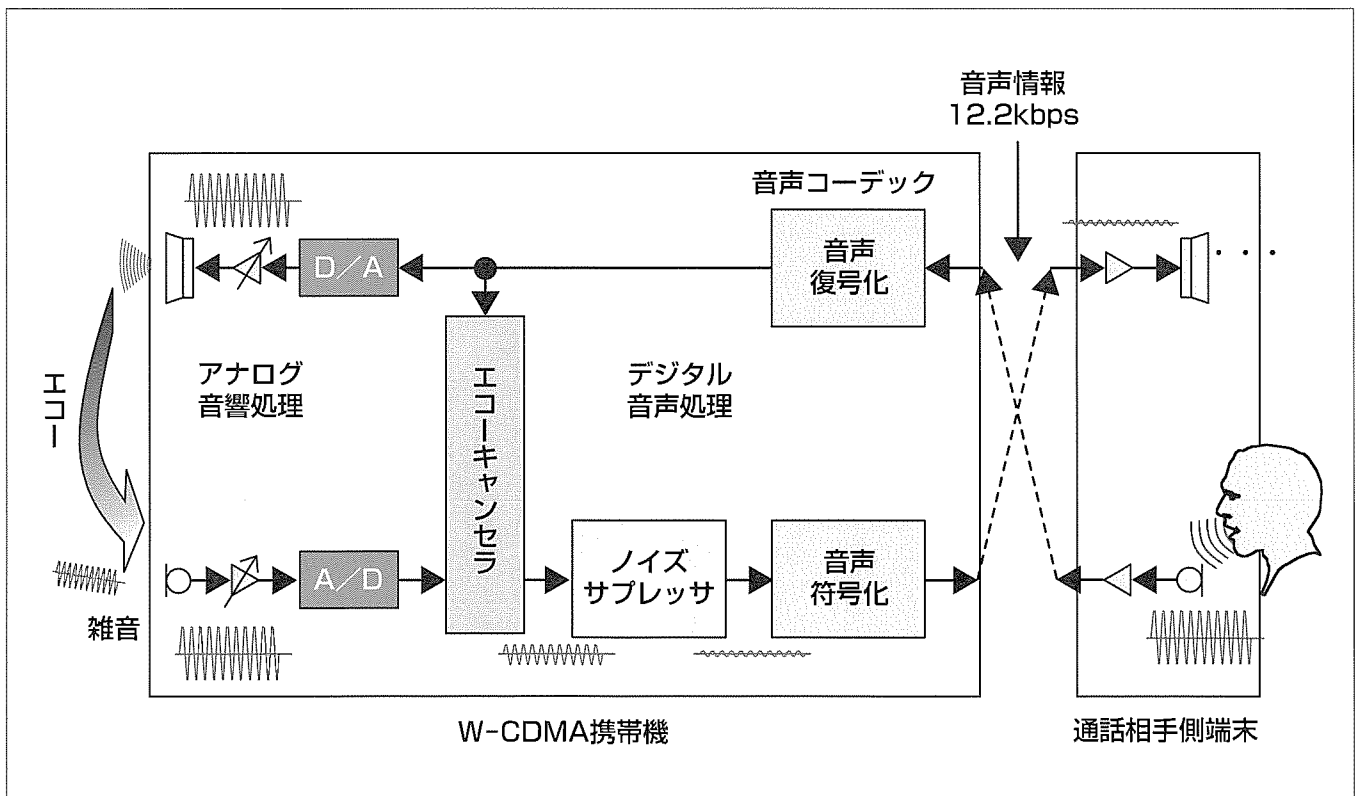
W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 携帯機では、ハンドセットを用いる通常通話においては固定電話並みの高い基本音声品質が求められる。また、W-CDMAの特長であるTV電話を行う際のハンズフリー通話においては、発生する大きなエコーや背景雑音を十分に抑圧する必要がある。このため第3世代携帯電話の規格を策定する3GPP(3rd Generation Partnership Project)では音声・音響特性に関し厳しい規格を設け第3世代携帯電話の通話品質の保証を図っているが、この規格を満足し良好な音声品質をユーザーに提供するには、優れた音声・音響処理技術が求められる。

W-CDMA携帯機における音声・音響処理を図に示す。通話相手側の音声は、圧縮符号化されて携帯機に伝送される。伝送された符号化音声データは、音声復号化部で復号され、アナログ音響系のスピーカー又はレシーバ(ハンドセット通話時に使用する耳介放射専用の音響出力部品)か

ら近端話者へ出力される。出力された音声はエコーとして背景雑音とともにマイクに入力されるが、エコーキャンセラ部及びノイズサプレッサ部でそれぞれ抑圧を受け、抑圧量が十分であれば通話相手側に伝送されず、支障のない通話が可能となる。

三菱電機では優れた雑音抑圧性能を持つノイズサプレッサを開発し、3GPPの性能要求基準をすべてクリアして世界で初めて3GPPから基準クリアの承認を得た。また、ダブルトーク時にも安定した性能を得るエコーキャンセラや、3GPPの受話の周波数特性規格をクリアする品質の良いレシーバの実装方式を開発し、総合的に優れた音声・音響特性を得た。

本稿では、3GPPで策定された音声・音響処理に関する規格について述べるとともに、それらの規格に対応して当社が開発した音声・音響処理技術について述べる。



W-CDMA携帯機の音声・音響処理の構成

通話相手側の音声は、12.2kbpsに圧縮符号化され、無線通信系を経て携帯機に伝送される。伝送された符号化音声情報は、音声コーデックの音声復号化部で復号され、アナログ音響系を経て近端話者へ出力される。出力された音声は、エコーとして背景雑音とともにマイク入力される。このエコーと背景雑音成分は、エコーキャンセラ部とノイズサプレッサ部で抑圧され、音声符号化部で12.2kbpsに圧縮符号化して通話相手側に伝送される。エコーや背景雑音が十分に抑圧されていれば通話相手側に伝送されず、支障なく通話できる。

1. ま え が き

W-CDMA携帯電話では、従来の携帯電話と差別化するため、ハンドセットを用いる通常の通話においては固定電話並みの高い基本音声品質が求められる。また、W-CDMAの特長であるTV電話を快適に行うのに必要なハンズフリー通話においては、ハンドセット通話時に比べ大きなエコーや背景雑音がマイクに混入するので、これを十分に抑圧することが必要である。3GPPでは、これらの要求条件を考慮して音声・音響特性に関し厳しい規格を設け、第3世代携帯電話の通話品質の保証を図っている。

携帯電話の音声・音響処理は音声コーデック、エコーキャンセラ、ノイズサプレッサから成るデジタル信号処理部と、音声をレシーバや筐体(きょうたい)を介して耳に出力するまでのアナログ音響処理部で構成されるが、3GPPの規格を満足しつつ良好な音質をユーザーに提供するには両者の技術が共に優れていることが必要である。

本稿では、3GPPで策定された音声・音響処理に関する規格と、それらの規格に対応して当社が開発した音声・音響処理技術について述べる。

2. 3GPPの音声・音響規格の概要

第3世代携帯電話の音声・音響処理の規格化は、3GPPのTSG-SA4(Technical Specification Group-Service and System Aspects Working Group4)会合で行われている。1998年にまず通常の電話帯域(300Hz~3.4kHz)の音声を符号化するAMR(Adaptive Multi-rate)方式が音声コーデックの標準方式に選定され、その後、アナログ音響系の周波数特性やAMR用のノイズサプレッサについて、性能要求基準が順次規格化された。さらに、音声コーデックの高品質化版として、2001年に広帯域(50Hz~7kHz)の音声信号を符号化するAMR-WB(AMR-Wideband)方式が規格化されている。

3. 音声コーデック

3GPPで標準規格化された音声コーデックAMR方式とAMR-WB方式の諸元を表1に示す。両方式共に音声符号化のベースにCELP(Code Excited Linear Prediction)方式を採用しており、様々な伝送容量に対応するため複数のビ

表1. 3GPP標準音声コーデックの諸元

方式	AMR	AMR-WB
信号帯域	300Hz~3.4kHz	50Hz~7kHz
サンプリング周波数	8kHz	16kHz
ビットレート	12.2kbps ~4.75kbps 8段階	23.85kbps ~6.6kbps 9段階

ットレートで動作する。現在国内のW-CDMA携帯電話で用いられているのはAMR方式の12.2kbps(のみ)であるが、その音質は、国内のPHS(Personal Handyphone System)で用いられている32kbpsADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)方式よりも優れ、固定電話に近い。

4. エコーキャンセラ

4.1 エコーキャンセラの課題(ダブルトーク検知)

特にハンズフリー通話時は、スピーカーから大きなエコーがマイクに回り込む。このエコーの抑圧には、適応フィルタでエコー経路の伝達特性(フィルタ係数)を逐次推定し、推定した伝達特性から擬似エコーを生成して入力信号から差し引く方法が用いられる。しかし、受信側と送信側の話者が同時に話すダブルトーク時にも伝達特性の推定を続けると推定誤りが起き、容易に正常に戻らず大きな残留エコーが長期間生じることがある。このため、ダブルトークをより早く検知し推定を停止することが大きな課題となっている。

4.2 遅延検定によるダブルトーク検知

当社では、高性能ダブルトーク検知技術として、図1に示す遅延検定法を開発した⁽¹⁾。この方法は、現在のフィルタ係数を過去の信号に適用して残留エコー量($E2$)を求め、その値が現在の残留エコー量($E1$)と比べて一定値以上大きければダブルトークによって推定が間違った方向に進んだと判断するものである。この方法により、従来よりも検知時間が20ms以上短縮され、ダブルトーク時でもエコーを性能良く抑圧することができる。

4.3 振幅抑圧器の挿入

現実の携帯電話のエコーには非線形な成分や、複数のエコー経路で複合された成分が含まれ、ハンズフリー通話時は上記の適応フィルタだけでは抑圧しきれない場合が多い。そこで、残留したエコー区間の振幅を抑圧する振幅抑圧器を挿入している。このとき誤って送信側の話者の音声信号を減衰させないため、送信信号がエコーのときだけ動作するように厳密に制御している。また、振幅抑圧した区間がその前後の区間と聴覚上の違和感を生じないように、周波数特性を制御している。

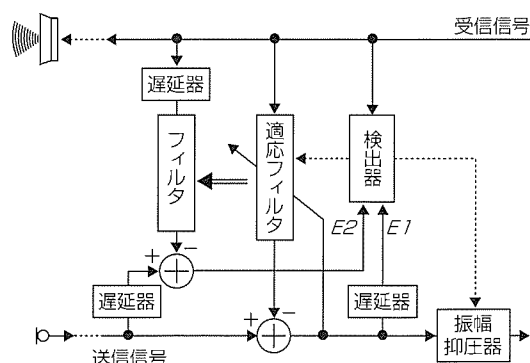


図1. エコーキャンセラの構成

5. ノイズサプレッサ

5.1 ノイズサプレッサに関する3GPPの規格

3GPPでは、標準音声コーデックAMRに適用するノイズサプレッサ(NS)の要求性能基準3GPP TS26.077を2001年に策定した。この性能基準はNSが適合すべき音質を主観/客観の両面から規定するもので、主観評価において第三者機関による最低2言語の試験で性能基準をクリアし、客観評価試験においても性能基準をクリアすれば、3GPPからEndorsement(基準クリアしたことの承認)が得られる。

5.2 ノイズサプレッサ方式

図2に当社が開発したNSのブロック構成を示す。この方式はスペクトルサブトラクション法に基づいており、処理フレーム長は20ms、アルゴリズム遅延は5msである。

3GPPのNSの要求性能基準には雑音抑圧性能に関するものと音声の自然性維持に関するものがあるが、雑音抑圧性能を高めると音声信号も抑圧して自然性を損いやすく、両者を満足するのは容易でない。当社はこの課題を解決するため図に示す適応雑音抑圧制御部を設け、比較的信号・雑音比率(SNR)が高い低周波数領域では主に雑音スペクトルの減算を行って雑音抑圧量を稼ぎ、SNRが低い高周波数領域では主に雑音スペクトルの振幅抑圧を行って音声のスペクトル成分を保存しつつ雑音を抑えるようにした。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た。

5.3 評価試験結果

上記NS方式の主観評価試験を第三者評価機関で行った。言語は日本語と英語で、評価試験項目は74項目×2言語である。それぞれネイティブリスナー24名が受聴した。図3は音質の自然性に関する主観評価結果、図4は雑音抑圧性能(NSがない時からの改善量)に関する主観評価結果の抜粋である。各評価試験について性能基準規定の統計分析を実施した結果、このNSは3GPPの要求基準をすべてクリアした⁽²⁾⁽³⁾。

また、演算量、遅延量及び音声活性率VAF(Voice Activity Factor)等の客観評価(全12項目)に関する要求性能基準、並びに、客観SNR改善量、雑音パワーレベル低減量等の要求性能以外の目標性能に関しても、すべての要求・目標性能基準をクリアした⁽²⁾。

当社はこれらの結果を2002年5月の3GPP TSG-SA4会合に報告し、同会合から世界で初めてEndorsementを得た。今後は、AMR-WB向けの広帯域対応方式の開発が必要である。

6. 音響設計

6.1 3GPPにおける端末受話周波数特性規格

3GPPでは2000年に端末音響特性の規格3GPP TS26.131

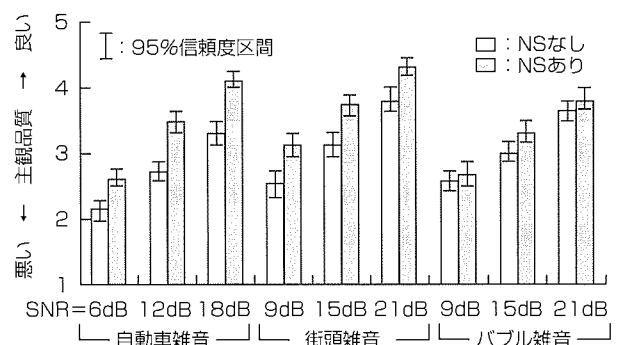


図3. 自然性に関する評価結果例(日本語)

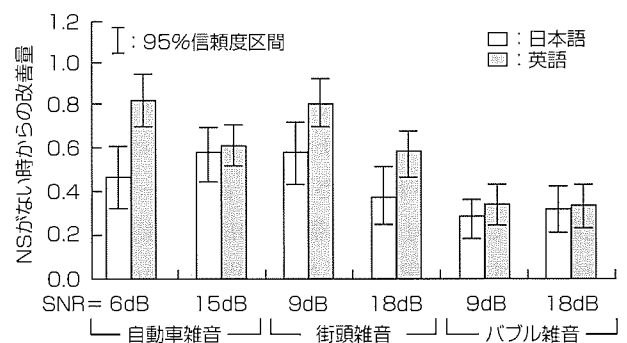


図4. 雑音抑圧性能の評価結果例

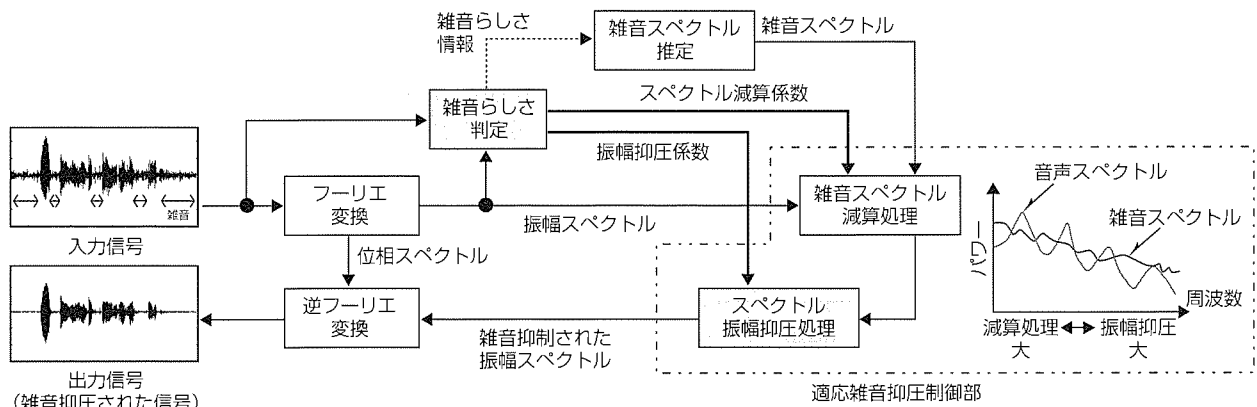


図2. ノイズサプレッサのブロック構成

を策定し、当社もその作業に参画した⁽⁴⁾。ここでは、従来の規格に比べ非常に特徴的である同規格の受話周波数対音圧感度特性(受話f特)マスクについて説明する。図5に、同規格で策定された電話帯域のハンドセット通話における受話f特マスクパターン(通過すべき受話f特の上, 下限を示す境界線)を、他の国際規格との比較で示す。このマスクパタンの考え方はITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)が1999年に策定した音響規格ITU-T P.313と基本的にはほぼ同じであるが、特性上限(上の境界線)に関し次の2点で異なる。

- (1) 高域上限：4 kHz以上を規定しない。
- (2) 低域上限：周波数下限を70Hzまで拡大する。

(当社の提案による)

このうち、(1)については従来の欧州GSM(Global System for Mobile Communication)の音響規格GSM 03.50に合わせたもので、規格間の互換性、すなわちデュアルモード機での整合性を考慮している。(2)は今後の広帯域(50Hz～7 kHz)音声コーデックの導入を想定した措置である。

また、TS26.131の受話f特マスクのもう一つの特徴は、受話f特の測定に、GSM 03.50を含む従来の規格で基本とされていた密閉型擬似耳を使用せず、小型携帯機で顕著に生じる耳と端末の間の隙間(すきま)による実耳漏洩(ろうえい)を考慮した漏洩型擬似耳を使用することである。この結果、3GPP受話f特マスクの特性下限(下の境界線)には、次の特徴を持たせることとなった。

- (3) 低域下限：実耳漏洩によって生じる低域のレスポンス低下をあらかじめ考慮に入れて1 kHz以下を低下させる。
- (4) 高域下限：擬似耳の変更で音圧参照点(擬似耳内のマイクロホン位置)が外耳道入り口から鼓膜位置が変わるため、補正措置として1 kHz以上を低下させる。

これら、上記(1)～(4)の措置により、TS26.131規格の受話f特マスクは、小型携帯機で特徴的な各種音響条件を網羅的に加味し、現実性を増したものとなるとともに、高いフラットネスを確保して固定電話並みの基本音質を維持し、更に将来的な広帯域音声コーデックの導入や従来規格との整合性も考慮に入れた、非常に合理的なものとなった。

6.2 W-CDMA携帯機の受話音響設計と今後

当社製W-CDMA携帯機(FOMA^(注1) D2101V)では、上記の3GPP受話音響規格策定への参画や、従来の国内PDC(Personal Digital Cellular)携帯機、GSM携帯機的设计過程で得た技術を集積し、綿密な音響特性設計を行った。

特に、受話音響系を含む筐体の構造設計過程においては、レシーバ、及びその周囲の機構構造、実耳とのカップリング条件等を考慮に入れた独自の音響設計シミュレーション手法を利用し、設計の効率化を図るとともに、カップリング条件の変化があっても常に安定した低域特性が得られる

