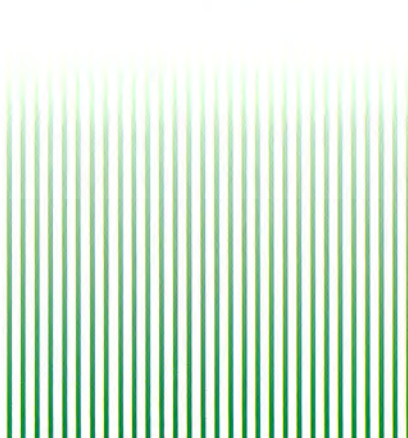
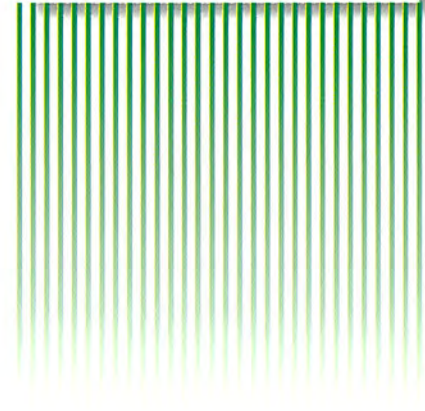


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.79 No.2

2005 **2**

特集「進化する携帯電話」



目次

特集「進化する携帯電話」

進化する携帯電話特集に寄せて	1
室田和昭	
加速する携帯電話の進化—現状と展望—	2
広瀬健二・高瀬和彦・入野悦郎	
第三代携帯電話“FOMA D900i”	7
福井伸一・徳田 勉・小島景子・竹本 誠・樺沢昭史	
ベースバンド変復調LSIの低消費電力化技術	11
山本正幸・石岡和明・武内良祐・川本浩司	
携帯電話を支える要素技術	15
清水浩一・井岡誠二・井上 勉	
携帯電話のデザイン	19
谷田川智弘・樋口博彦	
携帯電話の入力インタフェース技術	23
石井 純・川又武典	
モバイルミドルウェア技術	27
清原良三・高橋克英・三井 聡・橋高大造・木野茂徳	
携帯電話の画像処理技術	31
杉山和宏・幡野喜子・安藤重男・杉浦博明	
携帯電話のモバイルカメラ技術	36
道盛厚司・久野徹也・的場成浩・小守教之	
携帯電話の画像活用技術	40
木村智広・山田悦久・松田幸成・浅井光太郎	
セキュリティ技術 (携帯個人認証, 携帯情報保護)	44
米田 健	
携帯電話の生体認証技術	48
橋本 学・田中昭二・笹川耕一・Jay Thornton	
ブロードバンド化に向けた無線伝送技術	52
石津文雄・渋谷昭宏・中村隆彦	
携帯電話標準の国際的・高度化動向	56
佐藤一美・牧平経市・千葉喜代一	

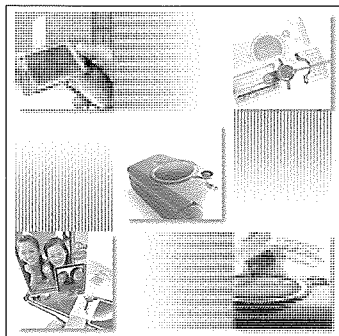
The Evolving Mobile Phone	
The Contribution to the Special Issue on Evolving Mobile Phone	
Kazuaki Murota	
The Evolution of Mobile Phone : Current Status and Prospect	
Kenji Hirose, Kazuhiko Takase, Eisuro Irino	
Third Generation Mobile Phone “FOMA D900i”	
Shinichi Fukui, Tsutomu Tokuda, Keiko Kojima, Makoto Takemoto, Akifumi Kabasawa	
Low Power Technology of Base-band Modem LSI for W-CDMA Mobile Phone	
Masayuki Yamamoto, Kazuaki Ishioka, Ryosuke Takeuchi, Kohji Kawamoto	
New Technologies for Mobile Phone	
Hirokazu Shimizu, Seiji Ioka, Tsutomu Inoue	
Design of a Mobile Phone	
Tomohiro Yatagawa, Hirohiko Higuchi	
Input Interface Technology for Mobile Phone	
Jun Ishii, Takenori Kawamata	
Mobile Middleware Technologies	
Ryozo Kiyohara, Katsuhide Takahashi, Satoshi Mii, Taizo Kittaka, Shigenori Kino	
Image Processing Technology for Mobile Phones	
Kazuhiro Sugiyama, Yoshiko Hatano, Shigeo Ando, Hiroaki Sugiura	
Camera Technology for Mobile Phones	
Atsushi Michimori, Tetsuya Kuno, Narihito Matoba, Noriyuki Komori	
Technologies for Image Applications on Mobile Phone	
Tomohiro Kimura, Yoshihisa Yamada, Yukinari Matsuda, Kohtaro Asai	
Information Security Technologies for Mobile Phones (User Authentication and Information Protection for Mobile Phones)	
Takeshi Yoneda	
Biometrics Identification Technology for Mobile Phone	
Manabu Hashimoto, Shoji Tanaka, Kouichi Sasakawa, Jay Thornton	
Broadband Wireless Transmission Technologies	
Fumio Ishidu, Akihiro Shibuya, Takahiko Nakamura	
Trend toward Enhancement of International Mobile Telecommunications Standardization	
Kazuyoshi Sato, Tsuneichi Makihira, Kiyokazu Chiba	

特許と新案

「移動局, 基地局, 通信システム, 送信方法, 受信方法, 通信方法, IQ多重装置及びIQ多重方法」	
「無線電話機」	61
「ハイパーテキスト表示システム及び ハイパーテキスト表示方法」	62

スポットライト

携帯電話搭載用CCDカメラモジュール
オートフォーカス搭載, 記録400万画素



表紙

進化する携帯電話

1979年第一世代から1993年第二世代を経て, 2001年10月から, 情報の高速化・大容量化・高品質化等の特長を持つ第三代携帯電話(W-CDMA方式)のサービスが開始された。マルチメディアサービスも身近な情報として利用され, 世代交代の風が急速に吹き込んでいる。

2003年に三菱電機のD900iを含めてFOMA[®]D900iシリーズが発表され, 高速データ通信やマルチメディアサービスを手軽に享受できるようになった。

技術の発達, 新しいサービスやネットワークの到来を意識し, D900iと未来の携帯電話を重ね合わせ, 進化する携帯電話の姿を表現した。

(注) FOMAは, ㈱NTTドコモの登録商標である。

進化する携帯電話特集に寄せて

The Contribution to the Special Issue on Evolving Mobile Phone



室田和昭
Kazuaki Murota

著しい進歩を見せた携帯電話は、瞬く間に重要な社会インフラとなった。ほぼ同時期に普及したインターネットは、“常にオンでつながっている”画期的な概念をもたらした。これらは光ファイバアクセスにより新しいフェーズに進み、また、狭域の高速無線システムの標準化も精力的に行われている。政府もユビキタスネット社会(u-Japan)の実現に向け戦略的開発のリーダーシップをとっている。

通信分野では過去100年余りの間、有線通信と無線通信があたかも覇を競い合うかのように通信距離の拡大と高速化を繰り返してきた。私もその一部に関係してきたが、その渦中であっては、いま思えば何を求め進んでいるのかよく分かっていなかったようだ。近年の半導体とコンピュータの進歩を得て、冒頭に述べたように有線・無線の何とも絶妙の連携を目の当たりにすることになった。ここにきて、向かう先がようやく理解できた感を強くする。人間をまず中心にして、周囲環境が優しく近づいてくるユビキタスネット社会だ。見えざる手に操られたような驚きを覚える。

ユビキタスネットワークの通信の基盤は、光ファイバ、移動通信、IPネットワーク、近距離無線などの技術革新にある。ここでも、屋内外を含むマクロに連続的なモビリティを担うのはこうした移動通信システムが中心となろう。その一つがこの特集テーマの第三代移動通信である。現在は、更に先の世代への議論も始まっている。

第三代システムは、ITU(International Telecommunications Union)への技術提案の中でW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access), cdma2000, TD-CDMA(Time Division-CDMA)が候補に絞り込まれ、共通性を持たせるための努力が各国間で行われた。実用フェーズとなった今、まだハーモナイズの効果は定かでないが、3つのシステムは各々要素に位置付けられ、包括して一つの世界標準という考え方となっている。第三代システムへの期待は大きい。

人を主役にサービス環境が周りを取り囲む形のこれからのネットワークでは、一つのシステムですべて賄うのではなく、ユーザーの置かれた場面ごとに異種システムがきめ

細かく連携することが期待されている。モビリティ、セキュリティ、広帯域・低コストがキーワードである。さらに、ユーザーが存在する物理空間とインターネット上に蓄積された膨大な知識空間をつなぐ試みが進められている。仮想的な知識空間を実空間の座標と関連付ければ、知識の有用性が飛躍的に高まるはずである。実空間に配されたタグを検知したりGPS(Global Positioning System)データを基に座標を求め、関連の知識空間にアクセスすることは今も行われている。これからは実空間が逆にユーザーの存在を見付け、その人に合ったオーダーメイドの環境を提供するようになろう。気象変化や道路上の危険などを検知する様々なセンサネットワークが配備されるようになれば、通信インフラへの要求も更に多様になっていくだろう。

東京大学の原島博教授が2001年の三菱電機技報に寄稿された“情報新大陸”がある。17~18世紀の大航海時代は現実の大陸の覇権を得るため先進大国が争った。覇者の英国にやがて産業革命が起こり次の世界を創(つく)り出した。20世紀は航空・宇宙の覇権を米ソが争った。その結果、勝者米国に情報革命が起こり情報社会が到来した、というものである。印象深く記憶している。

情報社会のおかげで私たちは地球の裏側や過去の知識に瞬時に到達できるようになったが、これを“時間の克服”と考える。すると、人々の行動の歴史は、面的な制約の克服、立体空間の克服、時間的制約の克服と言うことができ、2, 3, 4次元と進んできたようである。現在のボーダレスのサイバー世界から、その次は5つ目の制約を開放するテクノロジーを探していることになる。同じ時間に同一座標にあって一致しないもの、このような不一致は幾つも見付けることができる。

ユビキタスネット社会ではビジネスシーンやワークスタイルの変革が期待されているが、制約からの解放がこうした不一致を克服することで、実は争いのない、個人個人のハンディキャップを乗り越えた、公平で民主的な社会を目指しているとも言える。これからのテクノロジーの貢献が楽しみである。

加速する携帯電話の進化 —現状と展望—



広瀬健二*



高瀬和彦**



入野悦郎**

The Evolution of Mobile Phone : Current Status and Prospect

Kenji Hirose, Kazuhiko Takase, Etsuro Irino

要 旨

世界共通技術仕様による高速データ通信や高品質通話等を実現したNTTドコモの第3世代携帯電話FOMA^(注1)が普及期に入っている。サービスエリアの人口カバー率や端末の連続通話可能時間等が第2世代並みになって、第3世代の特長の高速で快適なデータ通信サービスを、これまでの携帯電話と同じ使用感で利用することができる。2004年10月に706万契約に達したFOMAの契約数は、2005年には1,000万契約を超えて本格的に第3世代携帯電話の時代へ入ろうとしている。

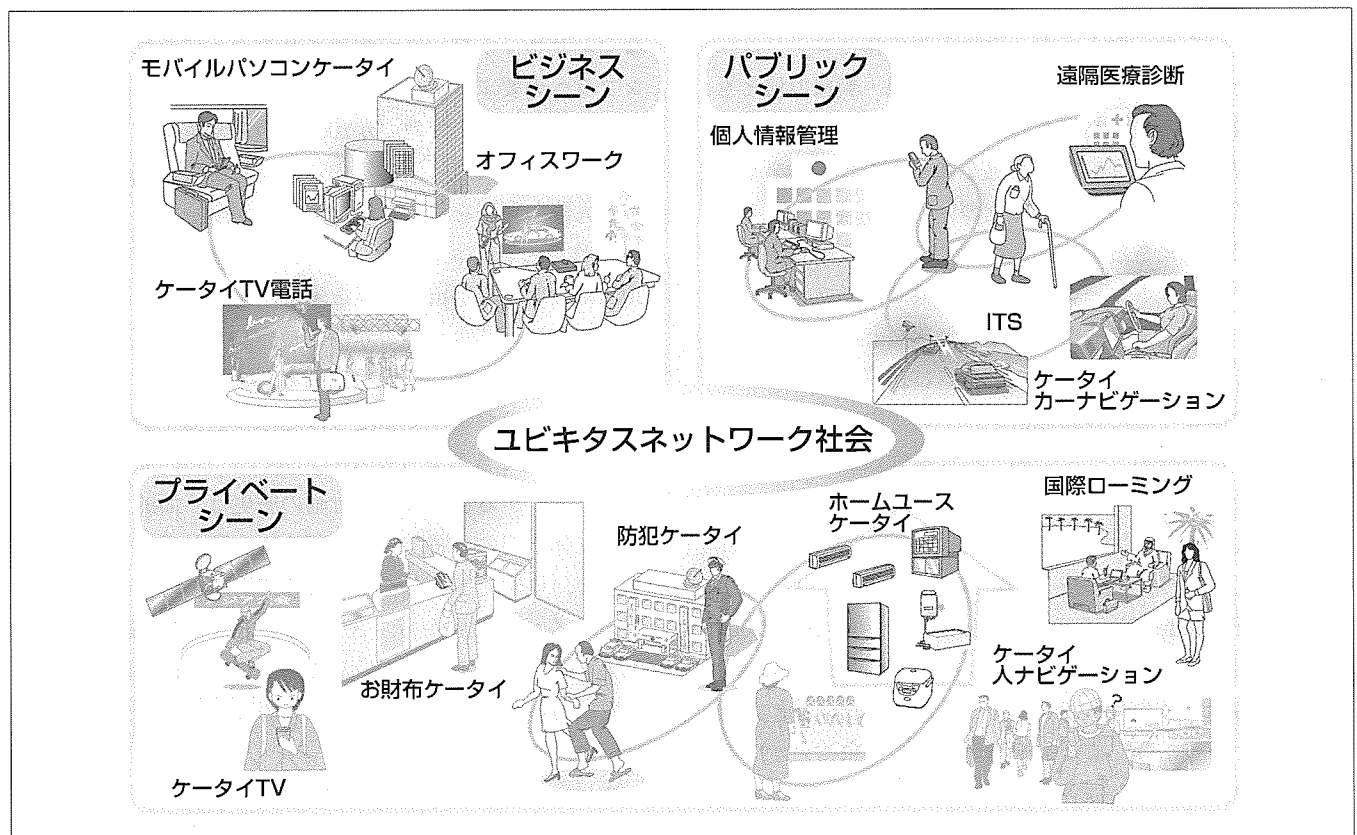
これまでの数年の間に、携帯電話は、音声通話機能に加えて電子メールやWeb閲覧そしてカメラ機能を標準的に持つようになった。この携帯電話のサービスの多様化は、人々の生活を便利で快適なものにする一方で、情報漏えい

や迷惑メールなど社会への弊害も生じさせ、モバイル通信におけるセキュリティ対策の重要性を高めている。

第3世代携帯電話の次の目標は、新しく備えた世界共通技術仕様と高速データ通信機能により、モバイル通信サービスの中心として世界中どこでも使えることや、異なった領域の製品と自在に情報をやり取りすることである。既に、ネットワークや通信関連の多くの国際標準化の団体がこの検討に取り組んでいる。

この特集号では、三菱電機の第3世代携帯電話製品の特長を述べ、ユビキタス時代における携帯電話に新しく期待される役割や技術等について述べる。

(注1) FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標である。



ユビキタス時代の携帯電話の利用シーン

究極の情報通信インフラであるユビキタスネットワークが生み出す携帯電話利用は、通信手段を意識することなくオンデマンドで自在に情報のやり取りをすることである。例えば、防犯ケータイは自分の現在位置を知らせ、通過地域周辺の危険レベルを知り、万一危険に遭えば直接関係先に通報する。

1. ま え が き

国内における携帯電話契約数は、2004年3月に8,192万契約になった(図1)。この中でNTTドコモiモード^(注2)等のインターネット契約は6,973万契約と契約全体の85.5%に達し、音声通話と電子メールそしてWeb閲覧の3つが携帯電話の基本機能を形成するようになった。さらに、カメラ機能を備えて画像をメールでやり取りできるカメラ付き携帯電話も急増し、新たな基本機能として定着しつつある。

2001年10月にNTTドコモが世界で最初に実用化したW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)方式の第3世代携帯電話FOMAは、2004年3月には318万契約になり、10月には706万契約と、半年で倍増する勢いで伸び続けている。第3世代携帯電話は、2005年には1,000万契約を超え、携帯電話の主力になろうとしている。

世界で最も低廉とまで言われるようになった日本のブロードバンド通信サービスは、2004年3月に1,495万契約になった。ブロードバンドの利用人口は契約数よりも多く、利用実態を表す利用者数では2,607万人に及び、インターネット総利用者7,730万人の1/3を超えている。デジタル家電も着実にインターネットとの融合が始まっていて、これまでの製品の領域を越えて、ネットワーク上で相互にコミュニケーションが行われるという状態が生じつつある。情報通信のユビキタス化である。

本稿では、普及期に入った第3世代携帯電話の当社の製品の特長や、図2に示すようにユビキタスネットワーク社会に向かって進化しようとしている携帯電話の今後の展望を述べる。

なお、ユビキタス(ubiquitous)とは“至る所にある(遍在する)”というラテン語であり、1989年にXerox社のパロアルト研究所のMark Weiserが“ユビキタスコンピューティング”という概念を提唱した。

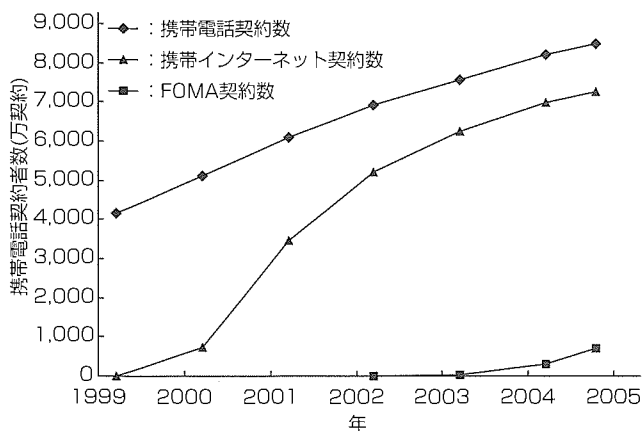


図1. 携帯電話契約者数推移

2. 第3世代携帯電話・当社製品の特長

第3世代携帯電話FOMAは、消費電力やサイズ等の改良が進み、電話端末としても第2世代mova^(注2)と同等の使用感を得られるようになった。電子メールやWeb閲覧機能は、FOMAの特長である高速なデータ通信サービスにより、更に快適になった。また、サービスエリアの人口カバー率は、2004年3月に99%を超え、movaと同等になった。

当社は、FOMA 2号機のD900iの製品開発に当たり、ベースバンドLSIを中心に徹底的な低消費電力化技術を開発して通話時間や待受時間を画期的に改善した。さらに、画像処理技術に注力して、高精細カメラとの組み合わせにより、滑らかで高画質の動画再生を実現した。データ通信機能は、第3世代の能力を最大に発揮するように様々な改善を織り込んだ。この結果、同時期に開発されたmova機以上の基本性能を達成した。以下に、D900iの主な製品の特長について述べる(表1)。

(注2) iモード, mova, iモーションメールは、(株)NTTドコモの登録商標である。

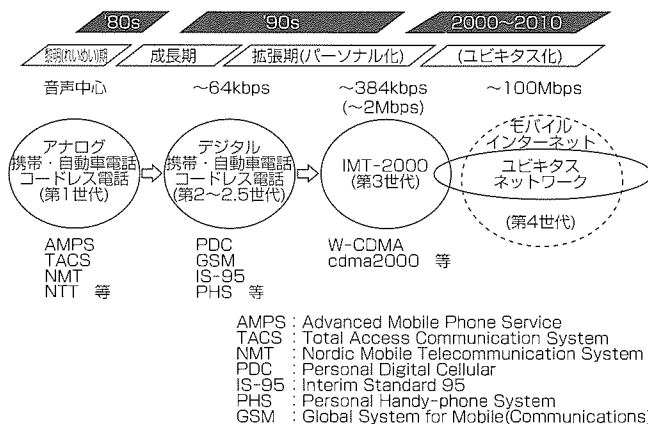


表1. D2101V(FOMA 1号機)とD900i(2号機)の主な性能比較

		D2101V	D900i
連続通話時間	音声	60分	170分
	TV電話	50分	90分
待受時間	静止時	55時間	550時間
	電池	650mA・h	780mA・h
LCD	メイン	26万色	26万色
	サブ	-	6.5万色
カメラ		10万画素	有効100万画素
	ブラウザ機能	動画	ASF ダウンロード再生: 100kバイト
		-	ストリーミング再生: 2Mバイト
メール機能		大容量メール	-
	iモーションメール ^(注2)	-	対応(3GPP, 100kバイトまで)

LCD : Liquid Crystal Display
 ASF : Advances Streaming Format
 MP4 : Moving Picture Experts Group-4
 JPEG : Joint Picture Experts Group

(1) 連続通話時間170分、待受時間550時間の実現

低消費電力ベースバンド変復調LSIを開発し、音声／TV電話の連続通話時間は約170／90分、静止／移動時の連続待受時間は約550／420時間を達成した。

(2) 高精細カメラ機能の搭載

高感度ハニカムCCD(Charge-Coupled Device)カメラとカメラ専用DSP(Digital Signal Processor)により、高感度高画質を実現した。エンタテインメント性を重視して家庭用TV出力を可能とした。

(3) 高画質表示

LCD(Liquid Crystal Display)表示は、自然で鮮やか色調に画像を自動変換する“ナチュラルカラーマトリックス”アルゴリズムを採用した。

(4) Java^(注3)の高速化

対象コードを選択しながら動的にコンパイルするJIT(Just In Time compiler)方式でゲーム実行などの高速化を図った。

(5) ブラウザの動画機能強化

動画再生は、ダウンロード再生最大300kバイト、ストリーミング再生最大2Mバイトを実現するなど動画機能を強化した。

(6) 日本語変換精度の向上

パソコンで定評のあるATOK^(注4)を携帯電話向けに最適化し変換精度を高めた。

(7) デザイン・スタイル

カメラ機能の活用のため“SPINEYE”スタイルを採用した。閉じれば一般のデジタルカメラのように構えて相手を撮れ、開ければメイン液晶を見ながら自分自身を撮れる。

3. 発展・進化するサービスとアプリケーション

第2世代携帯電話が1993年に商用サービスを開始したときは、音声通話が目的だった。したがって、その骨格を支えていた最大の技術要素は無線通信方式であった。無線通信技術の高度化を通じて、小型で待受時間・通話時間が長く高品質な端末の提供を第1に求められた。

しかし、1999年ごろから様相が変わり始めた。①インターネット接続による電子メールとWeb閲覧(i-mode)(1999年)、②カラー液晶画面(2000年)、③カメラ機能(2002年)等が携帯電話に組み入れられた。携帯電話のサービスは、音声通話に加えてインターネットやマルチメディアを利用するモバイル通信サービスに進化した。

これに対して、2001年に世界に先駆けて商用開始されたW-CDMA方式の第3世代携帯電話FOMAは、高速データ通信による新しいモバイル通信サービスやアプリケーションそしてコンテンツサービスの提供を目的としている。

(注3) Javaは、サンマイクロシステムズ社の登録商標である。

(注4) ATOKは、(株)ジャストシステムの登録商標である。

したがって、そのプラットフォームは、①情報通信技術(無線通信技術、ソフトウェア技術)、②マルチメディア技術(映像、音声)、③アンテナ・デバイス技術、が統合されたアーキテクチャになっている。

さらに、この第3世代のプラットフォーム的機能は、携帯電話の領域内にとどまらず、広く社会生活・産業経済のための基盤へと進化しようとしている。

4. ユビキタス時代へ向かう携帯電話

3GPP(3rd Generation Partnership Project)や3GPP2は、第3世代の国際標準であるIMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)の世界共通技術仕様を完成させると、更なる発展と高度化を目指した。特に、2002年6月からはモバイル通信のサービスやアプリケーションの標準化をOMA(Open Mobile Alliance)に委ねた。ブロードバンドインターネットの標準化団体のIETF(Internet Engineering Task Force)やW3C(World Wide Web Consortium)とは、この3GPPとOMAの新しい構成でリエゾン関係にあり、モバイル通信サービスとブロードバンド通信サービスの協調をねらっている。

新しいモバイル通信のサービスやアプリケーションの検討は、例えばOMAではユースケース(Use Case:利用シーン)やイネーブラ(Enabler:要素技術)の洗い出しから始まる。これは、データ通信の国際標準化や高速化が進んで、サービスやアプリケーションを有線や無線又は通信方式やOS(Operating System)等の技術領域で区分することができにくくなっていることと、インターネットがグローバルなサービスやアプリケーションの発達を促している結果と考えられる。

要旨の図に、ユビキタス時代における新しい携帯電話の利用シーンの代表的な例を紹介している。以下には、当社の考えるユビキタス時代の利用シーンとそれを実現するためのイネーブラと考えられる要素技術について述べる。

4.1 ユビキタス時代の携帯電話利用シーン

4.1.1 ビジネスシーン

(1) モバイルパソコンケータイ

出張／外回り時にノートパソコンやPDA(Personal Digital Assistant)のようにメールチェックや、インターネット接続する。Microsoft Office^(注5)(Word/Excel/PowerPoint)ファイルやPDF(Portable Document Format)ファイルなどの閲覧／簡易編集をする。

(2) オフィスワーク

持ち歩くのは携帯電話だけで、内蔵のメモリーカードにデータを入れて外部出力端子からプロジェクタや大型テレビにつないで、社内／社外でのプレゼンテーションを行う。

外出先から社内の諸手続きをVPN(Virtual Private Net-

(注5) Microsoft Officeは、マイクロソフト社の登録商標である。

work)経由イントラネット処理する。

(3) ケータイTV電話

複数の異なる場所への出張者が、携帯電話を利用して多点間TV会議を実施する。会議資料も高速データ通信で送受信できる。ボイスレコーダ、カメラ、ムービー撮影機能が議事録作成を支援する。

4.1.2 パブリックシーン

(1) 個人情報管理

免許証、国民年金手帳、戸籍謄本、住民票など、公的な証明や閲覧機能を携帯電話で持つことができる。電子印鑑機能(電子署名機能)による印鑑証明なども考えられる。

(2) 遠隔医療診断

治療側と患者側を携帯電話で結び、心電図、心拍、血圧、体温、歩数、体脂肪などを計り、遠隔地にいてもかかりつけの医師から体調や食生活に関するアドバイスを受けられる。

(3) ケータイ・カーナビゲーション

携帯電話とカーナビを接続する媒体として機能する。車の“カギ”や個人の認証などカーナビやITS(Intelligent Transport Systems)等の車のシステムとも融合を図る。

4.1.3 プライベートシーン

(1) ケータイTV

地上デジタルTV放送や衛星放送を見ながら、電子メールのやり取りやTV電話で会話する。視聴者として番組に参加することもできる。

(2) 財布ケータイ

ポケットと財布の中のあらゆる“モノ”(お札、小銭、クレジットカード、ポイントカード、定期券、社員証)の機能を携帯電話が持つ。

(3) 防犯ケータイ

GPS(Global Positioning System)機能で、親が子供の居場所を把握する(迷子/連れ去り/非行防止)。

緊急呼出ボタンを子供が押せば親と警察に通報し、遠隔制御で防犯ブザーも鳴動させる。内蔵された非接触ICカードが家の玄関のカギになる。

(4) ケータイ人ナビゲーション

気に入った店やスポットまで、人(ヒト)を案内する。友達と確実に待ち合わせをするために“いま自分がどこにいるか”マップに表示し、ナビゲーションを実行する。街角/交通広告で気になったスポットやコンビニの商品は近距離無線で読み取りする。

(5) ケータイメール応用

タッチパネルで手書き文字をフォトに書き込んだ電子メールを送信し、撮影した写真や受信フォトメールを内蔵カラープリンターでその場で印刷する。ビデオ応用の使用方法としては、TV電話で友達の結婚式を遠隔地の欠席者にリアルタイム中継することなどができる。

(6) 国際ローミング

携帯電話一台で、世界中のあらゆる所で電子メール、通話が可能で、同時通訳機能で現地の言葉で応対でき、いろいろな国の人と簡単に話ができる。

(7) ホームユース・ケータイ

冷蔵庫の内容物の状況を携帯電話に通知する。また、家の中にある固定カメラや火災報知器、ガス警報機等に変化があると携帯電話に通知する。

4.2 イネーブラとしての要素技術

ユビキタス時代のプラットフォームは、①どのような通信環境でも高品質で快適な無線通信サービスを提供できる端末であること、②多様な情報とコンテンツへのアクセス及び処理ができるゲートウェイ機能、であることが求められる。要素技術は利用シーンで示された各シーンから目標を見定めて開発を行う必要がある。また、財布、防犯・セキュリティなどは、サービスのためのインフラの開発・構築と同期した端末の開発を進めることになる。

(1) 無線通信技術

HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)などいわゆるBeyond 3Gの無線通信方式において、高品質・低消費電力の復調技術の開発が進む。また、W-CDMA通信機能とBluetooth及びGPSなど周波数帯域・方式が異なる通信機能を共存させるアンテナ、信号処理、通信制御技術が求められる。数cm以下の近距離での安定で効率の良い通信技術も利用度が高まる。

(2) 通信ネットワーク技術

映像信号を扱うブロードバンド通信サービスでは、高い品質が求められる。D900iでは、3GPP規格準拠のTV電話通信技術を開発して搭載している。今後は、ネットワークのIP(Internet Protocol)化を視野に入れた映像通信技術の開発が進む。

(3) マルチメディア信号処理技術

帯域圧縮と周波数利用効率を向上させて高品質の映像・音声信号を提供することが重要である。D900iでは、携帯TV電話のハンズフリー通話品質を高めるエコーやノイズのキャンセラを開発して実装している。無線電波環境の受信信号品質変動に対して耐性の高い映像信号処理技術の開発も進む。

(4) セキュリティ技術

ユビキタス時代はセキュリティ技術の重要度が更に増す。第3世代携帯電話は当社3GPP標準暗号KASUMIで標準化されている。個人を特定できる生体認証も重要である。画像コンテンツの利用を促進するため電子透かしなどが求められる。

(5) インタフェース技術

新機能を含む各種操作が従来と違和感なく行え、異機種間でも共通インタフェースを持たせるなどユニバーサルデ

ザインを指向することになる。音声シャッター、バーコード認識、ジェスチャ認識等を既に携帯電話に実装しているが、音声認識や顔認識等を含め非接触インタフェースが新たに加えられる。

(6) ハードウェア・ソフトウェア・実装技術

豊富なアプリケーションを効率良く実装し制御するためソフトウェアプラットフォームの高い堅牢性が求められる。従来に比べ数けた以上の演算能力が必要とされ消費電力対策が課題である。このため、最先端半導体プロセス技術やマルチプロセッサなどのアーキテクチャ開発が必要となる。リチウムイオン電池の継続的な大容量化と燃料電池の開発なども求められる。

5. ユビキタスネットワーク社会と携帯電話

1979年に自動車電話としてスタートした携帯電話は、1999年までの20年間、“軽くて持ち運びやすいどこでも使える電話機”を目指し続けた。1999年から2004年までの5年間は“携帯電話による安定したインターネット接続”を実現することが最大の目標であった。

それでは、次のユビキタスネットワーク社会における携帯電話の役割とはどのようなものだろうか。

ユビキタスネットワーク社会の特徴は、①CPUが至る所に組み込まれる“Computing everywhere”，②コンテンツが遍在する“Contents everywhere”，そして③至る所でのネットワーク接続を可能とする“Connectivity everywhere”の“3C everywhere”であると言われている。

携帯電話は、2005年から、成熟したこれまで携帯電話や携帯インターネットのサービスに加えて、本格的にアプリケーションとコンテンツの時代を迎えようとしている。第3世代携帯電話のプラットフォームは、この携帯電話ビジ

ネスの新しい発展のための最大の技術要素である。そして、ユビキタスネットワーク社会はこれを支える重要な情報通信基盤である。

携帯電話は、新たなアプリケーションやコンテンツビジネスで更に付加価値を高め、コモデティ化を越えて大きく進化し、ユーザーの新たな要求にこたえてユビキタスネットワークとともに更に成長を続けていくに違いない。

6. むすび

本稿では、第3世代携帯電話の最新製品技術を紹介し、さらに、ユビキタス時代におけるシームレスな情報通信環境を実現するとき携帯電話に要求される技術と課題を論じた。今後も、当社は、第3世代携帯電話開発に取り組む中で、ユビキタスネットワーク社会における利用シーンの追求とイネーブラとしての要素技術開発を継続的に実施し、情報通信社会において、次に来る制約のないユニバーサルな世界を実現していく所存である。

参考文献

- (1) 総務省，平成16年度版情報通信白書
- (2) “第3世代携帯電話技術”特集号，三菱電機技報，77，No.2 (2003)
- (3) 電気通信事業者協会ホームページ <http://www.tca.or.jp/japan/database/daisu/index.html>
- (4) 森川博之：ワイヤレスが開くユビキタスネットワーク，電子情報通信学会誌，87，No.5，356～361 (2004)
- (5) 電気通信協会，電気通信事業分野における競争状況の評価について，電気通信，67，No.696，2～16 (2004-12)

第三世代携帯電話“FOMA D900 i”

福井伸一* 竹本 誠*
徳田 勉* 樺沢昭史*
小島景子*

Third Generation Mobile Phone “FOMA D900 i”

Shinichi Fukui, Tsutomu Tokuda, Keiko Kojima, Makoto Takemoto, Akifumi Kabasawa

要 旨

国内における携帯電話市場は、第二世代通信方式のPDC (Personal Digital Cellular)から第三世代通信方式のW-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access)への移行過渡期にある。W-CDMAは各国の標準化機関が参画し世界標準仕様としてリリースされた方式であり、ドコモは2001年10月からこの方式によるFOMA^(注1)の商用サービスを世界に先駆けて開始し、2003年8月に純増数でPDCを逆転し、2004年に入って急激な立ち上がりを見せている。

(注1) FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標である。

このような背景の中で、三菱電機では、マルチメディア端末“FOMA D900 i”を開発し、2004年6月に市場に投入した。

主な特長は次のとおりである。

- (1) 動画は映画と同じフレームレート(24fps)での撮影に対応(“超なめらか”モード時)
- (2) 連続通話時間170分、連続待受時間(静止時)550時間(900シリーズ最長)
- (3) ビデオ出力(National Television System Committee: NTSC)対応



FOMA D900i

FOMA D900 iは、900シリーズ最長の連続通話時間、連続待受時間を誇る。ムーバドで好評の“スピンアイ”を踏襲しつつ、インスピレーションウィンドウ周りの意匠パーツにダイヤカットやスピncットを施したアルミ素材を使用し、FOMAとして的高级感を表現している。

1. ま え が き

国内における携帯電話市場は、2004年8月現在で8,300万加入に達している。そのうち約74%は第二世代携帯電話利用者であり、現在、世代移行が進行中である。第三世代通信方式であるW-CDMAは、当初こそエリアが狭い、使用時間が短いなどで緩やかな立ち上がりであったが、エリアの充実と端末性能の向上で2003年8月に純増数でPDCを逆転し、同9月に累計100万加入に達すると、2004年1月に200万加入、同5月に400万加入と急激な立ち上がりを見せている。

このような状況下、当社では、第二世代ユーザーを取り込み第三世代の普及を本格的に促進するため、基本性能を重視しつつ、第三世代の特長を生かしたサービス・機能を提供するマルチメディア端末“FOMA D900 i”を開発し、2004年6月市場に投入した。