(注1) FOMAは、(株)NTTドコモの商標である。

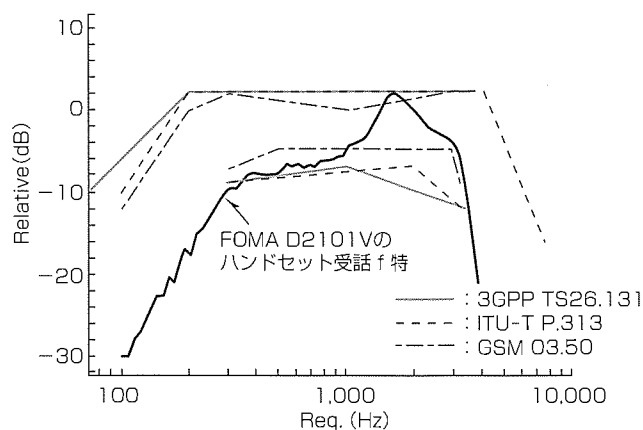


図5. 受話f特マスクの比較と当社製FOMA D2101Vの受話f特

レシーバの低音響インピーダンス実装を国内向け携帯電話機としては初めて採用し、TS26.131規格をクリアする高い品質を実現した(図5の周波数特性を参照)。

現在当社では、この音響設計シミュレーション手法の一層の高精度化検討を進めており、今後急速に小型化が進むと考えられるFOMA機、及び国外向けのW-CDMA端末においても、高品質かつ効率的な受話f特設計を行う予定である。

7. む す び

W-CDMA携帯機では、今後加入者数の増大とともに、端末の小型化やTV電話でのハンズフリー通話の利用が進むことが予想される。また、音声の高品質化を図る広帯域音声コーデックの導入も予想される。これらに対応しながら良好な音声品質をユーザーに提供するため、今後もより高度な音声・音響処理技術をデジタル、アナログ両面から総合的に開発する予定である。

参 考 文 献

- (1) 松岡文啓, ほか: 判定遅延を持たせた音響エコーキャンセラー用ダブルトーク検知方法の検討, 2000年電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-10-4 (2000)
- (2) 古田 訓, ほか: 3GPP性能基準クリアAMR音声コーデック用ノイズサプレッサとその評価結果, 電子情報通信学会デジタル信号処理(DSP)シンポジウム, A5-2 (2002-11)
- (3) Furuta, S. et al.: A Noise Suppressor for the AMR Speech CODEC and Evaluation Test Results based on 3GPP Specification, 2002 IEEE Speech Coding Workshop (2002)
- (4) 松岡文啓, ほか: 3GPPにおける端末受話周波数対音圧感度特性の規格化, 2001年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-14-1 (2001)

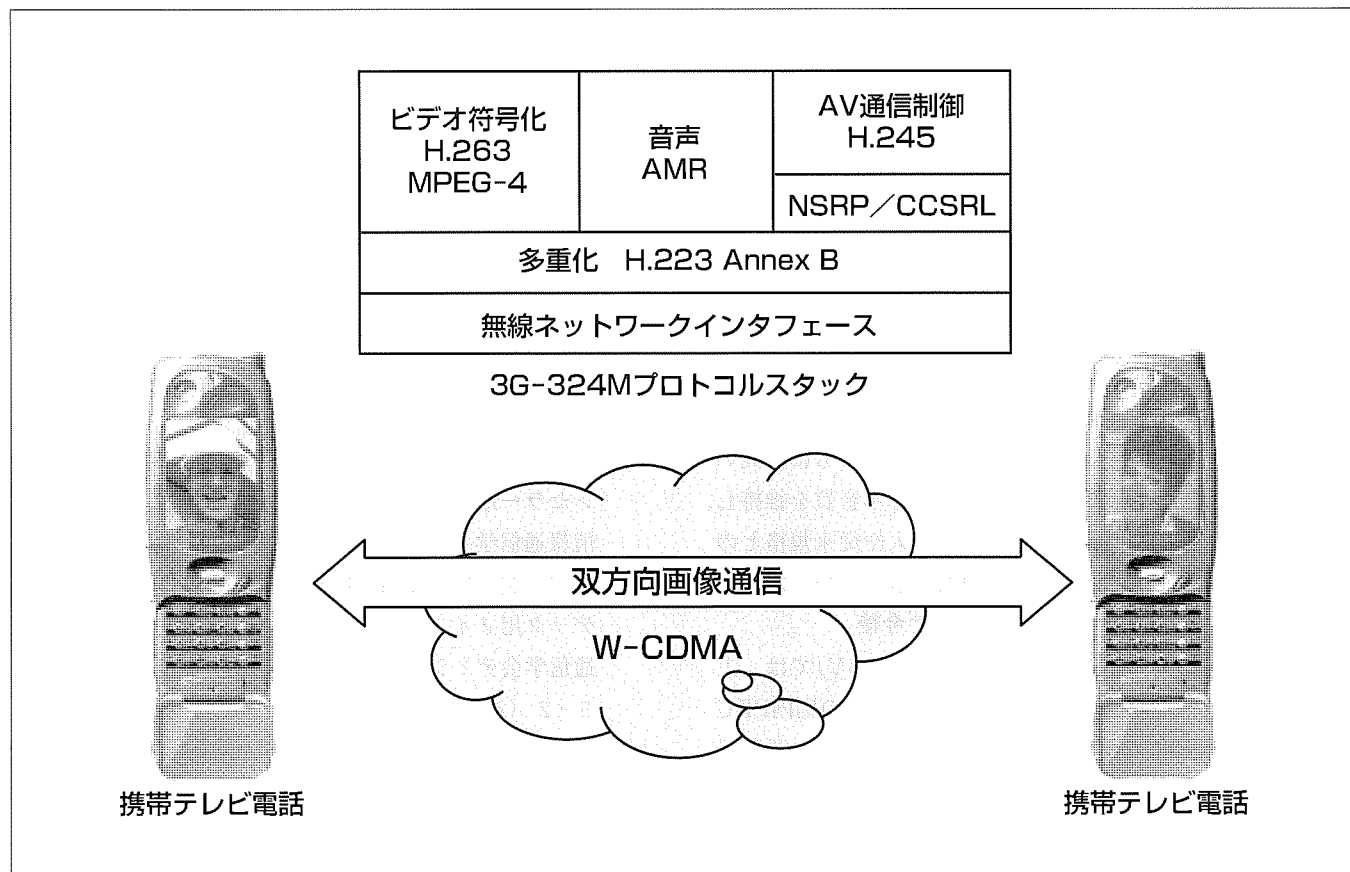
W-CDMA携帯機の 映像符号化伝送技術

小川文伸* 松田幸成*
浅井光太郎* 近藤省造*
馬場昌之*

要 旨

W-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)環境下では、従来のPDC(Personal Digital Cellular)に比べ、高い伝送レートでデータの授受が可能となり、テキストや静止画情報のみならず、動画像を扱うサービスが可能となる。なかでも端末同士で双方向に音声や画像をやり取りできるテレビ電話機能は、従来の携帯電話にない新たな機能として期待されている。本稿では、W-CDMA携帯機でテレビ電話を実現するために採用された3G-324Mとその実現方法について述べる。3GPP(3rd Generation Partnership Project)で規定されたマルチメディアテレフォニーの規定である3G-324Mに従うことで、他社製端末との相互接続が可能となる。3G-324Mでは、ビデオコーデックとして、ITU-T H.263方式の使用を基本とするが、

MPEG-4も使用できる。音声コーデックは、3GPP-AMRを使用し、AV通信プロトコルとしてはITU-T H.245を、各メディアの多重化にはITU-T H.223を用いる。DSPによるソフトウェアと各処理をアクセラレートする専用ハードウェアとのハイブリッド構成により、ビデオデコーダ、メディア多重分離、AV通信制御を一つのLSIモジュールに集約した。この構成により、ビデオや音声などのメディアレイヤと多重化レイヤの双方の連携による高い誤り耐性、通信開始までの待ち時間短縮を実現した。2002年10月1日からテレビ電話の多地点接続サービスも開始され、モバイル環境でのテレビ電話サービスは、単なるチャットにとどまらず、遠隔監視、教育、コンテンツ配信などへの様々な展開が期待される。



W-CDMA環境下での双方向テレビ電話技術

伝送レートの高いW-CDMA環境下では、双方向の動画像通信が可能となる。

1. ま え が き

W-CDMA環境下では、従来のPDCに比べ、高い伝送レートでデータの授受が可能となる。伝送容量は、非制限デジタルデータ通信の場合は双方向64kbps、パケットデータ通信の場合は、上り64kbps、下り384kbpsとなり、テキストや静止画情報のみならず、動画像を扱うサービスが可能となる。なかでも端末同士で双方向に音声や画像をやり取りできるテレビ電話機能は、従来の携帯電話にない新たな機能として期待されている。

本稿では、W-CDMA携帯機でテレビ電話を実現するために採用された3G-324Mとその実現方法について述べる。

2. テレビ電話用プロトコルスタック

テレビ電話には、64kbps双方向の帯域が保証された回線交換型のサービスを用いる。3GPPで規定されたマルチメディアテレフォニーの規定である3G-324Mに従うことで、他社製端末との相互接続が可能となる。図1に3G-324Mのプロトコルスタックを示す。ビデオコーデックとしては、ITU-T H.263方式が不可欠な機能として採用され、ISO MPEG-4 Visual Simple Profile Level 0 (SP@L0)も使用可能である。音声コーデックは3GPP-AMRが不可欠であり、端末相互間の能力情報の交換を行うAV通信プロトコルとしてはITU-T H.245を使用する。ビデオ、音声、制御データなどの各メディアの多重化にはITU-T H.223を用いる。誤り環境下でも、H.245メッセージを確実に効率良く送信するため、NSRP(簡易再送プロトコル)とCCSRL(制御チャンネル分割レイヤ)を用いる。

3. ビデオ符号化

3G-324MではH.263が不可欠であり、モバイル環境に適した誤り耐性を備えたMPEG-4 Visual SP@L0も使用できる。MPEG-4 SP@L0では、最大QCIFサイズ(176画素×144ライン)の画像を15フレーム/秒で復号することが不可欠となる。

3.1 MPEG-4 誤り耐性

MPEG-4は、伝送誤りに対しても画像品質の劣化を抑制する誤り耐性をサポートしている。エラー発生時に迅速な復帰を可能とする再同期マーカ(ビデオパケット)、画像

ビデオ符号化 H.263 MPEG-4	音声 AMR	AV通信制御 H.245
		NSRP/CCSRL
多重化 H.223 AnnexB		
無線ネットワークインタフェース		

図1. 3G-324Mプロトコルスタック

データへの誤りの波及を抑制するデータパーティショニング、誤った符号語の逆方向からの再生を可能とするリバーシブルVLC(Variable Length Code)などの機能により、誤り率 10^{-4} のランダム誤りや、誤り率 10^{-3} のバースト誤りの環境下でも再生画像の劣化を抑制することができる。図2にランダム誤り(BER= 10^{-4})の加わった画像符号化データの復号結果の例を示す。

3.2 ポストプロセス

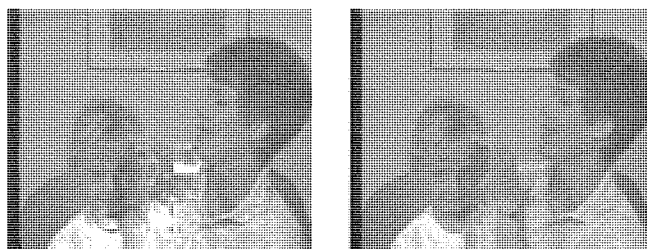
受信した画像を表示する際にポスト処理を施すことで、符号化による品質劣化を軽減することが可能となる。MPEG-4では、特にブロック境界に現れる符号化ノイズを軽減するデブロッキングフィルタが規定されている。デブロッキングフィルタは、演算負荷が極めて高く、復号処理の過半数を占める。品質を維持したまま演算負荷を軽減することが必要になる。図3に、独自のポスト処理を施した場合の表示サンプルを示す。

4. メディア多重分離

4.1 H.223勧告に準拠した多重化方式

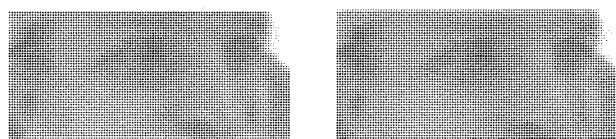
携帯テレビ電話では、ITU-T勧告H.223で規定されたメディア多重化方式に準拠してビデオや音声等の複数のメディアを一つのストリームに多重化して伝送する。H.223は、メディアごとにその特性に応じてフレーム化するアダプテーションレイヤ(ALレイヤ)と、メディア混在で伝送路の特性に応じてフレーム化する多重化レイヤ(MUXレイヤ)の二つのレイヤで構成したメディア多重化方式を規定している。図4に、H.223によるメディア多重化の例を示す。

ALレイヤについてはメディアの特性、MUXレイヤについては誤り耐性に対応して複数の多重化方式が規定されており、用途に応じてそれらを組み合わせて適切なマルチメディア伝送を実現する。3G-324Mテレビ電話では伝送遅延を考慮してMUXレベル2を適用し、伝送遅延を考慮し



(a) 誤り耐性オフ (b) 誤り耐性オン

図2. 誤りの付加された画像データの復号



(a) ポストフィルタOFF (b) 独自ポストフィルタ

図3. ポストフィルタ

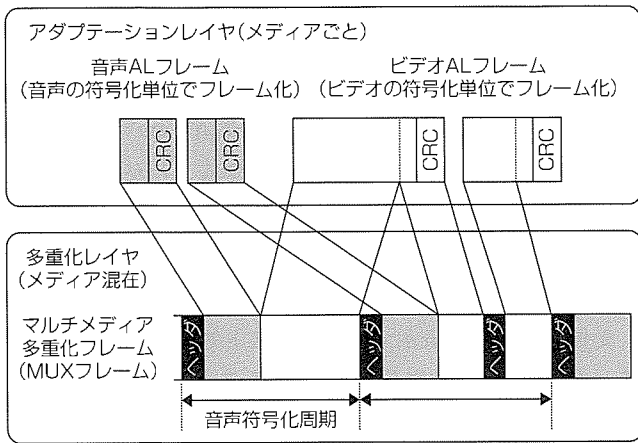


図4. メディア多重化フォーマット

てAL種別を選択している。

4.2 モバイル通信におけるマルチメディア伝送

モバイル通信では、有線通信以上に伝送誤りの影響を考慮する必要がある。また、各種ヘッダやCRC(Cyclic Redundancy Check)等によるオーバーヘッドが多重化効率に大きな影響を及ぼすことから、送信処理においてフレーム長をなるべく長くして多重化することが望まれる。一方で、安定した受信動作のため表1に示すような制約によって多重化フレームの分割が必要となり、フレーム長を短くして多重化しなければならない。このように相反する要求条件下において、多重化処理単位を動的に変更する等の工夫によって多重化効率の向上を図ることができる。

ビデオデータを伝送する場合、符号化効率の向上のため差分情報を符号化して伝送する。そのため、誤りのある伝送フレームを完全に廃棄すると復号処理に大きな影響を及ぼすことになる。また、ビデオ符号化には3.1節で述べたようなビデオ誤り耐性機能を実装しているため、H.223で規定される誤り耐性方法に加えて、受信処理において、MUXフレームの相対関係からヘッダ誤りを推測する等の工夫によって伝送誤り耐性の強化を図ることができる。

5. AV通信制御

5.1 機能と方式

音声、動画等の様々なメディアを組み合わせたマルチメディア通信を行う場合、使用するメディア、及びその符号化方式等を使用状況に合わせて適切に選択し、確実かつ安定した通信を可能とするためにAV通信制御機能が用いられる。主なAV通信制御機能として、相互で通信可能なメディアを認識するための通信能力ネゴシエーション、使用するメディア及びその符号化方式や伝送方式等の通知、AV同期情報の通知などがある。

3G-324M端末で使用されるAV通信制御方式は、汎用マルチメディア通信制御プロトコルであるITU-T勧告

表1. メディア多重化時の課題

制約事項	内容
定周期での音声送信	音声送信タイミングごとに、音声ALフレームをMUXフレーム化しなければならない →ビデオALフレームが分割される
伝送誤りを考慮したフレーム化	ビデオ情報は差分情報を符号化するため、伝送誤り時に受信側での復帰を早めるため短い単位でALフレーム化しなければならない →ビデオALフレーム数が増加する

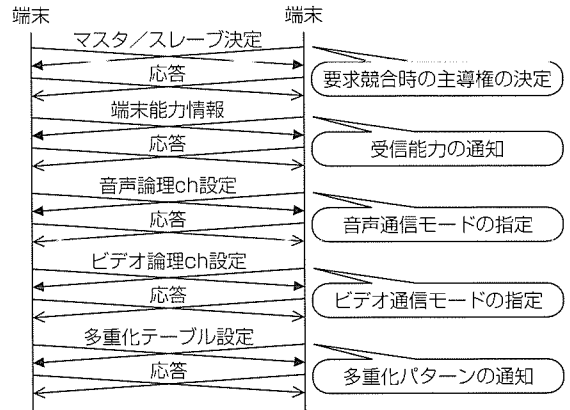


図5. AV通信制御シーケンス例

H.245に準拠している。H.245は、B-ISDN、LAN、モバイル等の各種用途で使用され、多様な通信制御機能を具備している。エラーフリーの環境下での使用を前提とし、インチャネルで要求・応答型のメッセージを用いて確実な制御を可能としている。図5に通信制御手順の一例を示す。

5.2 AV制御情報の転送

H.245メッセージを確実に転送するため、その下位レイヤはエラーフリーの環境を提供している。図1に示すNSRP(簡易再送プロトコル)は、データにエラー検出用情報を付加し、受信側では正常受信時のみ送達確認を行い、送信側の順次データ転送によってエラーフリーを実現している。また、CCSRL(制御チャネル分割レイヤ)では、データを分割してパケットのエラー率を低減している。

通信開始までに転送するH.245メッセージの数は十数種にのぼる。各メッセージは送達確認を待つて順次転送するため、W-CDMA網で数百msの伝送遅延が存在すると、通信開始までに10秒程度の待ち時間が生じる。そこで、図6に示すように、H.245メッセージを連結することによって待ち時間短縮が可能となる。多くのメッセージを連結すれば伝送時間を短縮できるが、多くのメッセージの発生を待つてから連結を行うために遅延が生じてしまう。さらに、連結によってパケット長が長くなりエラー率が上がってしまう。そのため、連結のための遅延を増大させず、またエラー率を上げない範囲で適応的にH.245メッセージの連結を行うことで、通信開始までの待ち時間を30~50%程度までに短縮することを可能とした。

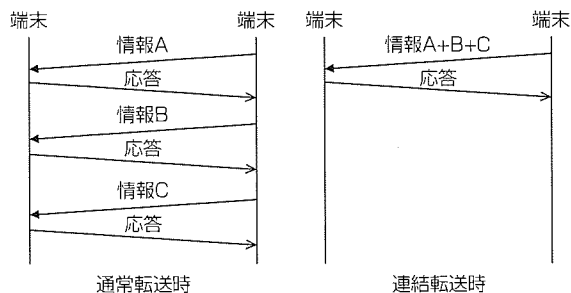


図6. データ連結による制御時間の短縮

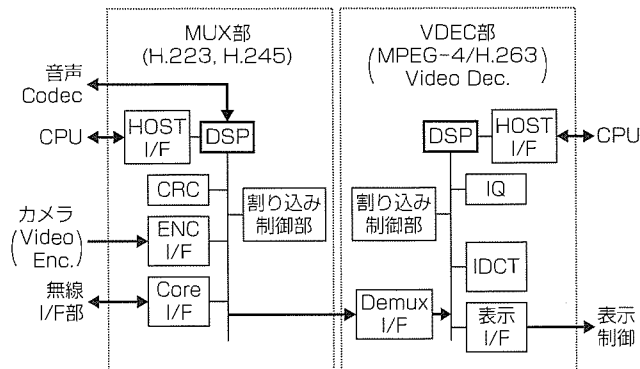


図8. 3G-324M対応LSIモジュールの内部構成

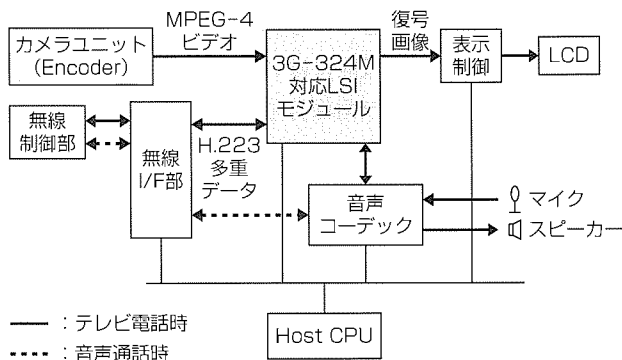


図7. テレビ電話時と音声通話時のデータフロー

表2. 3G-324M対応LSIモジュールの特長

ビデオ復号	符合化方式	MPEG-4 Simple Profile Level 0 H.263
	画像サイズ	QCIF (176×144画素) SQCIF (128×96画素)
	復号性能	ビットレート：最大64kbps, フレームレート：最大15fps
多重化方式	H.223 AnnexB	
AV通信制御	H.245	
回路規模	論理回路	245Kゲート
	メモリ	3.2Mビット
消費電力	69mW (48MHz動作, 内部電圧1.8V)	

6. 3G-324M対応LSIモジュール

テレビ電話や画像コンテンツ再生等のMPEG-4映像通信機を実現する3G-324M対応LSIモジュールを開発した。このモジュールの主な機能は、MPEG-4ビデオ復号、H.223メディア多重分離、H.245 AV通信制御である。図7に、このLSIモジュールとその周辺モジュール間でのデータフローを示す。MPEG-4ビデオ符号化はカメラユニットで実施する。ビデオ符号化部と音声コーデックをこのモジュールから分離し、無線I/F部でテレビ電話時と音声通話時のデータフローを切り換えるとともに、ホストCPUからの制御で動作モードに応じた電源/クロック供給を行うことにより、音声通話時やローカル蓄積画像再生時の省電力化を図っている。

図8に示すように、このモジュールは、MPEG-4ビデオ復号を行うVDEC部と、メディア多重分離とAV通信制御を行うMUX部から構成される。各部では当社製DSP⁽¹⁾と各処理をアクセラレートする専用ハードウェアとのハイブリッド構成を採用し、ソフトウェア処理による汎用性、仕様変更追従性とハードウェア処理による高速処理の両立を図った。また、複数プロセッサの分散アーキテクチャを採用したことにより、メインプロセッサの負荷軽減と、リアルタイム応答性を確保した。

表2にこのLSIモジュールの特長を示す。このモジュールの回路規模は論理回路：245Kゲート (DSPコアを含む)、内蔵メモリ：3.2Mビット (DSP内蔵メモリを含む)、0.18μm

CMOSウェーブプロセス技術を使用し、MPEG-4 QCIF15フレーム/秒のビデオ復号とメディア多重分離処理時の消費電力69mWを実現した。

7. むすび

W-CDMA環境下で双方向のAV通信を実現する手法について述べた。DSPによるソフトウェアと各処理をアクセラレートする専用ハードウェアとのハイブリッド構成により、高い性能と仕様変更や機能追加に対する柔軟性を両立した。この構成により、ビデオや音声などのメディアレイヤと多重化レイヤの双方の連携による高い誤り耐性、通信開始までの待ち時間短縮を実現した。2002年10月1日からテレビ電話の多地点接続サービスも開始され、モバイル環境でのテレビ電話サービスは、単なるチャットにとどまらず、遠隔監視、教育、コンテンツ配信などへの様々な展開が期待される。

参考文献

- (1) 圓山俊幸, ほか: メディアプロセッサD10V, 三菱電機技報, 74, No.3, 194~197 (2000)
- (2) 3 GPP TS 26.110, 3 GPP; Technical Specification Group Services and System Aspects; Codec for Circuit Switched Multimedia Telephony Service; General Description

W-CDMA携帯機のイメージング技術

幡野喜子* 的場成浩***
 久野徹也**
 結城昭正**

要旨

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 携帯機の特長の一つはテレビ電話機能、映像コンテンツ受信機能である。テレビ電話機能を実現するためには、自画像・対面被写体の双方を撮影するのに適した操作性の良い小型カメラモジュールが必要である。また、動画を携帯機で表示するためには、屋外・屋内を問わず視認性の良いLCD (Liquid Crystal Display) モジュールが必要である。さらに、撮像画像を送信するための符号化処理と、送信側・受信側の動画とグラフィックスを合成表示する表示コントローラが必要である。

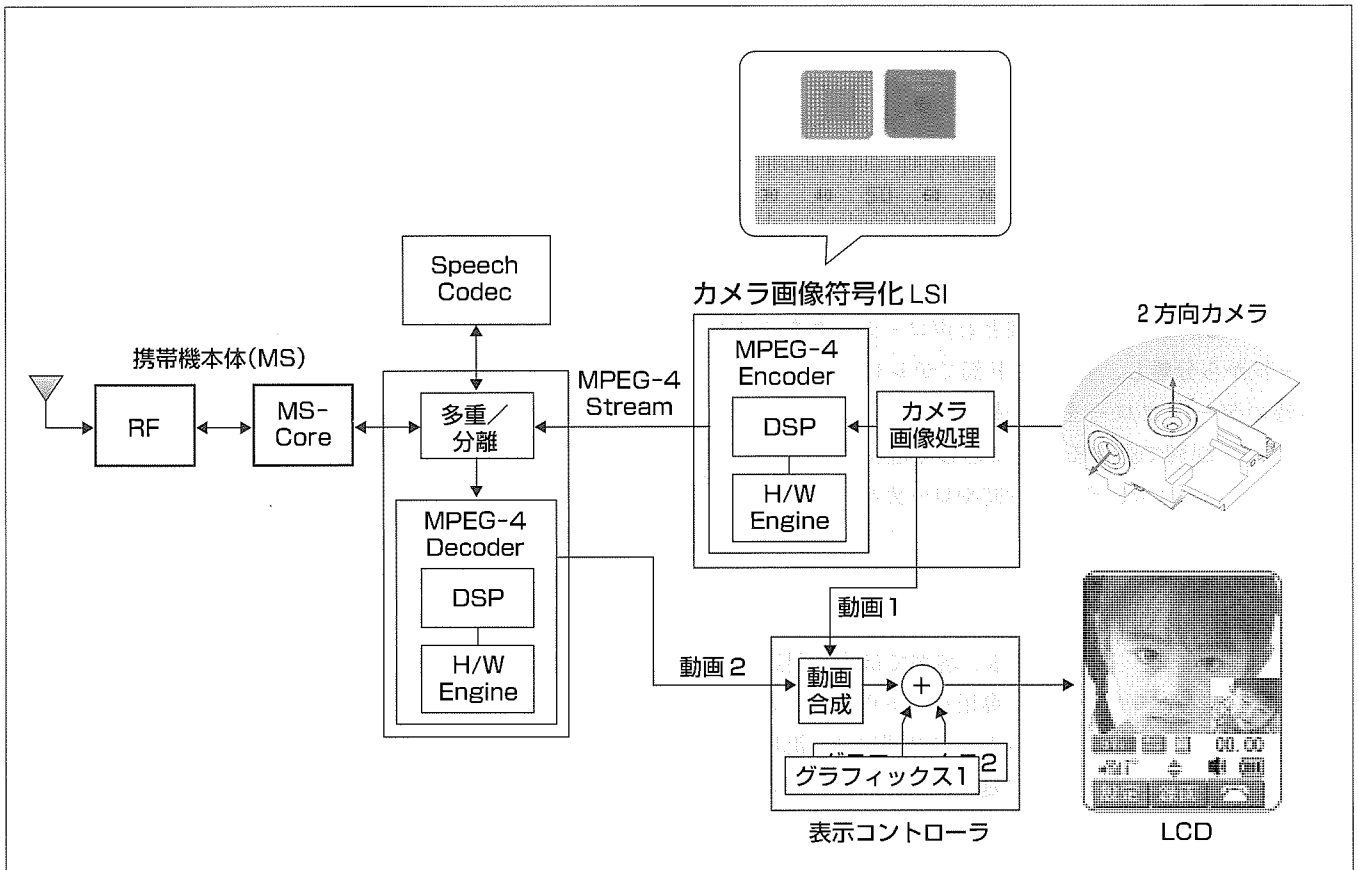
今回、このような機能を実現するカメラモジュール、

LCDモジュール、カメラ画像符号化LSI、表示コントローラIP (Intellectual Property)を開発した。

これらのモジュールは、携帯機への搭載を考慮して、すべて低消費電力を実現している。

また、携帯機の画像機能にはアミューズメント性も求められているため、カメラ画像符号化LSIと表示コントローラには画像エフェクトや静止画オーバーレイ等の画像処理機能も搭載している。

本稿では、これらのモジュールにおけるイメージング技術について紹介する。



携帯機における画像信号の流れと処理

W-CDMA携帯機の使用シーンに適した2方向カメラとLCDの開発を行った。また、TV電話や動画蓄積機能に必要なMPEG-4エンコーダとカメラ画像処理を一体化したカメラ画像符号化LSIと、複数の画像信号を入力とする表示コントローラの開発を行った。

1. ま え が き

W-CDMA携帯機の撮像・画像表示を実現するため、映像処理LSI、カメラモジュール、高解像度LCDを開発した。これらのモジュールは、テレビ電話機能、映像コンテンツ受信機能、静止画送受信機能のための基本機能だけでなく、携帯機に搭載する上での使いやすさ、楽しさなども兼ね備えた映像信号処理機能を持っている。

本稿では、これらのW-CDMA携帯機のイメージング技術の概要を紹介する。

2. 画像系の構成

図1に画像系の信号の流れを示す。

まず、カメラモジュールは二つの光学系を持ち、2方向の画像を切り換えて撮影することが可能になっている。カメラモジュールで撮像した画像は、カメラ画像符号化LSIに入力されて、ズーム、エフェクトなどの画像処理を施された後、MPEG-4エンコーダで符号化される。エンコーダから出力されたストリームは、音声データと多重化されて、無線部へと送られる。

一方、MPEG-4エンコーダへの入力信号、すなわち符号化中の原画像もカメラ画像符号化LSIから出力されて、表示コントローラへ送られる。表示コントローラは、この符号化中の原画像とMPEG-4デコーダから出力される動画とを合成し、さらに、CPUが設定した静止画グラフィックスをオーバーレイして、LCDへ転送する。

以下、各部について説明する。

3. カメラモジュール

3.1 2方向カメラモジュール

カメラモジュールは二つの光学系を搭載し(図2)、第1光学系と第2光学系とはその光軸が90°をなして構成されている。それぞれの光学仕様を表1に示す。第1光学系は使用者が自己撮像のため用いることを目的としており、手に持ってバストアップが撮像できるよう広角の画角となっている。第2光学系は対面被写体を撮像することを目的と

し、第1光学系よりも狭い画角となっている。第2光学系を用いるときは反射型LCDが上方を向くため、反射光によるLCDの視認性の向上にも役立つ。前記二つの光学系は撮像素子上をスライドすることで用いる光学系が切り換えられ、一つの撮像素子で2方向の撮像を可能としている。

撮像素子は感度、色再現性に優れたAR(Artificial Retina)-LSIを搭載している。AR-LSIの主な仕様を表2に示す。AR-LSIは内部に利得調整、ホワイトバランス調整などのカメラ信号処理をあらかじめ備えており、RGB24ビットデータで映像信号を出力する。カメラモジュール部で約30mWの低消費電力を実現している。

3.2 カメラ制御

カメラ制御はAR-LSI内蔵のカメラ信号処理機能とカメラ画像符号化LSI搭載のカメラ信号処理機能を用い、DSP(Digital Signal Processor)上のソフトウェア処理によって実現している。主要なカメラ制御機能は、AE(Automatic Exposure)処理、AWB(Automatic White Balance)処理、フリッカ抑圧処理である。

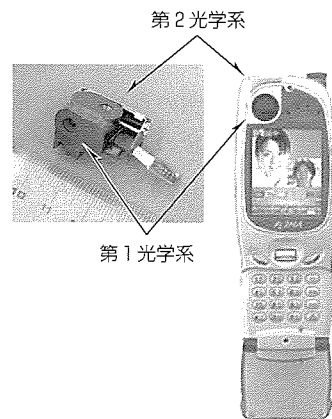


図2. D2101Vとカメラモジュール

表1. 光学系の主な仕様

項目	仕様	
	第1光学系	第2光学系
F値	2.8	2.8
焦点距離	3.3mm	4.9mm

表2. 撮像素子の主な仕様

項目	仕様
有効画素数	352×288, CIF解像度, 正画素
画素サイズ	10μm×10μm
カラーフィルタ	R, G, B原色モザイク
フレームレート	15fps max.
消費電力	30mW@2.9V, 15fps
アナログ信号処理	ゲイン, オフセット調整, DCクランプ, WB調整, ガンマ補正
その他の機能	射影演算機能, CIF/QCIF出力切換え, スキャン反転, 水平・垂直ブランキング機能

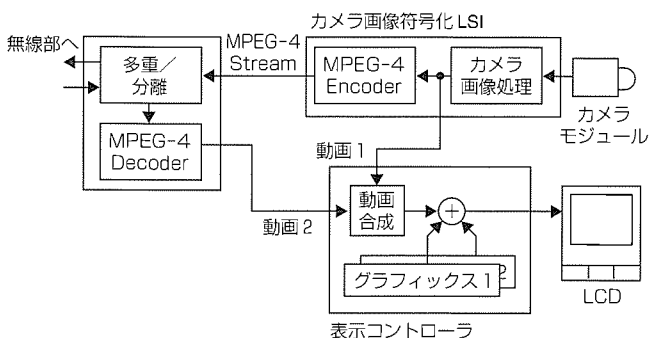


図1. 画像系の信号の流れ

AE処理は、撮像された被写体画像の信号レベルを計測し、この計測結果を基にAR-LSIの利得調整機能と電荷蓄積時間を制御することで、撮像画像の平均信号レベルを一定範囲に納まるようにフィードバック制御を行う。通常、フィードバック制御を行う際の制御パラメータの算出処理には複雑な演算処理を必要とする。しかし、今回独自に開発した簡易演算方式と状態遷移手法を用いることにより、多様な処理を行うDSPに負荷を掛けることなくリアルタイム処理を実現している。

AWB処理は、撮像された被写体画像の各色成分別の平均信号レベルを計測し、この計測結果を基にAR-LSI内蔵のホワイトバランス調整機能を制御することで、光源の色温度やフィルタの感度差等によって発生する被写体画像の色信号レベルのズレを補正する。AWB処理における各色信号レベルの補正係数の算出は、相対的な補正量のみを算出する方式を用いている。これにより、簡易な演算のみで、被写体の急激な変化による影響を受けないスムーズな係数遷移を実現している。また、色温度制限範囲の設定や判定も簡易な演算で行う方式を用いているため、固体差ばらつきの補正や、色温度制限範囲の変更も柔軟かつ高速に行える。

フリッカ抑圧処理は、フレームごとの電荷蓄積時間の周期と電源周波数に応じた照明の点滅周期の位相ずれによって発生する横縞(よこしま)状の明暗ノイズを抑圧する。カメラの撮像フレームレートは15フレーム/秒系列であるのに対し、日本国内では電源周波数が50Hzと60Hzの2種類あるため、電源周波数によって異なるフリッカパターンが発生する。そこで、処理手順は、まず撮像画像上に発生するフリッカパターンの検出を行う。次に、この検出されたフリッカパターンに対応したAE制御を行うことでフリッカの発生を抑圧する。なお、フリッカの検出は条件が発生するまで定期的に行われているため、撮像途中の状態変化にも追従が可能である。

4. 低温ポリシリコンLCDモジュール

表示モジュールには、屋外でのカメラ撮影を考慮し、外光反射特性に優れた完全反射型LCDモジュールを選定し、補助光源としてフロントライトを搭載した。特長は次の4点である。

- (1) 通常モード時262,144色表示、外光反射率は標準散乱白色板比50%の高反射率
- (2) 動画の高画質化に有利な低温ポリシリコンThin Film Transistor(LTPS)-LCDを採用
- (3) 画素内DRAM内蔵方式によってRGB各画素に4ビットを内蔵。省電力モード時は面積階調による静止画表示で4.7mWの省電力
- (4) LTPS-TFTでガラス基板上に液晶駆動回路を形成。従来ガラス基板上に実装していた駆動用ICが不要で、左右3mmの狭額縁
反射型LTPS-TFT-LCDの外観と仕様を、それぞれ、図3と表3に示す。

5. 映像処理LSI

5.1 カメラ画像符号化LSI

カメラ画像符号化LSIのブロック図を図4に示す。

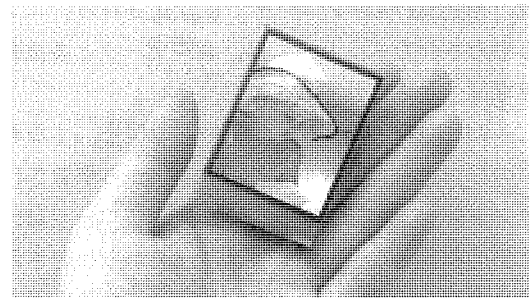


図3. LTPS-TFT-LCDの外観

表3. 反射型LTPS-TFT-LCDの仕様

液晶タイプ	低温ポリシリコン反射型TFTカラー	
画面サイズ	対角 5.4cm(2.15型)	
画素数(H×V/pixel)	132×162	
画素ピッチ(H×V/mm)	0.261×0.261	
コントラスト比	30:1	
表示色数	省電力時	4,096
	通常モード時	262,144
モジュールサイズ(mm)	41.0×57.5×1.8	
消費電力(mW)	省電力時	4.7
	通常モード時	32
反射率(%)	15°入射光 正面反射 30	
応答速度(ms)	30	