本稿では、その製品の概要について述べる。

2. W-CDMAシステムの概要

W-CDMAシステムで実現している特長的な機能の概要を述べる。

- (1) テレビ電話：3G-324Mの規定に基づく双方向64kbpsの動画像通信に対応している。
- (2) 高速データ通信：上り64kbps、下り384kbps(パケット)、双方向64kbps(非制限デジタル)に対応している。
- (3) マルチコール：音声とパケットの二つの呼を同時に接続できる。
- (4) ソフトハンドオーバー：同時に二つ以上の基地局と通信できるため、移動に伴い基地局を切り換える際、通信途切れが発生しない。
- (5) 情報セキュリティ：無線区間の暗号アルゴリズムには当社の暗号技術“MISTY”をベースにしてW-CDMA国際標準となった“KASUMI”を採用している。

3. FOMA D900 i の特長

FOMA D900 iには、“ムーバ”^(注2)とFOMAの間の敷居を低くしつつも、FOMAとしての高機能を実現させるため、以下の特長を持たせた。

- (1) 電流の低減に努め、900シリーズ中最長である、連続通話時間170分、連続待受時間(静止時)550時間を実現した。これは、同時期に発売されたムーバ506シリーズと比較しても遜色(そんしょく)ない値であり、FOMAは電池の持ちが良くないというイメージの払拭(ふっしょく)に貢献した。
- (2) 動画は映画と同じフレームレートの“超なめらか”モード、QVGA(Quarter Video Graphics Array)サイズの

(注2) ムーバは、^(株)NTTドコモの登録商標である。

“大画面”モードでの撮影を可能とした。また、NTSC出力機能を設け、撮影した動画・静止画をテレビに映し、大画面・大人数で観賞できるようにした。

- (3) パソコン上で一般的に使用されている動画ファイルを標準添付の画像変換ソフト“Motion Smoothy”でD900 iで再生可能なファイルに変換し、D900 iで再生して楽しめるようにした。また、“Memory Stick PRO Duo”^(注3)への対応により、長時間の録画・再生も実現した。

4. 各部の構成

上記の特長を持つFOMA D900 iの仕様・性能、無線部、ベースバンド部、アプリケーション部、筐体(きょうたい)構造について述べる。

4.1 仕様・性能

携帯機の仕様・性能を表1に、全体ブロック図を図1に示す。高さ106mm×幅49mm×厚さ27mm、質量約124gと小型・軽量化を図りつつ長時間の通話と待受時間を達成した。

4.2 無線部

無線部は2GHz帯の無線周波数を使用して、主に以下の動作を行う。

- (1) アンテナから入力される高周波信号をダウンコンバートし、ベースバンド信号へ変換後、I、Qアナログ信号としてベースバンド部へ出力する。
- (2) ベースバンド部からのアナログI、Q信号を直交変調、アップコンバート、HPA(High Power Amplifier)で電力増幅後、アンテナへ出力する。
- (3) ベースバンド部からの制御信号により、スロット単位での送信電力制御を行う。

(注3) Memory Stick PRO Duoは、ソニー^(株)の商標である。

表1. FOMA D900 iの仕様・性能

項目	仕様・性能	
寸法 質量	幅×高さ×厚さ(mm)	49×106×27
	質量(g)	124
電池	種類	Liイオン
	公称容量(mA・h)	780
性能	送信出力(W)	0.25
	周波数帯	2GHz帯
	連続通話時間(min)	170(音声)
		90(テレビ電話)
	待受時間(h)	550(静止時)
420(移動時)		
その他	メインLCD	2.2インチ, 26万色, アクティブ
	サブLCD	1.1インチ, 6.5万色, アクティブ
	カメラ	有効100万画素CCD
外部インタフェース	IrDA	赤外線リモコン
	USB	(通信速度12Mbps)
	Memory Stick Duo	スロット
	ビデオ出力(NTSC)	ステレオイヤホンマイク対応

IrDA : Infrared Data Association

USB : Universal Serial Bus

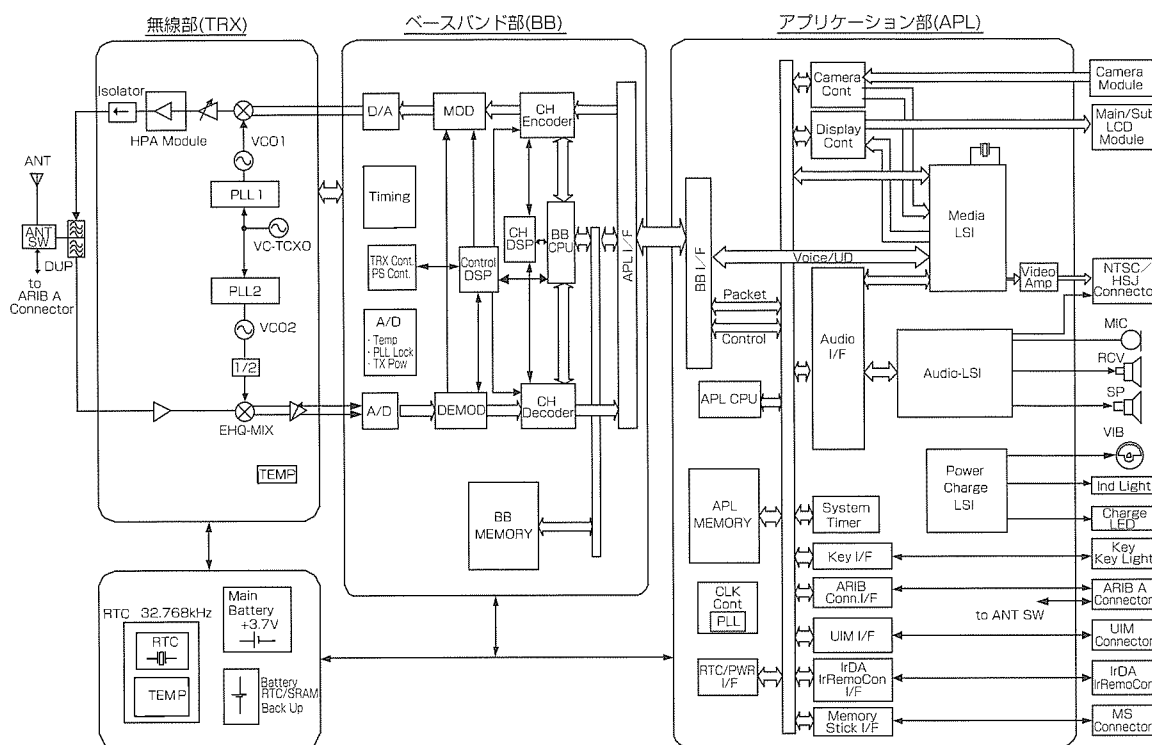


図1. FOMA D900iのブロック図

4.3 ベースバンド部

ベースバンド部の機能は以下のとおりである。

- (1) W-CDMA通信制御をすべて行う。
- (2) 無線信号を送受信するための無線部の制御を行う。
- (3) 基地局との送受信タイミング管理を行う。
- (4) 無線部からのI, Q信号を復調, 復号化し, 音声, パケットなどのデータとしてアプリケーション部へ出力する。
- (5) アプリケーション部からのデータを符号化, 変調し, I, Q信号として無線部へ出力する。

ベースバンド部のメインとなるLSIは, 回路の低消費電力化技術, より微細なプロセスの適用, 電源の制御による低消費電力化などを採用し, 電池の持ち時間を延ばすことに貢献している。

4.4 アプリケーション部

アプリケーション部では, 主に以下のマルチメディア関連機能を実現している。

- (1) アバターによるキャラクタ代理応答をサポートしたテレビ電話機能
- (2) フレームオーバーレイをサポートした静止画撮影・再生機能
- (3) 早送り/巻き戻しをサポートした動画撮影・再生機能
- (4) ステレオ再生をサポートしたiモーション^(注4)
- (5) エコーキャンセラ, ノイズキャンセラ, イコライザをサポートした音声通話機能

(注4) iモーションは, (株)NTTドコモの登録商標である。

メインディスプレイにはカラー26万色QVGA (240×320) アクティブLCD(Liquid Crystal Display)を採用し, カメラには記録192万画素, 有効100万画素CCD(Charge Coupled Device)カメラを採用した。これら大画面, 高精細な画像を生かすため, RISC(Reduced Instruction Set Computer)プロセッサとDSP(Digital Signal Processor), 画像処理用ハードウェアアクセラレータを内蔵し, SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)をスタックした専用のアプリケーションプロセッサを採用した。これにより, 小型化を図りつつ高速かつ高性能なマルチメディア処理を実現した。動画撮影ではQVGAサイズの大画面を15fps, QCIF(Quarter Common Intermediate Format) (176×144)サイズでは映画と同じ24fpsでの記録を可能とし, また, 動画再生ではQVGAサイズで24fpsまでサポートし, 動きの滑らかな動画撮影・再生を実現した。また, 静止画撮影ではUXGA(Ultra eXtended Graphics Array) (1,600×1,200)サイズの高精細な静止画が撮影可能である。

4.5 構造

FOMA D900iはムーバD505i以降の当社製携帯電話の最大の特長であるスピンアイ構造を踏襲し, FOMAとしての機能を小型の筐体内に実装するために, 以下のような改善を図った。図2にFOMA D900iの分解斜視図を示す。

- (1) 回路規模増大に対応した基板面積確保

PDCに対しW-CDMAでは基板実装部品が増大するため, 同等の寸法の筐体内に納めるには基板実装空間を捻出(ね

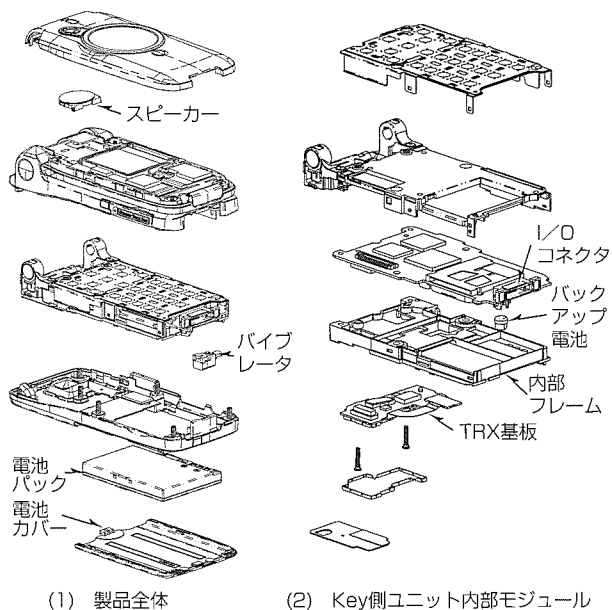


図2. FOMA D900i 分解斜視図

んしゅつ) する必要がある。また一方で、消費電力の増大に対応し電池容量を増す必要があるため、筐体内の実装空間が減少する。そのために以下の改善を行い、TRX(送受信機)基板を子基板としてメイン基板から分離し実装面積を確保した。

(a) スピーカーをLCD側ユニットに実装し、Key側ユニ

ット内部の実装空間を拡大

(b) I/Oコネクタを基板上面のマイク横に実装し、その裏面にバイブレータ、バックアップ電池を配置して無駄な空間を削減

(2) 発熱量増大に対応した放熱性確保

PDCと比較してW-CDMAでは発熱量が増大するため、放熱対策が必要となる。特にTRX基板に実装したHPA等から発せられる熱量が多く、これを筐体全体から放熱することによりヒートスポットの発生を抑制し、筐体表面温度を低く均一にするとともにIC等の実装部品の温度を低減することが必要である。

FOMA D900iでは、内部フレームに従来の樹脂より熱伝導率の良いMg合金を採用することにより、TRX基板で発生した熱がKey側ユニット筐体内部で効率良く分散される構造を採用した。

5. む す び

今回開発した第三世代携帯電話FOMA D900iの概要を紹介した。

当社は、今後も第三世代携帯電話の優れた特長を生かし、魅力ある製品を開発していく所存である。

最後に、開発に当たりご指導いただいた(株)NTTドコモを始め、関係各位に謝意を表す。

ベースバンド変復調LSIの低消費電力化技術

Low Power Technology of Base-band Modem LSI for W-CDMA Mobile Phone

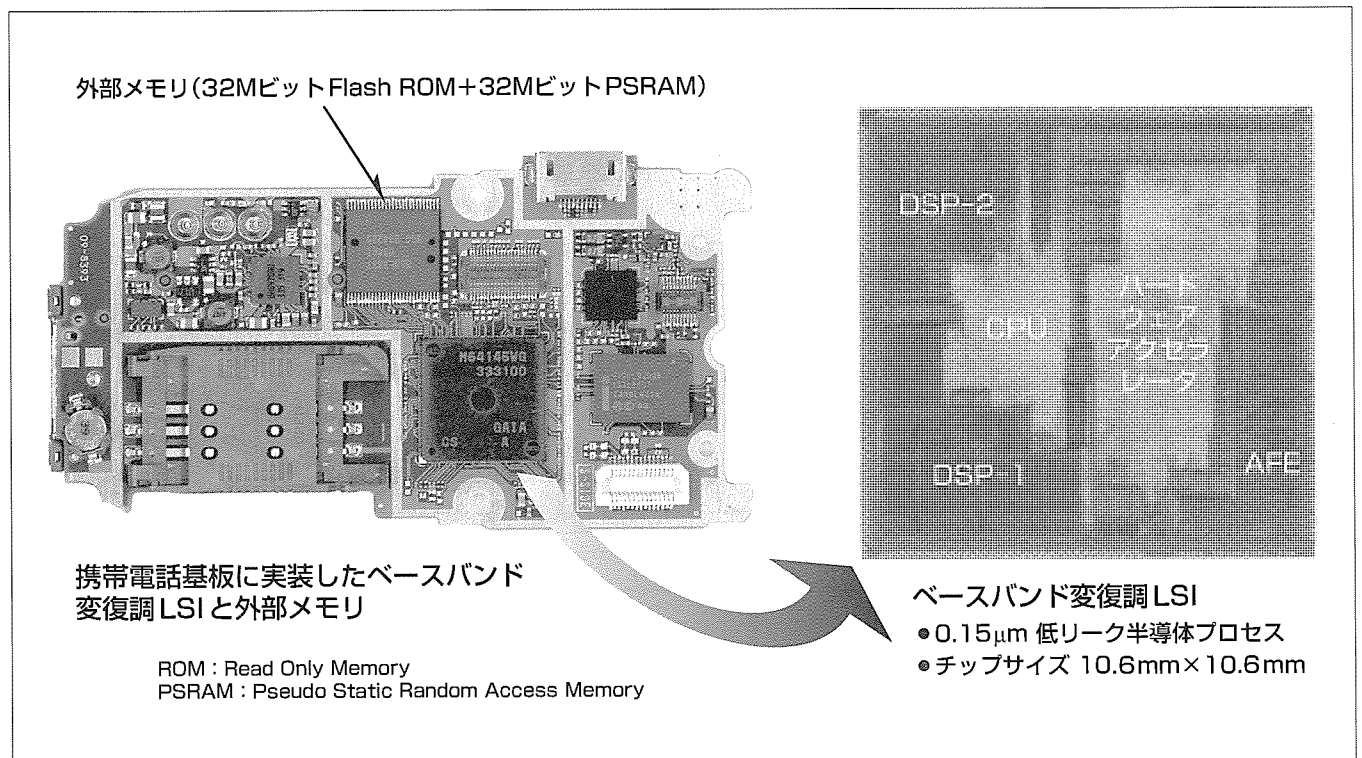
Masayuki Yamamoto, Kazuaki Ishioka, Ryosuke Takeuchi, Kohji Kawamoto

要 旨

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) 携帯電話機向けに、低消費電力なベースバンド変復調LSIを開発した。D900iに適用し、音声/テレビ電話の連続通話時間は約170/90分、静止/移動時の連続待受時間は約550/420時間を達成している。このLSIは、D2101Vに適用したベースバンド変復調LSIチップセットと同様なアーキテクチャを採用し、低消費電力化を課題として最適化設計を行った。このLSIには0.15 μ mの低リーク半導体プロセスを用い、10.6mm角のシリコンチップ上に、AFE (Analog Front End), CPU (Central Processing Unit), 2個のDSP (Digital Signal Processor), 及びハードウェアアクセラレータを集積した。そのチップを15mm角、513ボールのFBGA (Fine pitch Ball Grid Array) パッケージに搭載し、外部メモリ (32MビットのFlash ROMと32MビットのPSRAMをスタック搭載) と2パッケージでW-CDMA携

帯電話機のベースバンド変復調処理が実現できる。

通話時間の伸延のため、①各機能のアルゴリズムや必要メモリ量の最適化によるハードウェア規模の削減(1チップに入る量に)、②各回路へのクロックゲーティング手法の積極的な適用による回路動作時間の短縮、③最適な半導体プロセスの利用によるLSI内部電源電圧の低減(1.8Vから1.5Vへ)、などを行い通話電流を削減した。この結果、従来は通話電流の約35~40%(200mA)を占めていたベースバンド変復調処理の動作電流を85%削減した。待受時間の伸延にはさらに、④通信制御の待受処理においてソフトウェアの工夫により処理時間を短縮し、従来は待受電流の60%以上(7mA)を占めていた通信制御の動作電流を90%削減、⑤LSI内部電源の部分的なOn/Off動作によるリーク電流の削減(約半分)に、などを行い待受電流を削減した。



携帯電話基板に実装したベースバンド変復調LSIと外部メモリ

0.15 μ mの低リーク半導体プロセスを用い、10.6mm角のシリコンチップ上に、AFE, CPU, 2個のDSP, 及びハードウェアアクセラレータを集積した。そのチップを15mm角、513ボールのFBGAパッケージに搭載し、外部メモリ(32MビットのFlash ROMと32MビットのPSRAMをスタック搭載)と2パッケージでW-CDMA携帯電話機のベースバンド変復調処理が実現できる。

1. ま え が き

2001年から、W-CDMA方式の第三代携帯電話システムは商用サービスを行っている。テレビ電話や高速パケット通信など、第二代方式に比べて魅力的な機能を提供している。しかしながら、このシステムの普及に当たり、通話時間や待受時間の伸延が解決すべき課題であった。

本稿では、この課題を解決するために低消費電力化を図ったベースバンド変復調LSIについて、まず構成と特長について説明し、次に低消費電力化技術について述べる。

2. ベースバンド変復調LSI

ベースバンド変復調LSIは、0.15 μ mの低リーク半導体プロセスを用い、10.6mm角のシリコンチップ上にAFE、CPU、2個のDSP、及びハードウェアアクセラレータを集積している。図1にその構成を示す。また、このLSIの内部電源は、常時On電源(CPU、2個のDSP及びAFE用)と、On/Off動作が可能なハードウェアアクセラレータ用電源に分かれている。搭載したハードウェアは、D2101Vに適用したベースバンド変復調LSIチップセット⁽¹⁾⁽²⁾と同様なアーキテクチャを採用している。

以下、このLSIの機能概要について述べる。

AFEは、A/D、D/Aコンバータを備えRF(Radio Frequency)部との間でアナログIQ(In phase/Quadrature phase)信号等を送受し、デジタル信号と相互に変換する。

CPUは32ビットRISC(Reduced Instruction Set Computer)“M32R”である。10msフレーム周期で通信プロトコル処理を行い、外部メモリ(32MビットFlash ROMと32MビットPSRAM)も用いる。

2個のDSPは16ビットDSPマイコン“D10V”である。667 μ s周期でRF部やハードウェアアクセラレータの制御、及び一部のデジタル信号処理などの通信制御を行う。

ハードウェアアクセラレータは、以下の(1)~(4)に示す符号部、変調部、復調部、復号部に分かれる。

(1) 符号部

送信データに対して、畳込み/ターボ符号によるチャネルエンコード及びインタリーブを行い、送信ビット系列として変調部に出力する。

(2) 変調部

送信ビット系列に対して、データマッピング、拡散変調してチップ系列を生成し、5MHz帯域に帯域制限した送信デジタルIQ信号としてAFEに出力する。

(3) 復調部

AFEから入力した受信デジタルIQ信号に対して、セルサーチやパスタタイミングの検出をサーチ部で行う。検出した各遅延パスに対してフィンガ部で逆拡散処理とパイロット同期検波を実行するRAKE受信を行い、得た受信ビット系列を復号部に出力する。

(4) 復号部

受信ビット系列(軟判定値)に対して、デインタリーブ及びビタビ/ターボ復号によるチャネルデコード(誤り訂正)を行い、受信データを得る。

次に、このLSIの特長として代表的な特性例を示す。

図2は、RMC12.2kbpsのBirth-Death propagation condition(3GPP TS25.101 Annex B B.2.4参照)についての測定結果である。BLER=1E-2を満たす所要DPCH_Ec/Iorは3GPPスペックから3.4dBのマージンを確保できている。

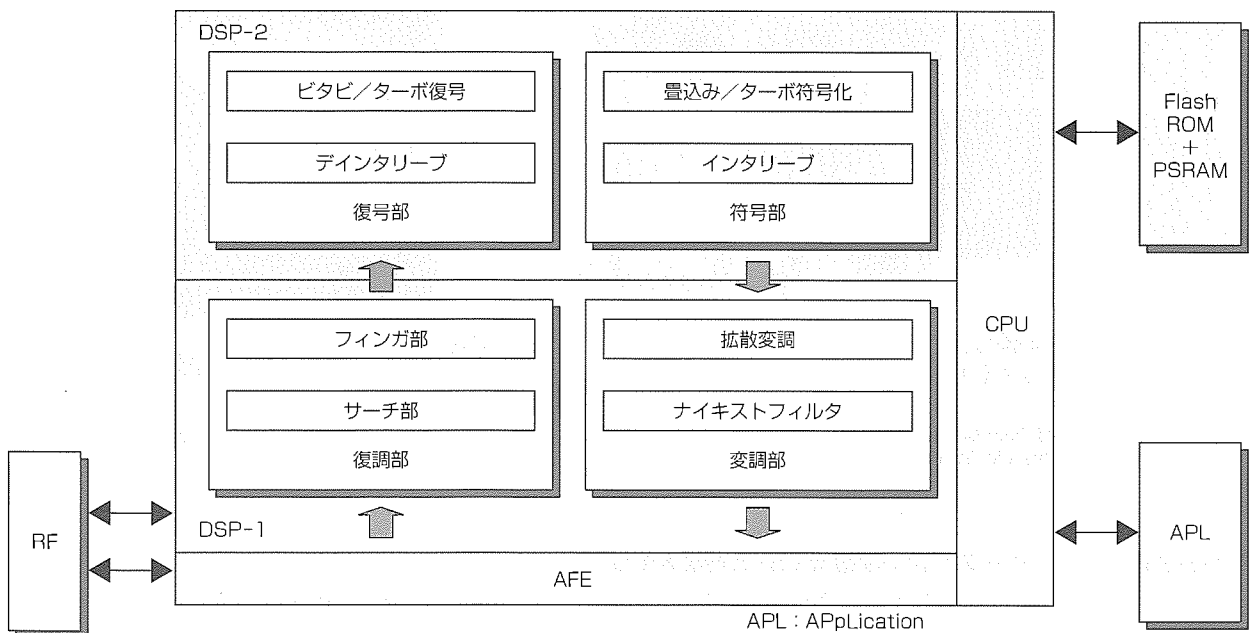


図1. ベースバンド変復調LSI

このような特性確保と回路規模削減等による低消費電力化は一般に相反する要求であるが、アルゴリズムの工夫などにより、良好な復調性能を達成している。

3. 低消費電力化技術

通話時間や待受時間を伸延するための目標や成果などを表1に示す。従来(D2101V)の値に対して通話時間で2~3倍、待受時間で6~10倍に伸延することを目標に定めた。以下、この目標を達成するために行った通話/待受電流の削減について、適用した低消費電力化技術を順に述べる。

3.1 通話電流の削減

通話電流に対するこのLSIの寄与は、動作電流(内部電源に対する充放電電流)が主なものであり、次の式で与えられる。

$$\begin{aligned} & \text{動作電流}(I) \sim \text{電荷量}(Q) \times \text{時間}(t) \\ & \sim \text{容量}(C) \times \text{電圧}(V) \times \text{時間}(t) \end{aligned}$$

動作電流の削減のために、以下の(1)~(3)を行った。

(1) 容量(C)の削減

各機能のアルゴリズムや必要メモリ量を最適化し、1チップに入る量にハードウェア規模を削減した。

(2) 時間(t)の短縮

各回路へクロックゲーティング手法を積極的に適用し、

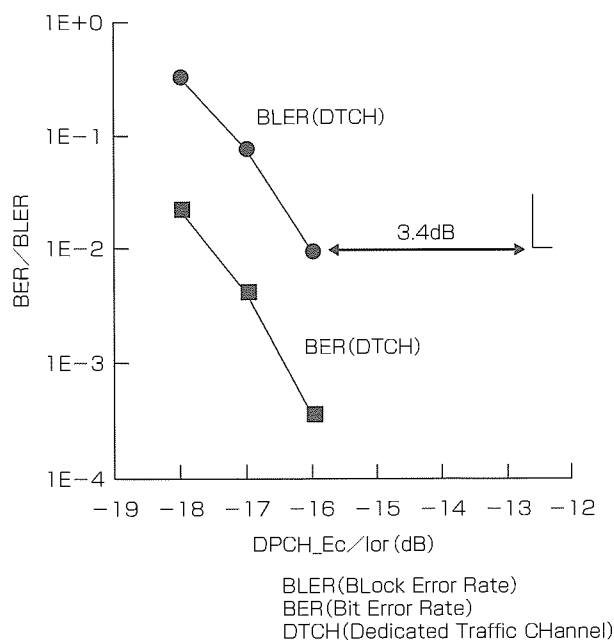


図2. RMC12.2kbps Birth-Death性能

表1. 低消費電力化の目標と成果

項目	従来(D2101V)	目標	成果(D900i)
通話時間(音声)	60分	2~3倍	170分
通話時間(TV電話)	50分	(同上)	90分
待受時間	55時間	6~10倍	550時間(静止) 420時間(移動)

回路動作時間を短縮した。

(3) 電圧(V)の低減

最適な半導体プロセスを利用し、LSI内部電源電圧を1.8Vから1.5Vに低減した。

これらの適用の結果、従来は通話電流の約35~40%(200mA)を占めていたベースバンド変復調処理の動作電流を85%削減した。

ここで、適用したクロックゲーティング手法について、図3を用いて説明する。例えば、プロセッサが機能レベルで動作クロックをOn/Offし(信号A)、各機能のブロック制御シーケンサが各ブロックレベルの動作クロックをOn/Offし(信号B)、各ブロック中の回路シーケンサが各回路レベルの動作クロックをOn/Offする(信号C)。少数の演算器やレジスタを共有して繰り返し使うプロセッサと違って、様々な演算器が並列に動作するハードウェアアクセラレータでは、このような階層的なクロックゲーティングが動作電流の削減に効果的である。

3.2 待受電流の削減

待受電流の削減のためには、3.1節の通話電流の削減における(1)~(3)のほかに、以下の(4)~(5)を行った。

(4) 待受処理時間の短縮

通信制御の待受処理において、ソフトウェアの工夫により処理時間を短縮した。

図4にその観測例を示す。この図は、待受け中の電流プロファイル(PICH(Pilot CHannel)受信+SFN(Super Frame Number)取得)である。上側の3信号がそれぞれDSP-2, DSP-1, CPUの動作ステータス(DSPはLで動作, CPUはHで動作)を、下側が電流波形を示す。各プロセッサとも必要な場合のみ動作させている。このように処理時間を短縮した結果、従来は待受電流の60%以上(7mA)を占めていた通信制御の動作電流を90%削減した。

(5) リーク電流の削減

LSI内部電源の部分的なOn/Off動作を行い、リーク電

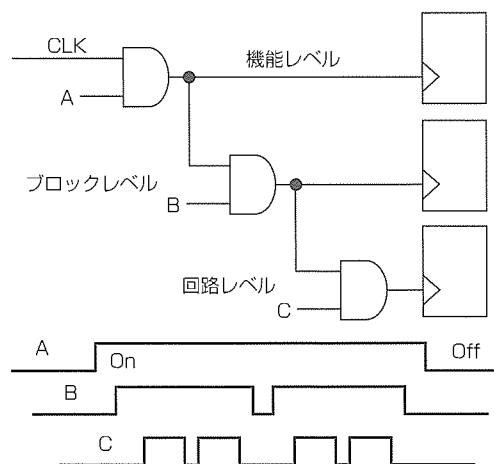


図3. クロックゲーティング手法

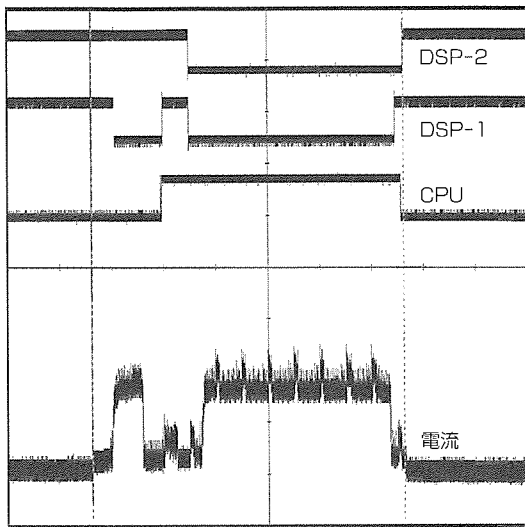


図4. 電流プロファイルの観測例

流を約半分に削減した。

このLSIはチップ面積の約半分がハードウェアアクセラレータの領域であり、待受け時の動作不要な期間はこの部分の電源をOffした。

4. むすび

W-CDMA携帯電話機向けに低消費電力なベースバンド変復調LSIを開発した。

通話時間の伸延のため、①各機能のアルゴリズムや必要メモリ量の最適化によるハードウェア規模の削減(1チップに入る量に)、②各回路へクロックゲーティング手法の積極的な適用による回路動作時間の短縮、③最適な半導体プロセスの利用によるLSI内部電源電圧の低減(1.8Vから1.5Vに)、などを行い通話電流を削減した。待受時間の伸延にはさらに、④通信制御の待受処理においてソフトウェアの工夫による処理時間の短縮、⑤LSI内部電源の部分的なOn/Off動作によるリーク電流の削減、などを行い待受電流を削減した。

これらの低消費電力化技術を適用し、従来は通話電流の約35~40%(200mA)を占めていたベースバンド変復調処理の動作電流を85%削減した。また、従来は待受電流の60%以上(7mA)を占めていた通信制御の動作電流を90%削減した。これらの結果、このLSIを搭載したD900iは、音声/テレビ電話の連続通話時間は約170/90分、静止/移動時の連続待受時間は約550/420時間を達成している。

参考文献

- (1) 青柳孝寿, ほか: W-CDMA携帯機用ベースバンド復調技術, 三菱電機技報, 77, No.2, 121~124 (2003)
- (2) 吉田豊彦, ほか: W-CDMA携帯機用ベースバンドLSI, 三菱電機技報, 77, No.2, 125~128 (2003)

携帯電話を支える要素技術

清水浩一*
井岡誠二*
井上 勉*

New Technologies for Mobile Phone
Hirokazu Shimizu, Seiji Ioka, Tsutomu Inoue

要 旨

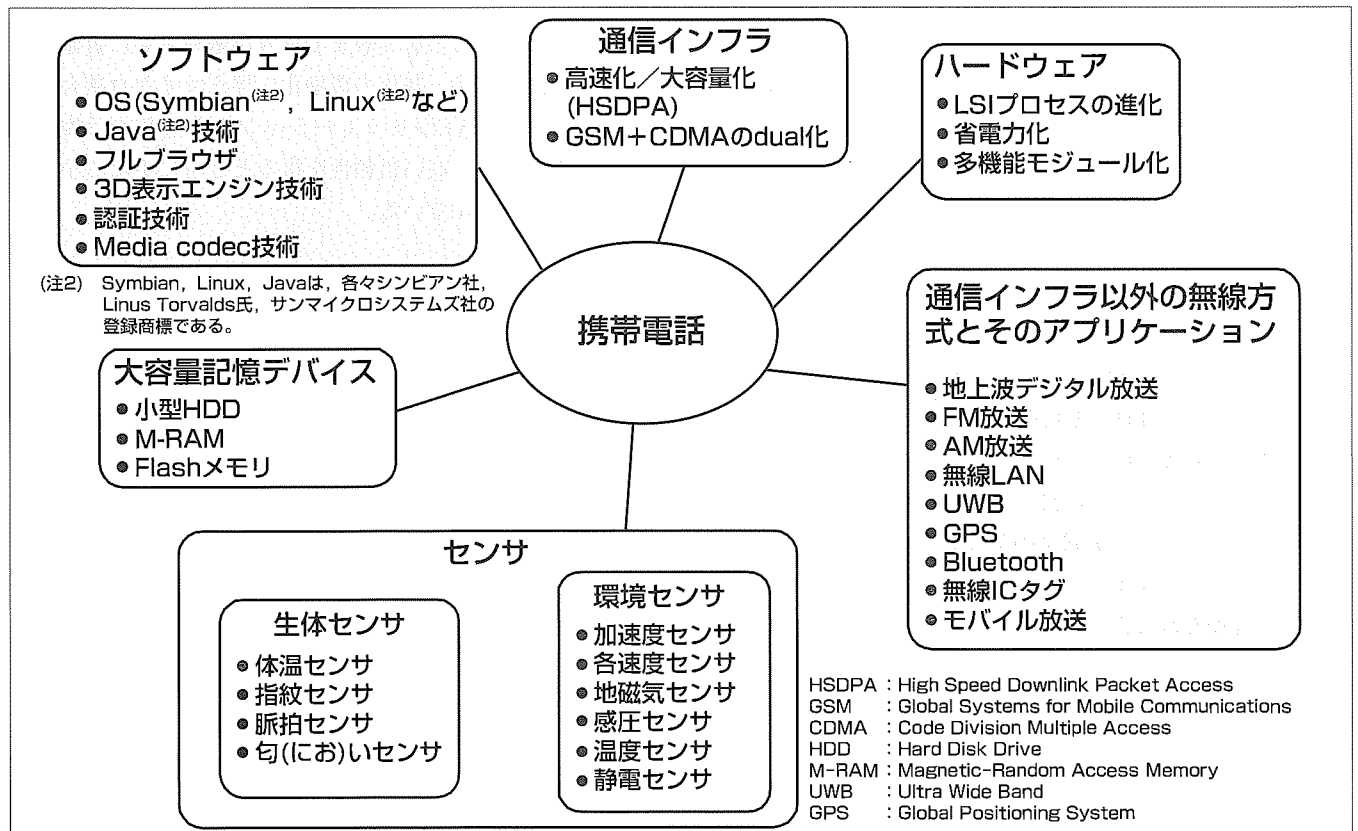
ライフスタイル重視の時代の到来とともに携帯市場は成熟期を迎えており、ユーザー本位、デザイン／操作性・機能の洗練などが求められている。

初期の携帯電話は、音声通話のみの機能で、シンプルなストレート形状とモノクロ液晶ディスプレイ搭載であった。1999年にiモード^(注1)サービスが開始され、文字、画像情報通信へサービス内容が変遷し、形状の多様化や液晶ディスプレイの大画面化及び多機能化が加速された。一方、半導体プロセスの進化により、大規模なシステムを1チップにすることが可能となった。また、パッケージ技術の進展により、システムLSIとメモリを積層実装したSIP(System In Package)の出現によって従来では考えられなかった高

画素カメラやTV電話機能を搭載した高機能な携帯電話の開発が可能となった。

本稿では、携帯電話の形状の変遷を示し、それを実現する手段として実装技術の進化について述べる。また、高性能・多機能化を支える携帯電話の主要部品として、液晶ディスプレイとカメラの進化を示し、それに必要なメモリについて大容量化と低コスト化の両立方策、及びそれらを駆動するための電池技術について述べ、最後に高機能化により大規模化・複雑化するソフトウェアの対策としてアプリケーションソフトウェアのプラットフォーム化による高いスケラビリティと再利用性について述べる。