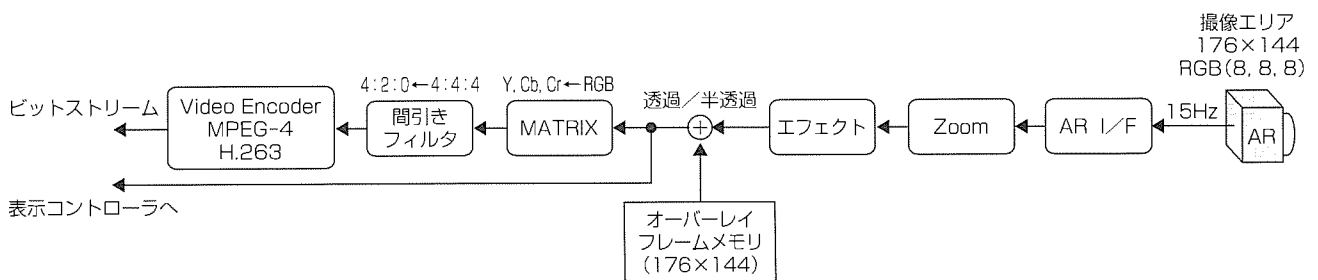


図4. カメラ画像符号化LSIのブロック図

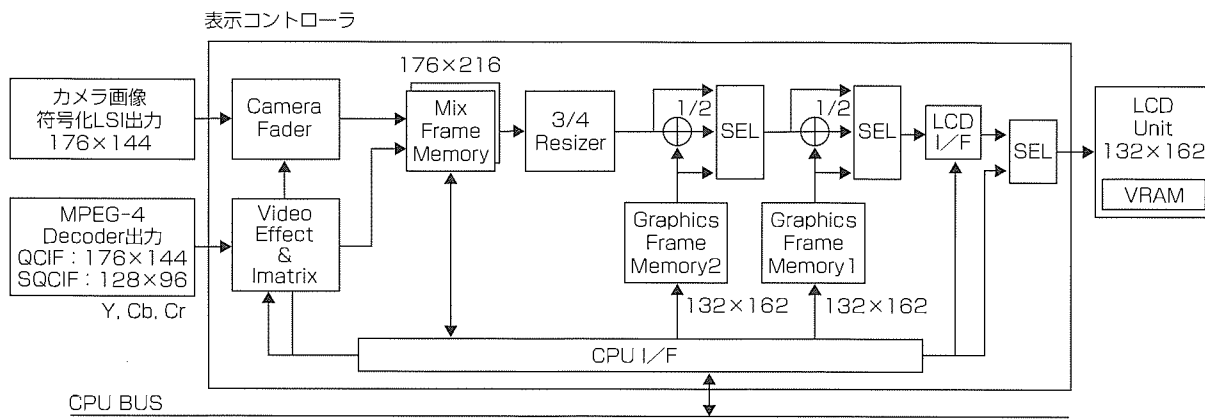


図5. 表示コントローラのシステム構成

表4. カメラ画像符号化LSIの特長

入力画像	QCIF(176×144画素), RGB各8ビット
電子ズーム	1.5倍/2倍
画像エフェクト	ポストリゼーション, モノトーン, セピア, ネガアート
静止画オーバーレイ	オーバーレイ画像: 176×144画素, RGB各5ビット, 透過/半透過
MPEG-4エンコーダ	Simple Profile Level 0 ビットレート: 最大64kbps フレームレート: 最大15Hz データパーティショニング リバーシブルVLC
消費電力	約50mW
パッケージ	175ピン FBGA

表5. 表示コントローラの特長

入力画像	動画1: QCIF(176×144画素) 動画2: QCIF/sub-QCIF(128×96画素) グラフィックス: 132×162画素
出力画像	132×162画素, 262,144色, LCDフォーマット
機能	動画のレベル制御, ミラー反転, 上下反転 動画の3/4サイズ変換 動画の静止画キャプチャ, スチル表示 動画の合成(Picture In Picture)表示 動画とグラフィックスの透過/半透過オーバーレイ

まず, 入力画像はRGB各8ビットのQCIFサイズ(水平176画素, 垂直144画素)である。この撮像画像に対して, 電子ズーム, 画像エフェクト, 静止画オーバーレイを行う。静止画オーバーレイは, プリクラフレームのように撮像画像をアレンジするだけでなく, TV電話中に自画像の送信を保留する場合の保留画面の生成も兼ね備えている。

ビデオエンコーダはMPEG-4 Simple Profile Level 0又はH.263が選択可能である。MPEG-4で符号化する場合は, TV電話におけるエラー耐性を考慮し, データパーティショニング, リバーシブルVLCを採用している。また, TV電話における遅延時間を考慮し, 各フレームにおけるバッファ占有量が512バイトを超えないように制御を行っている。

ビデオエンコーダにおいて最も時間のかかる処理が動きベクトル検出である。このLSIでは, 周囲の動きベクトルによって適応的に探索範囲を決定する動きベクトル検出アルゴリズムを採用することにより, 平均演算量を従来の27.2%に削減している。さらに, ハードウェアとファームウェアの最適分割, Gated Clockの採用により, 50mWという低消費電力を実現した。

このカメラ画像符号化LSIの特長を表4に示す。

5.2 表示コントローラIP

表示コントローラは, CPU I/F, MPEG-4 動画I/F, カメラ動画I/F, LCDモジュールI/Fを持ち, グラフィックス及び動画像を同期させ, 所望のエリア分割及びミックス画像を生成し, LCDモジュールに表示させることができる。

表5に表示コントローラの特長を, 図5にシステム構成を示す。

2系統の動画は非同期で入力されるため, 動画用メモリとしてフレームメモリを2面持ち, 書き込み, 読み出しを交互に切り換えてタイミング調整を行っている。

動画及びグラフィックスの合成は, 各画像の書き込み終了タイミングに合わせて, 書き込みが行われた領域のみLCDへ出力するよう, タイミングの調整と消費電力の低減を図っている。

6. む す び

本稿ではW-CDMA携帯機におけるイメージング技術の概要を述べた。W-CDMA携帯機の動画通信機能は今後ますます発展すると考えられ, カメラ, LCD, 映像処理LSIの高性能化, 低消費電力化が必要となる。また, 携帯電話機に搭載される画像機能という点で, 操作性やアミューズメント性, 環境にかかわらず使用できる安定性も重要であり, こうした応用機能も含めたイメージング技術を検討していく必要がある。

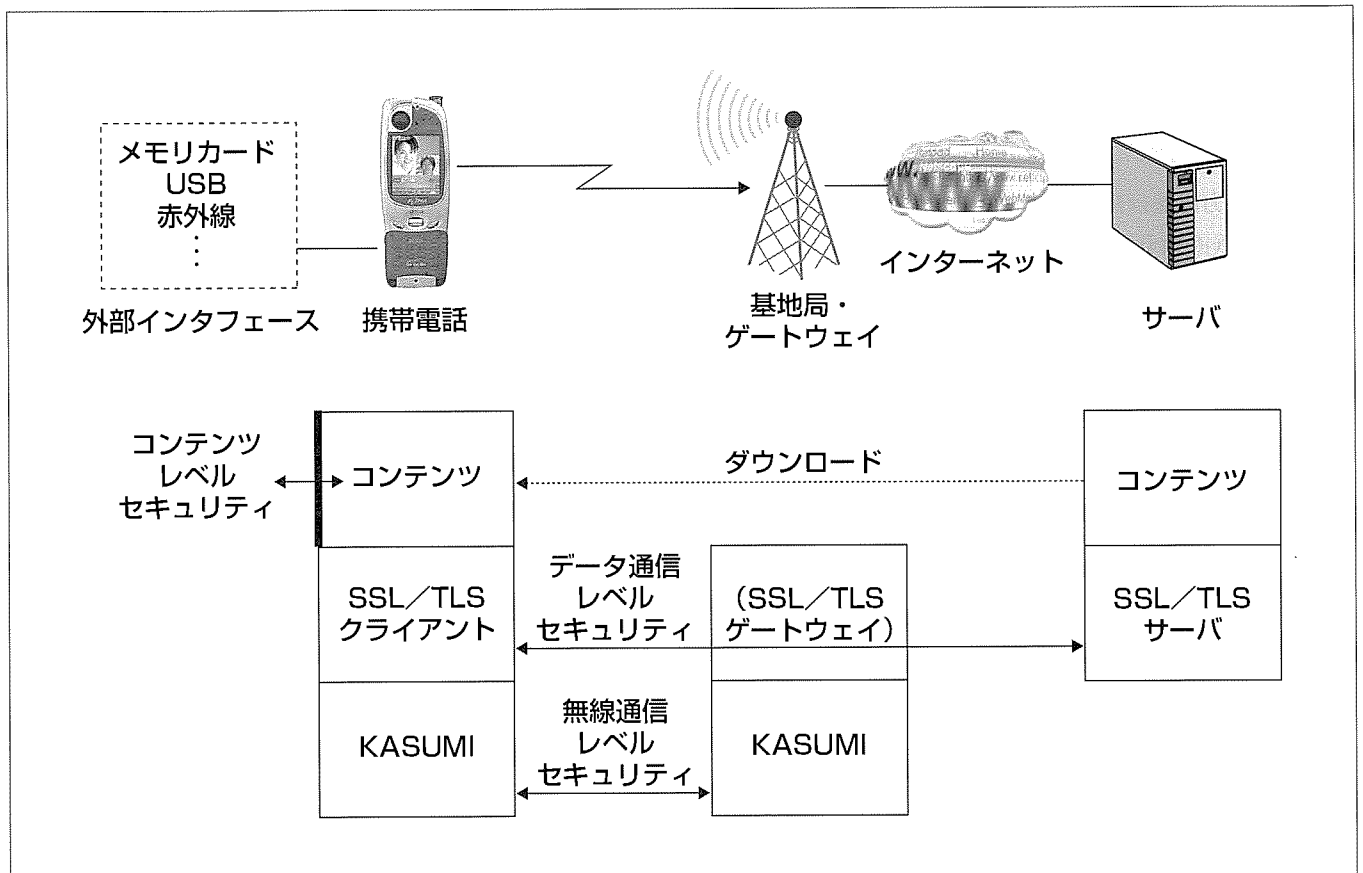
W-CDMA携帯機セキュリティ技術

要 旨

第3世代携帯電話システムの特長として、グローバルローミングの実現、マルチメディアへの適用能力と広範囲なサービスと端末の実現、固定網と同等な高品質なサービス提供などが挙げられ、技術/サービスの面から見ても、現在の第2世代よりも更に進んだものとなる。これに対応して、携帯電話システムの安全性を確保するセキュリティ技術においても、従来よりも更に高度なものが必要となる。

本稿では、通信のレベルに応じて三種類のセキュリティ技術について紹介する。

- (1) 無線通信レベルの認証・秘匿・改ざん防止機能
- (2) データ通信レベルの認証・秘匿・改ざん防止・真正性検証機能
- (3) コンテンツレベルの保護・著作権管理機能



W-CDMA携帯機セキュリティ技術

W-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)では、その高度な通信機能のため、様々なレベルに応じたセキュリティ技術が必要となる。

1. ま え が き

W-CDMA携帯電話システムの特長として、グローバルローミングの実現、マルチメディアへの適用能力と広範囲なサービスと端末の実現、固定網と同等な高品質なサービス提供などが挙げられ、技術/サービスの面から見ても、現在の第2世代よりも更に進んだものとなる。これに対応して、携帯電話システムの安全性を確保するセキュリティ技術においても、従来よりも更に高度なものが必要となる。

本稿では、W-CDMA携帯電話システムで必要となるセキュリティ技術について紹介する。

2. セキュリティアーキテクチャ

セキュリティ技術は脅威に対して資産を保護する技術であるため、まず、W-CDMA携帯電話が想定する脅威について整理しておく。W-CDMA携帯電話は、その高度な機能ゆえに、従来よりも様々な種類の脅威が存在する。

2.1 無線通信レベル

(1) 加入者のなりすまし

通話料金課金に対する不正としての加入者のなりすまし、又はそれを可能とするクローン電話の製造、特に、W-CDMA携帯電話ではグローバルローミングが可能となり、国境を越えた高額な通話が可能となるため、その脅威は大きい。

(2) 電波傍受による盗聴

無線通信ゆえに傍受は可能であり、その結果、通信内容を盗聴又は改ざんされるという脅威がある。

2.2 データ通信レベル

W-CDMA携帯電話では、ゲートウェイを介することにより、ブラウザからのWebサイト閲覧などのインターネットとのデータ通信が可能になる。そのため、インターネットでの脅威と同様の脅威として、下記の脅威が存在する。

(1) Webサイトへのアクセス時のなりすましや盗聴

(2) データやプログラムをダウンロードするサービスにおいての、サーバへの不正データ配置や改ざん

2.3 コンテンツレベル

携帯電話の高度化に伴い、電話帳・ブックマークといった個人データや、待ち受け画像・着信メロディ・Javaプログラムといったコンテンツがその内部に蓄積されるようになってきている。一方、携帯電話の外部インタフェースとしても、赤外線やUSB(Universal Serial Bus)などのローカル通信手段や、メモリカードなどの外部デバイスが装備されるようになってきている。その結果、携帯電話内部のコンテンツを外部インタフェース経由で交換可能になるなどの利便性が向上する反面、個人データの漏洩(ろうえい)や購入コンテンツの不正コピーなどのコンテンツレベルでの脅威が増大しつつある。

これらの脅威から保護するためのセキュリティ技術として、そのそれぞれのレベルについて、その概要を紹介する。

3. 無線通信レベルのセキュリティ

3.1 認証(Authentication)

利用者が無線通信を行う権利を持っていること、つまりオペレータの通話課金の対象者たる加入者であることを認証する技術である。W-CDMA携帯電話では、オペレータからUSIM(Universal Subscriber Identity Module)と呼ばれるカードが加入者に配布される。USIM内には加入者情報が格納されており、その情報を基に携帯電話とネットワーク側が認証を行う。なお、このチップは耐タンパーと呼ばれる情報保護機構を持っており、この加入者情報を外から読み出すことはできない仕組みになっている。

通話発呼時に、携帯電話に装着されたUSIM内の加入者情報を基に携帯電話とネットワーク側が認証を行う。とは言っても単に加入者情報をネットワーク側に送るだけでは、それを盗聴することによって加入者のなりすましが可能になるので、それぞれで加入者情報を使った演算を行い、その結果を照合することで認証を行う。その演算のための関数としてW-CDMAでは $f_1 \sim f_5$ という関数が定義されているが、その中のアルゴリズムについてはオペレータ独自で決定することになっており、標準化の対象とはなっていない。なお、この認証のための演算を行う過程で、秘匿のための鍵(かぎ)及び改ざん防止のための鍵が携帯電話とネットワークの間で共有される。

3.2 データ秘匿(Data confidentiality)

W-CDMAでは、関数 f_8 を用いて乱数列を生成し、ユーザーデータや信号情報に1ビットごとの排他的論理和を行い、暗号化する(図1)。関数 f_8 に、暗号化/復号対象のビット長、アップ/ダウンリンク、カウンタ、論理チャネルの識別子、秘匿のための鍵が入力され、乱数列が生成される。

これは、ブロック暗号の利用モードの一つであるOFB(Output Feed Back)モードの変形である。OFBモードは、ブロック暗号の出力を乱数とみなし、平文又は暗号文と排

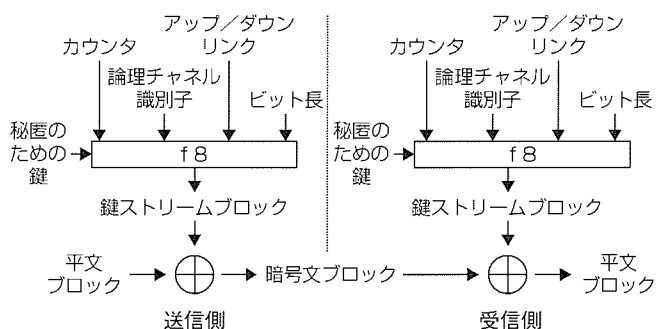


図1. データ秘匿を実現する関数 f_8

他の論理和をとる方式である。その出力(乱数)が次の乱数を生成するために、フィードバックされる伝送路上で発生した暗号文のノイズを復号の結果拡大することがないため、無線音声通信で用いられることが多い。ユーザー認証のフェーズで使い捨ての乱数が利用され、これを基に関数 f_8 に与えられる鍵情報が生成されるため、鍵は通信ごとに異なり、しかもそれらの間の規則性がないため、安全性は高い。

3.3 データ完全性 (Data integrity)

無線通信上での信号情報に認証子を付加しその改ざんを検出する技術であり、メッセージ認証とも呼ばれる。

このデータ完全性を実現するために、関数 f_9 を用いて認証子を生成し(図2)、データに付加して改ざんのチェックを行う。関数 f_9 に、データ、アップ/ダウンリンク、カウンタ、ユーザーごとの乱数、メッセージ認証用鍵が入力され、メッセージ認証子が生成される。受信者は、送信者が送ってきたメッセージ認証子と自分で生成したメッセージ認証子を比較し、同じであれば改ざんがなかったことを確認できる。関数 f_9 では、メッセージ認証子生成方式 CBC-MAC (Cipher Block Chaining-Message Authentication Code) の変形が用いられている。CBC-MAC は、認証対象のメッセージを暗号アルゴリズムのブロックサイズに切り分け、まず最初のメッセージブロックを暗号化し、その出力と次のメッセージブロックを排他的論理和して暗号化を行う。順次この処理を行い、最後のメッセージブロックを処理した後、あらかじめ決められた方法(例えば、上位32ビットを認証子とする)で認証子の生成を行う。このメカニズムによって、通信データの改ざんが行われた場合でも、受信者がそれを検知することができる。

なお、W-CDMA方式での認証子のサイズは32ビットと規定されている。この長さは通常の認証子サイズよりも短いものであるが、認証子サイズの増加は通信効率の低下を招くため、やむを得ない選択であると考えられる。

3.4 暗号アルゴリズム “KASUMI”

前述のデータ秘匿用関数 f_8 とデータ完全性用関数 f_9 のコアとなる暗号アルゴリズムがKASUMIである。

W-CDMAの技術標準を検討するコンソーシアム 3 GPP (3rd Generation Partnership Project) にて、暗号アルゴリズムを開発するに当たり、以下の条件が付けられた。

- (1) 仕様が公開され、安全性が保証されること

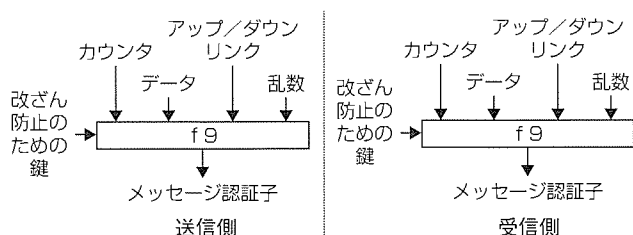


図2. データ完全性を実現する関数 f_9

- (2) 携帯機への実装を考慮し、ハードウェアで10Kゲート以下で実現できること
- (3) W-CDMAのトラフィックを考慮し、2 Mbpsで処理ができること

半年という短い期間で暗号アルゴリズムを開発しなければならなかったため、新規の開発をあきらめ、既存の暗号アルゴリズムに手を加える方針を採った。そこで、上記条件を満たす既存の暗号アルゴリズムを探した結果、三菱電機のMISTY⁽¹⁾しか存在しなかったため、このMISTYをベースに開発し、その改造によってKASUMIが完成した。

KASUMIの仕様は公開されており、3 GPPのホームページからダウンロードすることができる。しかし、仕様を参照して暗号アルゴリズムを一から開発することは、コストがかかる上に、仕様への適合性確認や性能最適化などの面で負担が大きい。このようなニーズにこたえるために、三菱電機では、KASUMIをハードウェア実装するときには再利用可能な部品として利用できる設計情報として、KASUMIのIP (Intellectual Property) を開発した。KASUMI IPには、ハードウェアサイズを重視した端末機向け超小型コアと、性能を重視した基地局向け高速コアの二つのラインアップがある⁽²⁾。

4. データ通信レベルのセキュリティ

4.1 認証と秘匿

インターネットの世界では、Webサーバとブラウザ間のセキュリティプロトコルとしてSSL/TLS (Secure Socket Layer/Transport Layer Security) が業界標準となっている。携帯電話においても、このSSL/TLSを搭載して、そのブラウザからのWebサーバへのアクセスでのセキュリティを実現する方向である(一部ゲートウェイでプロトコル変換を行うアーキテクチャもある)。

SSL/TLSの認証機能に関しては、公開鍵基盤であるPKI (Public Key Infrastructure) に基づいて実現されている。PKIでは、信頼できる第三者機関である認証局 (Certification Authority : CA) から発行された証明書と公開鍵ペア (公開鍵と秘密鍵) とを用いる。送信側で自分の持つ秘密鍵によって送信データにデジタル署名を付加し、受信側でそのデジタル署名を検証することにより、通信相手の認証を行う。デジタル署名の検証に用いる公開鍵の正当性を保証するのが証明書である。W-CDMA携帯電話では、USIM に秘密鍵と証明書を格納する方向で検討されている。

SSL/TLSの秘匿機能に関しては、認証フェーズで共有された鍵を用いて通信データを暗号化する。WebアクセスプロトコルであるHTTP (Hyper Text Transfer Protocol) レベルで暗号化が行われるため、Webサーバとブラウザの間で交換される文字・画像・音楽などのすべてのデータが暗号化の対象となる。

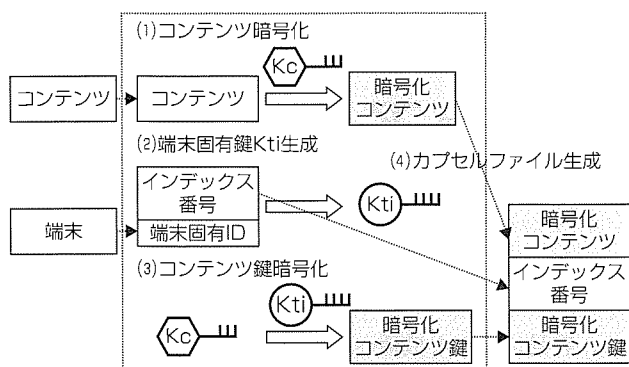


図 3. 外部出力時の処理

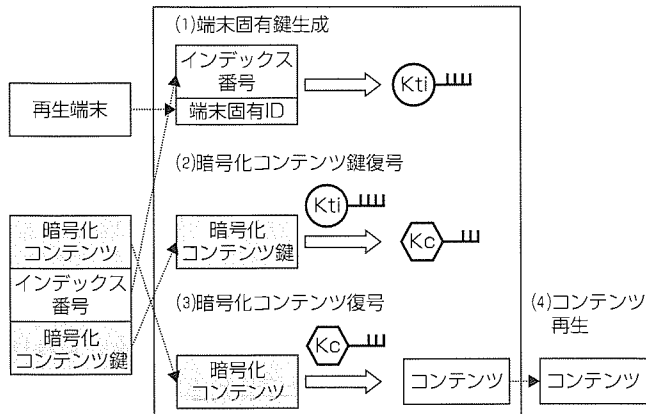


図 4. 再生時の処理

4.2 真正性保証

ネットワークからダウンロードする各種コンテンツやモジュールの真正性を保証する機能である。真正性とは、そのデータが正しい提供者によって作られたこと、及び作られてから改ざんされていないことであり、これを携帯電話側で検証・確認することができる機能である。

現時点でダウンロードの対象となっているのは音楽や静止画などの静的なデータであるため、そのデータ改ざんによる脅威が小さい。しかし今後、動画やJavaプログラム、携帯電話本体の機能拡張モジュールなどが今後ダウンロードできるようになると、それらを携帯電話上で実行する際に携帯電話側の資源に悪影響を及ぼす可能性もあり、その真正性保証に対するニーズが高まりつつある。

この真正性保証に関しても、PKIの枠組みに基づいて実現される方向であり、サーバ側でデータに対してデジタル署名を施し、ダウンロードする携帯電話側でその署名を検証することで、その真正性を確認する。

5. コンテンツレベルのセキュリティ

コンテンツレベルのセキュリティは、未だ検討が始まったばかりであり、標準や仕様として規定されたものはない。ここでは、当社の取り組みとして、携帯電話に装着する外部メモリカードでの著作権管理技術を紹介する⁽³⁾。

その背景としては、待ち受け画像、着信メロディ、動画といった、携帯電話に格納されるコンテンツの数や大きさの増大に伴い、外部メモリカードにコンテンツを保存して管理したいというユーザーニーズが増大してきたことがある。外部メモリカードにそのまま保存しただけでは、それをパソコンなどで読み出し、不正コピーなどコンテンツの不正利用につながるからである。コンテンツの不正利用を防ぐために必要となるのが著作権管理技術であり、その実現のために暗号化技術を応用したカプセル化方式が採用されている。

カプセル化方式でのコンテンツの外部保存時には、図 3 に示すように、以下の手順でコンテンツをカプセル化し、

外部メモリカードに保存する。

- (1) ランダムなコンテンツ鍵Kcでコンテンツを暗号化
- (2) ランダムな固有鍵生成ロジックインデックス番号 i によって一意に決まる固有鍵生成ロジックFtiで、端末に固有な端末固有ID tから端末に固有な鍵(端末固有鍵 Kti) を生成

- (3) 端末固有鍵Ktiでコンテンツ鍵Kcを暗号化
- (4) 暗号化コンテンツ、固有鍵ロジックインデックス番号 i、暗号化コンテンツ鍵を格納したカプセルファイルを生成し、保存

カプセル化方式でのコンテンツの再生時には、図 4 に示すように、以下の手順でカプセルからコンテンツを取り出し、再生する。

- (1) カプセルに格納されている固有鍵生成ロジックインデックス番号 i によって一意に決まる固有鍵生成ロジック Ftiで、端末に固有な端末固有ID tから固有鍵Ktiを生成
- (2) 暗号化コンテンツ鍵を固有鍵Ktiで復号
- (3) 暗号化コンテンツをコンテンツ鍵Kcで復号
- (4) コンテンツを再生

このカプセル化方式により、その端末に割り振られた固有IDがないと鍵情報が得られず、コンテンツを復号することができない。つまり、コンテンツの不正コピーを防止することが可能となる。今後は、コンテンツの著作権管理だけでなく、流通も含めたセキュリティ技術が開発されていくことが期待される。

参考文献

- (1) 松井 充, ほか: ブロック暗号アルゴリズム“MISTY”, 三菱電機技報, 72, No.5, 400~403 (1998)
- (2) <http://www.security.melco.co.jp/Japanese/ipcore/kasumiipj.htm>
- (3) 宮崎一哉, ほか: メモリカードを用いたデジタルコンテンツ配布システム, 三菱電機技報, 76, No.4, 279~282 (2002)

W-CDMA携帯機の基本ソフトウェア

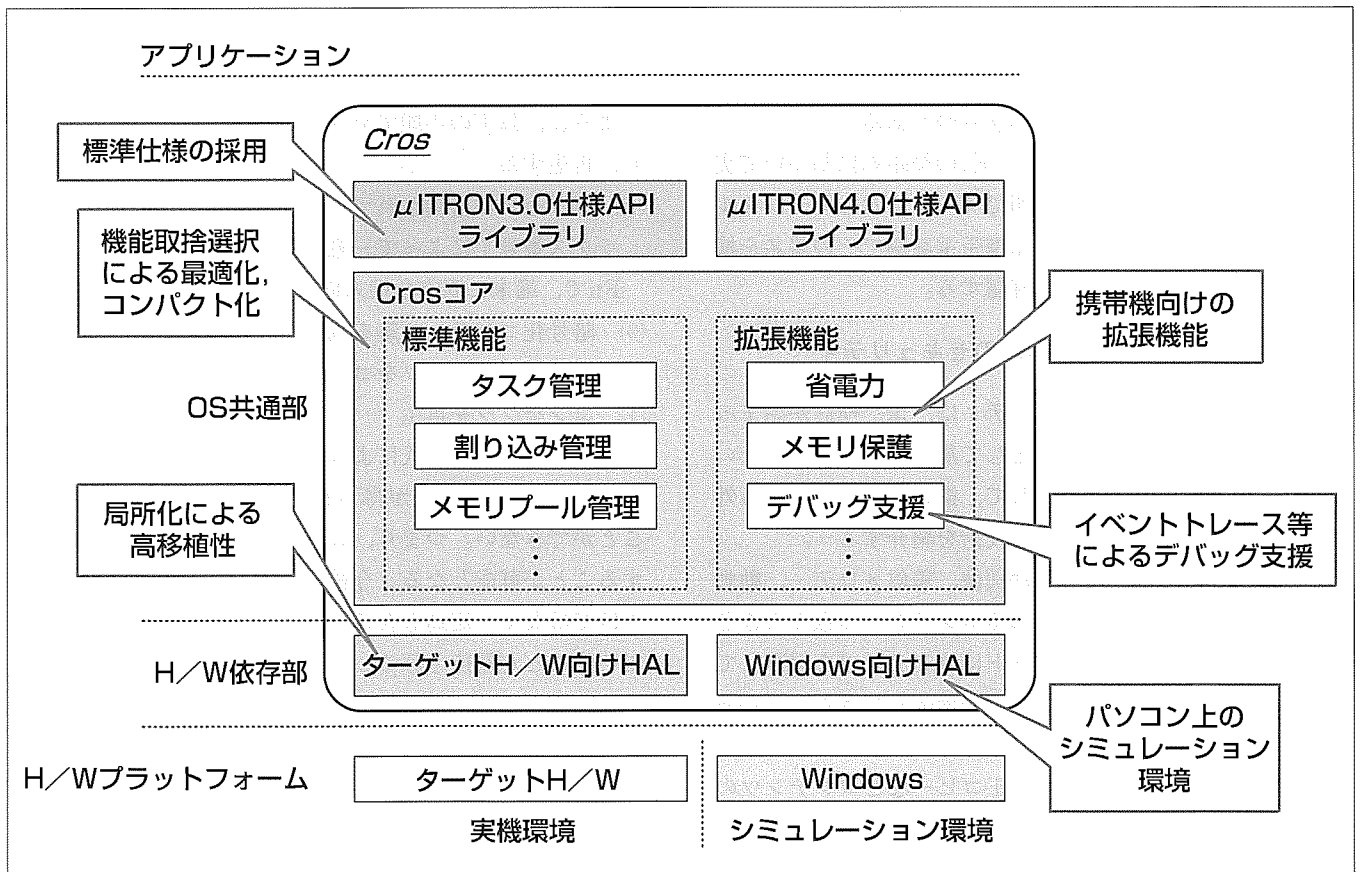
要旨

携帯機が多機能化・多様化に伴い、そのソフトウェア(S/W)の大規模化・複雑化が急速に進んでいる。これらに対応するには、S/Wプラットフォームの構築が不可欠であり、その核となる基本S/Wを開発した。

携帯機の基本S/Wには、今後主流となるW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)携帯機の多くの機種に適用可能であること、可能な限り業界標準を採用し社内外のS/W資産を活用することで製品の短期開発が可能であること、省電力やメモリ保護など携帯機に特化した機能を持つこと、開発環境が充実していることが要求される。そこで、携帯機の基本S/Wとして、μITRON仕様準拠し、携帯機向けに機能拡張したリアルタイムOS“Cros(Configurable Real-time Operating System)”とそのアプリケーション開発支援ツールを開発した。

Crosは、ハードウェア(H/W)依存部を局所化しているため、容易に様々な機種への適用が可能である。携帯機向けの機能として省電力機能を備えており、CPUが持つ数レベルの省電力モードをシステムの動作状態に応じて切り換えたり、電話待ち受け中のCPU起動を最小限に抑えたりすることでCPUの消費電力を抑制することができる。また、異常処理の結果、電話帳やメールなど個人データが破壊されるのを防ぐためのメモリ保護機能も備えている。

Crosのアプリケーション開発支援ツールとしては、パソコン上でのシミュレーション実行が可能な環境を実現しているほか、ターゲットH/Wに依存せずイベントトレース、OS資源のモニタリングなどを利用可能とするツールも実現した。



W-CDMA携帯機向けリアルタイムOS“Cros”のS/W構成

Crosは、Hardware Abstraction Layer(HAL)、Crosコア、各種APIライブラリで構成されている。H/W依存部はHALに局所化されており、他のH/Wプラットフォームへの移植はHALの置き換えのみで可能である。CrosコアはOSメカニズムを実現している部分であり、μITRON仕様で規定された標準機能のほか、携帯機向けの拡張機能を備えている。

1. ま え が き

携帯機が多機能化・多様化に伴い、そのS/Wの大規模化・複雑化が急速に進んでいる。このような大規模S/Wの開発効率向上のためには、S/Wプラットフォームの構築が不可欠であり、その核となる基本S/Wを開発した。

携帯機の基本S/Wには、今後主流となるW-CDMA携帯機の多くの機種に適用可能であること、可能な限り業界標準を採用し社内外のS/W資産を活用することで製品の短期開発が可能であること、省電力やメモリ保護など携帯機に特化した機能を持つこと、開発環境が充実していることが要求される。

そこで、携帯機の基本S/Wとして、 μ ITRON仕様⁽¹⁾に準拠し、携帯機向けに機能拡張したりリアルタイムOS“Cros”とそのアプリケーション開発支援ツールを開発した。

本稿では、Crosの特長、S/W構成、機能及びアプリケーション開発支援ツールについて紹介する。

2. Crosの特長

Crosの特長を以下に述べる。

(1) μ ITRON仕様準拠

Crosのシステムコールインタフェースには、国内の組み込み機器分野では業界標準である μ ITRON仕様を採用した。これにより、 μ ITRON向けに開発された社内の既存S/Wや社外S/WベンダーのS/Wを搭載できるため、製品の短期開発が可能になる。

(2) 携帯機向けの拡張機能を装備

W-CDMA携帯機は、従来の携帯機よりも高機能かつ高性能であるため、消費電力の抑制がより重要である。また、異常処理の結果、電話帳やメールなどの個人データが破壊されるのを防ぐ必要がある。そのため、携帯機向けとしては欠かせない省電力機能とメモリ保護機能を備えている。

(3) 多くの携帯機及び様々なプロセッサへの適用が容易

H/W依存部分をHALで局所化・極小化しているため、各種H/Wプラットフォームへの適用が容易である。Crosは、HALの一部を除き、すべてC言語で記述しており、高移植性と高保守性を実現している。

また、Crosが持つ各機能を取捨選択することが可能であり、各々の機種に応じたコンパクトなOSを生成することができる。Webブラウザをフロントエンドとするコンフィギュレータを利用することで、Crosの機能選択を容易に行うことができる。

(4) 充実したアプリケーション開発環境

Windows上で動作するCrosのシミュレーション実行環境(Crosシミュレータ)を利用することにより、実機開発と並行して、パソコン上でS/Wの開発・試験が可能であ

る。また、Crosと連携し、イベントトレース、タスクやセマフォなどOS資源のモニタリング等がターゲットH/Wに依存せず利用可能なツール(Crosタスクトレーサ)も実現した。

3. CrosのS/W構成

Crosは、HAL、Crosコア、各種APIライブラリで構成される。各部の概要を以下に示す。

(1) HAL

H/Wに依存する部分を局所化し、H/Wの差異を吸収する部分である。他のプラットフォームへの移植は、HALの置き換えのみで実現可能である。HALは、コードサイズでOS全体の約4%に極小化しており、移植をより容易なものにしている。

(2) Crosコア

OSメカニズムを実現している部分である。 μ ITRON4.0仕様で規定された機能に加えて、携帯機向けの拡張機能を備えている。各機能は独立性を保つようモジュール化されており、ターゲットシステムに必要となる最小限の構成からなる実行モジュールを生成することが可能である。

(3) 各種APIライブラリ

Crosコアとアプリケーションを構成するタスク(S/W実行単位)とのインタフェースを実現する部分である。 μ ITRON4.0仕様APIライブラリだけでなく、 μ ITRON3.0仕様APIライブラリ(μ ITRON3.0から4.0へのインタフェース変換を行う。)も実現することで、より多くのS/W資産を活用することが可能である。

4. Crosの機能

Crosは、 μ ITRON仕様で規定された機能のほか、携帯機向けに省電力機能とメモリ保護機能を独自機能として備えている。これらの機能は、すべての携帯機において不可欠な機能であるため、基本S/Wで実現した。この章では、これら独自機能について紹介する。

4.1 省電力機能

携帯機において、各デバイスの低消費電力化が進んでいるが、CPUの消費電力は依然として多い。CPUの消費電力を抑制するためには、CPUをいかに長く省電力モードに維持しておけるかが重要である。これを実現するには、システムの動作状態を把握しているOSが制御するのが最も確実かつ効率が良い。Crosでは、以下に述べる三つの機能を実現することで、CPUの消費電力を抑制している。

4.1.1 CPU省電力モード制御

Crosでは、実行するタスクが存在しないとき、CPUを省電力モードに移行させる。このとき、数レベルの省電力モードを持っているCPUでは、どのモードに移行させるかを決定する必要がある。常に最も消費電力の少ないモー

ドに移行できれば問題はないが、消費電力の少ないモードほど通常モードへの復帰に時間を要する。これは、CPUのクロック停止だけでなくその発振源であるPhase Locked Loop回路も停止するため、クロックが再度安定供給されるまでに時間を要するからである。割り込み要求に対して高速に応答する必要がある場合などシステムの動作状態によっては、消費電力は余り抑えられないが、通常モードへの復帰時間が高速なモードに止めておきたい場合がある。

そこで、Crosでは、タスクごとに移行可能な省電力モードを指示することができるようにした。Crosは、すべてのタスクの指示を取りまとめ、可能な限り消費電力の少ない省電力モードへの移行を行う。これにより、システムの動作状況に応じた、常に最適なモードへの移行が可能となった。

4.1.2 差分タイマ方式によるシステムクロック割り込み

一般的なOSでは、周期的(例えば10ミリ秒ごと)にシステムクロック割り込みを発生させ、システム時刻の更新とともにタイムアウトしたタスクやタイマハンドラ(μITRON仕様では周期ハンドラ等)を起動する。これを周期タイマ方式と呼ぶ。この方式では、時計表示や電池残量表示等のタスクが周期的(例えば5秒ごと)に動作する程度の電話待ち受け中でも頻繁にCPUが起動されることになり、省電力モードを長く維持しておくことができない。