(注1) iモードは、^(株)NTTドコモの登録商標である。



携帯電話の進化と、それを支える先端技術

個人の使用目的に対応した携帯となり、多種多様化していくものとなる。また、携帯電話は、常に個人が所有するという特徴から、“個人認証”に利用する機会が今後増えてくるものと思われる。同時に、シニア層、障害者にとっても使いやすいものである必要があり、使い勝手を損なわずに操作できる技術がますます重要になってくる。

1. ま え が き

携帯電話は予想を越える速さで進化しており、生活必需品としてもなくてはならない存在となっている。最近では、第三代携帯電話のFOMA^(注3)が登場し、更に進化が加速されている。このような環境の中で、消費者のニーズに合った機能・形状・価格の製品をタイムリーに開発するため、様々な技術アプローチを実施している。

本稿では、小型・軽量・高機能な携帯電話を開発する上で必要な要素技術のロードマップについて述べる。

2. 携帯電話の形状と実装技術

2.1 筐体構造形態の変遷

携帯電話機には基本的に一体型、フリップ型、二つ折れ型、スライド型の4形態があり、音声情報通信のみから、文字、画像情報通信等への携帯電話機サービス内容の変遷や搭載機能の進展、ユーザー嗜好(しこう)の変化により、筐体(きょうたい)構造も前記の4形態の商品開発を行ってきた。

2.1.1 形態別筐体構造の特長

(1) フリップ型

1994年にフリップ型初号機として商品化したアナログムーバDⅡは、当時、小型最軽量の115cc、165gを達成した。小型化すると電話機としての送話器と受話器間の寸法が小さくなるため、対策としてフリップ部に受話器を内蔵し、耳口間寸法を確保した。また、表面にメタライズ処理を施した樹脂成形品を内部回路部品の電気的シールドケースとし、平均肉厚1.0mmの樹脂製外装筐体と組み合わせて、筐体剛性を確保した。

(2) 二つ折れ型

電子メールの文字情報や画像情報サービスのユーザー浸透により、携帯電話機のLCD(Liquid Crystal Display: 液晶ディスプレイ)画面大型化の要求に適した形態として、2001年に二つ折れ型ムーバ^(注3)D503iSを商品化した。この機種では、落下等の外力によるLCDガラスの破損対策がポイントで、LCD搭載側の筐体材料の一部に従来機の樹脂に代えてマグネシウム合金材料を採用することで、筐体剛性の確保を図った。また、ムーバシリーズとして初の内蔵アンテナ化にも取り組み、突起のないスリムなデザインも実現した。

(3) スライド型

二つ折れ型と同様、LCDの大画面化対応の形態として、メール着信や音声通話時にボディを開ける操作をせずに使用できるスライド型ムーバD253iを2004年に商品化した。なかでも、スライド操作において、稼働中間位置にクリック部を設けてカメラ起動のON/OFF機能と連動させると(注3) FOMAとムーバは、(株)NTTドコモの登録商標である。

いう特長を設けた。

このように、携帯電話機の形態の変遷を見ても、その時代のユーザー要求にこたえる機能やデザインを織り込みながら、新規構造や構成部品の技術開発や実用化を達成してきている。さらに、綺麗(きれい)に、便利に、進化を続けた。

2.2 実装技術

携帯電話の高機能化に伴う回路規模の増加、小型・軽量化という要求に対し、実装部品は、QFP(Quad Flat Package)やSOP(Small Outline Package)などリード端子構造から、COB(Chip On Board)、はんだボール端子を面格子配置したFBGA(Fine pitch Ball Grid Array)構造に代わり、その端子ピッチは0.5mmから0.4mmピッチへと微細化しつつある。さらに、チップ積層技術によって小型・大容量・複合化が進み、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)やプロセッサとメモリを組み合わせ、複数チップを1パッケージ化しシステムを構成したSIPを適用した(図1)。今後は、部品内蔵、部品積層SIP実装化など3D実装や、抵抗やコンデンサ等受動部品の0603から0402や0201サイズ適用などにより、更なる小型化開発を進めている。一方、プリント基板は、BVH(Blind Via Hole)に代わり、ビルドアップ工法の適用で配置配線設計自由度の確保と高密度実装化を実現した。配線幅/配線間隙(かんげき)は100 μ m/100 μ mから、現在では50 μ m/50 μ mへと微細化し、ビルドアップ層は表層3層まで進み高密度実装に貢献している。また、部品・基板の微細化に伴うマイクロ接合を実現するため、CAEシミュレーションなど開発設計検証技術の適用を進め、高い信頼性を得るとともに更なる小型・軽量化に取り組んでいる。

3. 携帯電話を構成する主要部品

3.1 LCD

初期の携帯電話機に搭載されていたLCDはモノクロで、表示画素数、画面サイズ共に小さく、電話番号などを表示するだけであったが、1999年以降のiモードサービス開始に伴い、LCDにはより多くの情報が表示でき、より大きな画面で見やすく綺麗なことが要求されるようになった

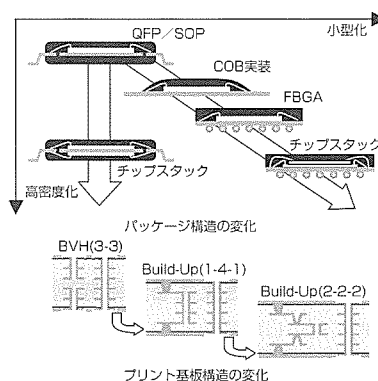


図1. パッケージ構造とプリント基板構造

(表1)。2002年7月発売のカメラ搭載機以降の機種でのメイン液晶は、写真を表示したときの画質に重点を置いた高品位な仕様へとグレードアップし、2003年5月発売のD505iは、画素数が240×320ドットのQVGA (Quarter Video Graphic Array) 高精細液晶となった。サブ液晶においても、カメラ撮影時のモニタ画面としての機能を付加し、メールを確認しやすいように高品位な仕様へと改良した。D506iでは、かつてメイン液晶に搭載していた1.5インチの画面サイズをサブLCDに搭載して使いやすさを改善している。このように画素数、画面サイズを拡大してきたのと並行して、綺麗で見やすくするために、画質も改善してきた。画質を決定する要因としては、主に、輝度、コントラスト比、色域面積が挙げられる。図2にこれらの変遷を示す。

このほか、LCDの階調特性の最適化を図り“メリハリ”のある画質を実現している。また、当社独自のカラーマゼジメント技術である“Natural Color Matrix”^(注4)を導入し、色再現性を改善している。今後は、FOMA機の普及により動画表示の重要度が高まり、TVに匹敵する高画質が要求されると予測しているため、それに応じた高画質化技術開発に取り組んでいる。

3.2 カメラ

カメラの性能は、主にレンズ、センサ、画像処理エンジン

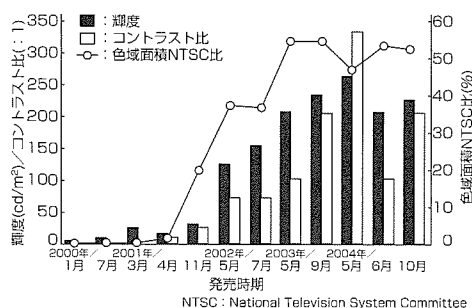


図2. カラー液晶ディスプレイの光学特性トレンド

の3要素により決まる。D506iのレンズは、業務用/医療用の分野で定評のある“FUJINON^(注5)レンズ”を採用し、周辺部の光量低下や光学ひずみを抑えた。センサはデジタルカメラにも使用される“スーパーCCDハニカム”^(注5)を採用し、小型でかつ高解像度・高感度を実現した。また、当社独自開発の高速画像処理エンジン“COLORIX”^(注6)を採用し、色再現性の向上と多彩な撮影モードを実現した。これらの技術に加え、カメラをしっかり保持しやすい横振りスタイルの採用により、D506iのスナップ撮影能力はデジタルカメラ普及機に逼迫(ひっばく)する。さらに、暗闇(くらやみ)の中を撮影する感度アップモード・超感度アップモードや、人の肌を美しく再生する美白モード・日焼けモードなどは、デジタルカメラを越える機能を実現している。今後は、画素数や感度といったカメラの基本性能の向上のほか、オートフォーカスや明るいライト等のカメラ付加機能の搭載、COLORIXを更に進歩させた画像処理エンジンによる色再生/コントラストの最適化や撮影画像の自動補正、さらには撮影済み画像の加工変形のようなカメラを楽しむための機能、プリンターとの直結印刷機能などを組み込む。デジタルカメラと違い常に持ち歩く携帯電話のカメラは、日常の一コマを切り取りポケットに保存しておくツールとして、更に綺麗に、便利に、進化を続ける。

3.3 メモリの大容量化と低コスト化の実現

携帯電話機のメモリはプログラムコードやデータを格納する不揮発性メモリ (ROM) とプロセッサのワーク用に使用する揮発性メモリ (RAM) に大別されるが、携帯電話の多機能化や性能向上に比例しメモリ容量も増えてきた(図3)。主な増加要因として、カラーLCDの採用やカメラ搭載等のハードウェア追加による増加と、iモードやiアプ

(注4) Natural Color Matrixは、三菱電機株の商標である。

(注5) FUJINON, スーパーCCDハニカムは、富士写真フイルム株の登録商標である。

(注6) COLORIXは、三菱電機株の登録商標である。

表1. 携帯電話の機種ロードマップと主要部品

商品名	D208	D209i	D210i	D211i	D251i	D252i	D253i	D501i	D502i	D503i	D504i	D505i	D506i	D900i	
特徴		iモード カラーLCD			+カメラ			iモード	カラーLCD	+iアプリ TM	メモリ スティック	+カメラ			
発売	1999年11月	2000年7月	2001年4月	2001年11月	2002年7月	2003年9月	2004年10月	1999年3月	2000年1月	2001年3月	2002年5月	2003年5月	2004年5月	2004年6月	
形状	フリップ	フリップ	フリップ	フリップ	二つ折れ	二つ折れ	スライド	フリップ	フリップ	フリップ	二つ折れ	二つ折れ	二つ折れ	二つ折れ	
LCD	メイン	1.2インチ STNモノクロ 98×62ドット	1.5インチ STN256色 96×120ドット	1.5インチ STN256色 96×120ドット	1.5インチ STN4,096色 100×120ドット	2.1インチ TFD26万色 132×176ドット	2.0インチ TFD26万色 176×240ドット	2.0インチ TFD26万色 176×240ドット	1.3インチ STNモノクロ 96×108ドット	1.6インチ STN256色 96×120ドット	1.8インチ TFD4,096色 132×176ドット	2.1インチ TFD26万色 132×176ドット	2.2インチ TFD26万色 QVGA	2.2インチ TFD26万色 QVGA	2.2インチ TFD26万色 QVGA
	サブ	-	-	-	-	0.9インチ STN256色 62×80ドット	1.1インチ TFD4,096色 88×120ドット	-	-	-	-	0.7インチ STNモノクロ 48×48ドット	1.1インチ TFD6.5万色 QQVGA	1.5インチ TFD6.5万色 QQVGA	1.1インチ TFD6.5万色 QQVGA
カメラ	-	-	-	-	記録31万画素 スーパー CCDハニカム	記録31万画素 スーパー CCDハニカム	記録31万画素 CCD	-	-	-	-	記録123万画素 スーパー CCDハニカム	記録200万画素 スーパー CCDハニカム	記録192万画素 スーパー CCDハニカム	
メモリ	ROM	36M	52M	56M	64M	112M	160M	32M	52M	72M	128M	256M	512M	544M	
	RAM	4M	10M	10M	12M	40M	40M	72M	8M	10M	16M	40M	80M	144M	296M
電池	540mA・h		560mA・h	560mA・h	550mA・h	650mA・h	650mA・h	680mA・h	640mA・h	650mA・h	650mA・h	650mA・h	680mA・h	780mA・h	
	Li-ion	Polymer	Polymer	Polymer	Polymer	Polymer	Polymer	Li-ion	Li-ion	Li-ion	Polymer	Polymer	Polymer	Li-ion	

STN : Super Twisted Nematic, TFD : Thin Film Diode, CCD : Charge Coupled Device, QQVGA : Quarter QVGA

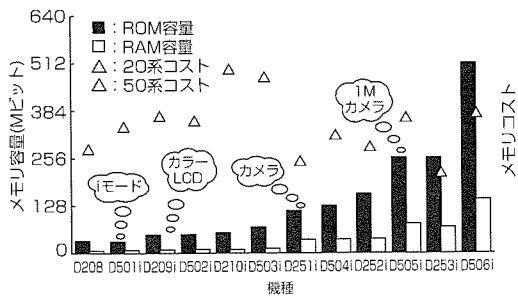


図3. 携帯電話のメモリ容量変遷

リケーション^(注7)及びTV電話等の機能追加による増加が挙げられる。特に高画素カメラ搭載やTV電話機能追加による増加が顕著であり、2004年に商品化したD900iでは、544MビットのROMと296MビットのRAMを搭載している。今後の機種では更なる容量増加が予想される。

大容量化と低コスト化の両立は、用途に応じた最適なメモリを採用することで実現してきた(図3)。

2000年から採用したカラーLCDによるワークメモリの増加には、従来採用していたSRAM(Static Random Access Memory)に加え、DRAM(Dynamic RAM)並みのコストとSRAMライクなインタフェースを兼ね備えた擬似SRAMを併用し、コストを抑制した。また、2002年から搭載したカメラによるメモリの増加には、プログラムやデータを格納するNOR型FlashにMLC(Multi Level Cell)と呼ばれる多値型のFlashを他社に先駆け採用した。MLC NOR Flashは、通常のNOR Flashに比べ、同一容量では約30~40%コストを抑えることができる。さらに、FOMAでは、TV電話機能が搭載され動画処理が必要になった。動画を処理するプロセッサには大容量で高速なメモリが必要になり、携帯機器向けに開発されたSDRAM(Synchronous DRAM)を採用し大容量・高速化と低コスト化を実現した。

3.4 電池

携帯電話を始め小型携帯情報端末の電源はリチウムイオン電池が主流であり、1993~95年ごろから量産されてきた。リチウムイオン電池に求められる最も重要な特性は高体積エネルギー密度(機器の小型・薄型化、大容量化要求への対応)、高安全・高信頼性であり、改善・改良が重ねられ現在に至っている。

リチウムイオン電池は、正極電極(コバルト酸リチウム)と負極電極(グラファイト)との極間にセパレータを挟み込んだ状態のものをロール状に巻き付け、これをアルミ製缶に挿入し、電解液を注入して封止した構造となっている。20系では、表1に示すように、D208でリチウムイオン電池を搭載した。2000年7月には当社初のポリマ電池を搭載したD209iを国内市場に投入した。ポリマ電池は、正極^(注7) iアプリ, iアプリケーションは、(株)NTTドコモの登録商標である。

電極と負極電極との極間に電解液を含浸させたポリマ樹脂を挟み込んでロール状に巻き付け、これを外装筐体(アルミラミネートフィルム)に封止した構造となっている。アルミラミネートフィルムによる封止が可能のため、超薄型(厚さ3mm以下)電池の実現に有利である。ポリマ電池はD252iまで搭載してきたが、本体実装構造の制約から、D253iでは、底面積を小さくできる短尺タイプのリチウムイオン電池を搭載した。一方、50系では、D503iからD505iまでポリマ電池を搭載したが、上記理由からD506i以降はリチウムイオン電池を搭載している。現状の電極材料におけるリチウムイオン電池(ポリマ電池を含む)の電極高密度化による体積エネルギー密度向上は2002年ごろから頭打ち傾向であり、ここ2~3年程度で限界に達すると考えられる。この限界を打破するための取り組みを継続する。

4. ソフトウェア技術

携帯電話は、従来の音声・データ通信サービスに加え、多様な情報・映像サービスが実現できるようになった。しかし、これらは携帯電話のアプリケーションソフトウェアの高機能化を必要とし、その結果として、ソフトウェアが大規模化・複雑化している。特に、第三世代携帯電話では、通信速度が画期的に向上し、TV電話機能等の搭載が不可欠となり、アプリケーションソフトウェアの量は2Mラインを超えるまでに至っている。このため、当社携帯電話ソフトウェアは、プラットフォーム化を積極的に進め、高いスケラビリティと再利用性を実現している。

ソフトウェアプラットフォームは、アプリケーション層、ライブラリ層そしてハードウェア抽象層の3層で構成されている。最上位のアプリケーション層には、電話帳、ブラウザなどの各種アプリケーションソフトウェアが配置され、中間の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している。最下位のハードウェア抽象層は、機種ごとのハードウェアの違いを上位のソフトウェアから隠蔽(いんぺい)し、ソフトウェア全体のポータビリティを保障している層である。

今後、ソフトウェア技術は、3GPP(3rd Generation Partnership Project)に代表される国際標準化の浸透や、通信の高速化やシームレス化が進んでグローバルなサービスの実現へと進化するため、積極的にこれらに対応していくことが必要とされている。

5. むすび

三菱電機の携帯電話を開発する上で基盤となる要素技術について述べた。

今後、更に高機能化し生活必需品として必要不可欠になる携帯電話の進化に対応し、使いやすく便利な携帯電話開発を推進していく所存である。

携帯電話のデザイン

谷田川智弘*
樋口博彦*

Design of a Mobile Phone

Tomohiro Yatagawa, Hirohiko Higuchi

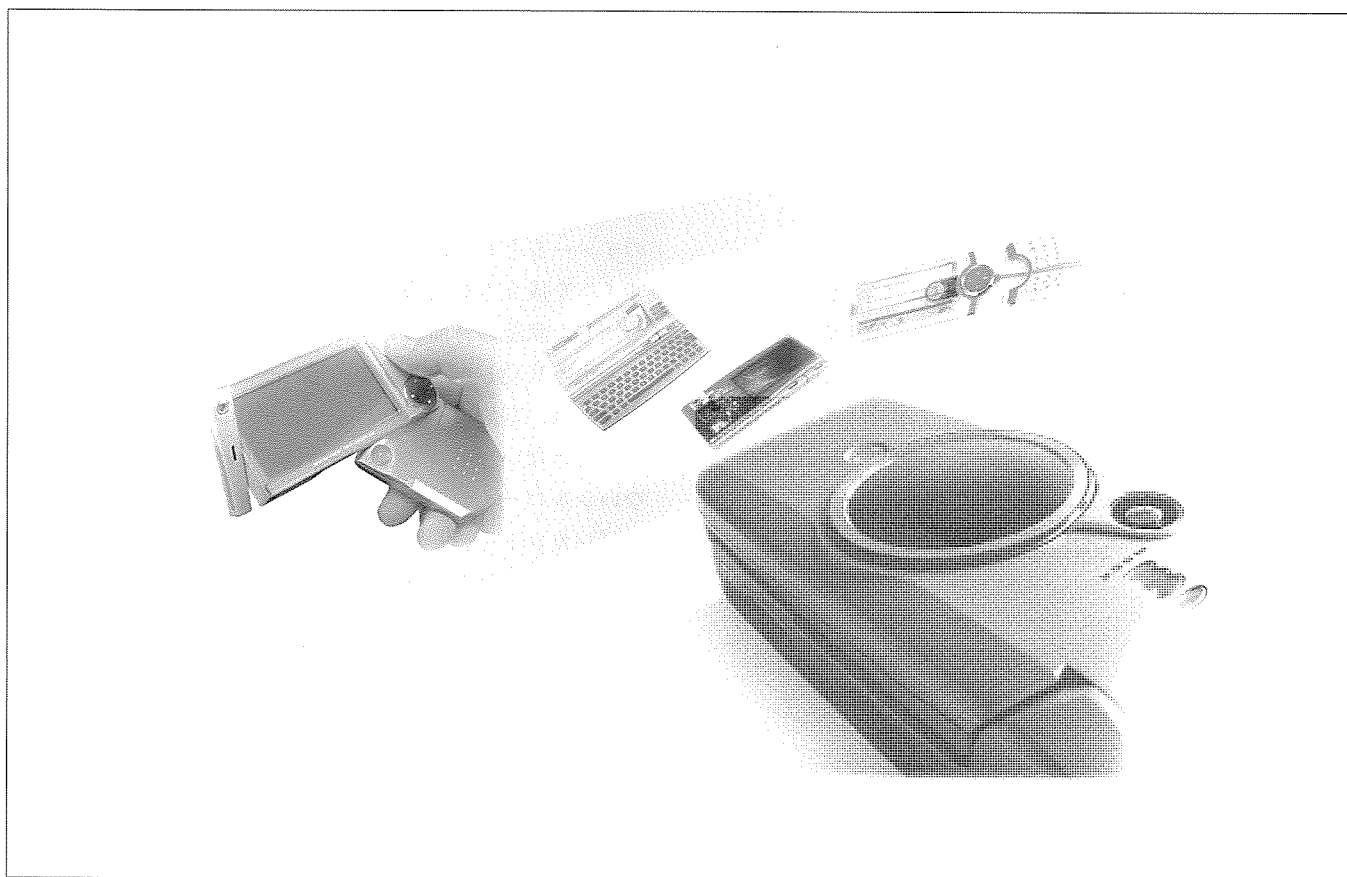
要 旨

カメラ機能に代表されるように、次々と発展を続ける現在の携帯電話は、通話やメールといったコミュニケーションツールの枠を越え、デジタルカメラなど多くの側面を併せ持っている。

電話、メーラー、デジカメなど複合的な機器である携帯電話のデザインにあって、使いやすさを考慮しながら、多くの機能を携帯電話として統合・最適化し、さらに、コン

セプトを明快に形や色として表現することが、デザイン部門の役割である。

本稿では、事例として株式会社NTTドコモから発売しているFOMA D900iの製品デザインについて、プロダクトデザイン(ハードウェアデザイン)とインタフェースデザイン(ソフトウェアデザイン)の両面から述べ、今後の携帯電話デザインの方向性について考察する。



D900i 製品と次世代携帯電話のコンセプトモデル

製品化デザインと平行して、将来イメージを想定しデザインスタディを行う。デザインストックの意味とともに、社内関係部門に提示し、進化の方向を想起した上で製品開発を行う。

1. ま え が き

第三代携帯電話であるFOMA^(注1)が一般ユーザーにとって身近な存在になりつつある。特に2004年は、販売台数的にもmoVa^(注1)をしのぎ本格的に普及し始めた。そのFOMAの普及を推し進めたのがFOMA900iシリーズである。FOMA900iシリーズでは第三代携帯電話の高速・大容量通信を生かした新サービスや新機能が盛り込まれ、携帯電話はまさに新世代を迎えつつある。

D900iでは、そうした新機能の一つに、テレビ電話と高精細カメラ機能の搭載が挙げられる。高精細カメラの搭載は、通話やメールなどの単なるコミュニケーション機器としての枠を越え、高性能なデジタルカメラやムービーといったビジュアルツールとしての側面を併せ持つようになった。

2. D900iのプロダクトデザイン

2.1 D900iのコンセプト

D900iのコンセプトは“POWER OF Visual”で、ムービーやフォトなどのビジュアル機能に特長を持たせた端末である。高精細なフォト撮影はもちろん、滑らかなムービー撮影を可能とした。さらに、専用ケーブルを用いて、撮影したムービーやフォトをテレビで鑑賞できるAV OUT機能を搭載した。また、メモリスティックDuo^(注2)を用いて、録画したテレビ番組などを再生することも可能である。このようなビジュアルツールとしての機能イメージをスタイリングに表現し、携帯電話と自然に融合させることがD900iプロダクトデザインのテーマである(図1)。

2.2 D900iのボディスタイルとカメラ配置

D900iでは、当社端末からFOMAへの移行を容易にするため、既に発売済みのD505iから採用していた“SPINEYE^(注3)”を踏襲した。ヒンジ内にカメラを搭載したSPINEYEは、LCD(Liquid Crystal Display)の開閉と連動してカメラが回転する。閉じた状態ではカメラが外側を向いてサブ

(注1) FOMA, moVaは、(株)NTTドコモの登録商標である。

(注2) メモリスティックDuoは、ソニー(株)の商標である。

(注3) SPINEYEは、三菱電機(株)の登録商標である。



図1. D900i 全体の外観

LCDをモニタとし、一般のカメラのように横向きに構え手振れが少ない撮影が可能である。開いた状態ではカメラが内側を向いてメインLCDをモニタとし、ユーザー自身を撮影することが可能で、テレビ電話もこのスタイルで行う。FOMAではテレビ電話機能が標準搭載である。SPINEYEは自分の顔映像を送りあいながら会話するテレビ電話とのマッチングに優れ、また、それを一つのカメラで実現する合理的なスタイルである。ビジュアル機能に特長を持たせたD900iのコンセプトを表現し、さらに、使い勝手が良い最適なボディスタイルとカメラ配置を実現させた。

2.3 D900iのスタイリングデザイン

市場の携帯電話は多種多様であり、その中での自己主張は非常に重要である。D900iでは、スタイリング、質感、カラーリングの3つの視点からビジュアルツールとコミュニケーション機器を高度に融合させたデザインをねらった。

D900iのスタイリングイメージは、レンズシャッタータイプのクラシックカメラである。カメラレンズに見立てた円形のサブLCDウィンドウを、閉じた状態の正面中央に配した。円形リングにはアルマイト染色、スピノカット、ダイヤモンドと微細に加工されたアルミ素材を用い、精密で高品位なビジュアルツールの象徴とした。また、ヒンジ部分は凹凸をなくし、周囲になじませ、一体感のある処理を行った。一方で、スピーカーホールやサイドキーなどデザインとしては煩雑になりやすい様々な機能要素も存在する。それらは、使い勝手を考慮しつつ、ビジュアルツールのイメージを核に、微細な面取りなどにめっきや透明などの質感を組み合わせ、緻密(ちみつ)な処理を施した。全体のイメージとしては、シンプルでありながらも、上質なデザインを成立させた(図2)。

閉じた状態の背面のデザインは、正面と同一イメージとなるよう表現した。背面の円形パーツ付近にはアンテナが内蔵され、電波の干渉を防ぐため正面同様のアルミ素材が使用できない。アルミなどの金属に比べて電波の干渉が少ないシルバーインクによって印刷したフィルムを、細かいスピノカットを施した金型で着色同時成型する手法を採用した。このスピノカットとシルバーインクによって放射状

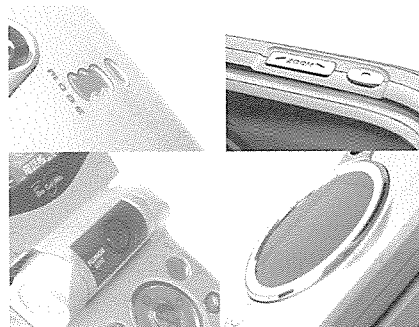


図2. D900i 細部と質感

のハイライトが入り、擬似的な金属感が強く出る。これにより、電波が干渉せず、なおかつ、正面と背面の統一されたイメージのデザインが実現した(図3)。

開いた状態のテンキー部は、使いやすさを最重点としながらも、閉じた状態のイメージと合わせたデザインとし、高いデザイン性と使いやすさの両立を迫及した。

2.4 D900iのカラーリング

D900iのカラーリングはシルバーとピンクの2色をラインアップした。シルバーは意図的に粒子感を残した塗装を採用した。この粒子感は、適度なマットの表面と合わせて、アルミ素材を思わせる本物指向の高級感と知的なイメージを演出し、男女問わず、幅広いユーザーをねらった。ピンクは、金属感がありながらも色彩を感じさせる淡い色調を採用した。この金属感を持ったパールピンクは、センスの高い大人の女性を表現するとともに、男性が持つもおしゃれに見えるモダンなイメージを表現した。

3. D900iの新機能とインタフェース

3.1 D900iのインタフェースコンセプト

D900iのインタフェース設計で重視した点は、機能が増加や進化をしても、movaユーザーが、操作にとまどうことなくFOMAの機能を利用できることである。

様々な機能が搭載されたFOMAシリーズであるが、D900iでは、D505iSと同じキー数を維持している。その目的は、キー数を増やさず、mova相当の操作、メニュー構成、ボタンの押しやすさを確保し、従来のDシリーズの操作性を継承することであった(図4、図5)。

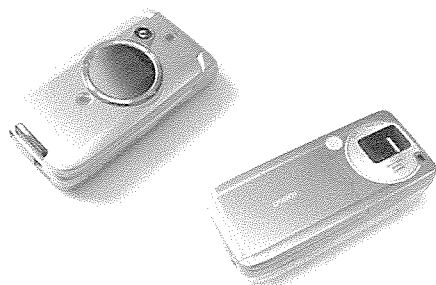


図3. D900i 閉じた状態の正面と背面

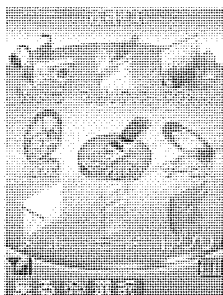


図4. MENU構成

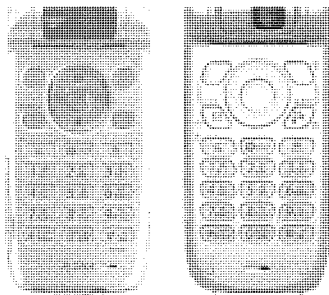


図5. キー数比較

3.2 通話コミュニケーションの進化

FOMAシリーズでは、音声通話に加え、TV電話が通信の手段として搭載された。そのTV電話を状況に合わせて、より良く使用するために、D900iではキャラ電^(注4)と呼ばれる代理応答機能が搭載されている。キャラ電とは、TV電話通信中にキャラクターがユーザーの代理として通信相手側の画面に送信されるTV電話機能である(図6)。

このキャラ電を利用することにより、ユーザーは、リアルなカメラ画像だけでは伝えにくい感情表現を、キャラクターの身振り手振りを追加することにより、通信相手に伝えることが可能となった。例えば、うれしいときは両手を挙げて笑ったり、悲しいときはオーバーに泣いたりする。D900iに搭載しているキャラ電は、見やすさを考慮して、手を含めた上半身が画面全体に納まるようにデザインした。顔の微妙な表情の変化より、手、体、足の全体的な動作によるコミカルな表現で、利用していて楽しく使えることに重点を置いた。

TV電話着信の受け手は、状況によりTV電話のカメラに映りたくない場合でも、代替画像としてキャラクターを表示させ対応することができる。人型をしたキャラクターが代理することで、円滑なコミュニケーションを損なうことなくTV電話機能を利用することが可能となった。

3.3 メールコミュニケーションの深化

デコメール^(注4)とは、通常のテキストメールの文字サイズや色、背景色を変更し、画像挿入が可能な900iシリーズのメール機能で、いわば携帯版HTMLメールである(図7)。(注4) キャラ電、デコメールは、(株)NTTドコモの登録商標である。



図6. キャラ電画面

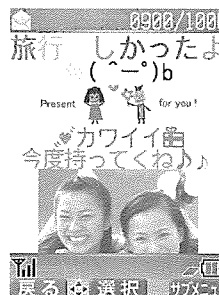


図7. デコメール画面

このテキスト装飾機能を活用し感情や雰囲気をもりリアルに楽しく伝えるため、デコメールでは、挿入する画像をシールのように扱っている。D900iのプリセットでは、10種類のシールと9種類の罫線(けいせん)を搭載し、“気持ち”を伝えることを中心にシールを作成した。シールはWebからダウンロードすることもできる(図8)。

このような高機能をより一層利用しやすくするため、デコメールの作成は、従来の当社movaのメール作成メニューと同じ操作で起動できるように構成した。メール作成中にデコレーションしたいとユーザーが思えば、テキストデータに装飾し、簡単にデコメールに変更することが可能である。デコメールの搭載により、手間暇をかけてメールを作成する楽しさと、活字のみでは表現しきれない感情をリアルに伝えるメールコミュニケーションが可能となった。

このように、D900iのインターフェースは、TV電話やデコメールによるコミュニケーションをシンプルながらも楽しんで利用できるようにデザインを実現した。

4. 今後の携帯電話デザインの方向性

どこに居ても音声によるコミュニケーションが可能なツールとして始まった携帯電話は、テキスト、音楽、フォトと経て、D900iでは動画機能を著しく向上させ、更なる進化を図ろうとしている。ここでは、今後の携帯電話の進化とデザインの方向性について述べる。

携帯電話の市場は短いサイクルで新機能を搭載した新製品を次々とリリースすることで、買換えを促進させてきた市場である。しかし、一方で、従来までの機能をデザインとして表現することを越えて、イメージや雰囲気を重視し、ファッション性やライフスタイル、その端末の背景となる世界観までもデザインで表現することが重要になってきた。

そうした中で、携帯電話の今後の方向性の一つに“多様化”が挙げられる。mova時代から数台の買換えを経て、必要な機能を賢く選択していくユーザーに対し、機能を絞り込んだ端末や、進化した機能をオールインワンに内蔵した多機能な端末など、機能的なバリエーションが増加してくる。一方で、機能にこだわりはなくデザインが表現するイメージや雰囲気を重視するユーザーに対して、デザイン的なバリエーションも増加してくる。機能的なバリエーションにデザイン的なバリエーションが加わり、携帯電話はますます多様化していくと考えられる。

また、今後の進化とデザインの方向性を考える上で重要な事項は、ユーザーの使い方とデザインのマッチングである。例えば、地上デジタルテレビ放送に代表されるモバイルTV受信では、横画面のテレビ視聴を中心的に考え、LCDを左右に並べ、文庫本を持つように保持する端末(図9)や、さらに将来的にはヘッドマウントディスプレイによる視聴



図8. D900i内蔵シール

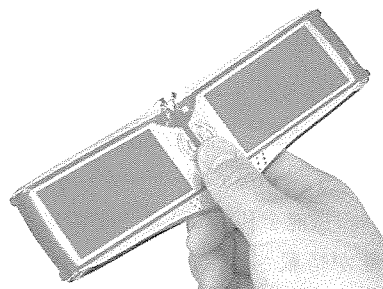


図9. ツインディスプレイのモデル

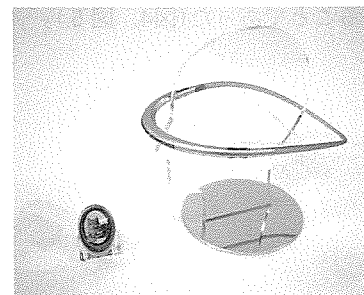


図10. ヘッドマウントディスプレイのモデル

等も考えられる(図10)。

5. むすび

このように多様化が進行していく市場に対し、デザイン部門は、コンセプトや差別化ポイントなど製品として実現すべきゴールを明快にデザインで表現しなければならない。さらに、進化の方向性を関係部門に提示し、将来像を想起した製品開発を促すことも必要である。将来像に向かう流れの中で、機能的なアイデアやスタイリング、イメージや雰囲気のストックを今まで以上に広く準備し、的確なタイミングで実現することが重要である。