この問題を解決するため、Crosでは、システムクロック割り込みを差分タイマ方式で実現した。差分タイマ方式とは、H/Wタイマの一つにシステム時刻を刻ませることで周期的な割り込みによる時刻更新を止め、タスクやタイマハンドラがタイムアウトする時刻にのみシステムクロック割り込みを発生させるものである(図1)。これにより、周期的なCPU起動をなくすことが可能になり、消費電力を抑制することが可能になった。

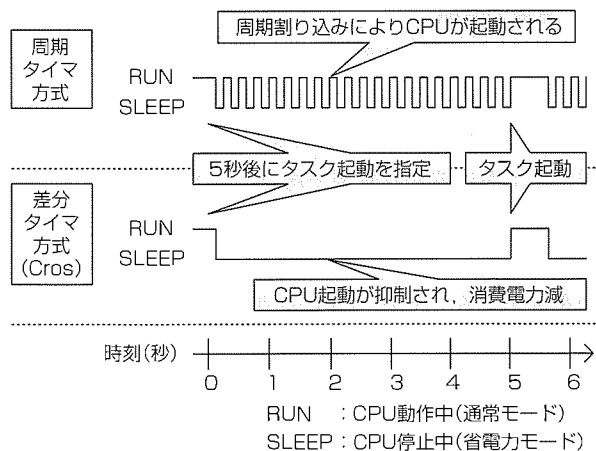


図1. 差分タイマ方式

4.1.3 位相付き周期ハンドラ

差分タイマ方式の実現により頻繁なCPUの周期起動をなくすことはできたが、各々のタスクが異なるタイミングで周期起動を要求すると、結果的にCPUの省電力モードを長く保てなくなる。これは、μITRON仕様の周期ハンドラが動作開始要求を発行した時刻を起点に周期を刻むことに起因する。

これを解消するため、Crosでは、位相付き周期ハンドラ機能を実現した。この機能は、従来の周期ハンドラを、起動する位相の指定ができるように拡張したものである。これを用いることで、動作開始要求を発行した時刻に関係なく、複数の周期ハンドラを同一のタイミングで起動させることができる。その結果、省電力モードを長く維持しておけるようになり、さらに消費電力を抑制することが可能となった(図2)。

4.2 メモリ保護機能

アプリケーションの高機能化・複雑化に伴い、残念ながらアプリケーション間のメモリ破壊に起因する障害が発生しつつある。この障害により重要な個人データの破壊が起きるのを防ぐため、携帯機ではメモリ保護を行うことが不可欠である。しかしながら、UNIXやWindowsのように仮想アドレス空間を用いたメモリ保護を実現するには、高機能かつ高性能なCPUが必要になり、CPUの消費電力も必然的に大きくなる。現状の携帯機では、そのようなCPUを使用することができないため、仮想アドレス空間によるメモリ保護の実現は困難である。

そこで、Crosでは、特定のメモリ領域へのアクセスをタスクごとに制限し、なおかつアクセス方法に手順(アクセス開始宣言によりアクセス許可状態へ移行→メモリアクセス→アクセス終了宣言によりアクセス禁止状態へ移行)を設けることで、特定の領域を保護する機能を実現した。この機能では、メモリアクセス許可/禁止状態をタスクごとに管理するため、あるタスクが特定の領域にアクセス許可に設定している途中でタスク切り換えが発生したからといって、切り換え後のタスクもその領域にアクセスできるとは限らない。

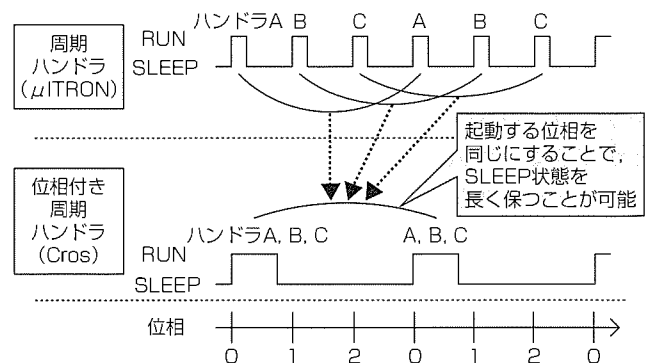


図2. 位相付き周期ハンドラ

5. Crosのアプリケーション開発支援ツール

アプリケーション開発支援ツールとして、CrosシミュレータとCrosタスクトレサを実現した。この章では、各々について紹介する。

5.1 Crosシミュレータ

Crosシミュレータは、実機開発と並行してアプリケーションの開発、デバッグを可能にすることを目的に開発したものであり、開発ホストとして最も多く用いられているパソコン上でCrosのシミュレーション実行を可能にするものである。

Crosシミュレータは、実機上で動作するCrosのHALのみをWindows用に変更することで実現したものである。そのため、OSとしては、実機で動作している場合と同一の振る舞いを再現することができる。また、擬似的にタイム割り込みを発生することができるため、タイムハンドラの実行、デバッグも可能である。その他の割り込みに関してもシミュレーション可能な枠組みを設けている。

5.2 Crosタスクトレサ

タスクをデバッグする際、そのタスクを含めたシステムの振る舞いを把握することは非常に有用である。そのため、市販のインサーキットエミュレータ(ICE)の中には、OSと連携することでシステムコールトレース、タスク遷移図表示、OS資源のモニタリング等が可能なものがある。Crosにおいても、ICEのOS連携機能を用いて上記機能を実現している。

しかし、これらの機能はCPUやICEに依存するため、CPUやICEを変更すると移植が必要になる、Crosシミュレータと連携ができない、アプリケーション開発者による機能拡張が困難等の問題点があった。

そこで、これらの問題点を解決するため、実行環境に依存しない独自の開発支援ツールとして、Crosタスクトレサを実現した。Crosタスクトレサは、Crosと連携し、システム実行時に蓄積したトレース情報やシステム状態を取得することで、システムコールトレースを含む各種イベントトレース、タスク遷移図表示、メモリの獲得・解放履歴表示、OS資源のモニタリング等を利用可能にするものである(図3)。

また、Crosタスクトレサは、ユーザーによる機能拡張を可能にするためのプラグイン機能を備えている。この機能を使用することにより、特定のタスクのモニタリング機能や機種固有デバイスのモニタリング機能などを容易に作成することが可能である。

プラグイン機能では以下の4種類のAPIをユーザーに解放しており、ユーザーはこれらを用いて機能拡張部を

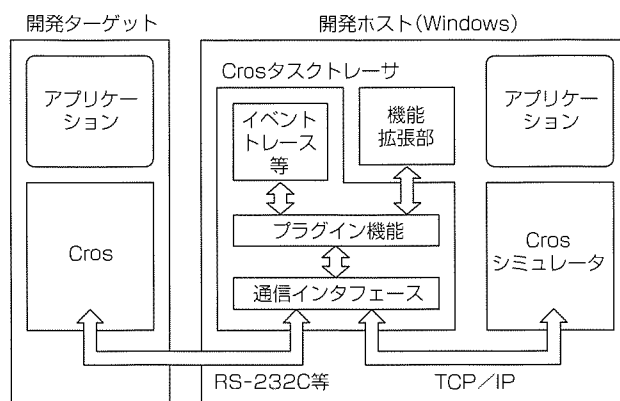


図3. Crosタスクトレサの構成

WindowsのDynamic Link Library(DLL)形式で記述する。

- (1) トレース情報の参照
- (2) シンボルからアドレスへの変換
- (3) ターゲットH/Wのメモリ内容の読み出し/書き込み
- (4) サービスコール発行

上記APIの中で実行環境の差異(実機かシミュレータか、CPUがビッグエンディアンかリトルエンディアンか)が吸収されるため、開発支援ツールの開発負荷も少なくてすむ。

6. む す び

本稿では、W-CDMA携帯機の基本S/Wとして開発したリアルタイムOS“Cros”について、特に独自機能である省電力機能とメモリ保護機能について紹介した。また、アプリケーション開発支援ツールとして、CrosシミュレータとCrosタスクトレサについても紹介した。

携帯機のS/Wは機種を追うごとにますます増大する傾向にあり、基本S/Wに課せられる機能も大きなものになりつつある。本稿で述べたメモリ保護機能に関しても、今後は、μITRON4.0/PX仕様⁽²⁾で策定されたドメイン間のメモリ保護機能や、仮想メモリ空間によるメモリ保護機能の実現が不可欠になるであろう。また、無線を介したS/Wのバージョンアップや機能追加も必要となる可能性が高い。今後は、これらの要求にこたえられる携帯機の基本S/Wを実現していく予定である。

参 考 文 献

- (1) 坂村 健, ほか: μITRON4.0仕様, (社)トロン協会 (1999)
- (2) 高田広章: μITRON4.0仕様 保護機能拡張, (社)トロン協会 (2002)
- (3) ITRON Project Home Page
<http://www.assoc.tron.org/itron/>

W-CDMA携帯機の ソフトウェアプラットフォーム

浮穴朋興* 二村祐地**
水口武尚**
小中裕喜***

要旨

多様なサービスに対応するW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)携帯機のアプリケーションソフトウェアは、高機能化・大規模化が進み、開発・検証に要する工数増大から、限られた開発期間での機能開発・品質確保が困難になっている。本稿では、ソフトウェア開発の生産性を向上しこの課題を解決する携帯機ソフトウェアプラットフォームの構築について紹介する。

携帯機ソフトウェアプラットフォームでは、以下に示す観点から、ソフトウェア開発の効率化に向けた総合的なアプローチを採った。

(1) ソフトウェア構造の整理

ソフトウェアプラットフォームの中核をなすソフトウェアの基本構造を整理するとともに、各サービス・機能に

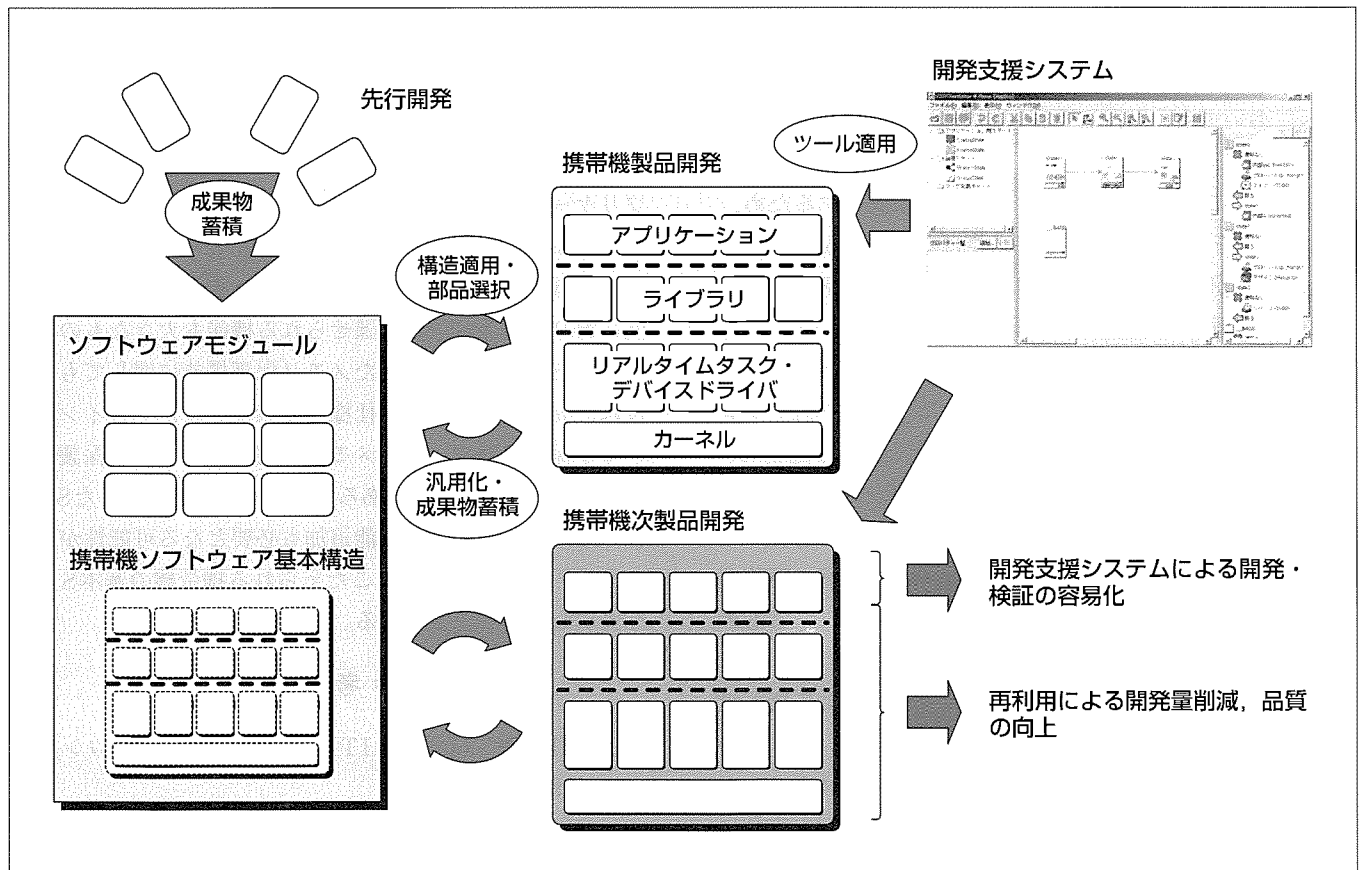
対応するソフトウェアを部品化し個々の製品に依存しない汎用ライブラリとして整備することにより、ソフトウェアの再利用を促進し、製品開発におけるソフトウェア開発量を削減する。

(2) 開発支援システムの構築

製品ごとに開発・カスタマイズが必要となるアプリケーションユーザーインタフェース部は、設計・開発を容易化するユーザーインタフェース設計ツールと試験自動実行ツールを開発・適用することにより、短期間での開発を可能とする。

(3) ソフトウェア構成管理の導入

ソフトウェア構成管理システムの導入により、柔軟な開発環境と開発成果の相互活用を可能とする。



W-CDMA携帯機ソフトウェアプラットフォーム

W-CDMA携帯機へのソフトウェアプラットフォームの適用により、ソフトウェアの再利用を促進し製品ごとのソフトウェア開発量を抑制するとともに、累積試験増大によって品質を向上させる。また、新規開発ソフトウェアの開発・検証を各種ツールによって支援する。これら総合的な取り組みにより、W-CDMA携帯機に必要な大規模アプリケーションソフトウェアの開発に対応することが可能となる。

1. ま え が き

W-CDMA携帯機は、音声・データ通信サービスに加え、多様な情報・映像サービスに対応する。これに伴い、搭載されるアプリケーションソフトウェアは、従来の組み込み機器ソフトウェアの範疇(はんちゆう)を超えて高機能化・大規模化しており、開発・検証に要する工数が増大し、限られた開発期間での機能開発・品質確保が困難になっている。この課題を解決するため、ソフトウェア開発の生産性向上を目的として、携帯機ソフトウェアプラットフォームの開発を行った。開発効率化達成のため、この開発では、ソフトウェア構造の見直しとともに、開発支援システムの整備とソフトウェア構成管理の導入を総合的に進めた。

本稿では、携帯機ソフトウェアプラットフォームで採用したソフトウェア構造と、同プラットフォーム上に開発した情報処理機能として外部インタフェース、オブジェクト交換・同期について解説し、続いて、アプリケーションの開発・検証を効率化する開発支援システムについて紹介する。また、多地点での分散開発と開発成果の効率的な集積を提供するソフトウェア構成管理についても概説する。

2. 携帯機ソフトウェアプラットフォーム

携帯機ソフトウェアプラットフォームの中核をなすソフトウェアは、アプリケーション層、ライブラリ層、ハードウェア抽象層(Hardware Abstraction Layer: HAL)の3層で構成される階層構造とモジュラ構造を持ち、ソフトウェアを部品化することにより、高いスケーラビリティと再利用性を実現している(図1)。

携帯機ソフトウェアプラットフォームは、7MバイトのROMと3MバイトのRAMで動作するよう実装されている。以下に、各部の機能を紹介する。

2.1 HAL

最下層に位置するHALは、機種ごとのハードウェアの

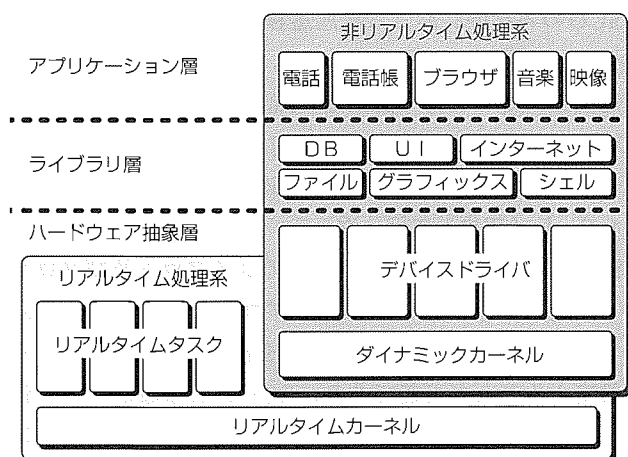


図1. 携帯機ソフトウェア構造

違いを上位のソフトウェアから隠蔽(いんべい)し、ソフトウェア全体のポータビリティを保証する。カーネルは、ソフトウェアモジュールごとに必要となるリアルタイム性能が異なることから、リアルタイムタスクを制御するμITRON仕様のリアルタイムカーネルと、アプリケーションを制御するダイナミックカーネルを備えるハイブリッド構造OSであり、携帯機システムに求められる複雑なスケジューリングを実現している。また、メモリ・タイマ管理、セマフォやメッセージ等の基本機能を提供する。

2.2 ライブラリ層

中間層であるライブラリ層は、上位アプリケーションに対して、各種サービスを提供する。プラットフォーム上に整備したライブラリは、機種依存性を持たず、各携帯機製品に汎用に利用することができる。

以下に主な機能を示す。

2.2.1 ファイルシステム、データベース

ROM, RAM, リムーバブルメディア等の各種ストレージデバイスにアプリケーションが統一的にアクセスするためのインタフェースと、データベース、レジストリ等の機能を持っている。

2.2.2 グラフィックスシステム, UI

オフスクリーンプライドモデルを持つ低レベルグラフィックスインタフェースと、機種ごとにルック&フィールをカスタマイズ可能なユーザーインタフェース(UI)部品を備える。

2.2.3 テレフォニー

音声通話や各種ネットワークサービスに対応した機能を提供する。

2.2.4 インターネット

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol), SSL(Secure Sockets Layer)等の上位通信プロトコル、文字コード管理等の基本機能と、メッセージングサービスに対応した機能を持っている。

2.2.5 シェル

アプリケーションの起動・終了や実行中のアプリケーションの画面順序を管理し、イベント配送を制御する。

2.3 アプリケーション層

最上位のアプリケーション層には、電話帳、ブラウザ等の各種アプリケーションが含まれる。

3. 携帯機ライブラリの拡張開発

次に、携帯機ソフトウェアプラットフォーム上に開発した外部インタフェース制御とオブジェクト交換・同期を例に、再利用可能な汎用ライブラリの実装について述べる。W-CDMA携帯機は、ノートパソコンやPDA(Personal Digital Assistants)等の外部機器と接続し、高速データ通信が可能である。また、充実したPIM(Personal

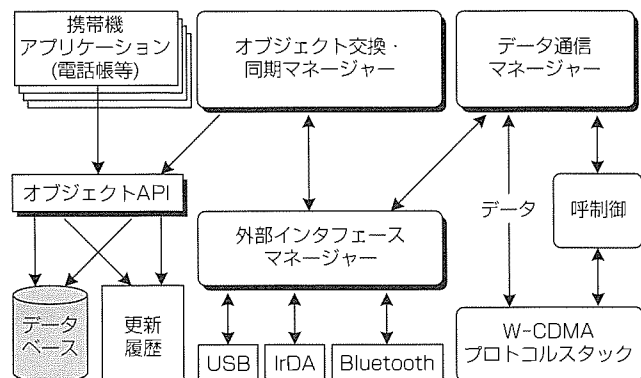


図2. 外部機器接続ソフトウェア

Information Manager) 機能やマルチメディア機能を搭載するため、外部機器との間でこれらのデータ(オブジェクト)を交換・同期し、効率的に管理する機能の要求が高まっている(図2)。

3.1 外部機器による高速データ通信

外部インタフェースを用いた高速データ通信については、異なる通信手段に対して統一的なAPIを提供する外部インタフェースマネージャーを設けた。物理接続・プロトコルが異なるこれらの通信手段を通信コネクション確立後にデータストリームとみなして抽象化し、各外部インタフェースの違いを上位アプリケーションから隠蔽した。

外部インタフェースマネージャーの下に高速なUSB(Universal Serial Bus), IrDA, Bluetooth等を搭載することにより、これらのインタフェースを通じて、外部機器からW-CDMAの高速なデータ通信が利用できる。

3.2 オブジェクト交換・同期

同期機能を実現するには、アプリケーションデータの更新履歴を保存・管理する必要がある。このプラットフォームでは、オブジェクトAPIを設け、各アプリケーションがこのAPIを介してデータベースにアクセスすることにより、更新履歴を自動的に保存し、個々のアプリケーションがそれぞれ更新履歴を管理する必要をなくした。

このようにライブラリに機能を集約する構成とすることで、新規アプリケーションやデバイスの追加に対応することができる。ソフトウェアプラットフォーム上で動作するライブラリを整備し再利用することにより、機種ごとのソフトウェア開発量を抑制することができる。

4. ソフトウェア開発支援システム

一方、携帯機アプリケーションのUI部は、新しく搭載された機能をより使いやすく提供するため、機種ごとに開発・カスタマイズが必要となる。

ここでは、携帯機アプリケーションUI部の開発・検証を効率化するソフトウェア開発支援システムについて述べる。

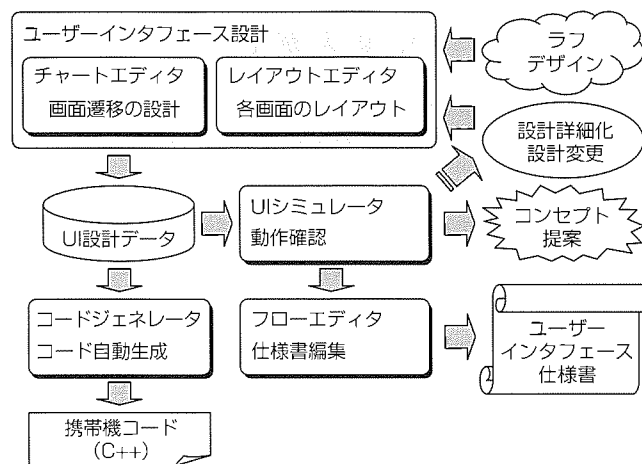


図3. ユーザーインタフェース設計ツール

4.1 UI設計ツール

携帯機アプリケーションのUI部設計・開発において、

- (1) ラピッドプロトotypingによる手戻りの最少化
- (2) 設計データの再利用性向上(機種内・機種間)
- (3) 仕様変更オーバーヘッドの低減

等を通じた生産性向上を実現するのがUI設計ツールである。このツールは、複数の画面状態とそれらの間の状態遷移及び各状態におけるUI部品のレイアウトを定義可能なステートチャートオブジェクト(State Chart Object: SCO)という概念をベースとする。SCOの各状態では、ボタンやラベル等既製のUI部品だけでなく、他のSCOを用いて画面を構成することも可能としている。これにより、このツールでは、携帯機本体、各種アプリケーションや複数のアプリケーションで共通に用いられる“はい/いいえ確認”等の一連の操作画面からカスタム表示部品に至るまで、様々な階層の設計物を部品化し、組み合わせることを可能にしている。

このツールは、主に以下のモジュールから構成される(図3)。

4.1.1 チャートエディタ

SCOの各状態における状態遷移等のイベントハンドリングの設計を行う。データベースアクセス等の非UI部との連携や、それに伴う動的なUI部品のプロパティ設定等を可能とするため、必要に応じてJava^(注1)のサブセットをベースとした簡易スクリプトを記述することもできる。

4.1.2 レイアウトエディタ

SCOの各画面におけるUI部品のレイアウト及びプロパティ設定を行う。あるUI部品のプロパティが他のUI部品のプロパティやデータベースの値を自動的に参照するように設定することも可能であり、SCOによる設計の部品化や、言語/カラーテーマ等に応じた表示の切換えを容易に

(注1) Javaは、米国及びその他の国における米国Sun Microsystems, Inc.の商標である。

している。

4.1.3 UIシミュレータ

チャートエディタ、レイアウトエディタで設計したSCOの動作をシミュレートし、動作確認及び設計への迅速なフィードバックを容易にする。シミュレーション時のユーザー操作を記録し、後にリプレイすることも可能である。

4.1.4 フローエディタ

シミュレーション結果からのUI仕様書作成をサポートする。また、リプレイによってUI仕様の画面イメージを自動的に更新することも可能である。

4.1.5 コードジェネレータ

UI設計データからC++ソースコードを出力する。このツールの提供するランタイムと組み合わせ、実機上で動作させる。移植性を考慮して、コード生成系及びランタイムはそれぞれ機器独立部と依存部に分離されている。

このツールを用いることにより、デザイナー、開発者、顧客の間で“動く仕様”を共有しながら、簡易な上流設計から実機の詳細設計まで連続的に作り込むことが可能である。また、SCOによるUI設計の部品化やコード生成機能のサポート等により、UI設計データの効率的な活用が可能である。

4.2 試験自動実行ツール

携帯機アプリケーションのUI部の試験作業を支援しアプリケーションの検証効率を向上するツールが、試験自動実行ツールである。

このツールは、アプリケーション開発者が行う動作確認の繰り返し(インタラクティブな動作)と、試験実施者が行う連続した試験実施(バッチ動作)の両作業を支援する(図4)。

このツールは、あらかじめ設定した試験操作手順に基づき、パソコン上の実機シミュレーション環境(PCシミュレータ)で動作する携帯機のアプリケーションを、あたかも人手で操作したのと同様に自動的に操作する。同時に、画面の表示内容等の動作を記録する。記録した動作は、以前に記録した過去の動作データと比較することでその差異を判断し、また、UIシミュレータの動作と比較することでその正否を判断し、これにより、UI部に対する機能試験を支援する。

用いる試験操作手順には、PCシミュレータに対する操作の記録と、UIシミュレータでの操作記録が利用できる。また、UI設計ツールで作成したUI設計データから試験のための一連の操作手順を自動生成し、それを用いることも

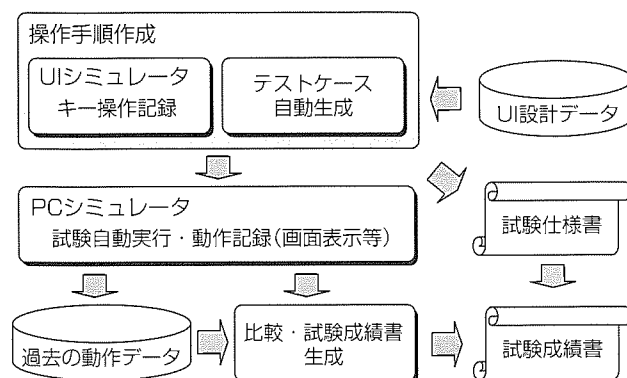


図4. 試験自動実行ツール

可能である。PCシミュレータやUIシミュレータの操作記録と自動生成した試験操作手順とを組み合わせることで、実施効率の高い多くの試験操作手順を容易に準備することができる。なお、UI設計データからの試験操作手順の自動生成では、人手による試験実施に向け試験仕様書も自動生成可能としている。

試験の自動実行時には、試験操作手順を一つずつ個別に実行することも、複数の試験操作手順を順次連続して実行することもできる。動作の記録・比較では、PCシミュレータの動作とUIシミュレータの動作を記録し、相互に比較できる。比較結果は、スプレッドシート形式とHTML形式で生成可能であり、比較結果を柔軟に取り扱える。

5. ソフトウェア構成管理の導入

携帯機ソフトウェアプラットフォームでは、複数の開発拠点をネットワークで接続し、その上で設計情報やコード等を共有可能な分散開発環境を導入している。また、機種ごとの開発成果を集積・共有するための環境・プロセスを設計し、個々の製品開発の枠を超えた開発効率化に取り組んでいる。

6. む す び

以上、携帯機ソフトウェアプラットフォーム構築による総合的なソフトウェア生産性向上への取り組みについて説明した。本稿で紹介した技術の一部は既にW-CDMA携帯機開発に適用済みであり、また、順次導入を続けている。

今後も新機能に対応した携帯機ソフトウェアプラットフォームの拡張と各種開発支援システムの強化・整備を行い、より開発を効率化し、高機能・高品質ソフトウェアの開発を推進する。

W-CDMA携帯端末のデザイン

山本光彦*
中原義仁*
東田智輝*

要旨

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) サービスがドコモによって開始された。このサービスでは高速高品質通信が可能であり、携帯端末の使い方や、デザインに変化をもたらす。ここでは、W-CDMAサービスがユーザーに提供する将来イメージを想定し、新コンセプトの策定、及びそこでの端末デザインや新しいGUIへの取り組みについて紹介する。

ここでのデザイン上のポイントは次のとおりである。

(1) ダブル画面を提案

より高度なサービス及び複数の同時アプリケーション実

施への対応を想定し、マルチメディアツールとしての進化形を提示

(2) 分離型を提案

ながら操作、マルチタスクの実現性を検証し、コミュニケーションツールとしての進化形を提示

このデザインの成果は2001、2002年と継続してドイツCeBITにて動体モックを展示し、単なるスタイリング研究だけではない次世代を予感させる先進性を一歩具体化に踏み込んだ提案として注目された。



2001年CeBIT出展の次世代携帯電話コンセプトモック

斬新なスタイリングによって将来のユーザー生活シーンをイメージさせ、企業PRのみならず、社内事業部に対しても次世代の開発ゴールを提示する。

1. ま え が き

W-CDMAサービスが開始され一般ユーザーにおけるFOMA^(注1)の認知度も高いものとなった。“第3世代通信＝高速、動画、テレビ電話”という一般的な認識レベルや期待も非常に高く、普及に拍車をかける本命となる端末の登場が期待される。これからはPDC(Personal Digital Cellular)の進化の過程では想像もつかないデザインが登場して、従来の価値観を変えていく可能性をも秘めている。この移行時期こそ将来的なビジョンを明確化して開発を方向付けることがデザイン部門の大きな役割であり、開発に先行して将来コンセプトを策定する意義が高い。

2. 将来における利用シーン

現在、W-CDMAにおけるマルチメディアサービスは、やはり、動画コンテンツとビデオメール、テレビ電話であると言えよう。

- ① 導入期においては、これらサービスを中心にPDC同様のオールインワン汎用型で多機能・高機能化が図られる。
- ② 普及期になると、複合サービスの多様化が予想され、端末の使い方が重要な選択肢となり、専用機端末のバリエーション展開や端末自体の変形が想定される。
- ③ 成熟期においては、ユビキタス化によるネットワーク端末への潮流。端末は、パソコン同様、箱として扱われ、ユーザー好みでカスタマイズが盛んとなるだろう。端末デザインも自由となりウェアラブルな方向へと進むだろう(図1)。

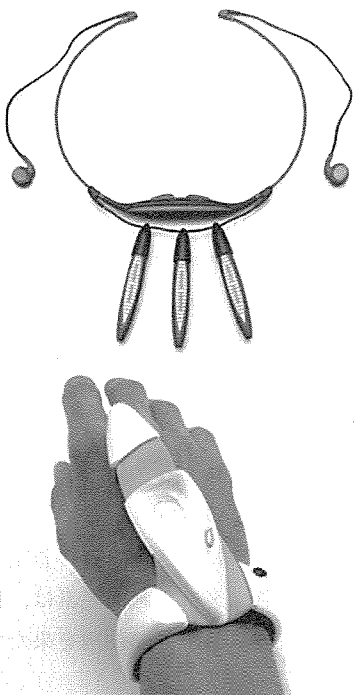


図1. ウェアラブル対応のコンセプトモック

本稿では、その手前の段階①を想定したダブル画面コンセプト、段階②を想定した分離型コンセプトを中心に述べる。

3. ダブル画面デザインにおける可能性

ダブル画面デザインは、より高度なサービスに対応することをコンセプトとしたデザインプロトタイプである。この章では、ダブル画面デザインにおける有効性について紹介する。

3.1 ダブル画面デザインの開発経緯

「iモード^(注1)」サービス以降、現在では26万色カラー液晶が当たり前となり、見やすさ、表示文字数を追求するため画面サイズの大型化が求められるようになった。

また、今後は、iモードのみならず、携帯電話で活用できるメディアの増大も容易に予測できる。

現在市場に出回っている端末においても、カメラ機能は基本機能として位置付けられる。さらに、通信速度の高速化とカメラ機能の組み合わせでテレビ電話機能の標準化や、将来的にはテレビ機能や音楽再生機能などの可能性も高く、携帯電話機はマルチメディア端末としての位置付けとなる。

同時に、ユーザーのコミュニケーションに対する要求も高くなり、テレビ電話をしながら通信相手とデータを共有し、画像を見せ合いながらテレビ電話を楽しむというような複数機能の同時操作も発生する。

携帯電話で扱えるメディアは、図2のように、携帯電話サービス開始時の“音声通話”から、電子メールに代表される“テキスト通信”などがあり、現在の携帯電話で扱えるメディアとしては、“写真データ”“音楽データ”“ダウンロードアプリケーションデータ”“動画データ”まで多様化している。

ユーザー視点のコミュニケーションを主軸に置くと、将来的には、現状までに増加してきた端末内で扱えるメディアが複合化された状態で扱え、例えばテレビ電話をしながら

(注1) FOMA, iモードは、(株)NTTドコモの商標である。

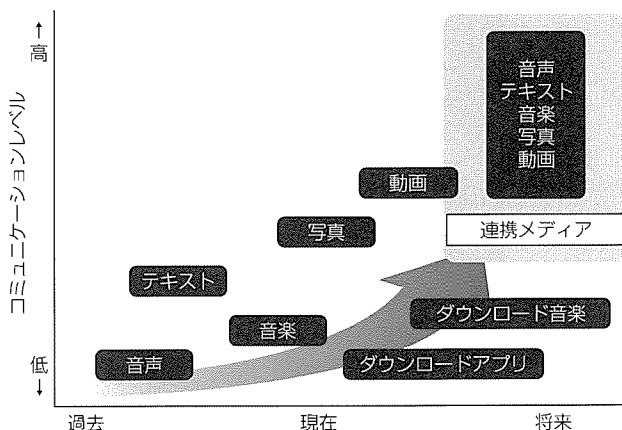


図2. 携帯電話で扱えるメディアの増大

ら互いの保有している写真データを送り合い、より楽しく便利なコミュニケーションを実現する必要性が高まり、更なる液晶サイズの大型化などによる情報表示能力の向上が求められるようになる。

しかし、携帯電話としてのコンパクトさを失わないためには、LCDディスプレイユニットを狭額縁化しても、2.4インチクラスが限界かと推測される。限られた本体サイズの中で更に表示面積を稼ぐ手段として生まれたアイデアが、二つの画面を連結することであった(図3)。

3.2 ダブル画面デザインのコンセプト

このデザインコンセプトを一言で表すなら“マルチレイヤ編集コミュニケーション端末”である。パソコン上での複数アプリケーションをまたいでの編集作業というのは日常的であるが、携帯電話の画面上で行うには画面切替えにストレスを要する。

しかし、携帯電話ユーザーの根本的要求であるコミュニケーションの高度化に伴う“連携メディア通信”も高付加価値化の方向に進むことも明白であり、前述したメディアの連携を含めて今後の対応は不可欠であることから、高度化される機能やサービスを容易な操作でユーザーに提供することがコンセプトとして挙げられた。

具体的には、高度な操作時にストレスを要する際は、その時点で必要な操作の時だけ第2レイヤの画面をスライドさせ常時表示しておく方が分かりやすく有効活用できることに着目した。

用途としては下記が想定される。

- ① メールを読みながら文中のURLサイトを表示
- ② メール返信中に添付画像の確認及び加工
- ③ NAVIをしながら地図中の店の情報を表示
- ④ メール作成中に漢字変換一覧を同時に表示
- ⑤ 受信文章を見ながら返信
- ⑥ テレビ電話時に相手画像、自画像を同等サイズで表示
- ⑦ テレビ電話中にスケジュール確認



図3. 2001年CeBIT出展のデモ用コンセプトモック

⑧ 相手の顔を見ながらの対戦ゲーム

一つの画面で行うならPDAサイズとなるべき操作内容を携帯電話サイズで実現するための解決策である。

次に、そこでの具体的な操作概念及びGUI(Graphical User Interface)について説明する。

3.3 ダブル画面デザインのGUI

まず、基本操作方法検討のため、同時に扱う可能性のあるメディアの組合せや、シーン(状況)の抽出を行い、下記の3シーンを想定してインタフェース構築検討を実施した。

- (1) 現行使用シーンとして頻繁に起きるメール機能とブラウザ機能の連携
- (2) 第3世代携帯電話で一般的に使用されるであろうテレビ電話に関連し、高度なコミュニケーションを実現するための他機能との連携
- (3) 今後携帯電話に付加される機能の一例としてのナビゲーション機能と、地域情報検索機能との連携

検討における基本条件としては下記の2点であり、その実現により、円滑な操作の実現を目指した。

- 1画面でも通常の使用方法は実現できること
- 必要な際に2画面状態に移行すること

これらは、携帯電話はコミュニケーションツールであり、音声会話などの単一メディアコミュニケーションから、今後増大すると予測される複数のメディアを組み合わせた複雑コミュニケーションまで想定できる。しかし、今後複雑コミュニケーションが現れたとしても、単一メディアコミュニケーションは本質的にユーザーニーズとして存在し、単一メディアコミュニケーション実施時にわざわざ2画面状態に移行する必要はなく、移行するにはそれなりのメリットがなければ、ユーザーはより最小限の操作での機能実現を望むためである。