携帯電話の入力インタフェース技術

石井 純*
川又武典*

Input Interface Technology for Mobile Phone
Jun Ishii, Takenori Kawamata

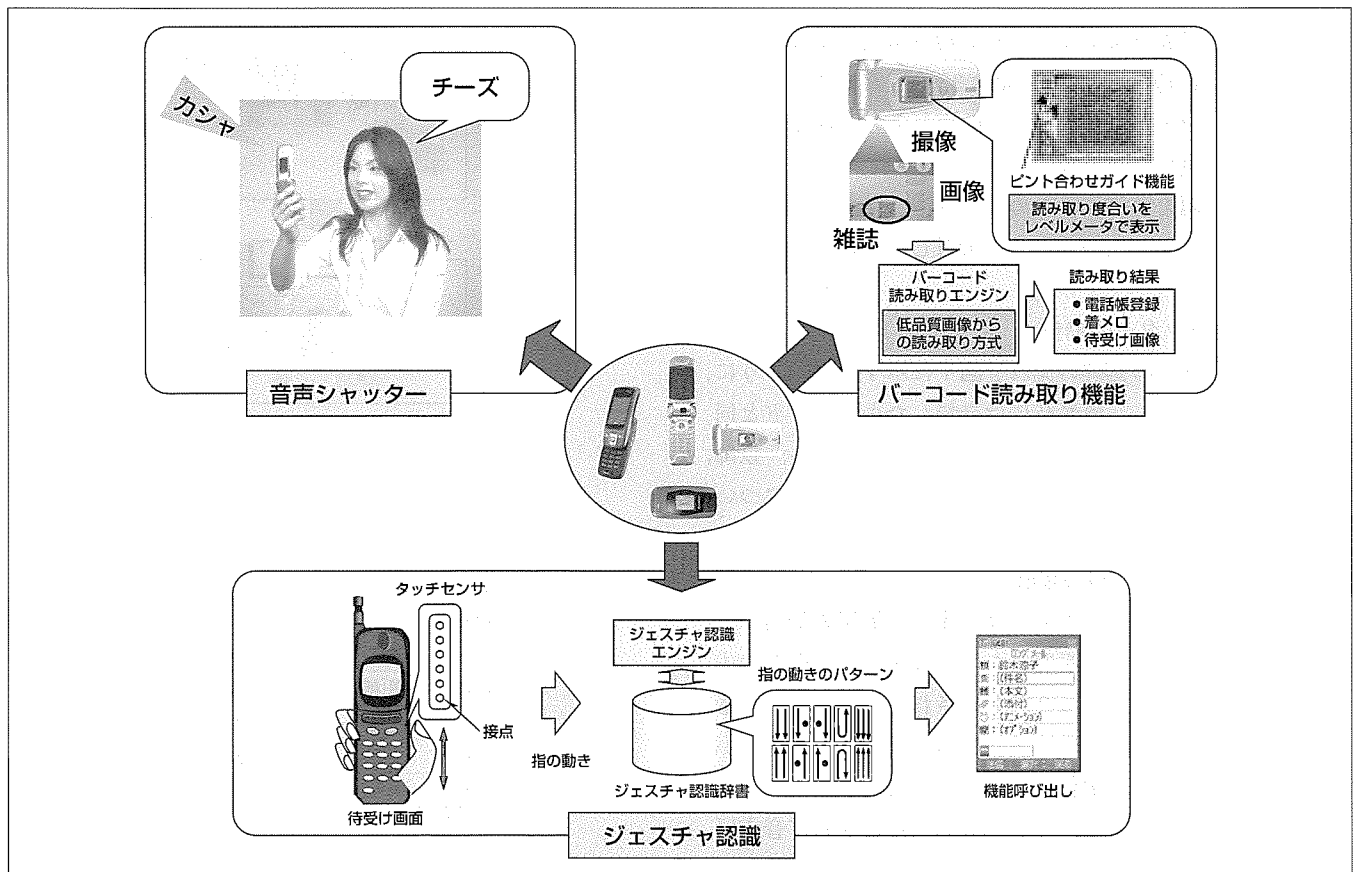
要 旨

近年、携帯電話は、電話としての基本機能のほかに、電子メールやインターネットへの接続、カメラによる画像入力が可能になるなど、多機能化・高機能化が進展している。しかしながら、携帯電話に搭載された各機能をボタンやセレクタだけで使いこなすことは困難になってきている。したがって、各機能を簡単に操作可能な入力インタフェースが求められている。

このような要求に対して、三菱電機では、音声、画像、タッチセンサを用いた新たな入力インタフェースとして、音声シャッター、バーコード読み取り、ジェスチャ認識を開発した。音声シャッターは、あらかじめ登録しておいた

音声を発声することでカメラのシャッターを切る機能であり、手ぶれの少ない撮影を実現したものである。また、バーコード読み取りは、カメラを用いてURL (Uniform Resource Locator)、メールアドレスなどのテキスト情報や、待受け画像、着メロなどのバイナリー情報の簡単入力を可能にした。さらに、ジェスチャ認識は、携帯電話の側面に配置した一次元のタッチセンサによって指の動きを認識することにより、待受け画面からの簡便な機能呼び出しを実現を可能にした技術である。

本稿では、音声シャッター、バーコード読み取り、ジェスチャ認識について述べる。



携帯電話の新入力インタフェース技術

携帯電話の新しい入力インタフェースである音声シャッター、バーコード読み取り、ジェスチャ認識によって簡単な機能操作が実現できる。音声シャッターは、声によってシャッターを切ることで、手ぶれを防ぐ。バーコード読み取り機能は、カメラを用いてバーコードを読み取ることで、情報を簡単に取り込むことが可能になる。ジェスチャ認識は、指の動きを認識することにより待受け画面から簡便な機能呼び出しを実現する。

1. ま え が き

最近の携帯電話は、電子メールの送受信やインターネットへの接続、さらに、カメラによる画像入力も可能になるなど、高性能・多機能化が急速に進んでいる。しかし、携帯電話のボタンやセレクトアだけでこれらの機能を簡単に使いこなすことは容易ではない。そこで、携帯電話の各機能をより簡単に操作可能な入力方法について検討している。本稿では、当社が開発した音声、画像、タッチセンサを利用した新しい入力インタフェースである音声シャッター、バーコード読み取り、ジェスチャ認識について述べる。

2. 音声シャッター技術

現在では、カメラを搭載した携帯電話が主流を占めている。しかし、携帯電話は、シャッターボタンが小さいことや、片手での撮影スタイル(特に自分撮り)が多いことが原因で手ぶれが生じやすい。そこで、カメラを起動した状態でキーワードを発声するとシャッターが切れる“音声シャッター”によって、手ぶれの少ない撮影を目指した。音声シャッター実現のためには、従来困難であった以下の二つの課題の解決が必要となる。

- (1) 本人のキーワード発声で確実にシャッターが切れ、また、他の音で誤ってシャッターが切れることがない。
- (2) カメラが起動している間(最大3分)、常にキーワード発声の検出を行う(従来は発声開始ボタンを押す5秒程度以内で発声)。

これらの課題を解決するために、今回、キーワード認証型方式をベースとした照合方式を検討し、音声シャッターを実現した。

2.1 音声シャッターの動作

音声シャッターの処理の流れを図1に示す。図のように、キーワードを登録し、撮影時には登録したキーワードと同一の音声が入ってきた場合にシャッターが切られる。以降、キーワードの登録、キーワード発声による撮影方法について説明する。

2.1.1 キーワード発声の登録

音声シャッターを使うためには、まず、撮影の際のキーワードとなる音声登録が必要となる。表1に音声登録の主な仕様を示す。登録発声は2回要求される。これは、不適切な音声の登録を防ぐこと、及び発話を平均化した登録パターンとすることで頑健性を増すことを目的としている。登録処理としては、まず、キーワード発声に対して音声区間検出を行い、検出された音声区間に対して音声の特徴量分析を行う。特徴量分析とは、キーワード認証に適した物理量に変換するものであり、主にスペクトル成分を特徴量として抽出する。次に、2発声間の類似度を求め、類似度が低い場合は再発声を要求する。この処理で、言いよどみや

騒音を含んだ音声の登録を防ぐ。類似度が高かった場合は、2発声の特徴量を平均化し、登録パターンとして格納する。

2.1.2 キーワード発声による撮影

カメラを起動した状態において、登録したキーワードと同一内容の発声を入力することで、音声シャッターによる撮影が可能である(表2に撮影時の発声についての仕様を示す)。照合処理としては、キーワード認証型方式がベースとなっている。具体的には、カメラ起動と同時に音声信号の入力を開始して音響分析を行い、特徴量を抽出する。この特徴量とキーワードの登録パターンとの類似度を計算して、類似度が定めた閾(しきい)値よりも高い場合に受理してシャッターを切る。

撮影時に最も問題となることは、周囲の騒音に対しての

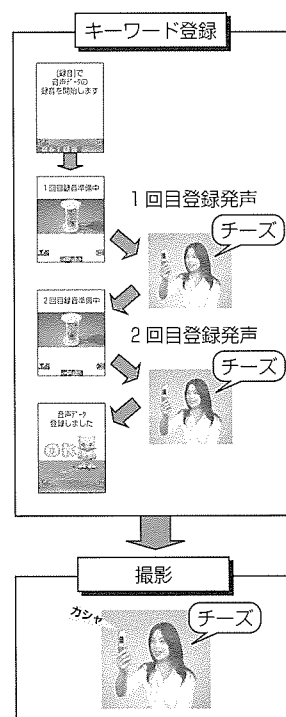


図1. 音声シャッターの処理の流れ

表1. 音声シャッターの音声登録の仕様

登録単語数	1
発声回数	2回
音声長	0.4~2.0秒
携帯電話との距離	送話口から15cm
登録可能な騒音レベル	50dB以下
音節数	3音節以上推奨
発声内容	自由

表2. 音声シャッターの撮影時発声の仕様

撮影用発声	登録した発声と同一
発声可能な状態	カメラ起動中
携帯電話との距離	5~50cm
撮影可能な騒音レベル	80dB以下

頑健性である。携帯電話のカメラ撮影の使用ケースとしては、騒音が大きい場所が多いと考えられる。また、携帯電話を持った状態で自分を撮るような場合には、携帯電話の送話口とユーザーの距離が50cm程度まで離れてしまい、音声が減衰して入力されてしまう。このような理由で、撮影時はSNR(Signal to Noise Ratio: 信号対雑音比)が悪いキーワード発声が入力される場合が多くなる。SNRが悪いキーワードであっても、発声したがシャッターが切れない、又は発声していないがシャッターが切れてしまう誤作動を防ぐために、始終端非制限照合及び騒音適応型認証を導入した。以下に各々について述べる。

(1) 始終端非制限照合

騒音がある場合には、キーワードが音声に埋もれてしまい、音声区間の特定が困難となる。そこで、常に登録パターンと入力音との照合を行う始終端非制限方式を開発した。

(2) 騒音適応型認証

撮影時の騒音が大きい場合は、騒音の影響で、登録したキーワードであっても類似度は低くなってしまいます。そこで、周囲の騒音の大きさに応じて認証の基準を変更する方法を取り入れた。

2.2 音声シャッターの撮影モード

音声シャッターには、表3のように、二つの撮影モードがある。これは、撮影の環境によってユーザーが撮影モードを変更可能にし、より確実な撮影を図るためである。

3. バーコード読み取り技術

3.1 背景

近年、携帯電話に搭載されたカメラを利用して、紙面等に印刷された二次元バーコードを読み取り、テキスト情報や画像・音楽データを取り込むバーコード読み取り機能が普及しつつある。携帯電話のカメラにおいては、①片手操作による不安定な状態での撮像になり、カメラの傾きなどに起因するひずみが発生しやすい、②ピントのずれにより読み取り不能な状況が発生しやすい、などの問題がある。そこで、これらの問題を解決したバーコード読み取り技術を開発した。

3.2 QRコード

今回対象とした二次元バーコード(QRコード^(注1))の概略構成を図2に示す⁽¹⁾。QR(Quick Response)コードを画像中から高速に検出するための位置検出パターン、ひずみ等を補正するための位置合わせパターン、バージョン情報

(注1) QRコードは、(株)デンソーウェーブの登録商標である。

表3. 音声シャッターの撮影モード

撮影モード	本人以外の声での撮影	撮影の確実性
本人重視	通常不可	中
確実性重視	可能な場合あり	大

(情報量の大きさを示す)、誤り訂正レベル、誤り訂正コード、データコードを含むセルから構成されている。

また、今回開発したQRコード読み取り機能における概略読み取り仕様を表4に示す。ここで、雑誌等に印刷されているQRコードはセルサイズが小さいため、カメラのマクロ(接写)モードによる読み取りが必要である。そのため、読み取り仕様は、マクロモードでピントが合う高さ範囲の入力画像における解像度、QRコードの物理的な大きさを基に決定している。

3.3 読み取り方式

カメラで撮像した800×600画素のフレーム画像に対して読み取りを行い、読み取りできなかった場合はフレーム画像の読み取りを繰り返す。1回の読み取り処理における具体的な処理の流れを図3に示す。まず、撮像された画像に対して、入力画像の部分的な陰影に対応するために、部分領域ごとに2値化閾値を決定する2値化処理、位置検出パターン抽出、位置合わせパターンの画像特徴に着目した高速・高精度な位置合わせパターン検出によるひずみに対応可能なセル抽出処理、リード・ソロモン誤り訂正処理の順に行う。

3.4 読み取り支援機能

携帯電話へのデータ入力手段の一つとして搭載されるこの機能は、だれもが簡単に利用できることが重要である。

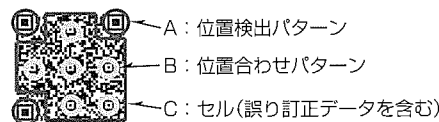


図2. QRコードの構成

表4. QRコード概略読み取り仕様

項目	読み取り仕様
モデル	モデル2
最小セルサイズ	0.25mm
バージョン	1~20
誤り訂正レベル	L, M, Q, H
読み取り時間	500ms以下
連結コード	最大16個

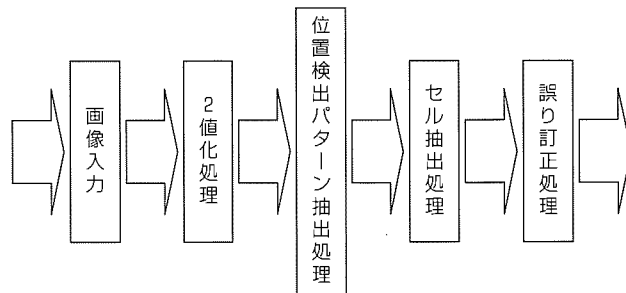


図3. バーコード読み取り処理の流れ

しかし、携帯電話のカメラをピントが合う範囲内に調整することは必ずしも容易でないため、ピントのずれ等によりバーコード読み取り不可が発生する可能性がある。そこで、読み取り不可状況をユーザーに提示することで読み取り支援を行う読み取り支援機能を開発した。具体的には、読み取り不可となるフレーム画像を大量に収集し、読み取り不可要因を分析することにより⁽²⁾、①位置検出パターンが抽出できない状態、②正しく読み取れた割合が10%未満の状態、③正しく読み取れた割合が10%以上の状態、の3状態を読み取り時にユーザーに提示している。

4. ジェスチャ認識技術

4.1 背景

近年、携帯電話の多機能化が進み、煩雑なメニュー操作を行わず簡便な操作で各種機能を使用可能な操作性の良い端末の実現が課題となっている。そこで、携帯電話の側面に実装面積の小さい一次元のタッチセンサを搭載し、タッチセンサ上の一次元の指の動きを認識するジェスチャ認識技術を開発することにより各種機能のジェスチャによる簡便な呼出し機能を実現した⁽³⁾。

4.2 タッチセンサとジェスチャ形状

4.2.1 タッチセンサ

図4に示すように、携帯電話の側面に薄型でかつ低反応荷重(250mN)なスイッチ6個からなる一次元のタッチセンサを配置した。単純なスイッチで構成することにより、接続のための専用ASIC(Application Specific Integrated Circuit)が不要で、消費電力も抑えることができる。

4.2.2 ジェスチャ形状

ジェスチャ認識機能では、待受け画面でタッチセンサ上を指でなぞることにより、対応する機能の呼び出しをダイレクトに行う。そのため、電話発信操作、メニュー選択などのボタン押下操作時のタッチセンサへの接触による誤動作を抑制すること、ブラインド操作が可能なること、を考慮し、図5に示すような、11種類のジェスチャ形状とした。

4.3 ジェスチャ認識方式

図6にジェスチャ認識方式の流れを示す。タッチセンサから得られるスイッチのON/OFF情報(時系列)を入力し、前処理で方向ベクトルの抽出を行い、得られた方向ベクトルと各ジェスチャ形状の標準的な方向ベクトルとをDP(Dynamic Programming)マッチングにより対応付け、得られた対応付けの候補について妥当性を検証する検定処理を行い、最終的な認識結果を確定し出力する。

4.4 評価結果

被験者22名による5サンプルずつ収集したジェスチャサンプル(合計1,210サンプル)及び待受け画面のボタン押し操作などにおけるジェスチャ以外のサンプル(232サンプル)を用いて、認識率、誤読率(他のジェスチャに誤認識する

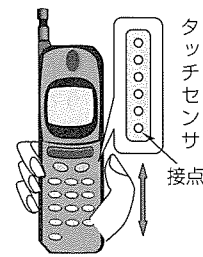


図4. タッチセンサの配置

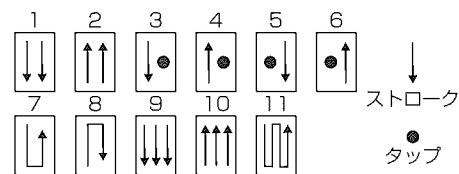


図5. ジェスチャ形状

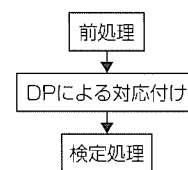


図6. ジェスチャ認識方式の処理の流れ

表5. ジェスチャ認識方式の性能(%)

認識率	誤読率	棄却率	誤動作率
94.5	0.7	4.9	0.0

率)、棄却率、誤動作率を評価した結果を表5に示す。表に示すように、誤読率、誤動作率を抑え、実用的な認識率を実現していることが分かる。

5. むすび

携帯電話における簡便な入力・操作インターフェースとして、音声シャッター技術、バーコード読み取り技術、ジェスチャ認識技術を開発し、当社携帯電話に搭載した。今後は、より使いやすい入力・操作インターフェースの実現を行う予定である。

参考文献

- (1) 2次元コードシンボル-QRコード-基本仕様, JIS X 0510 (1999)
- (2) 岡野祐一, ほか: 携帯端末向けバーコード読取り支援機能の基礎検討, 第61回情報処理学会全国大会, 4V-3 (2000)
- (3) 川又武典, ほか: 1次元タッチセンサを用いたジェスチャ認識の検討, 第3回情報科学技術フォーラム, K-080 (2004)

モバイルミドルウェア技術

清原良三* 橘高大造**
高橋克英* 木野茂徳*
三井 聡*

Mobile Middleware Technologies

Ryozo Kiyohara, Katsuhide Takahashi, Satoshi Mii, Taizo Kittaka, Shigenori Kino

要 旨

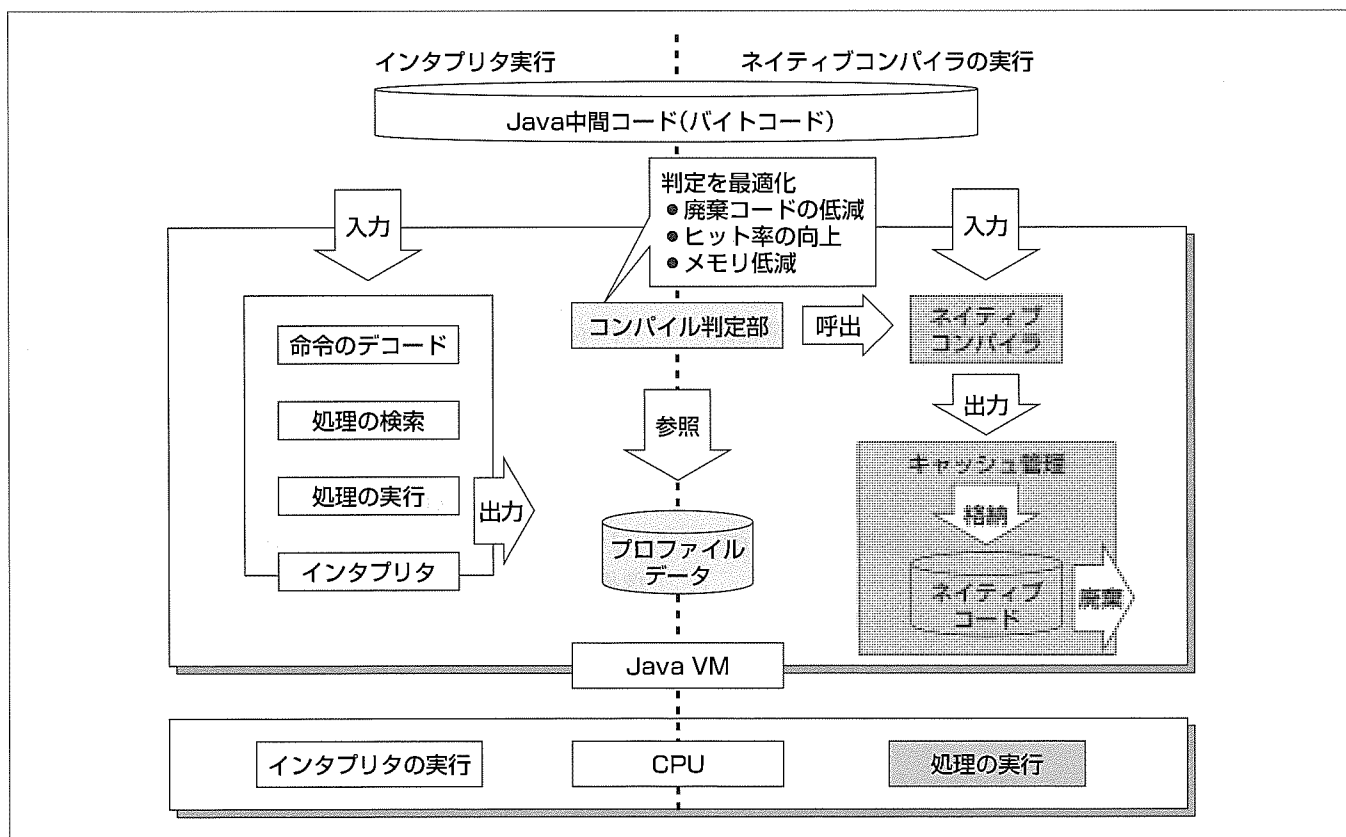
携帯電話の多機能化に伴い、ソフトウェアの大規模化が進んでいる。アプリケーション間の機能連携の要求によりソフトウェアの複雑さは増加する傾向にあり、これら进行处理するモバイルミドルウェアの重要性が増している。

第三代携帯電話でも様々なモバイルミドルウェアを開発しているが、本稿では、三菱電機の独自技術である“Java^(注1)高速化技術”と“ソフトウェア更新技術”について述べる。

Java高速化は、当社の携帯電話に採用されている“M32R”プロセッサ向けの、Java仮想マシンを高速に処理するための技術である。最もよく使われる携帯電話のJavaアプリケーションとして、ゲームを高速に動作させることに有
(注1) Javaは、米国サン・マイクロシステムズ社の登録商標である。

効である。高速化に向けてインタプリタで動作させるのではなく、JIT(Just In Time compiler)方式で動作させ、動的にコンパイルする項目を選択しながらコンパイルしていく手法を採用することで高速化を達成している。この技術は、D505i, D505iS, D506i, D900iに実装している。

ソフトウェア更新は、携帯電話のソフトウェアのバージョンアップをユーザーの手元で可能にする技術である。ソフトウェアを更新するためのデータのダウンロード時間を短くする目的でダウンロードデータサイズを小さくする技術と、フラッシュメモリ上のソフトウェア書換え速度を高速化する技術とを開発した。この技術は、D252i, D505iS, D506i, D900iに実装している。



携帯電話 Java 高速化技術

携帯電話 Java 高速化の手法の中で Java 仮想マシンの実行速度を高速にするために、JIT方式を採用している。この技術は、インタプリタ方式で Java 中間コードを実行する中でネイティブコンパイラによってネイティブコードに変換した方が効率の良い場合のみコンパイルすることにより、高速性とメモリ消費効率の向上の両方を達成するという特長を持っている。

1. ま え が き

携帯電話の多機能化に伴い、ソフトウェアの大規模化が進んでいる。アプリケーション間の機能連携の要求によりソフトウェアの複雑さは増加する傾向にあり、これらを利用するモバイルミドルウェアの重要性が増している。

第三世代携帯電話でも様々なモバイルミドルウェアを開発しているが、本稿では、当社の独自技術である“Java高速化技術”と“ソフトウェア更新技術”について述べる。

Java高速化は、当社の携帯電話に採用されているM32Rプロセッサ向けの、Java仮想マシンを高速に処理するための技術である。最もよく使われる携帯電話のJavaアプリケーションとして、ゲームを高速に動作させることに有効である。高速化に向けてインタプリタで動作させるのではなく、JIT方式で動作させ、動的にコンパイルする項目を選択しながらコンパイルしていく手法を採用することで高速化を達成している。この技術は、D505i, D505iS, D506i, D900iに実装されている。

ソフトウェア更新は、携帯電話のソフトウェアのバージョンアップをユーザーの手元で可能にする技術である。ソフトウェアを更新するためのデータのダウンロード時間を短くする目的でダウンロードデータサイズを小さくする技術と、フラッシュメモリ上のソフトウェア書換え速度を高速化する技術とを開発した。この技術は、D252i, D505iS, D506i, D900iに実装している。

2. Java高速化技術

携帯電話に搭載されたJava実行環境はゲームを主要なアプリケーションとして利用されており、ユーザーは、Javaアプリケーションの実行速度の向上に強い関心を持っている。そこで、以下に示す3点に着目して、携帯電話上のJava仮想マシンとJavaアプリケーションが利用するJavaクラスライブラリの高速化を行った。

(1) Java仮想マシンの高速化

Java仮想マシンは、通常、Javaプログラムをコンパイルした結果であるJavaバイトコードを逐次解釈し実行するインタプリタ方式である。

高速化のため、Javaバイトコードを携帯電話で使うCPUの機械語にコンパイルして実行するJIT方式を採用し高速化を実現した。

(2) 画像描画の高速化

Javaアプリケーションは、携帯電話に搭載されたJavaクラスライブラリのフィールドにデータを設定し、メソッドと言われる手続きを呼び出すことで画像を描画する。

通常のJavaアプリケーションは、多数の小さな画像を画面に描画することで、ゲーム画面を構成している。そのため、Javaクラスライブラリのフィールドの参照方法を

高速化することで、画像描画の高速化を実現した。

(3) 読み込み／書き込みの高速化

Javaアプリケーションは、画面に表示される画像やゲーム進行状況、ゲームの点数等の情報を、スクラッチパッドと呼ばれるファイルシステムに対して読み込みと書き込みを行う。

ファイルシステムは、オープン／クローズの状態を管理することで、使用するメモリ量を低減することが可能となる。しかし、多くのJavaアプリケーションは、ファイルのオープン／クローズの状態を管理せず、読み込みと書き込みの際には、常にオープン／クローズを呼び出している。そのため、オープン時に行うデータの複製処理が性能に大きく影響している。

そこで、クローズ時に行っていた複製データの破棄を見直すことで、読み込み／書き込みの高速化を実現した。

2.1 Java仮想マシンの高速化

Java言語は、Javaバイトコードにコンパイルし、これをインタプリタで実行することによりプラットフォーム非依存を実現している。しかし、インタプリタ方式であるために実行速度が遅い。

そこで、Java仮想マシンを高速化するために、バイトコードを機械語に変換するJIT方式とするためにネイティブコンパイラを搭載した。

しかし、携帯電話は記憶領域が少ないために、すべてのJavaバイトコードを機械語に変換するとメモリが大量に必要となり、携帯電話の端末コストに大きく影響する。そのため、インタプリタを用いて実行された手続き(例えば、メソッドやforループ内の処理ブロック)の実行回数を示すプロファイルデータを取得し、頻繁に利用されるコードを判定し、機械語に変換する手法を採用した。この手法により、ネイティブコードを格納するメモリから廃棄されるコードを低減することで、コンパイル済みのコードへのヒット率を向上し、コンパイル済みコードに利用するメモリ量を削減した。

2.2 画像描画の高速化

Javaアプリケーションは、回転や反転処理を伴った画像描画を行う場合、Javaクラスが保持するフィールドに回転の角度や反転の向きを設定する。画像を描画するJavaクラスライブラリは、Javaアプリケーションが設定したJavaクラスにおけるフィールドの格納データを参照する必要がある。

特に、ゲームのような多数の画像を複数回描画するJavaアプリケーションでは、Javaクラスが保持するフィールドの格納データを参照する時間を短縮することで画像描画の高速化を実現することができる。例えば、図1に示したゲーム操作画面では、敵キャラクタを3回、戦闘機を1回、敵キャラクタのミサイルを2回、バックグラウンド

の星を4回描画することになる。

従来は、Javaクラスにおけるフィールドのデータを参照するためには、格納したアドレスを名前(クラス名、フィールド名)をキーとして、Java仮想マシン内のデータベースから検索する処理を行っていた。

図2に示すように、頻繁にアクセスするフィールドのデータを格納したアドレスを特定するための情報を保持することで、Javaクラスにおけるフィールドのデータの参照を高速化することが可能となり、画像の描画処理の高速化を実現した。

2.3 読み込み/書き込みの高速化

複数のJavaアプリケーションの挙動を調査した結果、Javaアプリケーションは、ファイルのオープン/クローズの状態を管理せず、読み込み/書き込みごとに、オープンとクローズを行っていることが判明した。

従来は、クローズ時に複製データをメモリから削除していたため、データを読み込む前に行うオープン処理に時間を要していた。そこで、ファイルをクローズした後も複製済みのデータを保持することによってオープン時の複製処理の時間を削減した。

メモリ不足時にも複製済みデータを保持する実装では、メモリ使用量を増大させることになる。そのため、図2に

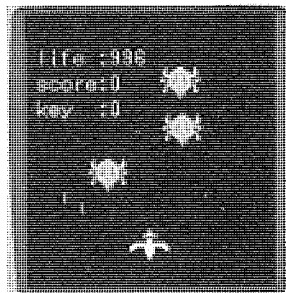


図1. ゲーム操作画面

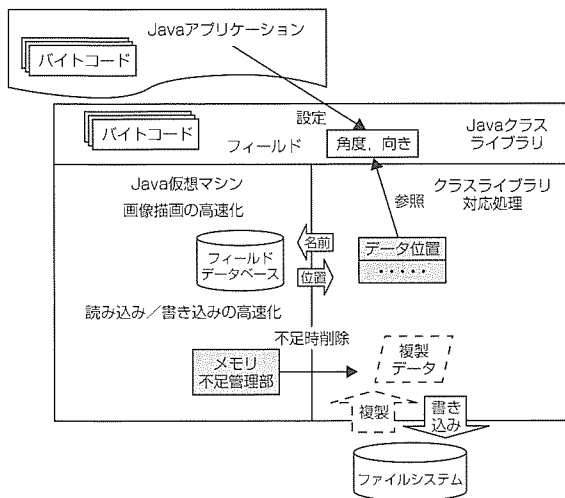


図2. Java高速化方式

示すように、メモリが不足した場合にはクローズ後に保持している複製データの破棄を行うように実装し、ファイル読み込み処理の高速化とメモリ使用量の低減の両立を実現した。

3. ソフトウェア更新

次に、ユーザーの手元でソフトウェアのバージョンアップを行うソフトウェア更新について述べる。図3はソフトウェア更新システムの概要を示している。ソフトウェアの新しいバージョンがリリースされると、開発環境でバージョンアップ用データを作成してサーバにアップロードする。その後、ユーザーが携帯電話からサーバにアクセスしてバージョンアップ用データをダウンロードし、ソフトウェアをバージョンアップする。

ソフトウェア更新を行っている間はユーザーによる通常の携帯電話使用を妨げることになるため、ソフトウェア更新はできる限り短い時間で行う必要がある。しかしながら、サイズが10Mバイト以上にも及ぶソフトウェアすべてをバージョンアップ用データとしてダウンロードした後にソフトウェアの格納されているフラッシュメモリを書き換えるのでは、少なくとも10分以上の時間を要する。

そこで、バージョンアップ時に変更になった部分、つまり差分をバージョンアップ用データとして用いることでバージョンアップに要する時間を短くする方法を採用した。差分を用いたバージョンアップ(以下“差分更新”という。)を実現するためには以下の機能を実現する必要がある。

- (1) 差分抽出：旧バージョンのソフトウェアと新バージョンのソフトウェアとの間の差分を抽出する機能
- (2) 差分適用：旧バージョンのソフトウェアに差分を適用して新バージョンのソフトウェアを生成する機能
- (3) 差分最小化：差分データのサイズを小さくし、書き換える範囲を限定することのできるソフトウェアイメージを生成する機能

3.1 差分抽出

旧バージョンのソフトウェアと新バージョンのソフトウェアとの間の差分を表す方法として、以下の3種類のコマンドを用いる表現方式を採用した(図4)。

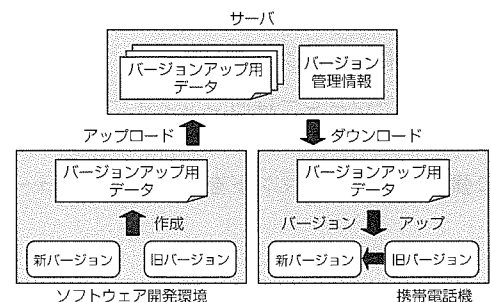


図3. ソフトウェア更新システム

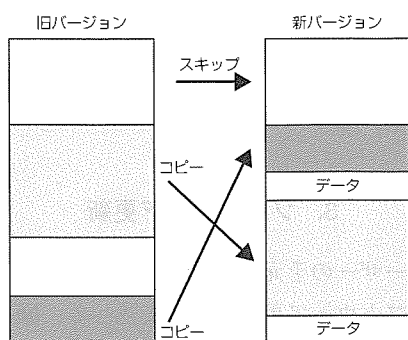


図4. 差分表現方式

- (1) スキップ：旧バージョンと新バージョンの間で全く変更になっていない部分を示す
- (2) コピー：旧バージョンと新バージョンではアドレスが変更になっている部分を示す
- (3) データ：新バージョンで新しく出現した部分のデータを示す

上記の表現形式を用いた差分を抽出するためには、それぞれのソフトウェア同士を比較して一致する部分を発見する必要がある。しかしながら、10Mバイト以上にも及ぶソフトウェア同士をすべて比較すると膨大な計算時間が必要になる。そこで、比較対象範囲を徐々に絞り込む方法を採用して計算時間の削減を実現した。

3.2 差分適用

携帯電話ソフトウェアはフラッシュメモリに格納されているため、ソフトウェアの変更部分がたとえ1バイトしかなくても、その変更部分を含むブロックを一度消去してからソフトウェアを書き直さなければならない。そのため、ブロック分のソフトウェアイメージを消去に先立って用意しておく必要がある。

しかしながら、携帯電話に搭載されるRAMのサイズはフラッシュメモリのサイズと比較して小さいため、すべてのソフトウェアイメージを前もってRAM上に用意することは不可能である。逆に、1ブロック分のイメージ作成、消去、書き込みを繰り返す方法では、既に書き換えられたブロックからは旧バージョンのデータが読み出せないため、旧バージョンからコピーできる範囲が限定されてしまう。

そこで、複数の連続したブロックをまとめてモジュールという単位とみなし(モジュールのサイズは揮発領域に用意できるワーク領域サイズ以下とする)、旧バージョンから新バージョンへのコピーは同じモジュール内でしか許可しないようにした。また、書き込みのタイミングを明示するために強制書き込みコマンドを採用し、モジュール単位

のイメージが揮発メモリ上に用意できるとフラッシュメモリの消去、書き込みを行う仕組みとした。

3.3 差分最小化

差分更新を高速に実現するためには、以下の2点が必要である。

- (1) 差分データサイズを小さくしてダウンロード時間を短くすること
- (2) バージョンアップによって書き換える必要のある範囲が少なくなるようにして、ブロック消去、書き込みの時間を短くすること

特に上記(2)が差分更新を行う際に時間を要することが分かっている。

携帯電話のようにフラッシュメモリ上で静的にリンクされたソフトウェアを実行するシステムでは、1か所の修正によるアドレスのずれが書き換え範囲を増大させる。すなわち、アドレスがずれた部分にあるシンボルを参照する部分への修正波及により、書き換え範囲の増大を引き起こす。

この対策として、携帯電話ソフトウェアのビルド手順にアドレスのずれやシンボル参照部分への修正波及が発生しにくいソフトウェアイメージを作成する各種手法を組み込み、ソフトウェアのビルド時に、書き換える必要のある範囲が少なくなるようソフトウェアイメージを自動生成できるようにした。

4. むすび

本稿では、モバイルミドルウェアに関する技術の中で、Java高速化技術とソフトウェア更新技術について述べた。携帯電話のソフトウェアの規模は今後も拡大の傾向が続くと想定されるとともに、Java高速化技術やソフトウェアのバージョンアップ機能への要求も増してくると考えられる。今後も、これらの課題に対して機能面・性能面の双方の要求にこたえられるミドルウェア技術を開発していく予定である。

参考文献

- (1) 高橋克英, ほか: 携帯端末向けJavaの高速化手法の検討, 情報処理学会研究報告, MBL-22-12 (2002)
- (2) 星 誠司, ほか: 無線通信を利用した「ソフトウェア更新」システム, NTT DoCoMoテクニカルジャーナル, 36~41 (2004)
- (3) 清原良三, ほか: 携帯電話のSW更新を目的としたモジュール分割に関する検討, 情報処理学会, DICO-MO2003, 073 (2003)

携帯電話の画像処理技術

杉山和宏* 杉浦博明**
 幡野喜子*
 安藤重男*

Image Processing Technology for Mobile Phones
 Kazuhiro Sugiyama, Yoshiko Hatano, Shigeo Ando, Hiroaki Sugiura

要 旨

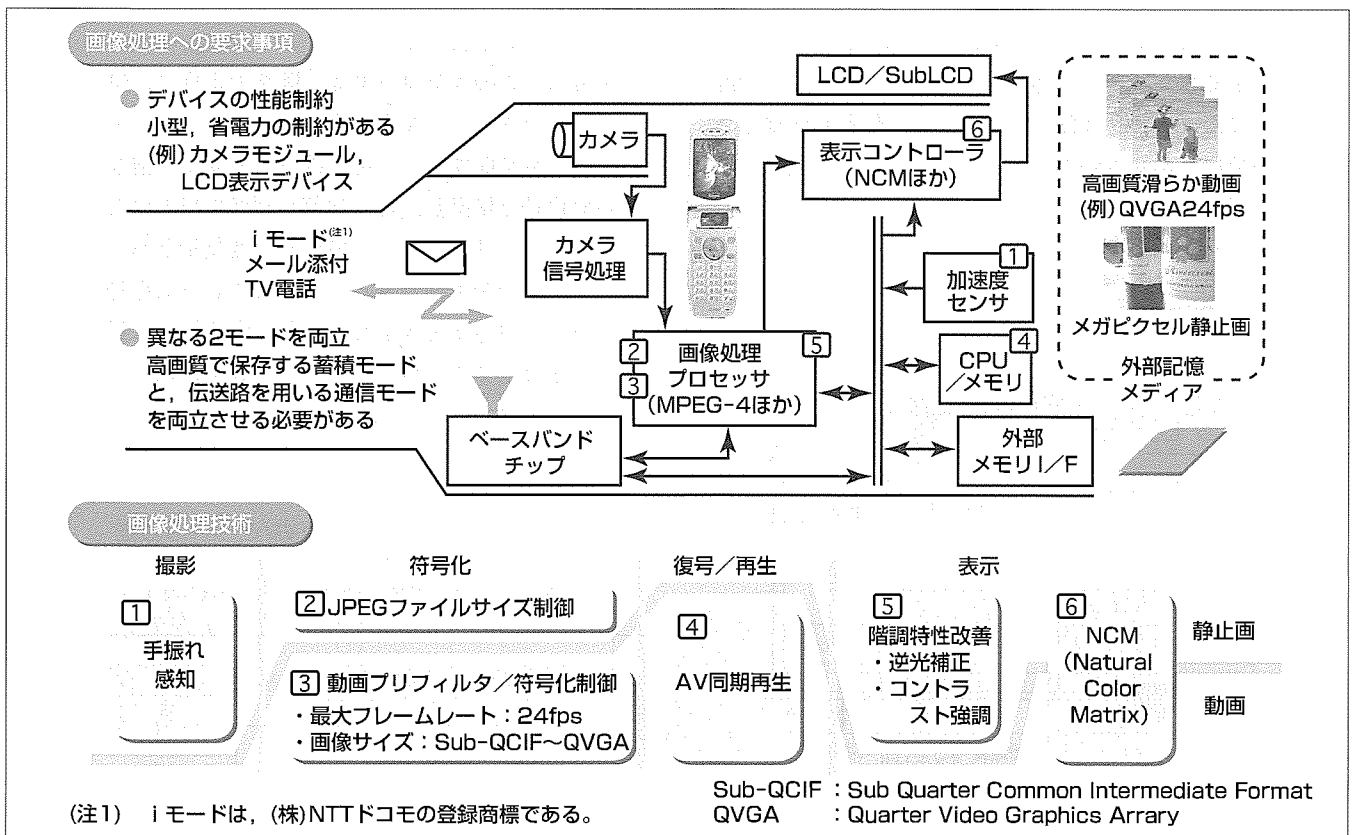
携帯電話のビジュアル機能は幅広いユーザー層に受け入れられるとともに、高品質化への要求は、AV機器に対するそれと比肩できるほどに高まりつつある。一方、AV機器と比べた場合、携帯電話には電話特有の以下の二つの特性を持っている。第1は、小型・省電力を達成するため、カメラモジュール、LCD(Liquid Crystal Display)表示デバイスの性能制約があることで、第2に、高画質で画像保存するための蓄積モードと、TV電話に代表される伝送路を有効にかつ低遅延で画像伝送するための通信モードの異なる2モードを両立させる必要があることである。

携帯電話のビジュアル処理は、大別すると、撮影、符号化、復号/再生、表示の4つのフェーズよりなる。上記第1、第2の二つの特性に対して、より高画質化を実現するために、各々のビジュアル処理フェーズにおいて、数々の

画像処理機能が考案されている。

本稿では、三菱電機の携帯電話に搭載した以下の画像処理機能について述べる。

- (1) 符号化、復号/再生に対しては、①複数種類の動画サイズ、通信モード/蓄積モードに対応した動画符号化技術、②静止画を伝送サイズに無駄なく圧縮するためのJPEG(Joint Photographic Experts Group)ファイルサイズ制御技術、③動画と音声の同期再生技術である。
- (2) 撮影、表示に対しては、④カメラ撮影時の手振れを軽減するための手振れ感知技術、⑤カメラ撮影後の静止画像をより見やすくする階調特性改善技術、⑥LCDの色域特性を向上するためのNCM(ナチュラルカラーマトリックス)技術である。



携帯電話の画像処理技術の概略

携帯電話における撮影、符号化、復号/再生、表示の各々のフェーズに対する画像処理技術を開発し、高画質化を実現した。特に、複数モードを備えた動画符号化技術による動画撮影、階調特性改善による静止画表示、NCMによる動画/静止画表示技術に特長がある。

1. ま え が き

携帯電話のビジュアル機能に対する高品質化の要求は、日増しに強まっている。携帯電話は、AV機器などに比べて、以下の二つの特性を持っている。第1は、小型・省電力を達成するため、カメラモジュール、LCD表示デバイスの性能制約であり、第2に、高画質で画像保存するための蓄積モードと、TV電話に代表される伝送路を有効にかつ低遅延で画像伝送するための通信モードの異なる2モードを両立させる必要があることである。高品質化実現のためには、これらの特性を踏まえた画像処理技術が必要となる。

2. 携帯電話の画像処理システム構成

図1に携帯電話の画像処理システム構成を示す。携帯電話の画像処理は、大別して、撮影、符号化、復号/再生、表示の4つのフェーズよりなる。カメラにより撮影処理された画像は、画像処理プロセッサで符号化される。静止画はJPEG、動画はMPEG-4(Moving Picture Experts Group phase 4)が符号化アルゴリズムとして用いられる。符号化された画像データは、外部メモリなどの不揮発メモリに保存される場合と、伝送路を通して送信される場合の二つのケースがある。前者を、ここでは、蓄積モード、後者を、通信モードと記す。蓄積モードは、通信モードに比べて、データ量の制約が弱いいため、より高品質なデータを扱うことができる。一方、通信モードは、データ量の制約が強く、また、TV電話などにおいては、低遅延が要求される。符号化し蓄積されたデータは、復号/再生処理され、LCDに表示される。

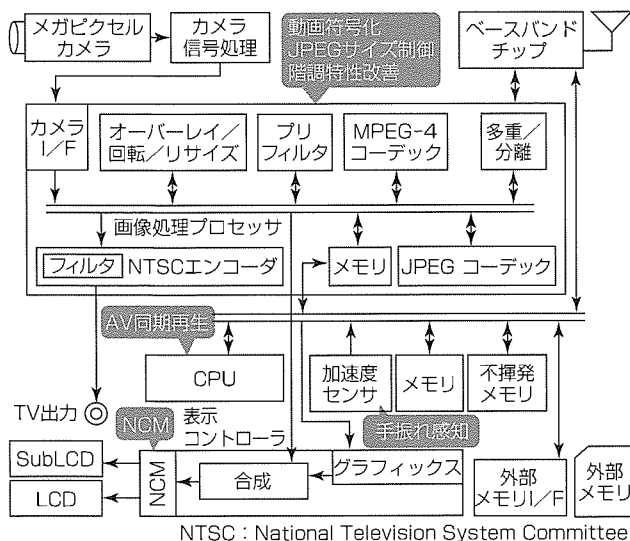


図1. システム構成

3. 画像通信・蓄積両立技術

3.1 動画符号化技術

動画の符号化では、MPEG-4エンコーダのパラメータ設定、符号化制御が画質に大きく影響する。表1は、例えば“FOMA^(注2)”携帯電話D900iに搭載したMPEG-4エンコーダのパラメータ設定を示している。このエンコーダは、画像サイズ、ビットレート、通信/蓄積の用途に応じて11種の異なる符号化モードを用意している。

まず、通信モードか蓄積モードかにより、符号化制御は大きく異なる。すなわち、通信モードの場合は、バッファリングによる遅延時間を少なくするため、各フレームの発生符号量が一定となるように量子化制御を行う。また、実際の通信レートに応じて発生符号量を調整するため、バッファからのストリーム読み出し量を符号量割当てに反映させる。他方、蓄積モードの場合は、遅延時間が問題とならないので、高画質となるよう符号量割当てをダイナミックに行い、総発生符号量を符号量割当てに反映させる。

また、通信モードの場合は、ユーザーにより動き優先/標準/画質優先が選択できるようになっている。画質優先の場合、設定フレームレートを下げるとともに、量子化が粗くなるようなときにはフレームをスキップする画質優先型の符号化制御を行っている。逆に、動き優先の場合は、フレームスキップをなるべく起こさないような動き優先型の符号化制御を行っている。

さらに、このエンコーダは、図2のように、符号化制御と連動したプリフィルタを備えている。プリフィルタは入力画像に時空間フィルタをかけるとともに、前フレームからの変化量を検出し、符号化部へ画像を出力する。符号化制御部は、プリフィルタで検出した変化量とバッファ占有量及び過去の発生符号量とから、現フレームを符号化するかスキップするかを決定し、符号化する場合は量子化パラメータを決定する。さらに、符号化制御部は、次フレーム

(注2) FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標である。

表1. MPEG-4エンコーダのパラメータ設定

モード	画像サイズ	ビットレート (kbps)	最大フレームレート (1/s)	符号量制御	
通信モード	64k通信	QCIF	60	15	動き優先
				7.5	標準
	32k通信	QCIF	30	5	画質優先
				15	動き優先
蓄積モード	スタンダード	QCIF	32	10	画質優先
	スモールファイン	Sub-QCIF	64	15	動き優先
	ファイン	QCIF	64	15	画質優先
	超滑らか	QCIF	256	24	動き優先
	大画面	QVGA	384	15	動き優先

のフィルタ係数を決定し、プリフィルタに設定する。

このようにプリフィルタの特性を符号化制御と連動して可変とすることにより、発生符号量を抑える必要があるときには、量子化パラメータを粗くするとともに、空間フィルタの帯域を制限してブロックひずみの発生を抑え、発生符号量を増加させるときは、空間フィルタによる帯域制限を軽減し、解像度を保存するように制御できる。また、前フレームとの変化量を検出することにより、最適な符号量割当てと量子化制御を行い、高画質化を図っている。

3.2 JPEGファイルサイズ制御技術

通信モードで静止画を扱う場合、すなわち、メール添付画像送信のサービスを利用する場合、少しでも高画質なJPEG画像を送信するためには、伝送路の制限値に近いファイルサイズのJPEG画像を得る仕組みが必要である。ファイルサイズは、圧縮時の量子化テーブルを変えることにより、制御可能である。個々の画像に対して、ファイルサイズと量子化テーブルの値、具体的には、基準となる量子化テーブルに乗算する係数値との間には二つの定数を持つ簡単な関係式が成り立つ。そのため、この二つの定数値を求めれば、所定のファイルサイズのJPEG画像を得るための上記の乗算係数の値が得られる。図3に示すとおり、圧縮前の画像の複数位置の画素値の差から、この二つの定数を求める方式を開発している。この方式は、目標となるフ

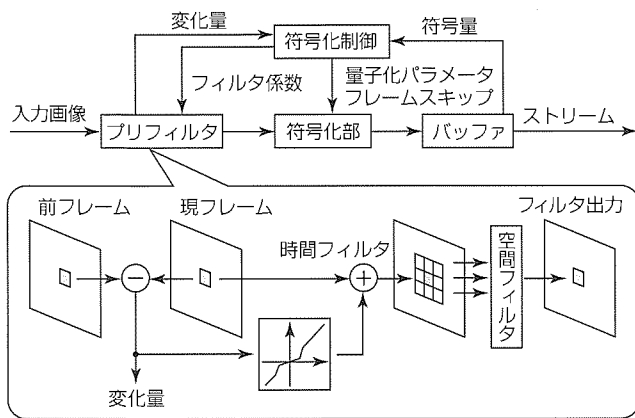


図2. MPEG-4 エンコーダの構成

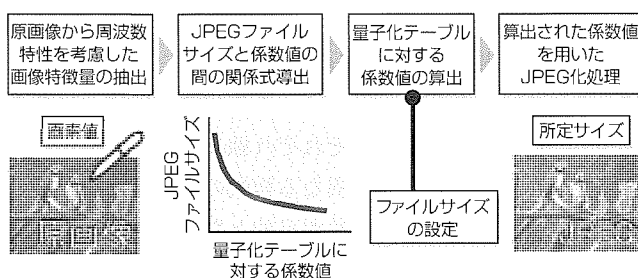


図3. JPEGファイルサイズ制御フロー

ァイルサイズに対して、標準偏差5%以内のサイズ制御を実現するものである。

3.3 AV同期再生技術

蓄積モードで保存された高画質な動画を再生する場合、撮影時の時間情報に忠実に、動画と音声の同期を維持し再生することが必要である。動画の出力タイミングは、音声の出力経過を基に制御可能である。図4に、動画デコード後の画像の表示タイミングを直接CPU(Central Processing Unit)から制御する方式を示す。この方式は、二つの特長を持っている。第1は、CPUが表示タイミングを直接制御することにより、デコードに要する処理時間の変動により発生する表示タイミングの揺らぎが大幅に軽減される。第2は、表示タイミングがマスタになるため、画像処理プロセッサに対して特別な指示を必要とせずに、“早送り”“コマ送り”などの特殊再生機能が可能となる。

4. 画像入出力デバイス補正技術

4.1 手振れ感知技術

携帯電話に搭載されるカメラの高画素化が進んでいるが、撮像素子やレンズの大きさの制限から感度は低下傾向にある。そのため、照度不足の室内撮影などではシャッター速度がますます遅くなり、手振れ写真になりやすい。特に携帯電話での写真撮影では、片手で筐体(きょうたい)を持って撮影することが多いので、シャッターボタン操作の際に筐体が揺れて、手振れ写真になることが多い。そこで、振れない鮮明な写真を容易に撮ることができる“振れ感知モード”を開発している。この振れ感知モードでは、シャッターボタンを押した際に筐体の揺れが発生しているかを判定し、揺れがある場合、その揺れの収束を判定した後に撮像を行うことで、振れない写真を撮影できる。振れ感知は、手振れ発生初期の加速度センサ出力の急峻(きゅうしゅん)な変化と、その後の周期的な変化に注目した判定を行うようにしたので、手振れの発生と収束を判定することができる(図5)。

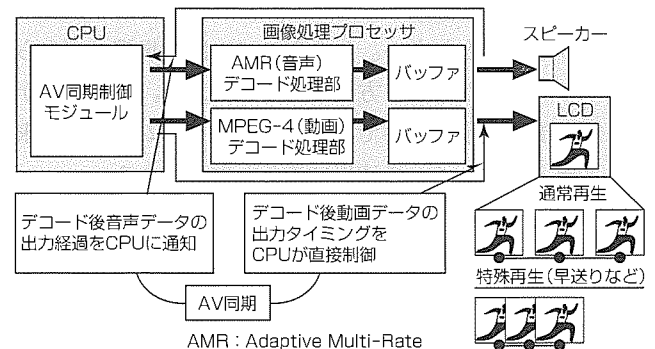


図4. AV同期再生技術

4.2 階調特性改善技術

最近の高価な薄型TVには、画面内の階調ヒストグラムを均等化することにより階調特性を改善する技術が採用され始めている。携帯電話は、LCD表示デバイスが省電力化に起因する制約があることや、屋内・屋外を問わず使用され、特に日中の屋外におけるディスプレイのコントラスト不足、また、逆光撮影による階調の白飛び及び黒潰(つぶ)れが大きいため、TVに適用している方式よりもダイナミックに視認性を改善できる方式が望まれている。

今回、上記要求を満たすために、シーンを解析した上で画面内でマッピングカーブを動的に逐次作成し階調変換を行う階調特性改善技術(図6)を開発した。この技術を用いることで、以下に示すような効果が得られる。

(1) コントラスト強調

一般的な画面内の階調ヒストグラムを均等化する方式以上のコントラスト強調効果があり、特に屋外でコントラストの低下したディスプレイにおいて、表示されている画像の認識性を向上できる。

(2) 逆光補正

逆光状態で撮影した画像に対する暗部及び明部の両方の箇所において視認性が良くなり、従来のように中間調において階調が潰れることもなく画質を改善することが可能である(図7)。また、シーン解析により、コントラスト強調と逆光補正のスムーズな切り替えが自動的にされるため、人手を煩わせずに逆光補正が利用可能となる。

4.3 NCM技術

表示画像の品質を決定する要因の一つとして、色再現性を挙げる事ができる。優れた色再現性を得るためには、色再現域が優れている(広い)のみでなく、色の割当てが適切であることも重要である。携帯電話に用いられる画像表示デバイスは、消費電力などの制約により、例えば液晶テレビなどと比較して色再現域で劣る場合が多い。しかしながら、信号処理により適切な色の割当てを行うことにより、主観的には十分な色再現性を得ることが可能となる。

当社は、独自の色変換技術であるNCMを開発し、実用化した。NCMは、新規に開発したマトリックス演算による方式であり、プリンター用の色変換方式として一般的な3D-LUT(3 Dimensional Look Up Table)と異なり大容量のメモリを必要としない。したがって、回路規模の点からハードウェア化が容易な方式であると言える。このことから、動画像の表示が必要であり、リアルタイム処理が要求されるディスプレイへの適用に適した方式である。

NCMは、無彩色データ、6つの色相領域データ、及び6つの色相間領域データを演算項としてマトリックス演算を行うように構成されている(図8)。6つの色相領域データは、それぞれ画像データ中の赤、イエロー、緑、シアン、青、マゼンタの6つの色相の色成分を表す。また、6つの

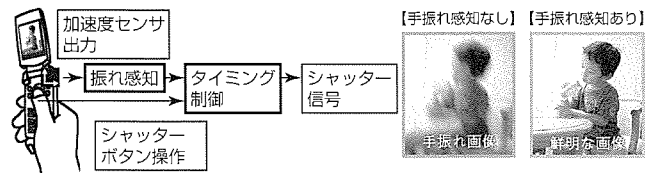


図5. 手振れ感知機能

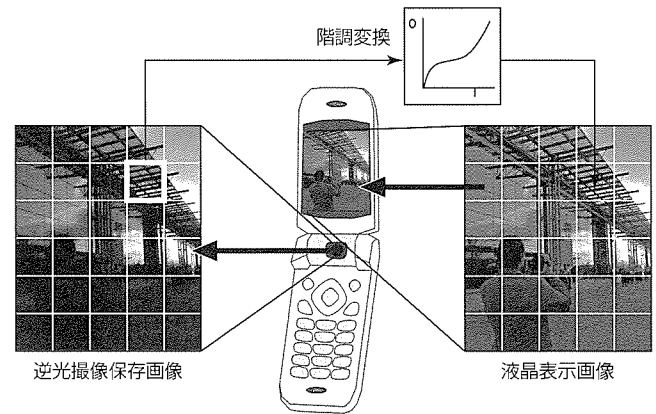


図6. 階調特性改善技術

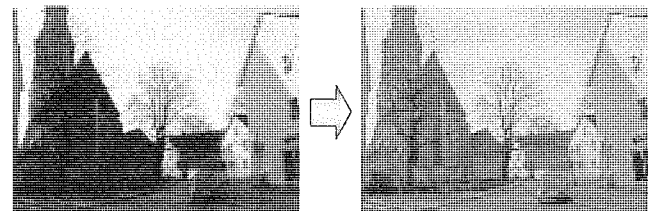


図7. 逆光補正の例(左:補正前, 右:補正後)

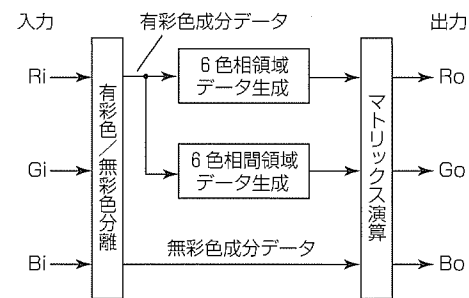


図8. NCMの構成

色相間領域データは、それぞれ上記6つの色相のうち隣り合う二つの色相の間の色成分を表す。これらを用いることにより、6つの色相領域及び6つの色相間領域における色再現(色相、彩度、明度)をそれぞれ独立に調整可能としている。したがって、色相の異なる複数の記憶色について、それぞれ独立に色再現の調整が可能となる。例えば、芝生の緑と肌色の色再現をそれぞれ独立に調整することができ、一方の色再現を改善することにより他方の色再現が劣化する

ることではない。

以上の特長により、NCMは様々な色変換特性を柔軟に実現可能とする方式である。この技術の採用により、使用する表示デバイスの特性に合わせて常に最適な色の割当てが実現可能となり、携帯電話において優れた色再現性での画像表示が実現可能となる。

5. む す び

カメラの高画素化、表示の高精細度化、モバイルデジタルTVの視聴など、携帯電話のビジュアル機能への要求は今後も尽きることがない。本文でも述べたように携帯電話特有の制約の中で、更なるビジュアル機能の進化には、性能を相い補う画像処理技術の重要性が一段と増すものと思われる。

参 考 文 献

- (1) Sugiura, H., et al.: Development of New Color Conversion System, Proceedings of SPIE, **4300**, 278~289 (2001)
- (2) 幡野喜子, ほか: W-CDMA携帯機のイメージング技術, 三菱電機技報, **77**, No.2, 146~149 (2003)
- (3) 小野良樹, ほか: 携帯電話における静止画の階調特性改善に関する一検討, 映像情報メディア学会冬季大会, 3-3 (2004)
- (4) 篠原順子, ほか: MPEG-4ビデオエンコーダにおけるシーンチェンジ検出方法の開発, 映像情報メディア学会冬季大会, 8-2 (2004)

携帯電話のモバイルカメラ技術

道盛厚司* 小守教之*
久野徹也**
的場成浩***

Camera Technology for Mobile Phones

Atsushi Michimori, Tetsuya Kuno, Narihiro Matoba, Noriyuki Komori

要 旨

三菱電機では、携帯電話用(外付け)カメラを1999年に業界に先駆けて量産化して以来、種々の携帯電話用モバイルカメラ技術を開発してきた。モバイルカメラを取り巻く環境も大きく変わりつつあり、通信レートに制限されていた画像サイズはリムーバブルメモリの搭載でデジタルスチルカメラ(DSC)同様の扱いが可能になり、撮影画像に対する高画質化の要望が高まり、特に画素数は急速に向上して2M画素記録に至った。本稿では、当社携帯電話用カメラの高画質化・高機能化を支える①レンズ系・機構系技術、②カメラDSP(Digital Signal Processor)技術、及び③絵作り技術について述べる。①のレンズ系・機構系技術では、ピント無調整の光学系、業界初の4枚非球面プラスチックレンズ系の開発等の新たな技術提案について述べる。②のカメラDSP技術では、新たに開発された高性能画像処理エ

ンジン“COLORIX”^(注1)によって実現されたリアルタイムの最大20倍までのデジタルリニアズームや、多彩な撮影モード、FOMA^(注2)機種における24フレーム/秒の“なめらかモード”に対応した撮像制御や、多様なフレームレートに対応したフリッカ低減処理技術について述べる。また、最後の③絵作り技術としては、いかなるシーンでも使いやすく、高い描写力を実現するために、低輝度部では黒つぶれなく、中間輝度部では人の肌色が明るくなる特性とし、高輝度部では白飛びを抑えた階調特性設計を行うとともに、“記憶色”に基づいた色再現性を実現することで、肌色・草木の色を“キレイ”と感じる絵作り設計技術について説明する。

(注1) COLORIXは、三菱電機㈱の登録商標である。

(注2) FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標である。

カメラモジュール

FOMA D900 i

高速画像処理エンジン
COLORIX (カラリックス)

<撮像例>
見たままの感動を伝える
豊かな描写力を実現

携帯電話のモバイルカメラ技術

周辺光量の低下や光学ひずみの少ない小型高解像度レンズと、イメージセンサから出力された生の画像に対して、色彩調整やJPEG (Joint Photographic Experts Group) 圧縮などのデジタル処理を瞬時に施す高速画像処理エンジン“COLORIX (カラリックス)”を開発し、空や人間の肌を鮮やかに写す“記憶色”を重視した色再現性と白飛びや黒つぶれの少ない優れた階調特性を実現した絵作りによって、高画質化を達成している。

1. ま え が き

携帯電話は、通話機能からEメールやインターネットアクセス機能が付加され、さらにカメラが搭載されて、新しいビジュアルエンタテインメントを確立した。モバイルカメラを取り巻く環境も大きく変わりつつあり、LCD(Liquid Crystal Display)はQQVGA(Quarter Quarter Video Graphics Array)にも満たないB/W(Black/White)からQVGA26万色となり、通信レートに制限されていた画像サイズはリムーバブルメモリの搭載でDSC同様の扱いが可能になった。また、家庭用TVへのダイレクト出力が可能になったり、Exiff2.2を具備してプリンターとの親和性も強化されつつあり、撮影画像に対する高画質化の要望も高まり、特に画素数は急速に向上して2M画素記録に至った。本稿では、携帯電話向けに開発を特化した様々な光学系技術、カメラの自動制御、画質補正・画素補間等の画像処理を担うDSP技術、及び携帯電話に適した“期待色”を実現する絵作り技術について述べる。

2. モバイル用カメラシステム

映像信号にかかわる構成図を図1に示す。当社のフラッグシップ機種に採用されている有効画素数1M PIA-CCD(Pixel Interleaved Array-Charge Coupled Device)⁽¹⁾を用いたカメラシステムを例に説明する。カメラモジュールは主に光学系、イメージセンサ、AFE(Analog Front End)、イメージセンサ駆動系(TG, V-Driver)、カメラ信号処理(Application Specific Interrupted Circuit: ASIC)、電源から成り立つ。カメラの仕様が上がるにつれ、小型化のための取り組みを行っており、それぞれのLSIは小型化のための1ウェーハによる設計や、MCM(Multi Chip Module)などによりLSIの1チップ化が進められている。現在、NTTドコモ向けに2004年に発売されたFOMA D900iでは、カメラモジュールはCCDを含め3LSI構成である。今後は、汎用性の高いシステム構成とするため、更なるLSIのインテグレーション化を進める。画像の回転、圧縮処理などは、後段のアクセラレータ及びアプリケーションプロセッサで行う。DSPでは、3.2節で後述するように、PIA-CCDの伸長処理を行い、2M画素の記録画像を実現している。ま

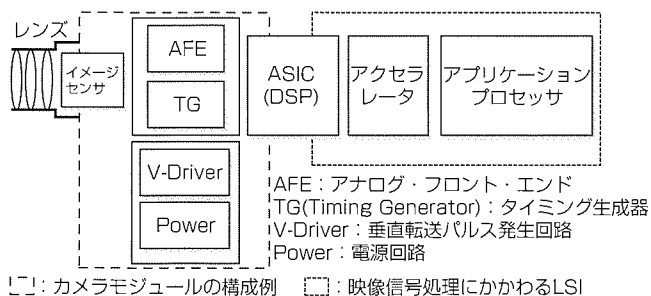


図1. 映像信号にかかわる構成図

た、カメラの自動制御についてもDSPで行っている。

3. 高画質化技術

3.1 レンズ系・機構系

携帯電話向けレンズにはDSCにはない課題が多々ある。一つは、厳しい耐環境性であり、特に落下による故障は許されない。また、大量短期生産への対応と低コストへの要求がある。調心調整などタクト時間やコストに影響を与える工程は許されにくい。筆者らは、これら携帯電話用に特化した様々な光学系を開発提案してきた。

当社初のカメラ内蔵型携帯電話ボーダフォン向けJ-D05(2001年発売)では、レンズ系のマウントをイメージセンサ面で位置決めすることで、合焦性能にかかわる誤差要素を削減し、ピント無調整の光学系⁽²⁾(図2)を、さらに、FOMA D2101V(2001年発売)では、プリズム光学系を具備した短焦点と長焦点との2方向切換え光学系を搭載した⁽³⁾。NTTドコモ向けmova^(註3) D505i(2003年発売)では、記録1.23M画素と初のメガピクセルカメラを実現するとともに、“ヨコ撮り”“SPINEYE”とDSCを想定した構造を提案するとともに、メガピクセルカメラに求められる高解像度に対応するために業界初の4枚非球面プラスチックレンズ系を開発⁽⁴⁾した。また、mova D506i(2004年発売)では、カメラ電源スイッチと連動するスライド式レンズカバー(図3)を採用して使い勝手の向上を図り、mova D505iS(2003年発売)/FOMA D900i(2004年発売)では温度特性に優れ(注3) movaは、株NTTドコモの登録商標である。

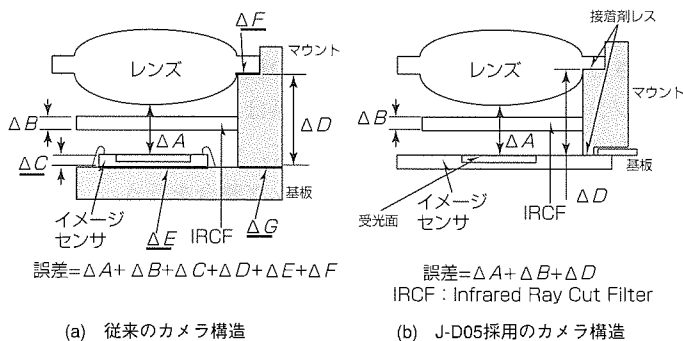


図2. 合焦性能にかかわる誤差要素

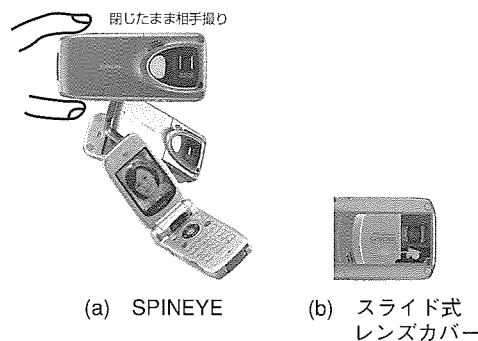


図3. ヨコ撮り携帯電話(2003~2004年)

たガラスレンズの採用など携帯電話におけるカメラの位置付けとして様々な新たな技術提案を行い続けている。

3.2 カメラDSP技術

カメラDSP部は、“撮像制御”“画像処理”及び“カメラシステム制御”の大きく3つの機能を持ち、カメラとしての画質、性能、機能を大きく左右する重要なパーツである。

撮像制御は、イメージセンサ出力信号の補正や自動制御系のフィードバック用計測処理をリアルタイムに行うためのハードウェアエンジン部と、ソフトウェアによるフィードバック制御部から構成されている。イメージセンサ出力信号補正処理の主要なものとしては、デジタルクランプ処理、欠陥画素補正処理等がある。自動制御のフィードバック用計測処理には、AE(Automatic Exposure)、AWB(Automatic White Balance)等の処理がある。これらの計測処理は、画面を複数のウィンドウに分割しウィンドウごとの計測結果や検波をリアルタイムで行う必要があるため、ハードウェアエンジンで実現している。そのほかに、蛍光灯下で発生するフリッカの検出・補正処理もある。

画像処理では、画像形成系と画質補正系及び出力制御系の処理を行う。画像形成系の代表的なものは画素補間処理である。採用しているCCDは、ハニカム配列のカラーイメージセンサである。このイメージセンサは単版式であり、出力される画像信号は各画素当たり一つの色信号となるため、画素ごとに残りの色信号を周辺画素から生成する必要がある。このハニカム配列対応の画素補間処理は、リアルタイム性が要求されるため、ハードウェアエンジンで実現している。画質補正系としては、階調補正処理、色変換処理、色補正処理、エッジ補正処理、ノイズ抑圧処理等がある。さらに、ズーム等の画像加工系の機能もハードウェアエンジンで実現している。出力制御系は、後段のシステムの入力インターフェース仕様に合わせて、処理済みの出力画像信号のフォーマット変換やタイミング整合を行う。

カメラシステム制御では、携帯電話機システム側から制御されるカメラ起動や停止、液晶上で画角確認等を行うためのプレビュー、静止画撮影、動画撮影、及び各種撮影モードに応じた設定や動作並びに応答を行う。

以上がカメラDSPとしての基本的な処理や機能であるが、携帯電話向けカメラでは、DSCと比べサイズや消費電力面の制約条件が厳しく、撮影場所や撮影条件も多様化している。また、使用シーンや用途の面でもDSCとは異なる部分があり、それらに対する配慮や最適化が必要となる⁽⁴⁾。そこで、携帯電話向けに初めてCCDイメージセンサを採用したmova D251i(2002年発売)以降、CCDイメージセンサを用いた機種では、カメラDSP部は独自の専用LSIを開発している。この機種ではハニカムCCDの特長の一つである高感度を最大限まで発揮する撮像制御機能を搭載しており、携帯電話カメラで最高の高感度性能を実現した。ま

た、ハードウェアベースのアーキテクチャで実現することで、フレームレートは20フレーム/秒の携帯電話向けカメラでは最高クラスの性能を達成した。また、初のメガピクセル機種となるmova D505iでは、DSCを意識したカメラ制御や画像処理が実現できるよう、基本性能の向上や機能追加を図り、高感度性能に加え、高画質化にウェートを置いた設計を行った。さらに、記録2M画素化となるmova D505iSでは、本格的にDSCを意識した設計思想とコンセプトを実現するため、高画質化を中心に大幅に機能や性能を向上させた。なかでも、最大20倍までのデジタルリニアズームをリアルタイムに実現するための処理⁽⁵⁾や多彩な撮影モードを実現するためのカメラ制御や画像処理機能は、携帯電話向けでありながらDSCレベルまで、その性能や機能を高めている。また、FOMA D900iでは、これまでの静止画像中心の設計から、動画対応としての機能や処理を追加している。特に、24フレーム/秒の“なめらかモード”に対応した撮像制御や多様なフレームレートに対応したフリッカ低減処理等を新たに追加搭載している。