そこで決定されたGUIコンセプトキーワードは、“サポートディスプレイ”である。これは、2画面状態に移行する優位性を明確に示すことにつながる。

この提案では①二つの画面で別々なアプリケーションを実現することで、アプリケーション同士の明確な切り分けと様々な作業中に必要な他情報を容易に確認できるマルチタスクの実現、②1アプリケーション操作時に2画面に移行することで、付加情報や詳細情報が表示され、操作手順を少なく目的まで到達させるという二つのユーザーサポートを具体的な事例に落とし込んだ。

また、ユーザーインタフェース以外でも、デザインの自由度や携帯性の確保などのメリットや、1画面状態であれば、片面の電源はオフにできるなどの省電力設計におけるメリットも挙げられ、ダブル画面要素は、他の携帯電話機種との差別化要因として十分に役割を果たすことが期待できる。

この成果は2002年3月にドイツで開催された情報機器関

連の展示会(CeBIT2002)に出展し、大きな注目を集めた。展示会出展前には、受容性評価及び各要素の個別の特許化申請を行った。

将来機種の開発においては、将来機能受容性の評価が重要になるとともに、インタフェースのデザインとしては難易度の高い作業になると予測される。

図4にダブル画面携帯電話のGUI例を示す。

4. 分離型デザインにおける展開

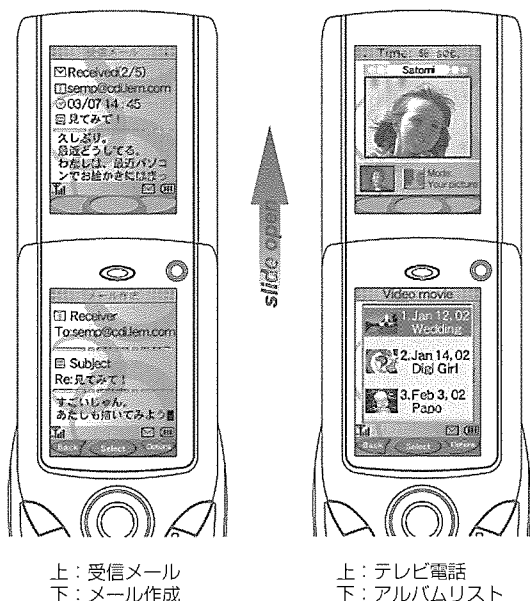
分離型デザインにおいては、将来的なマルチ回線サービスを想定したデザインコンセプトを展開し、ユーザー使用シーンのイメージビデオを製作し検証した。この章では、その詳細について述べる。

4.1 分離型デザインの開発経緯

将来的にマルチ回線サービスが行われると、端末の操作としては何かを“見ながら”“聴きながら”“撮りながら”といった二つ以上の作業を同時にこなすことが可能になってくる。ダブル画面デザインもその解決策といえようが、それよりさらにフレキシビリティの高い構成として分離型デザインが発案された。

4.2 分離型デザインのコンセプト

状況に合わせて最適な使い方ができる自由な端末、複雑になりがちな動作を自然に行うために、通話部をハンドセットとして、より大きな情報を扱う側を本体ビューワとして独立したユニットとする。使用シーンとしては、片手にビューワ、片手にハンドセットを持ちNAVI画面によってお互いの位置を確認しながらテレビ電話を行ったり、お互いに送った画面情報を見ながら会話ができる。また、携帯時にはスタッキングする場合や、ビューワを鞆(かばん)の中、ハンドセットをペンダントに見立てて身につけるこ



上：受信メール
下：メール作成

上：テレビ電話
下：アルバムリスト

図4. ダブル画面携帯電話のGUI例

とを想定した。

4.3 分離型デザインの展開例

タイプ1：分離型の構成ユニットとして通話部のハンドセット(ヘッドセット)と本体ビューワとの関係を3タイプ検討した(図5)。

タイプ2：ハンドセットとビューワを重ねてスタッキングできるタイプで、各々単体でも通常のストレート型携帯電話、PDAとしても成り立つデザインである(図6、図7)。

タイプ3：通常の二つ折り携帯電話の形状から分離するタイプで、ハンドセット部がビューワに差し込まれる(図8、図9)。



図5. 分離型コンセプトモック-タイプ1

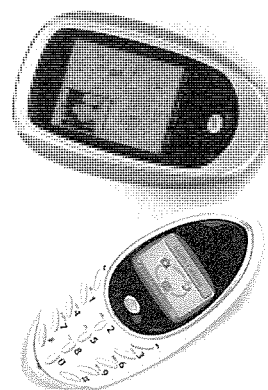


図6. 分離型コンセプトモック-タイプ2(分離時)

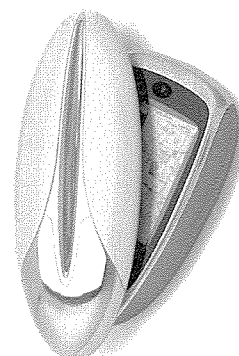


図7. 分離型コンセプトモック-タイプ2(スタッキング時)

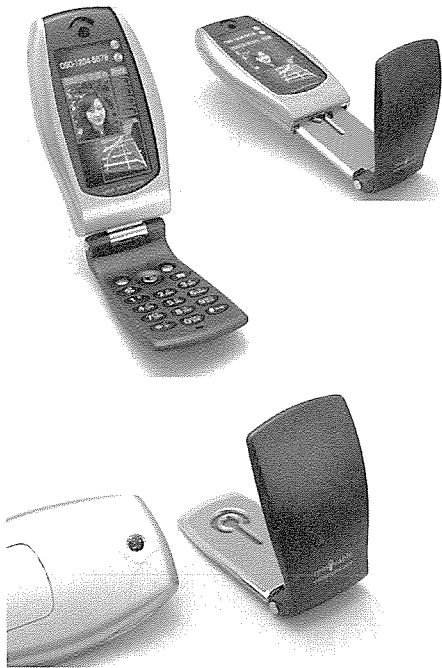


図8. 分離型コンセプトモックアップタイプ3



図9. 分離型使用シーンイメージ

また、タイプ1の改良版として、ビューワをダブル画面化してハンドセットを背面に内蔵したタイプも検討した。分離型にダブル画面の要素を加えた“ながら”コンセプトの決定版とも言えるデザインである(図10)。

5. 今後の展望

今後、ユーザーの視点に立った継続的な提案及び研究は必要であるが、その後に必要になるのは、ハードウェアと



図10. 分離型コンセプトモックアップタイプ1の改良版

ソフトウェア提案の更なる強化と考える。この内容では、2画面や分離というハードウェア構成において、機能を実現できる提案を実現した。

また、過去の製品実績においても特徴的な操作デバイスとGUIの連携を実現し、その製品の特徴となった。

今後の携帯電話などの情報機器における製品化デザインには、ソフトウェア技術とハードウェア技術の両技術知識が必要となる。その上で、人間サイドに立脚した提案や研究を通し、製品として各視点からユーザーに対するアピール度の高いハードウェアデザイン、GUIデザインが重要である。

6. むすび

以上、W-CDMA携帯端末のデザインについて将来的な利用シーンを想定して開発を行った二つの方向性の検証について述べた。ダブル画面デザインは特に操作インターフェースの向上という点では可能性を秘めたアイデアであり、GUIを含めた検討も完成度の高い提案となっている。しかしながら、実装上の制約条件を考えれば、サイズのな問題、ヒンジ内の結線など製品化においては克服すべき技術課題が残っており、今後設計部門とともに開発を進めていく所存である。



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)

スペクトル拡散通信装置およびスペクトル拡散通信方法 特許第3320711号(特開2002-190792)

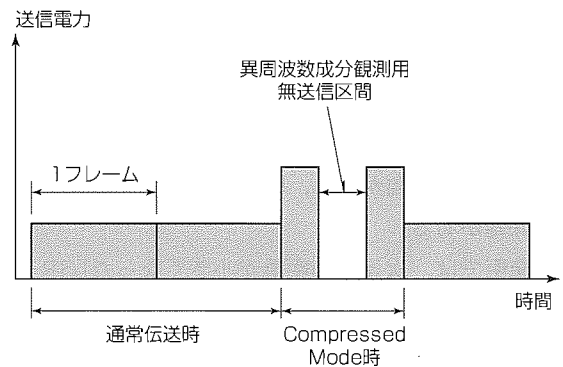
発明者 矢野安宏, 村井英志

この発明は、第三世代携帯電話システムのAir interfaceとして用いられるW-CDMA方式およびスペクトル拡散通信方式に関するものである。

3GPP(3rd Generation Partnership Project)が制定する第三世代方式の規格において、Compressed Mode送信法が規定されている。これは、基本的に連続送受信が想定されるW-CDMA方式において、他の周波数帯域で運用している第三世代やGSM等の第二世代システムへのハンドオーバーのため、通常時に用いるフレームを時間的に圧縮し、その結果生じた無送信区間を用いて異周波数帯域の観測を送信データの欠落なく可能とするものである。しかしながら、この無送信区間を含むフレームでは情報送信を行う実時間長が短くなるため、ビットインタリーブを1フレームで行う場合にインタリーブの効果が薄れ、復調性能に劣化を生じるといった問題があった。

この発明では、この無送信区間をフレームの中央に配す

ることで、通常伝送時と同一のビットインタリーブの対象範囲を確保するようにした。これにより、無送信区間の導入によるインタリーブ性能の劣化を低減し、Compressed Mode時の所要S/Nの増加を抑えられる。



画像の符号化伝送装置 特許第2100607号(特開平2-214280)

発明者 浅井光太郎, 村上篤道

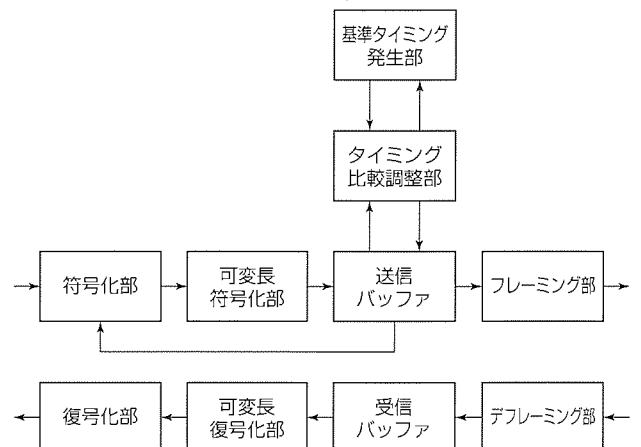
この発明は、映像信号を可変長の符号語を用いて符号化する映像符号化伝送装置に関するものである。

映像信号は通常、NTSC信号における1秒当たり29.97枚の映像フレーム(フレーム間隔約33ms)などの固定的な信号区間を持っている。こうした映像信号を可変長符号化すると、フレーム当たりの符号量は映像の内容に依存して変動する。符号化データを一定の速度で伝送し受信側で復号して表示のために出力する場合、符号量の変動をバッファメモリによって吸収しなければならない。変動が大きいと、バッファメモリがあふれないように容量を大きくする必要があり、遅延の増大につながる。変動を小さくすると、十分な符号化効率を得られない可能性がある。

この発明では、各々の映像フレームに対応する符号量の変動を効率的に行うため、時間軸の上において、映像フレームの区切りに相当する符号語のタイミングと一定の時間間隔とのずれの蓄積が所定の範囲内に収まるように制御を行うようにしている。これによって符号量のエントロピー

を時間軸で平滑化すべき基準と制御方法を与え、バッファメモリがあふれないようにするものである。

この発明は、デジタル放送などに用いられるMPEG標準において、VBV(Video Buffer Verifier)と呼ばれる規則に従うために必要な技術である。





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)

音声符号化装置 特許第2905155号(特開平9-166999号)

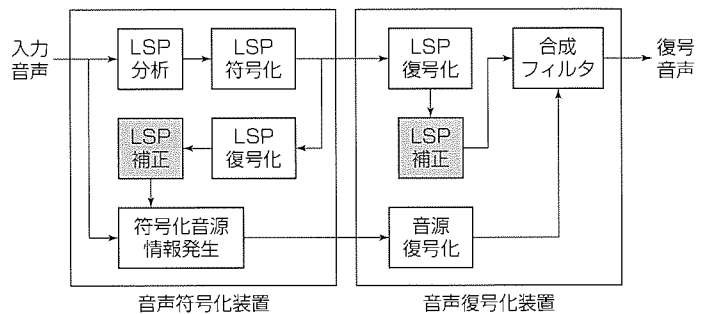
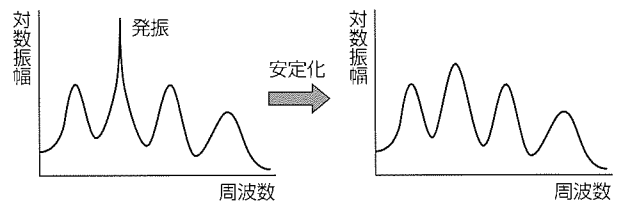
発明者 田崎裕久

この発明は、携帯電話などのデジタル移動体音声通信に使用される、音声信号を少ない情報量に圧縮して音声符号として出力する音声符号化装置に関するものである。

多くの音声符号化装置では、音声信号を一定時間(例えば20ms)の分析フレームごとに音声のスペクトル概形を表すLSP(Line Spectral Pairs:線スペクトル対, 10次程度のベクトル)と音源情報に分離して符号化を行うが、符号化時に発生する量子化ひずみによってLSPの次元間の距離が小さくなり過ぎると、音声符号を受信した音声復号化装置から出力される復号音声の振幅が乱れ、時には発振して異音を生じる課題がある。

この発明では、次元間の距離が小さくなったLSPを補正するLSP補正部と、このLSP補正部によって補正されたLSPを用いて音源情報を符号化する符号化音源情報発生部を備えることで、LSPの量子化ひずみによって生じる上記課題の解決に成功した。これにより、従来以上に低ビットレート(高圧縮率)の

方式が採用可能となり、W-CDMAやPDC携帯電話を始め複数の標準方式に採用されるなど多くの実施実績が上がっている。



〈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.77 No.3 「IT社会に貢献する半導体」特集

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 井手 清</p> <p>委員 高橋 大 畑谷正雄 堤 清英</p> <p>桑原幸志 村松 洋 松本 修</p> <p>浜 敬三 石野禎将 中川博雅</p> <p>中島克人 部谷文伸</p> <p>黒畑幸雄 山本比呂志</p> <p>事務局 松本敬之</p> <p>本号取りまとめ委員 千葉喜代一</p> <p>三宅 真</p>	<p>三菱電機技報 77巻2号</p> <p>(無断転載・複製を禁ず)</p> <p>編集人 井手 清</p> <p>発行人 福本 紀久男</p> <p>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</p> <p>〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号</p> <p>秀和芝パークビルA館9階 電話 (03)3437局2692</p> <p>印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス</p> <p>発売元 株式会社 オーム社</p> <p>〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地</p> <p>電話 (03)3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円)送料別</p>	<p>2003年2月22日 印刷</p> <p>2003年2月25日 発行</p>
<p>URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>	

〈訂正〉

第76巻9号(2002年9月)59ページ「特許と新案」に掲載の「電力変換装置」の発明者を右記のとおり訂正いたします。(正)福盛 久←(誤)福森 久

スポットライト W-CDMAフィールド試験

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 方式通信制御技術では、RAKE受信、ソフトハンドオーバー、高速な送信電力制御、異なる伝送レートの信号の多重分離などの新しい技術が導入されているため、従来方式と比較しても膨大なデータを収集・解析しなくてはなりません。このため、フィールド試験を効率的に行って、携帯機の信頼性、特性向上を図る必要があります。W-CDMA携帯機のフィールド試験では、以下のような設備とツールを用いて試験の効率化を図っています。

1. フィールド試験測定車

フィールド試験は、主に測定車に乗って移動しながら行います(図1)。測定車には運転手のほかに通常4名程度が乗り込み、プロトコル監視手、ベースバンド装置操作手、記録手などに分かれてそれぞれの任務を遂行します。

測定車には現在位置を確認するためのGPS(Global Positioning System)装置、前方風景確認用のビデオカメラなどの設備があり、試験者はそれらのモニタ画面と計測器やパソコンのモニタ画面を交互に見ながら測定し試験を行います。また、測定車の壁は、電波を通す材質(FRP)でできています。

2. データ収集・解析ツール

フィールド試験部隊は、自社で製作した“データ収集・解析ツール”(図2)を用いて走行中の携帯機の様々な状態を収集し測定します。

- 遅延プロファイルとフィンガ割当て
- 送受信電力(TX power, RSSI, RSCP, SIR等)
- 通信基地局、通信回線種別とSHO状態
- 通信品質(BER/BLER)
- AFC検出値とTCXO制御量



図1. フィールド測定車

また、オフライン解析では、収集したデータをリプレイさせて解析します。リプレイの際は、別のパソコンで記録した次のような情報も連動して表示させることができるので、そのときの周辺地形、ビルの林立具合、車のスピード、上位レイヤの動きなども同時に把握することもできます。

- GPSデータ(現在地を地図上に表示)
- ビデオカメラ画像(前方風景を表示)
- レイヤ2, 3情報, その他の測定ログ

3. フィールド試験の実際

W-CDMA方式通信制御は従来方式とは異なるため、新たにそのフィールドでの電波伝搬特性などを把握していく必要があります。このため、フィールド試験部隊は、これらの設備を使って、回線種別、電界強度、移動速度、都会/郊外、などの各種条件ごとに各地で様々なデータを収集し測定しています。

また、移動中の通信品質を確保するため、上記各種条件ごとに移動通信試験を行います。万一通信切断が起きてしまった場合には、フィールド試験部隊は、このツールを用いてその場で一次解析し、開発部隊に報告します。開発部隊では、送られてきたデータをオフラインで詳細解析し、不具合を修正して再びフィールド試験部隊に送信します。このようにフィールド試験部隊と開発部隊が密接に連携することにより、効果的かつ高速な品質の向上を図っています。

TX : Transmitter
RSSI : Received Signal Strength Indicator
RSCP : Received Signal Code Power
SIR : Signal to Interference Ratio
SHO : Soft Handover
BER : Bit Error Rate
BLER : Block Error Rate
TCXO : Temperature Compensated Crystal Oscillator

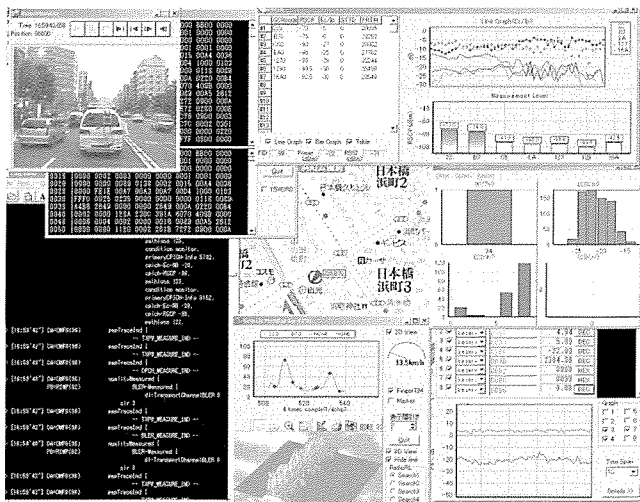


図2. データ収集・解析ツール