一連のカメラDSP開発において、mova D505iS以降に搭載されているカメラ制御及び画像処理技術は、DSC向けシステムLSI開発で構築してきた技術をベースに携帯電話向けにアーキテクチャや各種処理方式の最適化を行い、COLORIXという名称で統一し、携帯電話向けカメラの高機能・高性能化を図っている。

3.3 絵作り技術

絵作りとは解像感・階調性・粒状性・色再現性特性において良好な画質を設計するための技術であり、感度・解像度などのカメラモジュールの性能を最大限に引き出す必要がある。携帯電話用カメラは、測色機ではなく、いかにキレイに撮像し、キレイに表現を行うかを目的に設計を行う。撮像した画像のキレイさを左右する機能に、階調特性、色再現性、ホワイトバランス性能、露出精度が挙げられる。ここでは、主に当社携帯電話カメラで美しい画像を実現している階調特性と色再現性について述べる。

階調特性はカメラの入出力特性であるが、見た目にも好ましくするように設計を行う。低輝度部では黒つぶれなくかつ暗ノイズを抑え、中間輝度部では人の肌色が明るくなる特性を、高輝度部では白飛びを抑えた階調特性を実現している。また、携帯カメラ向けにコントラストの高い“メリハリ”のある階調特性を実現している。

色再現性は見た目にもキレイに見えるように人間の“記憶色”⁽⁶⁾に基づいた“期待色”を実現することと、標準色空間⁽⁷⁾を考慮した設計が必要となる。期待色では肌色、草木の色をキレイと感じる色再現性としている(図4)。また、当社携帯電話ではExif2.2⁽⁸⁾に対応し、sYCCの広い色空間を考慮した設計としていることで、インクジェットプリンターで印刷したときにも広い色再現域が実現できている。さら

記憶色に基づく期待色を再現することで見た目にキレイな色再現性を実現

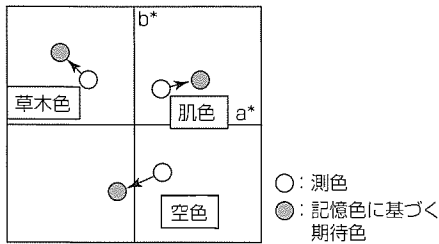


図 4. 色再現性の一例

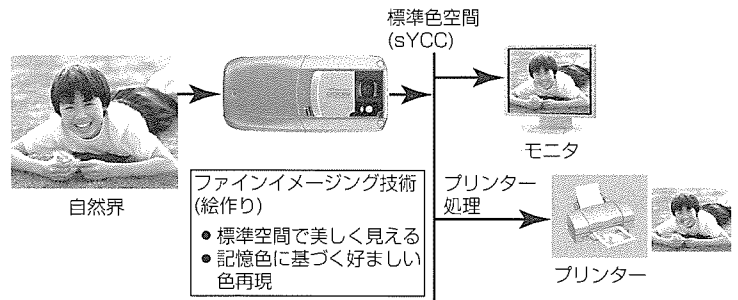


図 5. 絵作り技術

に、PIM(Print Image Matching)⁹⁾を搭載することにより、カメラモードに対応した印刷が適切に行えるようになっていく(図5)。

4. む す び

携帯電話用カメラは、だれもが予想し得なかった著しい発展をしてきた。今後も、高画質化・高機能化・小型化というハード面の向上はますます進むだろう。一方、いつでもどこでも身に付けていることから、“シャッターチャンスを逃がさない”というだけではなく、写真を“残すもの”から“送る”又は“その場で楽しむ”という新しい撮影文化も生み出している。今後も、動画機能の充実や家庭内AV機器との連携などが進むと予想される。より楽しく使いやすいビジュアルエンタテインメントを実現するキーとして、モバイルカメラ技術開発を推進することで事業の発展に貢献していく所存である。

参 考 文 献

(1) 久野徹也, ほか: 携帯電話用63万画素CCDカメラモジュールの開発, ITE Technical Report, **28**, 23, 23~26 (2004)

(2) 久野徹也, ほか: 携帯電話用小型カメラモジュールにおけるピント無調整化の開発, 映像情報メディア学会誌, **58**, No.10, 1414~1420 (2004)

(3) 幡野喜子, ほか: W-CDMA携帯機のイメージング技術, 三菱電機技報, **77**, No.2, 146~149 (2003)

(4) 的場成浩, ほか: 携帯電話向け画像処理技術とその応用, 三菱電機技報, **76**, No.8, 529~533 (2002)

(5) 青木 透, ほか: デジタルズーム画像における画素ずれの知覚評価, 電子情報通信学会総合大会, D-11-161 (2001)

(6) Bartleson, C.J., et.al.: On the preferred reproduction of flesh, blue-sky, and green-grass colors, Photo.Sci.& Eng., **1**, No.6, 19~25 (1962)

(7) 杉浦博明: てれびさろん~知らないわけではないけれど~第61回sRGBとは, なんですか?, 映像情報メディア学会誌, **56**, No.8, 39~40 (2002)

(8) JEITA CP-3451-1: デジタルスチルカメラ用画像ファイルフォーマット規格 Exif 2.21 (Version 2.2) (2003)

(9) 枝常伊佐央: デジタルカメラとプリンタの連携, 光技術コンタクト, **40**, No.5, 47~48 (2002)

携帯電話の画像活用技術

木村智広* 浅井光太郎*
山田悦久*
松田幸成*

Technologies for Image Applications on Mobile Phone

Tomohiro Kimura, Yoshihisa Yamada, Yukinari Matsuda, Kohtaro Asai

要旨

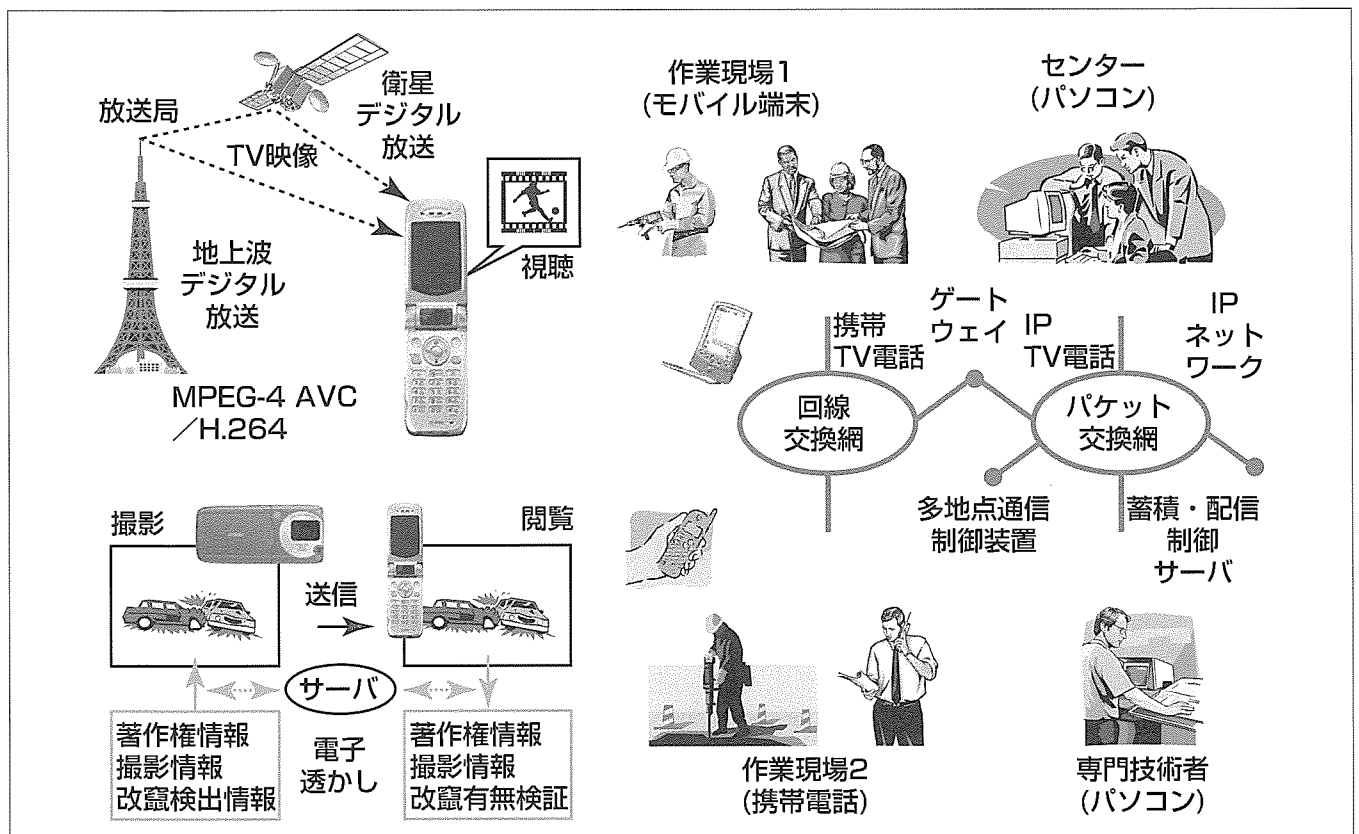
近年、携帯電話における液晶ディスプレイやカメラの高精細・高解像度化が急速に進み、携帯電話においても高品位な画像や映像を楽しむことができるようになってきた。

本稿では、携帯電話における更なる画像活用に向け、モバイル端末向けの放送技術、電子透かし技術、多地点映像コミュニケーション技術の概要と期待される利用サービスについて述べる。

モバイル端末向け放送技術では、携帯端末向け地上波デジタル放送サービスとして期待される1セグメント放送での採用が決まったMPEG(Moving Picture Experts Group)-4 AVC(Advanced Video Coding)/H.264映像符号化方式について、標準化の経緯と概要について述べる。

携帯電話向け電子透かし技術では、携帯電話上のインターネット機能による閲覧画像やデジタルカメラ機能による撮影画像に対して補助情報を埋め込む電子透かしの用途とその利用サービスを示し、今後普及が待たれる携帯電話に向けた電子透かし応用について述べる。

多地点映像コミュニケーション技術では、第三世代携帯電話上の回線交換方式の携帯テレビ電話とゲートウェイを介したパケット交換方式のIP(Internet Protocol)テレビ電話との相互接続や、多地点間映像通信により実現される遠隔業務支援や動画蓄積・配信のような新しいサービスを示し、今後の映像通信の動向について述べる。



携帯電話における画像活用技術の概要

携帯電話で画像を活用するサービスにMPEG-4 AVC/H.264映像符号化方式を採用した地上波デジタル放送や衛星デジタル音声放送があり、早期対応が期待される。また、補助情報を撮影画像に埋め込み、必要なときに画像から検出する電子透かしサービスの普及が待たれる。さらに、携帯TV電話とIP TV電話の異種間接続や多地点間で映像通信の連携を実現し、遠隔業務支援により作業の効率化を図るなどサービスの多様化が進展しつつある。

1. ま え が き

携帯電話における画像活用に向けて、液晶ディスプレイやカメラの色再現性や高精細化、動画やコンテンツの配信など、差別化のための高機能化技術の開発が急速に進められている。動画像では、モバイル端末向け放送サービスや、多地点を同時に結ぶテレビ電話も実用化されつつある。多くの携帯電話がインターネット機能やカメラ機能を持つようになり、画像コンテンツの運用促進のため、電子透かしを応用したサービスも見られるようになった。

本稿では、これらの技術概要と利用サービスについて述べる。

2. モバイル端末向け放送技術

我が国において、2004年から2005年にかけて携帯端末や移動体端末向けの簡易映像放送サービスが開始されつつある。2.6GHz帯衛星デジタル音声放送である“モバイル放送”は、2004年10月20日からMPEG-4 SP(Simple Profile)を用いてサービスを開始した。一方、電波産業会(ARIB)では、地上波デジタル放送のサービスの一部として、1セグメントテレビ放送や3セグメントラジオ放送における映像符号化方式の規格化作業を進めている。ARIBで検討されている映像符号化方式は、既に携帯電話のテレビ電話方式として利用されているMPEG-4 SPと、新しい符号化方式であるMPEG-4 AVC/H.264(以下“AVC”という。)のBP(Baseline Profile)の2方式である。この章では、AVCについて述べる。

2.1 AVCの標準化経緯

AVCは、ITU-Tの下部組織であるVCEG(Video Coding Experts Group)とISO/IECの下部組織であるMPEG(Moving Picture Experts Group)との合同プロジェクトであるJVT(Joint Video Team)の下で標準化の作業が行われ、2003年に、ITU-TにおいてはH.264、ISO/IECにおいては14496-10(MPEG-4 Advanced Video Coding)として標準が成立した。名称は異なるが同じ方式である。

2.2 AVCの方式概要

ARIBで検討されている方式はAVCのサブセットであり、使用する符号化ツールセットを定める“プロファイル”に関してはBaselineを、画像解像度やビットレートの上限を定める“レベル”については“1.2以下”と定めている。これはQVGA(Quarter Video Graphics Array)(320×240)であれば20フレーム/s以下でのサービスが可能であることを意味する。また、ビットレートについては、解像度によらず384kbps以下である。一方、放送向け用途には、余り効果が認められない符号化ツールや、復号処理が複雑になる符号化ツールに関しては、ARIBが独自に使用の禁止やパラメータに対して制限を加えている。

AVCは当初から低解像度・低ビットレートを主たるターゲットとして標準化が進められたこともあり、モバイル端末向けに使用される128~384kbpsのビットレートで符号化されるQVGA解像度について見れば、従来方式ではブロック雑音を始めとする多くの符号化雑音が避けられないシーンであっても、雑音の少ない高い品質での符号化処理が可能である。一方、復号処理は、従来の方式に比べると3倍程度の処理量を必要とするため、モバイル端末に要求される小型化・低消費電力化に対しては厳しい方式である。

これまでに、放送向け・高レート監視用コーデックであるMPEG-2やモバイル端末・低レート監視用コーデックであるMPEG-4を開発した実績を生かし、処理の高速化や移動体向け放送において問題となる電波状況の不安定性によるビット誤りへの耐性に関する技術蓄積・開発を進めている⁽¹⁾(図1)。

3. 携帯電話向け電子透かし技術

電子透かし⁽²⁾は、情報を画像に一体不可分に埋め込んでおき、必要ときに検出する技術である。主体は画像にあり、その補助的な情報を埋め込んだ後も元の画像形式を維持するため、静止画像、動画像にかかわらず、汎用デコーダで再生可能である。埋め込む情報は暗号化しておき、専用の装置やソフトウェアに暗号鍵(かぎ)を設定して検出する。この章では、電子透かしの用途とサービスについて述べる。

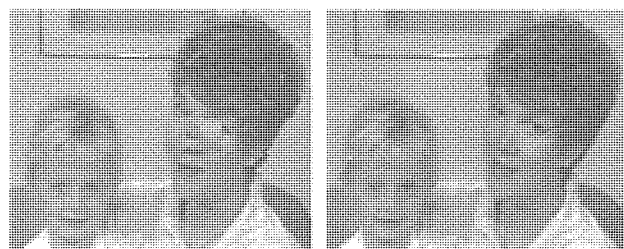
3.1 インターネット機能を利用したサービス

携帯電話のインターネット機能を利用したサービスでは、ホームページサイトの掲載画像や電子メールの添付画像からあらかじめ埋め込まれた情報を検出する形態をとる。

(1) 著作権情報の検出⁽³⁾

電子透かしは、著作権情報を埋め込むことで、その画像が正規の目的以外で無許可のまま転載されたことを検出して警告する手段となり得る。不正なコンテンツの使用・複製を未然に防ぐことはできないが、抑止効果を得るためには、適用を明示するなどユーザーの心理面への配慮も必要である。

(2) 改竄(かいざん)検出情報の検出⁽⁴⁾



(a) 参照誤り耐性方式

(b) 独自誤り耐性方式

図1. AVC/H.264誤り耐性技術の効果例

一方、監視業務のように信憑(しんぴょう)性を必要とする画像には、改竄検出情報を埋め込むことで、真正性を証明する手段となり得る。情報の埋め込みは、安全上、外部操作されないように画像撮影と同時に進行することが望ましい。

3.2 カメラ機能を利用したサービス

最近の携帯電話は、100万から300万画素の解像度を持つデジタルカメラの搭載機種が普及が進み、メタデータ情報を埋め込む次のようなサービス形態が考えられる。

(1) 撮影画像への埋め込み

携帯電話のカメラ機能で撮影した画像に、撮影場所、時刻、画像情報や撮影者が所望の情報を、電子透かしで埋め込む。自動的に埋め込めない任意の情報は、撮影時に編集入力し、又は撮影後に画像を整理する際に埋め込むことも可能である。

(2) 印刷物の撮影画像からの検出

携帯電話のカメラ機能であらかじめ電子透かしで情報が埋め込まれた印刷物や表示画面を撮影し、その画像から情報を検出することもできる。

3.3 電子透かしサーバを介したサービス形態

応用開始期の段階では、図2のように、サーバに情報を置き、又はサーバに画像を送信して埋め込みや検出処理させる形態を採れば、端末上ではサーバにアクセスするURL(Uniform Resource Locator)やIDを埋め込むぐらいで済む。サーバアクセスやサーバ維持管理のコスト負担が課題となるが、既存端末上でダウンロードアプリケーションによりサービス展開できる。

3.4 電子透かし応用への課題

携帯電話による電子透かし応用サービスとしては、印刷物からの情報検出が既に提供され始めている。

端末の処理能力は今後向上が期待できるが、当面は図2のような既存携帯電話でも対応できるサービスの実現を目指し、各電子透かし方式の開発と評価を進めている。例えば、真正性証明では、改竄の有無を判定するだけでなく、単純な2値ビットパターンをブロックを並べておくことで、検出時にその部分的な崩れ方から改竄位置まで特定できる

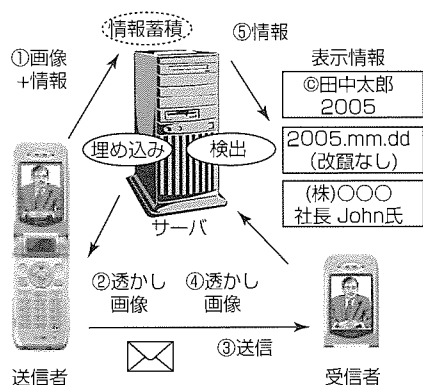


図2. 電子透かしサーバを介したサービスイメージ

方式を開発している。将来の携帯電話端末上の電子透かし処理を踏まえた処理負荷及びアプリケーション容量の軽減や、透かし強度の向上などを進めていく必要がある。

4. 多地点映像コミュニケーション技術

第三世代携帯電話におけるテレビ電話サービス(以下“携帯テレビ電話”という。)など、モバイル端末を適用した映像コミュニケーションサービスにおける関連技術とサービス利用の展開について述べる。

4.1 携帯電話を利用した映像コミュニケーション

(1) 異種通信方式テレビ電話間での通話

携帯テレビ電話は、3GPP(3rd Generation Partnership Project)で標準化された3G-324M規格に基づき回線交換方式により映像通信を実現する。一方、インターネットで利用されるIPテレビ電話は、IETF(Internet Engineering Task Force) SIP(Session Initiation Protocol)規格等に基づきパケット交換方式で映像通信を実現する。

このような、異なる通信方式のテレビ電話端末間で相互に通話するためには、呼制御手順、メディア符号化方式、伝送フォーマットなど映像通信に必要な各種プロトコルをそれぞれの規格に応じて変換する3G-324M/IPゲートウェイが必要になる。当社では、既にゲートウェイの試作を行い、携帯電話の伝送エラーに対応した誤り耐性、IP通信特有のパケットの揺らぎ吸収等も含めた総合的な技術検証を進めている。このようなゲートウェイにより、例えば、企業内のIPネットワークに収容されるIPテレビ電話端末と携帯テレビ電話端末との間で安定したテレビ電話が可能になる。

(2) 複数テレビ電話間での通話

IPテレビ電話端末を用いて複数の地点間で通信を行う場合、端末間でIPネットワーク上にメッシュ状に通信を確立し、端末のアプリケーションレベルでサービスを実現することができる。しかし、携帯テレビ電話端末では、回線交換方式による1対1の単一の通信を確立するため、多地点通信制御装置(Multipoint Control Unit:MCU)⁵⁾を用いた専用のシステムを構築することが必要になる。MCUでは、複数の携帯テレビ電話端末とそれぞれ1対1の通信を確立するとともに、各端末からの映像及び音声他端末間で共有するための映像合成、音声加算などのメディア処理を行う。また、複数端末の中から話者を検出して、話者の映像を他端末に配信する話者映像切換え等の機能も提供する。

(3) 動画コンテンツの蓄積・配信

あらかじめ蓄積サーバに登録した映像コンテンツを携帯テレビ電話端末に配信するサービスは既に利用されている。当社では、携帯テレビ電話端末からのストリームの蓄積、再配信が可能な蓄積・配信サーバを試作し、映像ストリー

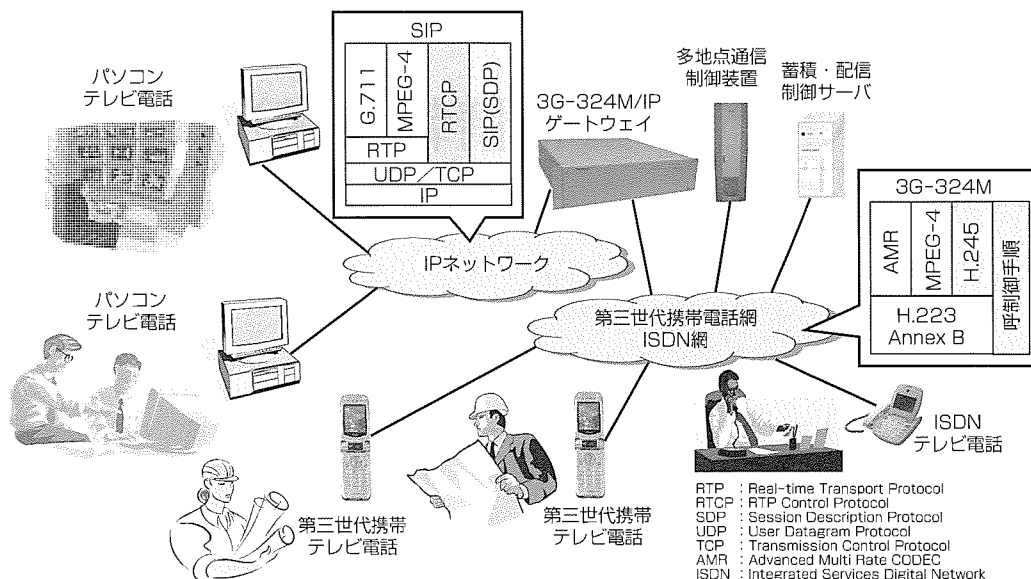


図3. 多地点映像コミュニケーションの利用例

ム処理技術の開発を進めている。さらに、さきに述べた3G-324M/IPゲートウェイ、携帯テレビ電話端末対応MCUと連携させた携帯テレビ電話とIPテレビ電話が混在可能な多地点通話システムのモデルシステムを構築し、携帯端末の特長を生かした新たな映像コミュニケーションの実現に向けて総合的な技術検証とサービス検証を行っている。

4.2 多地点映像コミュニケーション利用例

第三世代携帯電話の普及、ブロードバンド通信環境の普及によって、携帯テレビ電話、IPテレビ電話を身近に利用できる環境がオフィスや家庭などに整いつつある。映像コミュニケーション技術による新しい通信サービスの利用例を図3に示す。

(1) フィールド作業サポート

客先で保守・修理を行うフィールドエンジニアが現地で作業するとき、サポートセンター等の遠隔地から業務支援が必要なケースがある。従来であれば携帯電話による音声連絡で解決を図るところ、テレビ電話の映像によって状況を容易に説明できるとともに、多地点間通信によりトラブルの状況に応じて専門技術者を交えた対応も可能となる。

(2) 動画蓄積・配信サービス

蓄積サーバが携帯テレビ電話端末からの映像を蓄積し再送信することで、状況報告や動画メッセージ等への応用が可能になる。さらに、多地点通信との連携により、動画マニュアルを閲覧しながら専門技術者によるサポートを得る等の遠隔業務支援などへの展開も可能である。

4.3 今後の多地点映像コミュニケーション

携帯電話の進歩は目覚ましく、携帯端末による映像通信は標準サービスの一つになっている。一方で、通信の広帯域化・IP化の流れは携帯電話へも波及しており、ネットワークや端末の環境の違いを越えて、オフィスや家庭のIPテ

レビ電話端末と、屋外の携帯テレビ電話端末等による多様な映像通信サービスが現実のものとなりつつある。今後は、コンテンツ蓄積・配信等との融合により、映像通信の空間的・時間的な多様化が一層進展すると考えられる。

5. むすび

本稿では、進化する携帯電話に搭載されることが決定又は期待される要素技術として、ビデオ符号化技術AVC/H.264、電子透かし技術について述べ、マルチメディア携帯の活用として、多地点映像通信技術について述べた。携帯電話の液晶表示やカメラの高機能化に加え、サービスを実現する通信と画像の融合したサービスも進歩し続けている。画像コンテンツの運用モデルの確立も並行して重要であるが、放送、蓄積・配信の要素技術を蓄積し、多様化するサービスに対応しつつ、新しいサービスについても提案していきたい。

参考文献

- (1) 関口俊一, ほか: AVC/H.264符号化における誤り耐性の評価, 映像符号化シンポジウム(PCSJ), 5~14 (2004)
- (2) 松井甲子雄: 電子透かしの基礎—マルチメディアのニュープロテクト技術—, 森北出版 (1998)
- (3) 和田 稔, ほか: ライブ映像配信における電子透かしの利用, 映像情報メディア学会 年次大会, 11-7 (2004)
- (4) 伊藤 浩, ほか: JPEG画像の真正性を証明する電子透かしの方法, 電子情報通信学会 総合大会, D-11-33, 33 (2003)
- (5) 坂井正尚, ほか: モバイルマルチメディア多地点通信システム, 三菱電機技報, 78, No.2, 135~138 (2004)

セキュリティ技術 (携帯個人認証, 携帯情報保護)

米田 健*

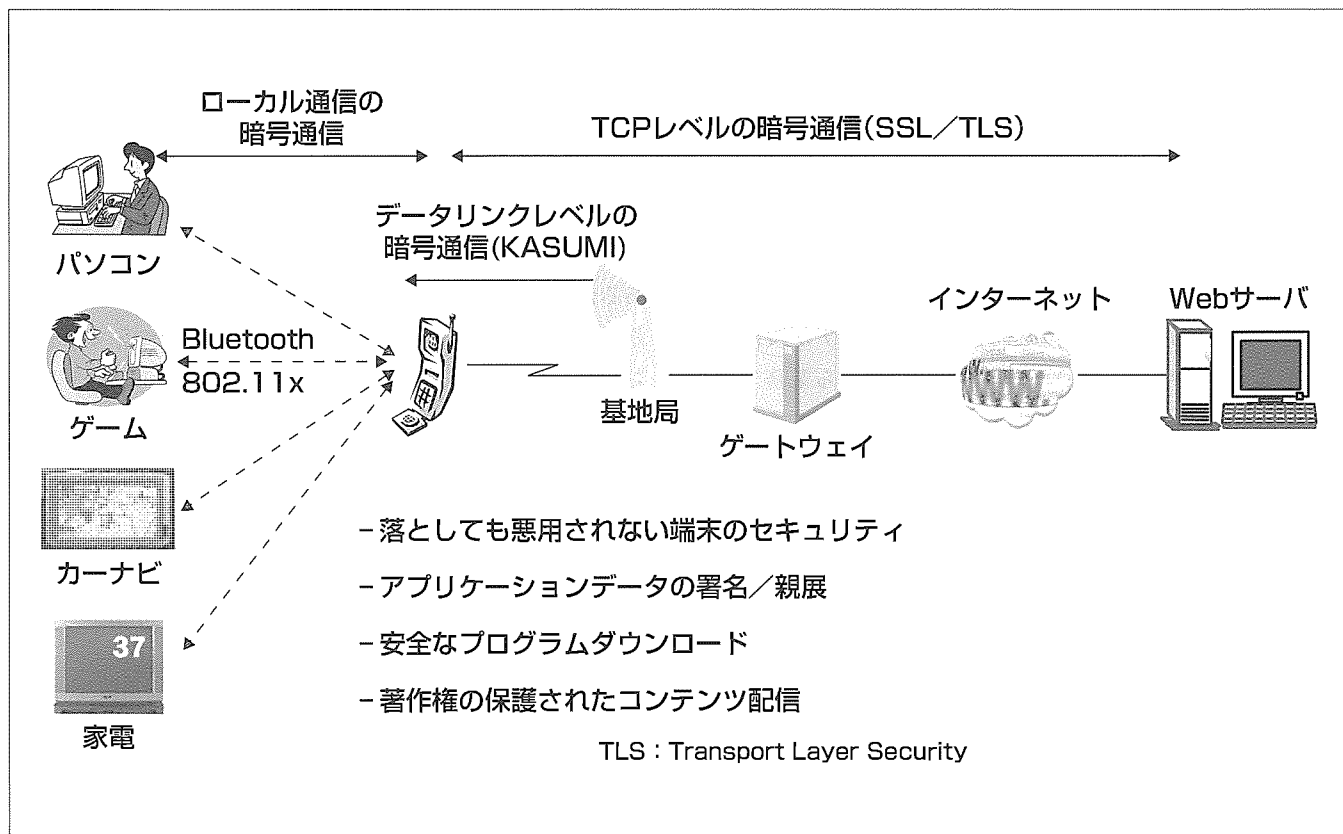
Information Security Technologies for Mobile Phones (User Authentication and Information Protection for Mobile Phones)
Takeshi Yoneda

要 旨

携帯電話の進歩は著しい。携帯電話には“話す”という基本機能だけでなく、インターネットブラウザ、メール機能を備えるようになった。そして、第三代携帯電話が普及し始めた今日では、デジカメ、テレビ、ラジオ、音楽再生、財布の機能まで備えつつある。

しかし、携帯電話の高機能化は、セキュリティの脅威を増大させる。主な脅威としては、通信データの盗聴、改ざん、なりすまし、オンラインコマースの取引の否認、悪性プログラムのダウンロード、コンテンツの不正コピー、落としたときの悪用、等が挙げられる。そこで、これら脅威から携帯電話を守るセキュリティ機能を組み込むことが必要となる。三菱電機は、第三代携帯電話のW-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access)方式におけ

る携帯電話と網間の無線通信の暗号化に、“MISTY”をベースとした“KASUMI”を導入することに成功した。これは、第三代携帯電話で装着が不可欠となったICチップ：UIM (User Identity Module)のデジタル署名機能を利用した、携帯電話上のブラウザとインターネット上のWebサーバの間の認証暗号通信である、SSL (Secure Socket Layer)のクライアント認証のフィジビリティを他社に先駆けて実証した。今後は、通信の上位となるアプリケーションが扱うデータに対するセキュリティ機能、携帯電話にダウンロードされるプログラムやコンテンツに対するセキュリティ機能が強化される方向に技術は進歩していくと考えられる。



携帯電話に適用されるセキュリティ技術

携帯電話のセキュリティの適用先は、通信とアプリケーションに分類できる。通信としては、データリンクの通信、End-to-endのTCP (Transmission Control Protocol)レベルの通信、ローカルな機器との通信が、また、アプリケーションとしては、落としても悪用されないセキュリティ、アプリケーションデータの署名/親展、安全なプログラムダウンロード、著作権の保護されたコンテンツ配信が挙げられる。

1. ま え が き

携帯電話は、話すツール、インターネット端末として広く普及し、今日では、デジカメ、放送受信、音楽再生、財布の機能を持つように進化してきている。携帯電話の進化に伴って携帯電話に必要なセキュリティも、無線通信のセキュリティやインターネット上のデータ通信のセキュリティからアプリケーションのセキュリティへと要求が進化してきた。

本稿では、携帯電話の通信のセキュリティとして、三菱の暗号技術KASUMIの適用された端末と網間の認証暗号通信及び他社に先駆けて実装フィジビリティを確認したSSLクライアント認証について述べる。次に、試作で取り組んできたアプリケーションのセキュリティについて述べる。最後に、今後の課題となる高度なセキュリティについて述べる。

2. 通信のセキュリティ

2.1 携帯電話と網間の暗号通信

携帯電話と網間は傍受が容易な無線通信である。したがって、盗聴防止のための暗号化が不可欠である。また、端末のなりすまし、網のなりすましを防止するために、携帯電話と網間で相互認証を行う必要がある。

当社のKASUMIは、次世代移動体通信方式であるW-CDMAにおける携帯電話と網間の無線通信の暗号アルゴリズムとして採用された。

2.1.1 KASUMI

KASUMIとは、MISTYの技術をベースに、移動体通信機向けに低消費電力ですむよう改良した共通鍵(かぎ)暗号方式である。

3 GPP(The 3rd Generation Partnership Project)から暗号設計依頼を受けたETSI(European Telecommunications Standard Institute)の暗号専門家グループ“SAGE(Security Algorithms Group of Experts)”が、MISTYをベースとした暗号開発を決め、SAGEに当社の技術者が加わって完成させた。名称はMISTYを和訳して付けた。

強力な暗号解読法である線形解読法に対して安全であることが証明されており、10年以上の使用に耐え得る安全性の高さが評価された。

2.1.2 携帯電話と網間の認証暗号通信

KASUMIが利用される3 GPPで規定された携帯電話と網間の認証暗号通信の概略を図1に示す⁽¹⁾。

携帯電話と網は、鍵(KID)及びシーケンス番号(SEQ)を共有している。SEQは相互認証実施ごとにインクリメントされる。携帯電話と網間の認証暗号通信は二つのフェーズから構成される。相互認証フェーズとデータ通信フェーズである。相互認証フェーズでは、携帯電話は網に対し携

帯電話の識別子(ID)を通知する。IDを入手した網は、IDから携帯電話の持つ鍵(KID)とSEQを特定する。そして、携帯電話に対して、乱数Rと、SEQに対するKIDによるメッセージ認証子MAC(Message Authentication Code)を送付する。

携帯電話は、保持するSEQのMACをKIDから生成し、送付されたMACと比較する。一致することで網の認証を行う。また、携帯電話は送付されたRに対してKIDによる暗号化E(R)を施し網に送付する。網は、送付したRにKIDによる暗号化を施し、送付されたE(R)と一致することで携帯電話の認証を行う。このようにして、携帯電話と網の相互認証が完了する。相互認証後データ交換フェーズが開始される。このフェーズでは、送付するデータはMACが付与されて、その後、暗号化されて相手に送られる。データを受信側は、復号後MACを検証することで、盗聴・改ざんがないこと、送付元が正しい相手であることを確認する。

KASUMIは、データ通信フェーズのMACの生成・検証、データの暗号化/復号に用いられている。

2.2 携帯電話とサーバ間の暗号通信

iモード^(注1)の普及により、携帯電話のWebブラウザ機能が基本的な機能となった。携帯電話とWebサーバ間の通信は大きく以下の二つの区間に分けられる。

(1) 携帯電話-網

(2) 網-Webサーバ

(1)の区間の通信はKASUMIによって保護されている。(2)の区間の通信はインターネットを経由するので盗聴・改ざん、なりすましの脅威がある。したがって、セキュリティによる保護が必要である。

携帯電話とWebサーバ間にEnd-to-endの認証暗号通信を導入することで、(2)の区間も含めたセキュリティを確保できる。このEnd-to-endの認証暗号通信としてSSLが一般的に用いられる。

2.2.1 SSL

SSLは、Netscape社によって規定された暗号通信プロトコルである。SSLには、サーバ認証機能とクライアント認

(注1) iモードは、(株)NTTドコモの登録商標である。

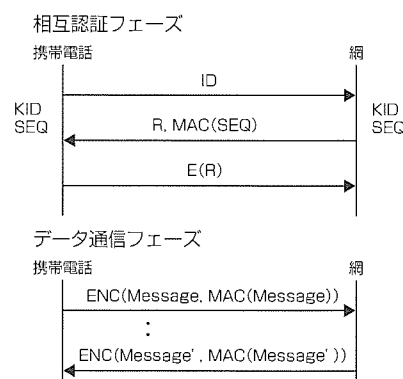


図1. 携帯電話と網間の認証暗号通信

証機能が含まれている。サーバ認証では、クライアント(携帯電話)は、サーバの認証を行うが、サーバは、クライアントの認証は行わない。一方、クライアント認証では、サーバとクライアントは相互認証を行う。クライアント認証を実現するためには、クライアントが証明書を保持し、デジタル署名を生成する機能を持つ必要がある。証明書保持とデジタル署名の生成に、ドコモ社の次世代移動体通信サービス“FOMA^(注2)”では、携帯電話に装着されるFOMAカードを用いる。

2.2.2 SSLハンドシェイク概要

SSLハンドシェイクは図2に示したように以下のような手順で実施される。

(1) ハンドシェイク開始メッセージの交換

クライアントとサーバ間でハンドシェイク開始メッセージの交換をする。

(2) サーバはクライアントに自分の証明書を送付する。クライアントは、サーバの証明書を検証(サーバ認証)。

(3) クライアントは秘密情報を生成し、サーバの証明書に含まれる公開鍵で暗号化し、サーバに送付する。

サーバは、暗号化された秘密情報を秘密鍵で復号する。この時点で、クライアントとサーバは、秘密情報と上記(1)で交換した乱数から共通のセッション鍵を生成する。

(4) クライアントはサーバに自分の証明書及びその証明書で検証できるデジタル署名をサーバに送る。サーバは、クライアントの証明書を検証後、その証明書を利用してデジタル署名を検証する(クライアント認証)。

(5) ハンドシェイク完了メッセージを交換する。

(6) サーバとクライアントは、上記(3)で共有したセッション鍵を用いて共通鍵暗号による暗号通信を行う。

(7) 暗号データ通信終了メッセージを交換して、SSL通信を終了する。

2.3 ローカル通信のセキュリティ

赤外線やBluetooth, 802.11b等の携帯電話は、ローカルな無線通信のインタフェースを装備し始めた。ローカル無線通信インタフェースが備わることで、携帯電話は、遠く離れた相手ではなく、身の回りの相手と容易に通信できるようになる。ローカル通信の認証暗号通信として、Bluetooth, 802.11bは、それぞれ、共通鍵ベースの認証、公開鍵ベースの認証方式が定められている。共に、認証後は、共通鍵を用いた暗号通信が行われる。

3. アプリケーションのセキュリティ

携帯電話が通信相手のアプリケーションに渡すデータ、及び携帯電話が通信相手のアプリケーションから受け取るデータに対してセキュリティが必要な場合がある。この章では、アプリケーションのセキュリティについて、①否(注2) FOMAは、(株)NTTドコモの登録商標である。

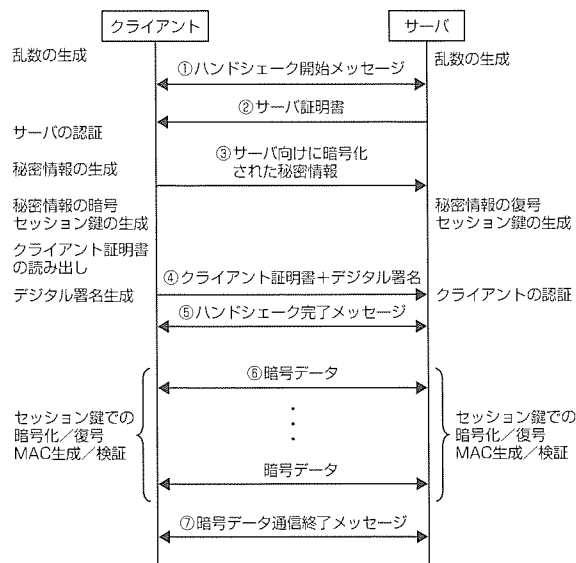


図2. SSLハンドシェイクの概要

認防止のためのデジタル署名、②ダウンロードするプログラムの正当性を保証するデジタル署名、③コンテンツの再生の権利を付与するライセンス鍵の配送について述べる。

3.1 否認防止のためのデジタル署名

否認とは、オンラインショッピングにおいて商品購入者が注文後に“注文していない”と主張したり、プライバシー情報の提供を、承諾後に、後から承諾していないと主張したりするように、いったん成立した契約を不当に無効にする行為である。オンラインショッピングなどオンラインコマースシステムは否認が可能であると正常に機能しない。否認を防止するためには、注文内容や承諾内容に利用者のデジタル署名を付加させ、デジタル署名付きの注文内容、承諾内容をデータベースに保存する(図3)。検証が成功するデジタル署名を作成できるのは秘密鍵を保持する本人のみだからである。否認防止のためのデジタル署名の利用は、XML Signature^(注2)により今後促進されると思われる。XML Signatureは、XMLで表現される注文内容や承諾内容に対してデジタル署名を付加する場合のデジタル署名の生成の仕方及びデジタル署名の表現形式を規定している。

3.2 プログラムの正当性を保障するデジタル署名

携帯電話上で動作するソフトウェアを携帯電話に追加できるようになってきた。追加されるソフトウェアの代表例はJava^(注3) Applicationである。Java Applicationの実行環境が、ダウンロードされたJava Applicationの不当な振る舞いを防止する機能を持っているからである。一方、クワルコム社が推進するBREW(Binary Runtime Environment for Wireless)では、携帯電話に内蔵されているネイティブのアプリケーションのようにハードウェア機能へのアクセスを許されたネイティブアプリケーションをダウンロードすることができる。ダウンロードされるネイティブ(注3) Javaは、米国サン・マイクロシステムズ社の登録商標である。

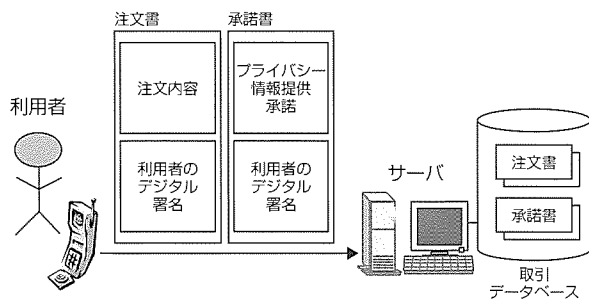


図3. 否認を防止するデジタル署名

アプリケーションの正当性を保障する仕組みとして、デジタル署名が用いられる。ダウンロードされるアプリケーションは、事前に厳重に審査され、審査にパスしたアプリケーションに対して審査機関がデジタル署名を付与することで、正当な機関によって審査されたこと、アプリケーションに改ざんがないことが保証される。BREWでは、クアルコム社が検査機関の役割を担っている。

3.3 著作権保護のための安全な鍵配送

携帯電話で、壁紙や着メロ、着歌など不正コピー防止が必要なコンテンツを購入する機会が増えてきた。現状では、携帯電話に取り込まれた著作権保護が必要なコンテンツは外部に取り出せないようになっている。しかし、今後機種変更時のコンテンツの移動や限定された複数の機器でのコンテンツ共有を可能とするためには、コンテンツを暗号化する仕組みが適している。つまり、コンテンツをコンテンツ鍵で暗号化し配布後、コンテンツ鍵を、再生する権利を持つ所有者の端末のみが復号できるように暗号化して配布する。権利の所有者は、コンテンツは得ることができるが、コンテンツ鍵は知ってはいけない点が、通常の暗号メール等の親展と異なる。

4. 今後の課題

4.1 落としても安心セキュリティ

携帯電話の財布化と身分証明書化が進めば進むほど、落としたときに不正に利用された場合のダメージが大きくなる。したがって、落としたときに不正に利用されない仕組みが重要となる。遠隔からの電話によりロックする機能の搭載機種が登場しているが、落としてから気付くまでの時間の不正使用は防止できない。普段の利用時の操作性を損なうことなく、落として他人が利用しようとしたときには、使用者が本人でないことを瞬時に把握して使用禁止とする仕組みが必要となる。

4.2 自動的な鍵の選択

携帯電話のICチップであるUIMや二つ目の内蔵ICチップ

(注4) FeliCaは、ソニー(株)の登録商標である。

(注5) iPodは、米国アップルコンピュータ社の登録商標である。

(例：ドコモ社FOMA端末に搭載されたFeliCa^(注4)チップ等)や、外部メモリのスロットに装着されるICチップには、認証暗号通信やアプリケーションのセキュリティに利用される鍵が多数格納されることが予想される。これらの鍵のどれを使えばよいかは、ユーザーの操作性を低下させないために、コンテキストに応じて自動的に選択されるようにすべきである。

そのためには、以下2つのアプローチがある。

- (1) 一つのアプリケーションに複数の鍵が対応づけられていて、鍵が、アプリケーションの利用される状況に応じて自動的に選択される。
- (2) 一つのアプリケーションに一つの鍵が割り当てられていて、アプリケーションが状況に応じて自動的に選択される。

上記を実現する携帯電話のソフトウェアアーキテクチャを特定する必要がある。

4.3 制限のゆるいコンテンツ配信

アメリカにおけるiPod^(注5)の成功例に見るように、購入時に利用した端末のみでしか再生できないという強い制限のあるコンテンツ配信方式を緩めて、複数の機器で再生できるようにすることがコンテンツビジネスの普及に必要との認識が広まりつつある。携帯電話で購入した音楽を家族で共有できたり、車でも聞けたりするようになると、料金に割安感ができてコンテンツ購入が促進される可能性がある。

総務省も、著作権者らが認めた範囲内で、購入した動画を家庭内テレビで視聴できるようにするための技術開発に着手し始めた。家族の携帯や自分の機器という範囲内でコンテンツの正当なコピーを許可する技術は、DRM(Digital Rights Management)の新しい要件として着目されるだろう。

5. むすび

携帯電話のセキュリティ技術を、通信のセキュリティとアプリケーションのセキュリティに分類して記述した。今後は、携帯電話の落としたときのセキュリティ、携帯電話に格納された鍵の状況に応じた自動選択方式、使用制限のゆるいコンテンツ配信方式など高度なセキュリティのテーマに取り組む予定である。

参考文献

- (1) 3 GPP TS 33.102 V6.2.0 (2004-9)
- (2) RFC3275 ML XML-Signature Syntax and Processing, D. Eastlake 3rd, et al. (2002-3)

携帯電話の生体認証技術

Biometrics Identification Technology for Mobile Phone
 Manabu Hashimoto, Shoji Tanaka, Kouichi Sasakawa, Jay Thornton

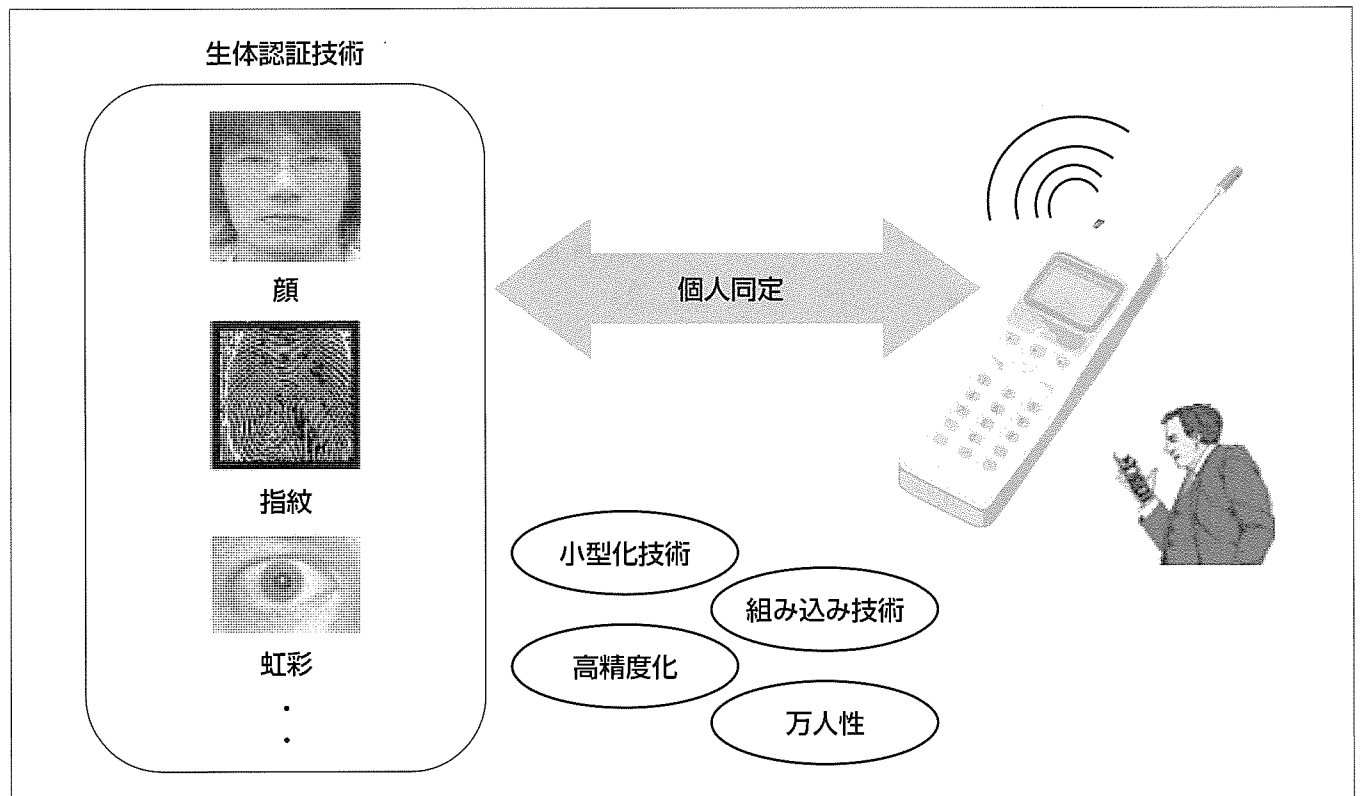
要 旨

携帯電話は、多数の人とのコミュニケーションツールとして、電話番号、メールアドレス等の個人情報を常に内包している総合情報端末としての側面があるのみならず、最近では、インターネットアクセスによる電子商取引はもとより、非接触ICによる電子マネー機能の搭載など、多機能化・高付加価値化が進んでいる。そのため、万一の紛失、盗難や不正利用に対するリスクも非常に増大しており、これらを防止するためのセキュリティ技術が不可欠になってきている。

携帯電話の主なセキュリティ機能として、これまでは数けたのパスワードによる使用制限機能が搭載されてきたが、このようなID番号による本人認証では、いわゆる“なりすまし”があり得ることから、使用者が正しく本人であることを確実に証明する手法として、人間の生物学的な特徴を

利用した生体(バイオメトリクス)認証技術が注目されている。生体認証技術としては、古くから研究、実用化されている指紋のほか、声紋、顔、指や掌の静脈パターン、手や耳の形、虹彩(こうさい)や網膜パターン、筆跡、歩行パターンなど多様な生体情報にかかわる認証技術が開発されており、利便性を重視した方式、認証率の高さを重視した方式など、様々な用途に展開されている。携帯電話への搭載においては、生体情報を入力するためのセンサの大きさや、認証演算処理のためのCPUリソースに制約があるため、これらを考慮した設計・開発が必要となる。

本稿では、センシング技術の観点から一般的な生体認証技術について概観するとともに、最もポピュラーな認証技術として、人間の顔、及び指紋を用いた携帯電話のための個人認証技術の当社の取り組みについて述べる。



携帯電話と生体認証技術の接点

人間の身体的特徴を用いて本人を同定する生体認証技術としては、顔、指紋、声紋、指や掌の静脈パターン、手や耳の形、虹彩、筆跡などがある。携帯電話への適用に際しては、多様な環境で使用するための照明ロバスト化や高精度化はもとより、センサ(入力デバイス)を含めた小型化、また、だれもが手軽に使える“万人性”が重要となる。

1. ま え が き

近年、携帯電話の機能は、単なる通話やメール送受信だけでなく、インターネットアクセスによる商品の購入、資金の決済や、非接触IC内蔵による電子マネー機能など、ますます多機能化・高付加価値化していることから、紛失、盗難や不正利用の防止のために、人間の生体情報(バイオメトリクス情報)を利用した生体認証の搭載が検討されている。

本稿では、センシング技術の観点から、一般的な各種生体認証技術について概観するとともに、最もポピュラーな認証技術として、人間の顔、及び指紋を用いた携帯電話のための個人認証技術に対する当社の取り組みについて述べる。

2. 生体認証技術の概要

人間の生体情報を用いた認証技術としては、古くから研究、実用化されている指紋のほか、声紋、顔、指や掌の静脈パターン、手や耳の形、虹彩や網膜パターン、筆跡、歩行パターンなど多くの種類がある。生体認証技術は、主として顔や虹彩など非接触で情報取得できるもの、指紋や静脈など接触が必要なものの2種類があり、一般には接触式の方が安定した認証精度を持つとされる。表1に、各種生体認証の一般的な特徴を示す。生体認証では、本人拒否(False Reject:FR)率、及び他人受け入れ(False Accept:FA)率のほか、ユーザーに簡便に利用してもらえるかどうかの“受容性”も重要なファクタである。

3. 携帯電話への顔認証技術の応用

3.1 携帯電話顔認証の技術課題

携帯電話は屋外屋内を問わず様々な環境で利用されることから、任意の照明環境においても適切に動作する必要がある。また、利便性を考慮した場合、少なくとも現在のPIN(Personal Identification Number)コード(4けたの数字)を入力する時間程度で処理が完了する必要があると考えられる。ここ数年、携帯電話ハードウェアの高速化が進んでいるものの、汎用パソコンの性能と比べると未だ比較

表1. 各種生体認証の特徴

生体情報	FR率 (%)	FA率 (%)	ユーザー受容性	コスト
指紋	~1	~0.1	○	◎
顔	1~	1~	◎	○
声	3~	3~	◎	○
掌形	1~	1~	◎	○
静脈	0.1	0.01	○	△
虹彩	0.1	0.001	○	△
筆跡	1~	1~	◎	○

にならないほど非力であり、また、アプリケーションが使用可能なメモリにも制約があるため、パソコンのように十分なワークメモリを確保することは困難である。以上から、①任意照明条件への対応、②高速化及び省リソース化が携帯電話においては特に重要な技術的課題となる。

3.2 顔認証アルゴリズムの概要

ここで、今回試作した顔認証アルゴリズムの概要を、図1を用いて説明する。開発したアルゴリズムは、画像から顔領域を検出し、検出した顔領域からさらに目の領域を検出し、両目の位置と両目間の距離を用いて顔領域の大きさと位置を正規化して切り出し、携帯電話に登録された画像と比較することにより認証を行う。このアルゴリズムの顔領域検出、両目検出、登録画像とのマッチングは、すべて、図に示すRectangle Feature⁽¹⁾と呼ばれる特徴量を用いて行う。顔及び両目の検出は、Rectangle Featureを複数組み合わせ合わせて構成した識別器を画像に適用して行う。図2に特徴量の一例を示す。

3.3 任意照明条件への対応

顔認証の精度に影響を与える主要因の1つに、照明の方向に応じて顔上に生じる影がある。そこで、影の影響を抑えて画像のコントラストを正規化する手法を開発した。開発した手法は、図3に示すとおり、まず、画像を対数変換し、暗い部分の画素値を上げる。次に、その画像を微分し、左右非対称でかつ強いエッジ(影の部分)を削除する。最後に、微分画像を積分することにより影の影響が少なく、

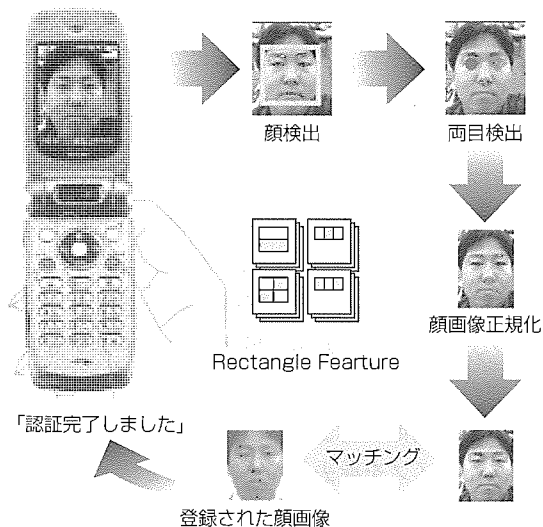


図1. 顔認証処理の流れ

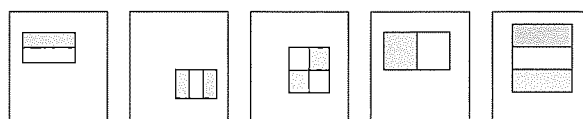


図2. 特徴量の一例

かつ、コントラストを正規化した画像を得る。この正規化処理を図1における“顔画像正規化”プロセスに導入することにより、認識精度を向上させた。

3.4 高速化及び省リソース化への対応

顔領域検出及び両目検出は、入力画像からスケールの異なる複数の解像度画像を生成し、生成した各画像に対して大きさが固定(24×24画素)の探索窓を走査しながら前記識別器を適用する。携帯電話の顔認証の場合、画像中に存在する顔は一つで、かつ、携帯電話を持って撮影する場合の顔の大きさはある程度予測可能である。したがって、想定される最大の顔を検出するのに適した解像度、つまり、解像度の最も小さい画像から検出処理を実行し、検出された時点で処理を中断することで処理効率を大幅に向上させた。また、両目の検出は、検出した顔の大きさから目の検出に適した解像度を予測し、かつ、両目が存在する範囲に処理を限定することで処理量を大幅に削減した。さらに、正規化処理においては、0～255の画素値に対応する対数値をルックアップテーブルとすることにより対数変換処理の高速化を図った。

次に、検出及びマッチングで用いる識別器のデータサイズは、顔検出用が500kバイト程度、両目検出用が200kバイト程度、マッチング用が50kバイト程度である。これらのデータをすべてヒープメモリにロードしてしまうとデータだけで750kバイト程度消費してしまうため、各データを圧縮し、特に顔検出用のデータは分割して圧縮し、各処理実行時に必要なデータのみヒープに展開して利用するようにした。これにより、アプリケーション全体のメモリ使用量を500kバイト程度に抑えることができた。

4. 携帯電話への指紋認証技術の応用

4.1 指紋照合アルゴリズムの概要

指紋認証で利用される代表的な指紋照合方式として、隆線の端点(隆線が途切れる点)や分岐点(隆線が枝分かれする点)を特徴点として、その座標や角度を用いる特徴点マッチング方式が挙げられる。特徴点マッチング方式の一般的な処理の流れは以下のとおりである。

- (1) 入力指紋画像に含まれる、かすれやつぶれ、しわ、傷といったノイズを除去しながら隆線を復元する。
- (2) 復元した隆線を二値化・細線化した後、特徴点を抽出

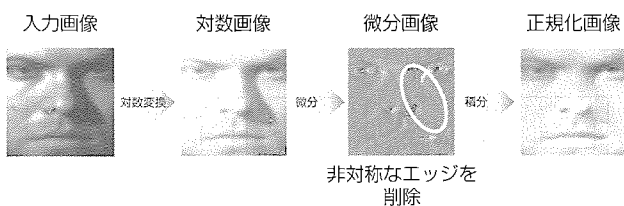


図3. 画素の正規化 (Yale大学FaceDB画像による)

- する。
- (3) 抽出された特徴点の座標や特徴点付近の隆線の角度を用いて、登録指紋との類似度合いを計算し、類似度合いが一定値を超えれば本人と判定する。

当社の指紋照合方式もこの特徴点マッチング方式であるが、この特徴点マッチング方式では、いかにして本当の特徴点を正確に抽出できるかがその認証性能を左右する。このため、上記流れの中で(1)の隆線を復元する処理(隆線復元処理)が最も重要となる。以下では、まず、当社の指紋照合方式における高性能の隆線復元処理⁽²⁾について紹介する。

4.2 隆線復元処理

指紋画像には、指表面の状態によって、例えば乾燥肌によるかすれ、多汗によるつぶれ、しわや傷による隆線の途切れといったノイズが多く含まれるが、このようなノイズはその時々で変化するため、指紋が登録できなかったり、登録はできてはなかなか認証されないという事態を引き起こす。そこで、このような指紋画像に対して隆線復元処理を施し、一生変わることのない指紋本来の隆線パターンを正しく復元すると、上記のような“本人拒否”を防ぐことができる。

隆線復元処理として、“並行隆線フィルタ”⁽²⁾と呼ぶ新しい手法により指紋隆線の構造的特徴である並行性に着目した高い隆線復元能力を引き出している。すなわち、指紋隆線は基本的に並行な線で構成されており、しわ等のノイズは並行していないので、周辺に複数本並行した線が存在しているときに隆線として抽出し、並行した線が周辺に存在しない場合はノイズとして除去する。このように、並行性をもって隆線とノイズを区別しながら隆線のみ復元していくため、従来登録・照合しづらかったかすれた指紋やつぶれかけた指紋でも強力に隆線を復元できる。図4に処理

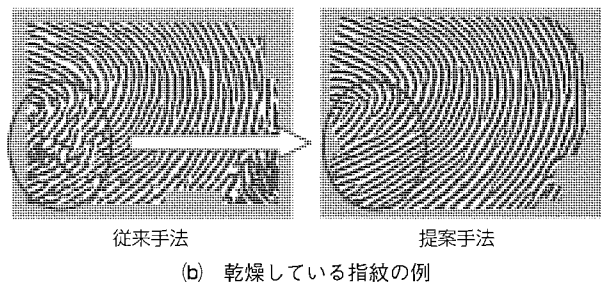
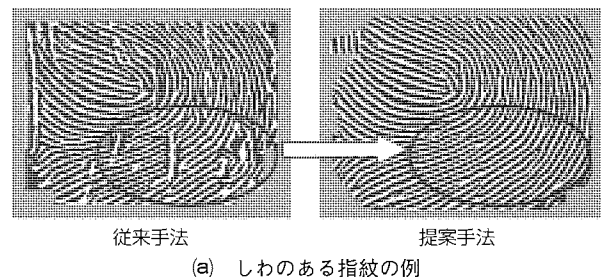


図4. 並行隆線フィルタによる処理結果

結果を示す。上段はしわのある指紋、下段は乾燥している指紋である。

4.3 携帯電話への応用

携帯電話の普及とともに多機能化が進んでおり、不正アクセス防止のためにバイオメトリクスを搭載した携帯電話が各社で検討され、一部で既に製品化されている。それに伴い、携帯電話に搭載することを目的とした小型の指紋センサが次々と発売されている。この分野で主流となっているのは、スイープ型と言われるライン状のセンサで、ユーザーがセンサを指でなぞることによって指紋の部分画像を複数枚取得し、これを二次元画像に再構築し、照合を行うものである。

4.3.1 スイープ型指紋センサの課題

スイープ型指紋センサで得られる画像と二次元指紋センサで得られる画像を比較すると、スイープ型は小型、残留指紋が残らない、低価格、指の回転が少ないなどのメリットがある。しかし、きれいな指紋画像を得るまでにはユーザーの習熟が必要である。また、画像処理においては、二次元指紋センサと比較すると、下記のような課題がある。

- (1) 部分画像から二次元画像の再構成が必要である。
- (2) 指の関節等の不要部分を除去する必要がある。
- (3) 画像の縦サイズが毎回変動するため、特徴抽出時の処理領域や照合時の探索範囲を変動させる必要がある。

4.3.2 画像再構成アルゴリズム

部分画像から二次元画像を再構成する処理アルゴリズムの概要⁽⁹⁾は以下のとおりである。

- (1) 部分画像を複数枚取得した後、部分画像ごとのコントラストと複数枚ごとのコントラストを計算しておく。
- (2) 連続した部分画像間の位置合わせを行い、ずれ量 $[\Delta x, \Delta y]$ を求める。
- (3) コントラストが低いときには位置合わせに失敗することがあるが、コントラスト値を参照しながら指のスイープ速度が連続するようにリラクゼーション法でずれ量 $[\Delta x, \Delta y]$ を補正する。
- (4) 位置合わせで求めたずれ量を基に部分画像を重ね合わせて二次元画像を作る。

ここで、精度を向上させるためサブピクセル単位での位置合わせを行うようにした。また、位置合わせには画像間差分の総和が最小になる位置を最も一致する位置とする方法を採用した。

また、小領域ごとの隆線の方向角情報を用いて指の関節

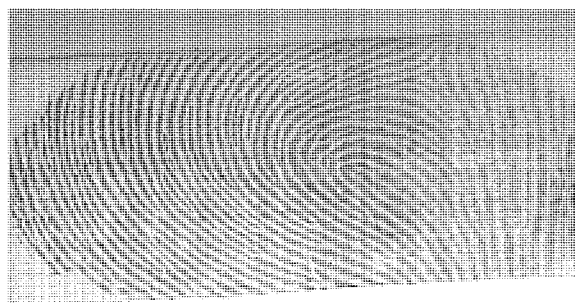


図5. 再構成した画像の例

位置を抽出する方法を開発し、関節より下の部分を除去する処理を追加した。

4.3.3 指紋照合評価結果

この再構成アルゴリズムを用いて、15人×6指×30回=合計2,700枚の画像を再構成し、目視で再構成画像を確認したところ、幾つかの画像で隆線接続の不連続など不具合が生じていたが、おおむね正しく再構成されていることを確認した。図5にスイープ型指紋センサで取得した部分画像を再構成した二次元画像の例を示す(スイープ方向は右)。また、照合精度に与える影響を確認するために、当社の照合アルゴリズムをベースに、特徴抽出時の処理領域や照合時の探索範囲の変動に対応できるように改良して、照合精度の評価実験を行った。その結果、照合精度は目標仕様(習熟した状態で、他人受入率:0.01%のとき、本人拒否率:1%以下)を満たすことが分かった。

5. むすび

生体認証技術の概要及び携帯電話のための開発事例として、顔認証及び指紋認証技術について述べた。今後は更に利便性と精度の向上を図り、携帯電話向け技術として実用化を推進する予定である。

参考文献

- (1) Viola, P., et al. : Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Proc. IEEE Conf. CVPR 511~518 (2001)
- (2) Nakamura, T., et al. : Fingerprint Image Enhancement using a Parallel Ridge Filter, Proceedings of ICPR2004, CD-ROM 536~539 (2004)
- (3) Maltoni, D., et al. : Handbook of Fingerprint Recognition, 65~69 (2003)

ブロードバンド化に向けた無線伝送技術

Broadband Wireless Transmission Technologies

Fumio Ishidu, Akihiro Shibuya, Takahiko Nakamura

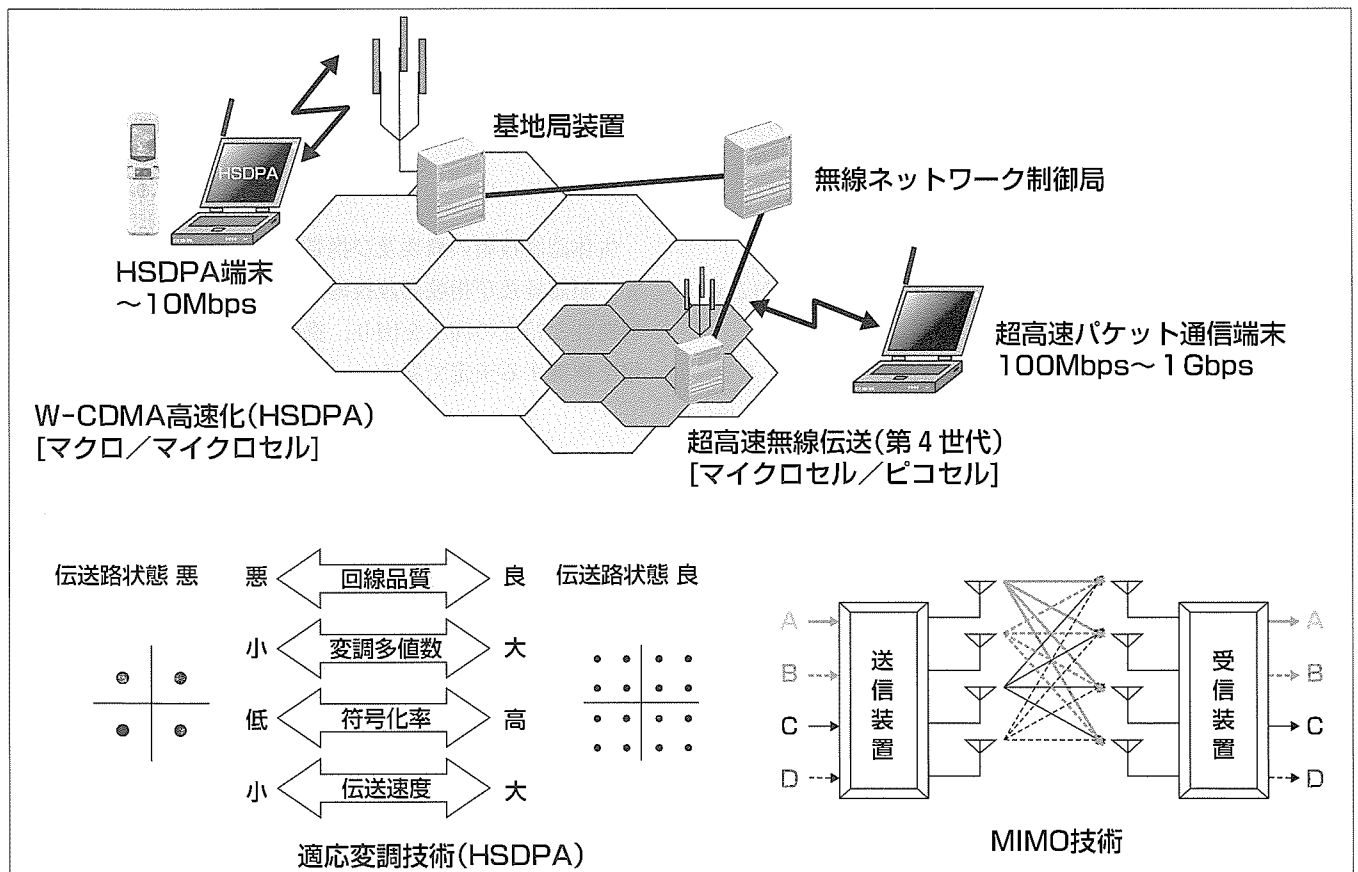
要旨

国内携帯電話市場は普及率が7割を超え利用単価も頭打ちになるなど飽和しつつあるが、一方で、画像やサウンドへのストレスのないアクセスリアリティの実現など、より高度なサービス実現への潜在需要も多い。これらを実現するためには、新しい高効率なワイヤレスブロードバンド無線アクセス方式の開発が不可欠である。

携帯電話方式はFOMAに代表される第3世代方式への移行が進み、最大384kbpsのサービスがユーザーに提供されるようになったが、HSDPA(High Speed Downlink Packet Access; 2002年12月標準規格化)と呼ばれ最大14.4Mbpsの伝送能力を持つW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)高速化技術が実用化されると、

メガビット級高速データ通信サービスが提供可能となる。更に将来を展望すると、第4世代移動体通信システムとして、ギガビット級無線パケット伝送の実現に向けた研究開発が進められており、2010年ごろをターゲットにサービスの一層の高度化が検討されている。

本稿では、ブロードバンド化への高速伝送技術として、HSDPAの特長と主要キー技術であるターボ符号化技術について小型化設計の観点から述べ、基本性能評価を行うために開発したHSDPA技術評価装置について述べる。さらに、第4世代の移動体通信システム実現に不可欠な伝送容量増大技術であるMIMO(Multiple Input Multiple Output)技術について述べる。



ブロードバンド化へのアプローチ

高速無線パケット伝送を実現するため、変調方式と符号化方式との組合せを伝送路状態に応じて高速に最適化する技術(適応変調技術)や、高速並列伝送を可能にする“MIMO技術”などが用いられる。

1. ま え が き

携帯電話で動画系コンテンツや音楽配信サービスをストレスなく送受信するためのワイヤレスブロードバンド技術が盛んに検討されている。

本稿では、W-CDMA高速化技術として、14.4Mbpsの最大伝送速度を実現するHSDPA技術と、第4世代の移動体通信として、最大伝送速度1Gbps級伝送を実現するためのキー技術であるMIMOについて述べる。

2. HSDPA技術

2.1 特 長

HSDPA方式の主要諸元を表1に示す。ピーク伝送速度の高速化、高スループット化及び低伝送遅延を実現するため、複数のユーザーで共有可能な高速シェアード物理チャネル(High Speed Downlink Shared Channel:HS-DSCH)を導入することにより、高いピーク伝送速度とセクタスループットの向上を実現する。主要な技術を以下に示す。

(1) AMC(Adaptive Modulation and Coding)機能

無線回線品質に応じて、移動機ごとに変調方式や誤り訂正符号化レートを適応的かつ高速に変更することで、セクタスループットの向上を図る⁽¹⁾。

(2) HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)機能

誤りを検出したパケットの軟判定情報を再送パケットと合成(Soft combining)することで、誤り再送効率の向上を図る。

(3) 適応的リソーススケジューリング機能

一つの物理チャネルを複数の移動機で共用し、2msごとに送信する宛先(あてさき)の携帯端末及び伝送ビット量を決定し、時間リソース並びにコードリソースを適応的に割り当てることでセクタスループットの向上を図る。

表1. HSDPA主要諸元(リリース5 FDD方式)

無線伝送方式	周波数分割複信(FDD)
アクセス方式	符号分割多元接続(CDMA)
周波数帯域幅	5 MHz
変調方式	QPSK, 16QAM適応変調
チャネル符号化	適応チャネル符号化
拡散チップレート	3.84Mcps
データ伝送速度	最大14.4Mbps(960kbps×15符号)
サブ・フレーム長	2ms(7,680チップ/3スロット/サブ・フレーム):HSDPAで追加
タイムスロット長	3スロット(HS-DSCH)
送信間隔	2ms(HS-DSCH)
誤り訂正	ターボ符号:R=1/3(HS-DSCH)
インターリーブ	32(縦)×30(横)固定(HS-DSCH)

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying
QAM: Quadrature Amplitude Modulation

2.2 ターボ符号化技術

ターボ符号での誤り訂正では、軟入力/軟出力処理による繰り返し回数を4回以上確保しないと十分な性能が得られない。そのため、最大14.4Mbps、2msごとに送られるターボ符号ブロックを、低処理遅延でACK/NACK(Acknowledgement/Negative ACK)信号を送信するためには、1回の繰り返し演算の処理遅延を削減し、CRC(Cyclic Redundancy Check)検出を高速化する必要がある。そこで、ターボ符号の復号回路構成では、ターボ符号ブロック内で複数に分けられているコードブロックごとの並列処理、及び各ターボ復号処理内での順方向のパスメトリック演算と逆方向のパスメトリック演算の同時処理等、並列化を図り、14.4Mbpsの伝送において従来の約1/10に処理遅延を削減した。

さらに、ターボ復号処理の後にデスクランブル処理とCRCでの誤り検出を行う。従来の複数コードブロックをいったんメモリに蓄え、一つのCRC系列に接続した後に検出処理を行うと、CRC処理までにメモリ書き込み時間を要する。

そこで、図1に示すように、最大6個のコードブロックごとにターボ復号結果が出力に対してデスクランブルとCRCの生成多項式 $g(x)$ での除算操作を行い、それぞれ得られた剰余多項式 $z_0(x), z_1(x), \dots, z_5(x)$ に対して、 N をコードブロック長としたときに式(1)、式(2)による線形変換処理により、メモリに蓄えることなくCRC結果 $z(x)$ が得られるようにした⁽²⁾。

$$z(x) = z_0(x)y_5(x) + z_1(x)y_4(x) + \dots + z_4(x)y_1(x) + z_5(x) \pmod{g(x)} \quad \dots(1)$$

$$y_k(x) = x^{kN} \pmod{g(x)} \quad (k = 1, 2, \dots, 5) \quad \dots(2)$$

2.3 HSDPA技術評価装置

HSDPAの基本性能(スループット特性、遅延特性)の評

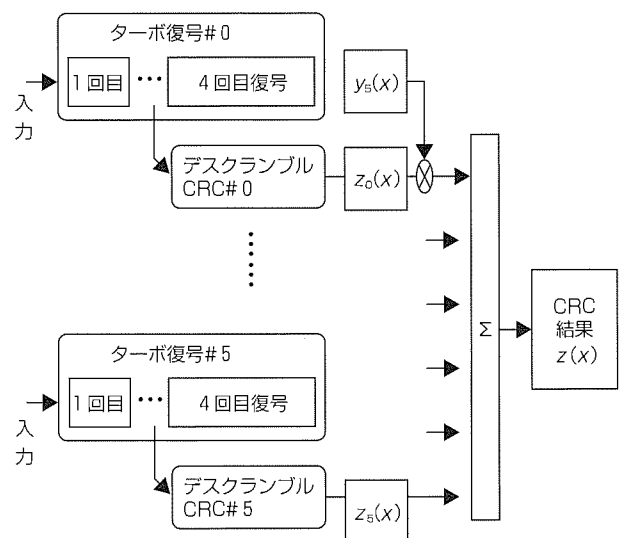


図1. CRC演算並列処理

価を目的とした技術評価装置を開発した。図2にHSDPA技術評価装置の構成を示す。基地局は、R99機能と同一ハードウェアでHSDPAが実現可能なプラグイン構成をとり、伝送遅延に配慮する独自のリソース割当技術を搭載している⁽³⁾。端末コア部は、既存R99機能とHSDPA機能との独立性を高めたアーキテクチャを採用し、回路規模削減のための工夫を施している。

3. MIMO技術

HSDPAなど3.5世代以降、更なる伝送速度の高速化が期待されている。伝送容量増大の手法としては、これまでも広帯域化が行われてきた。第4世代では帯域100MHzが想定されており、クロック速度の高速化に伴う遅延波対策のため、マルチキャリア方式が採用される。しかしながら、周波数資源の逼迫(ひっばく)から広帯域化には限界があり、新たに複数アンテナを用いて周波数利用効率を増大させるMIMO技術が注目を集めている。

図3は2アンテナMIMOシステムの構成を示したものである。二つの送信アンテナ T_{x1} と T_{x2} から異なる信号 x_1 、 x_2 が同時に同一周波数で送信される。二つの信号は伝送路上で干渉し、二つの受信アンテナ R_{x1} 、 R_{x2} において信号 y_1 、 y_2 として受信される。受信機において y_1 、 y_2 から x_1 、 x_2 を抽出することができれば周波数帯域を広げることなく2倍の伝送速度が実現できる⁽⁴⁾。受信信号 y_1 、 y_2 から送信信号 x_1 、 x_2 を推定する方式として、数種のアルゴリズムが知られている。最も単純なアルゴリズムはZF(Zero Forcing)と呼ばれるアルゴリズムで、 y_1 、 y_2 の線形合成により干渉成分(x_1 を抽出したい場合には x_2 が干渉成分となる)を0に抑圧する。

逆に、伝送性能を重視したアルゴリズムはMLD(Maximum Likelihood Detection)と呼ばれ、理論的に最高の信号分離特性を達成することが知られている。しかしながら、ZFに比べてMLDは4アンテナシステムで演算量が10,000倍以上になり、リアルタイム動作に向けて演算量の削減が大きな課題となっている。

ここでは、ZFアルゴリズムの概要を説明する。図において送信信号ベクトルを X 、受信信号ベクトルを Y 、伝送路行列を H 、雑音ベクトルを N とすればMIMOシステムは次式で記述できる。

$$Y = HX + N \dots\dots\dots(3)$$

ただし、図の2アンテナMIMOシステムにおいては、

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad N = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{21} \\ h_{12} & h_{22} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

である。 n_1 、 n_2 は各受信アンテナにおける雑音成分を表す。

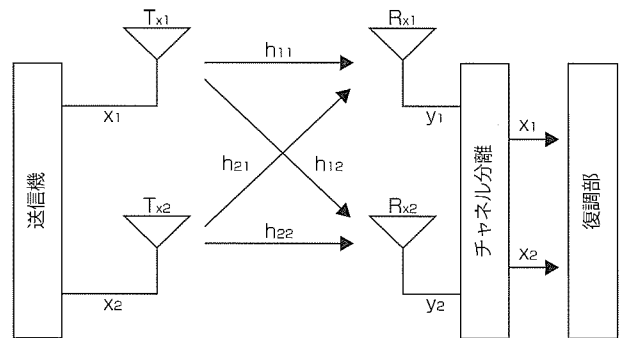
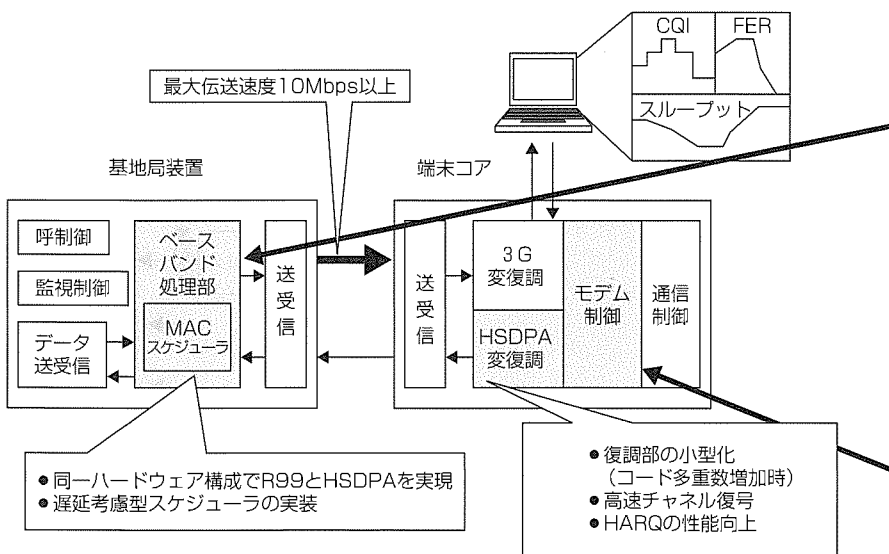


図3. 2アンテナMIMOシステム構成

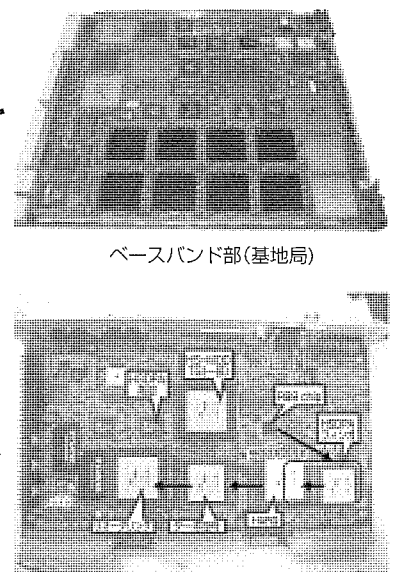


- 同一ハードウェア構成でR99とHSDPAを実現
- 遅延考慮型スケジューラの実装

- 復調部の小型化 (コード多重数増加時)
- 高速チャネル復号
- HARQの性能向上

HSDPA技術評価装置

CQI : Channel Quality Indicator
FER : Frame Error Rate



ベースバンド部(端末コア)

図2. HSDPA技術評価装置の構成

伝送路行列Hに逆行列が存在する場合、送信信号の推定値X'は次式で表現される。

$$X' = H^{-1}Y + H^{-1}N \quad \dots\dots\dots(6)$$

上式により信号の推定値X'に対して信号分離後の雑音成分はH⁻¹Nにより与えられることが分かる。すなわち、推定信号のS/Nが計算できる。

図4にIEEE802.11a無線LANシステムに3アンテナMIMOシステムを組み合わせた場合の受信特性を示す。シミュレーションパラメータを表2に示す。図中、MLDは演算量削減型MLDを、数字は演算量の削減規模を表している。ZFに比べてMLDは受信特性の傾きが大きくなっており、ダイバシティ効果が大きく獲得できていることが分かる。MLDの演算量を削減すると、削減規模に従って特性劣化が生じる。

MIMOは、並列伝送システムとしてだけでなく、送信ダイバシティシステムとしても構成できる。これは、複数の受信アンテナから同一情報を送信し、受信側でダイバシティ利得を獲得する構成である。受信側に複数アンテナを必要とせず演算規模も小さいことから、既存の無線システムのサービス範囲を広げる手法として注目されている。

MIMOシステムは開発途上の技術であり、現在、適用領域を含めて検討が進められている。主要な問題点の一つとして、常に適用できるものではない点が挙げられる。例えば、完全なオープンスペースで遠距離(角度広がり≒0)の通信を行う場合、図3の例ではh₁₁=h₂₁=h₁₂=h₂₂=1.0となりHの逆行列が存在しない=並列伝送不可であることは明らかである。今後の無線システム開発においては周波数利用効率の問題は避けて通ることが困難であり、MIMO技術に対する期待は大きい。実システムの利用環境を考慮し、より具体的な検討が進められると考えられる。

4. む す び

携帯電話システムの高速化に向けた技術開発として、W-CDMAの高速化技術であるHSDPA技術の概要とターボ符号化技術について小型化設計の観点から述べるとともに、基本性能評価用に開発したHSDPA技術評価装置の構成について紹介した。また、伝送容量増大の重要な技術としてMIMO技術について特長と課題を述べた。

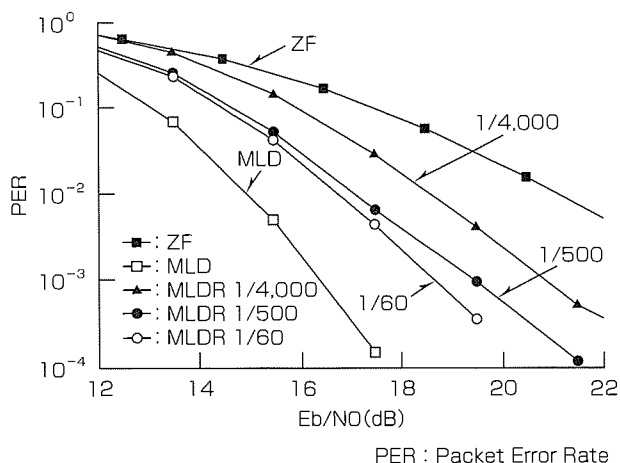


図4. 信号処理アルゴリズムによる受信特性比較

表2. シミュレーション諸元

FFTサイズ	64
キャリア数	52
変調方式	OFDM-64QAM R= 3 / 4
パケット長	12 OFDMシンボル
パイロット数	4 OFDMシンボル
アンテナ数	3 信号分離方式ZF, MLD
伝送路	18波レイリー 指数減衰モデル

FFT: Fast Fourier Transform
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

参考文献

- (1) 棚田一夫, ほか: HSDPAにおけるHARQのためのパケット合成に関する一検討, 電子情報通信学会, 2003年総合大会, B-5-25 (2003)
- (2) 中村隆彦, ほか: HSDPAにおけるターボ復号方式の検討, 情報理論とその応用学会, SITA2004, 21-1 (2004)
- (3) 藤江良一, ほか: 遅延考慮型スケジューリングアルゴリズムのHSDPAへの適用, 電子情報通信学会, 2003年総合大会, B-5-26 (2003)
- (4) A. van Zelst, et al.: Space Division Multiplexing (SDM) for OFDM systems, VTC 2000 Spring Tokyo, 2000 IEEE 51st, 2 (2000)

携帯電話標準の国際的・高度化動向

Trend toward Enhancement of International Mobile Telecommunications Standardization

Kazuyoshi Sato, Tsuneichi Makihira, Kiyokazu Chiba

要旨

IMT-2000は、2001年10月に世界に先駆け我が国においてNTTドコモから商用サービスが開始されて、3年が経過した。前回の報告にも述べたが⁽¹⁾、標準仕様には3GPP (3rd Generation Partnership Project)で開発された国際標準仕様が採用されており、その後の仕様の開発状況は、改良による完成度の向上が図られる一方、新たな機能を追加する発展と高度化の開発作業が行われている。

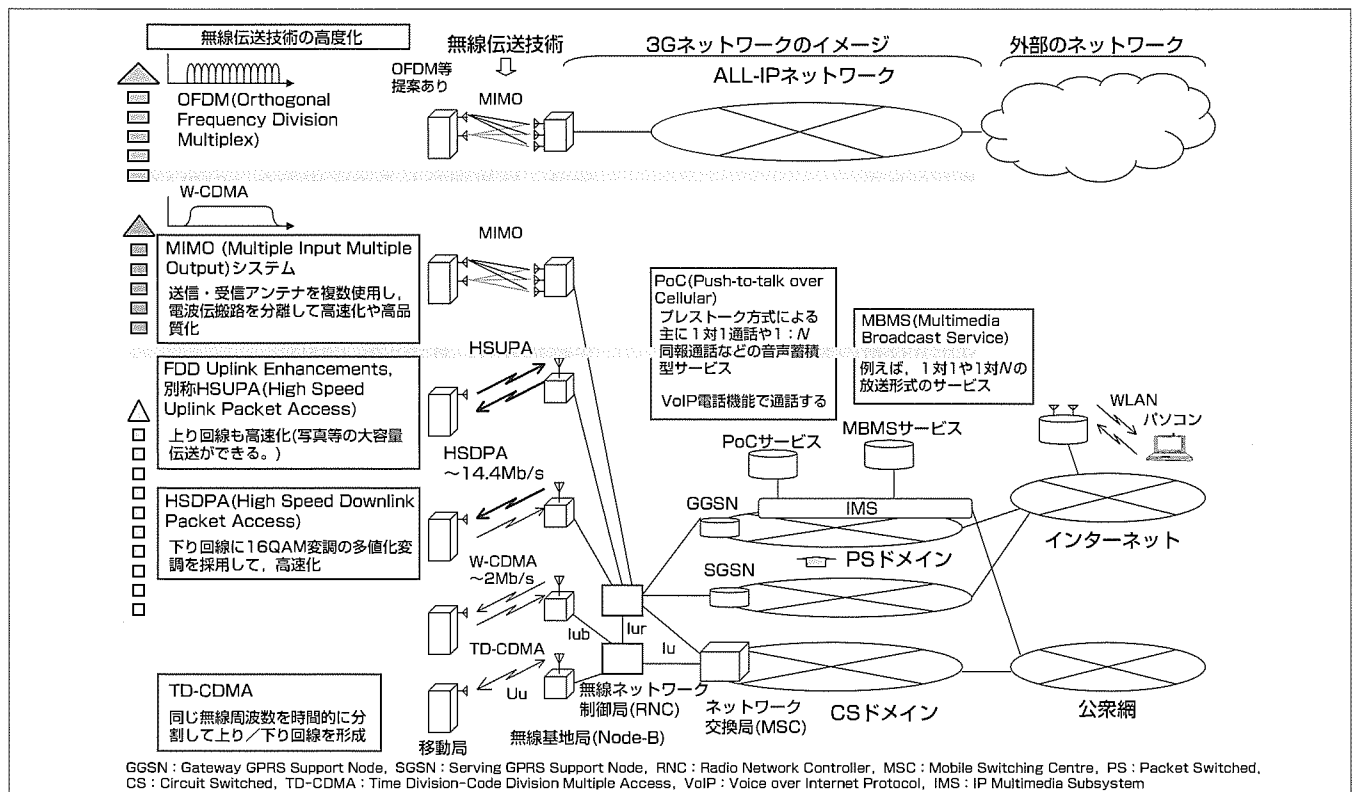
現在では、IP (Internet Protocol)を利用したマルチメディアの多様なサービスを享受することや、新たなサービスが提供できるように、仕様の新規機能の追加や拡張が行われており、また、無線伝送技術では、それらを実現する上で必要な伝送速度の高速化の標準仕様開発が行われている。

三菱電機は、標準化活動の初期段階から国際標準化活動の重要性に着目し、国際機関であるITU-Rでの一連の国際的コンセンサス形成の諸活動に参加し、社内では関連技術の技術研究を行い内外に発表や貢献を行ってきている。

また、民間規格の開発が始まると全社的な体制を整え、技術開発と標準化活動への取り組みを進めて国際標準化の開発に具体的な貢献を行っている。

成果についても、無線区間の暗号アルゴリズム“KASUMI”は当社提案の“MISTY”方式が核として採用されたことが高く評価され、(社)発明協会平成16年度全国発明表彰「恩賜発明賞」を、また、6月1日の電波の日には総務大臣表彰を受賞し栄誉が称えられた。無線伝送技術では、当社が長年培ってきた技術を中心にHSDPA等の高度化技術に貢献している。そのほか、MPEG (Moving Pictures Experts Group)コーデック仕様や音声コーデック分野にも国際的な貢献を行っている。

本稿では、前回の報告以降に3GPPで行われている新たに求められるサービスの開発と、それらを実現する上で必要な無線伝送技術の国際標準仕様開発の状況について述べる。



新たなマルチメディアサービスと無線伝送技術の高度化への国際標準化イメージ

主に、劣悪な電波伝搬環境の下でマルチメディアサービスの多様なサービスを高速に伝送するには無線伝送技術の高度化を行う必要があり、各種の改良や高度化技術が開発し提案されている。図の左側の欄に、下から時系列に高度化が行われている無線伝送技術の仕様開発の作業項目に焦点を合わせて象徴的に記している。また、ほかにも種々あるサービスのうち、特に象徴的なモバイルサービスを図の中央付近に記した。

1. ま え が き

IMT(International Mobile Telecommunications)-2000は、2001年10月に世界に先駆け我が国においてNTTドコモから商用サービスが開始されて3年が経っている。前回の特集にも述べたが⁽¹⁾、標準仕様には3GPPの国際標準仕様を採用されており、その後の仕様の開発状況は改良による完成度の向上が図られる一方、新たな機能を追加する発展と高度化の開発作業が行われている。

現在では、IPを利用したマルチメディアの多様なサービスを楽しむことや、新たなサービスが提供できるように、仕様の新規機能の追加や拡張が行われており、また、無線伝送技術では、それらを実現する上で必要な伝送速度の高速化の標準仕様開発が行われている。

本稿では、新たに求められるサービスの開発と、それらを実現する上で要求される無線伝送技術の国際標準仕様開発の状況について述べる。

2. 3GPPの国際標準化の経緯と現状

2.1 リリース6に向けた活動と今後のリリースの概要

3GPPでの標準仕様開発の経緯と現在行われている仕様開発作業の概略の工程と主な特徴を図1に示す。

リリース'99ではW-CDMA(Wideband-Code Division Multiple Access)方式の基本的なシステムの仕様を新規に開発し、リリース4ではその拡張が行われた。リリース5ではIPマルチメディアのサービスを提供できるようにIMSを整備する基本的な仕様を開発し、また、無線区間では基地局送信の無線伝送速度を高速化するHSDPA仕様を完成させた。リリース6ではそれらの機能拡張及び高度化が行われ、移動局送信の上り方向の高速伝送を可能にするFDD Uplink Enhancements(HSUPAとも一部で称されている)も盛り込まれた。さらに、新たなサービスであるMBMSやPoCが加えられた。このPoCはOMA(Open Mobile Alliance)が提唱したアプリケーションサービスを

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
リリース'99	12	完成度向上 W-CDMA方式の基本システム					
リリース4	000000	3	完成度向上 リリース'99の拡張とLow chip rate TDD				
リリース5	000000	000000	3	完成度向上 IMSとHSDPA			
リリース6		000000	000000			12	
リリース7					000000	000000	

図1. 3GPPのリリースのスケジュール

3GPPと連携して仕様化したものであり、新規のモバイル特定のサービスが3GPP外部で開発され、技術仕様の開発作業を分担した点で従来の3GPP仕様開発の形態と異なっている。

リリース6以降では、特筆すべきこととして、OFDM技術を中心とした新たな無線伝送技術やネットワークをAll-IP化するための新たなアーキテクチャの実現の可能性について検討が行われることとなった。

2.2 新規機能の早期導入を可能にする作業手続きの要求

リリース5の完成からリリース6の完成までのリリース間隔が大幅に長くなったために、スピードを求める市場の要求にこたえるには、時宜を得た機能の追加を迅速かつ小回りのきく手続きで行う必要があるとした要求が出てきた。そのための対策が2004年6月のTSG-SA第24回会合で承認された(文書番号TD SP-040235)。

2.3 将来の高度化に向けたロードマップ

ITU-R(International Telecommunications Union-Radio Communication sector)では、IMT-2000及びその高度化と後継システムについて技術上の研究が行われている。同様に、3GPPでも、将来に向けた標準化のロードマップを作成し、2003年9月のTSG-SA第21回会合で承認された(技術レポートTR21.902 v6.0.0)。

3. 新たな携帯電話用アプリケーション開発に向けた連携作業

3GPPは、W-CDMA方式の国際仕様の開発を行っており、どちらかと言えば無線区間インタフェースやネットワークレベルの仕様開発が中心に行われている。

最近では、マルチメディアサービスに代表される多様な新たなアプリケーションの実現が求められるようになってきており、これらに対応するためには、多様なアプリケーションを開発している3GPP外部の標準化機関やフォーラムから仕様を導入することも必要とされ、3GPPの機能を補完するそれら外部標準化機関やフォーラムとの連携が重要視されてきている。従来、3GPPとしては、IETFやW3C等のアプリケーションを実現するための技術的な作業を行っている標準化団体とは連携をとってきた。具体的には、3GPPは表1のようなグループとリエゾン関係を結んで仕様を開発しており、モバイルシステムとして広範囲な標準化領域をカバーしてきた。

このような時期に、アプリケーションそのものを開発する有力な標準化団体OMAが2002年6月に発足し、3GPPと補完的な作業を分担して行えるとの理解が相互に進んでいる。現在は、お互いの組織が発足した経緯の違いから、例えばIPR(Intellectual Property Right)ポリシー等の運営上の違いがあり相互の調整が行われているところであるが、今後は、仕様開発作業の移管や分担を行う方向であり、モ

表 1. 3GPPとリエゾン関係の主な外部機関と分野(2004年4月現在)

3GPP外部の標準化機関又は団体名	主なリエゾンの分野	備考
Open Mobile Alliance (OMA)	アプリケーション開発	将来, 作業移管を視野
Internet Engineering Task Force (IETF)	IP技術仕様	
World Wide Web Consortium (W3C)	モバイルからWebアクセス	MExE (Mobile Execution Environment)
GSM Association	オペレータからの要求	
Liberty Alliance Project (The) Parley Group	GUP (Generic User Profile), 加入者属性表示方法 技術非依存型API (Application Programming Interface)	
The JAVA Community Process (JCP)	Java技術仕様	
Java™ APIs for Integrated Networks (JAIN™)	Java技術活用API	
IEEE 802.11	WLAN (Wireless Local Area Network) とのインターワーキング	
ISO MPEG/JPEG	コーデック技術仕様	
Digital Video Broadcasting (DVB) Project	デジタル映像放送	上り回線に3Gを利用
SDR (Software Defined Radio) Forum	MExEの適用分野の拡大目的	
International Multimedia Telecommunications Consortium (MTC)	H.324Mとパケット交換ストリーミングの相互接続性	
Internet Streaming Media Alliance	マルチメディアストリーミング仕様	
ISO-ITU expert group	ASN.1 (Abstract Syntax Notation One) 言語と符号化規則	
IDB (Intelligent transport system Data Bus) Forum	ATコマンド	
TeleManagement Forum (TMF)	電気通信管理	
RSA (Algorithm invented by Rivest, Shamir, and Adleman) Laboratories	SIM (Subscriber Identity Module) 認証のセキュリティ	
IrDA (Infrared Data Association)	端案と外部機器との赤外線接続	
Bluetooth	端案と外部機器との無線接続	
3GPP2, UWCC (Universal Wireless Communications Consortium), TIA (Telecommunications Industry Association) / TR45	IMT-2000標準化機関	
European Co-operation in the field of Science and Technical Research (COST), 特に, COST273	端末アンテナの性能測定	
European Radiocommunications Committee (ERC)	欧州無線委員会 (規制事項)	
その他		

WLAN Smart Card Consortium, Wi-Fi Alliance, Voice eXtensible Markup Language (VXML) Forum, TV-anytime Forum, SyncML Initiative, Presence and Availability Management (PAM) Forum, Portable Computer and Communications Association (PCCA), Object Management Group (OMG), Multi Service Switching Forum, Cellular Telecommunication & Internet Association (CTIA), Ecma International, Eurocom, Global Certification Forum (GCF), International Special Committee on Radio Interference (CISPR)

バイル特定の新しいサービスやシステムの実現にお互いに貢献し合えるものと期待されている。

4. OMAのモバイルサービス/アプリケーションの標準化活動

GSM (Global Systems for Mobile communications) の世界でSMS (Short Message Service) が最も利用されるデータサービスになると、3GPPはテキストだけでなくイメージ、オーディオ、ビデオなど様々なマルチメディアデータサービスへ標準を拡張した。それはMMS (Multimedia Messaging Service) 仕様書として2000年3月にリリースされている。

また、携帯電話からインターネットを利用するため、モバイルインターネット接続方式の推進とそのアプリケーション関連技術の標準化を目的としたWAP (Wireless Application Protocol) フォーラムが、1998年から主としてGSM, IS-95, PDC (Personal Digital Cellular) などの狭帯域・高遅延のネットワークへの適用を目的としたマイクロブラウザなどの仕様を提供してきた。

しかし、2001年に第三代移動通信などの高速無線ネットワークが登場するようになると、例えばWAPフォーラムのTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ・XHTML (eXtensible HyperText Markup Lan-

guage) 対応したWAP2.0仕様に見られるように、携帯電話は急進展するインターネットに標準的に適合するインターネット技術を取り込む必要が生じてきた。

このような世界的な潮流の中で、モバイルサービスやアプリケーションを新時代に合わせて共同開発や標準化を行う標準化団体OMAが、2002年6月に設立され今日に至っている。OMAの目的はベアラやOSに依存しないオープンでグローバルなモバイルサービス/アプリケーション技術の提供にあり、携帯電話のサービスやアプリケーションに新しい価値を創造して付加するねらいがある。これは、携帯電話をこれまでの音声通信中心からIPによるコミュニケーションへと進化させることにほかならない。このため、OMAの組織は、WAPフォーラムを母体にインスタントメッセージング/プレゼンスや位置情報そしてデータ同期/端末管理など新しいインターネット技術を検討していた幾つかのフォーラムなどを統合して構成されている。図2にOMAの構成を示す。

今日のOMAの活動の中で最も活発なものの一つに、PoCの仕様策定から相互運用検証に至る作業が挙げられる。PoCは3GPPのIMSに準拠しており、3GPPとOMAの緊密な関係の成果とみることができる。また、3GPP2やインターネットの標準化団体のIETF/W3Cとのリエゾン活動も大切な作業の一つである。さらに、Liberty Allianceのよ

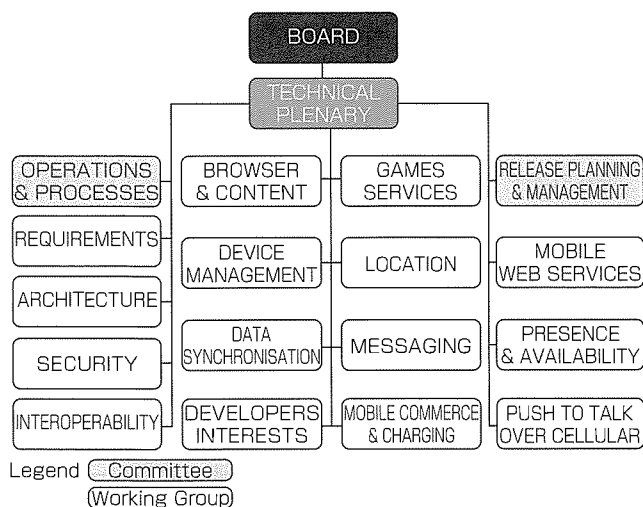


図 2. OMAの構成

うなネットワーク関連の標準化団体との連携作業も注目していく必要がある。

5. アプリケーション実現に向けた無線伝送技術の高度化

5.1 W-CDMAシステムの高度化

3GPPでは、リリース'99で周波数分割複信(FDD)方式、時分割複信(TDD)方式の仕様を完成した後、リリース4において低速チップレートTDD方式を追加し、リリース5においては、下り回線の高速化(HSDPA)の仕様を追加した。

HSDPAでは、HS-DSCH(高速共通チャネル)の変調方式に従来の直交位相変調(QPSK)に加えて16値直交振幅変調(16QAM)を導入して適応変調を行い、チャネル符号化もアダプティブに行う。拡散率は16に固定され一人のユーザーによる最大15のチャネル識別用拡散符号の同時使用を可能にした。フレーム構成については従来38,400チップ/15スロット/フレームが唯一の基本フレームとして使用されてきたが、この基本フレームを5分割した7,680チップ/3スロットで構成されるサブ・フレームを導入しリソース割当ての効率化を図った。また、再送方式としてHybrid-ARQ(Automatic Repeat reQuest)を採用し、従来よりも低いMAC(Medium Access Control)レーヤで再送、スケジューリングを行うことなどにより効率化を図り、最大14.4Mbpsの高速伝送を実現している。表2にFDD方式HSDPAの主要諸元を示す。

特に、最近ではカメラ付き携帯機が普及し、画像情報が上り回線でも多数送信されるようになったことから、従来は、トラフィックの非対称性があるとして下り回線の大容量化を重視してきたが、リリース6では、上り回線の高速化(FDD Uplink Enhancements又はHSUPA)を実現する要求が出てきた。その関連仕様や同一データを多数のユーザーに提供し、同一情報を多数のユーザーに配信する放

表 2. HSDPA主要諸元(リリース5 FDD方式)

無線伝送方式	周波数分割複信(FDD)
アクセス方式	符号分割多元接続(CDMA)
周波数帯域幅	5 MHz
変調方式	QPSK, 16QAM適応変調
チャネル符号化	適応チャネル符号化
拡散チップレート	3.84Mcps
データ伝送速度	最大14.4Mbps(960kbps×15符号)
サブ・フレーム長	2ms(7,680チップ/3スロット/サブ・フレーム); HSDPAで追加
タイムスロット長	3スロット(HS-DSCH)
送信間隔	2ms(HS-DSCH)
誤り訂正	ターボ符号: R=1/3(HS-DSCH)
インターリーブ	32(横)×30(縦)固定(HS-DSCH)
拡散率	16(固定)(HS-DSCH)
チャネル識別拡散符号の割当て	最大15/ユーザー(HS-DSCH)

HS-DSCH: High Speed Downlink Shared CHannel

送・同報サービス機能(MBMS)の仕様等の追加が行われた。

FDD Uplink Enhancementsについては、2ms(3スロット/サブ・フレーム)と10ms(15スロット/フレーム)の両方の使用が考慮されており、拡散率もHSDPAのように固定されていない。無線基地局(Node-B)によるスケジューリングにより、伝送効率の向上を図ることなどが検討されている。

MBMSは、1対1又は1対多数のユーザーに対する放送・同報サービス機能を提供する。MBMSサービスの提供を受けるユーザーは、セル間ハンドオーバーにより移動しながらでもサービスの提供を受けることができる。

2001年にサービス開始したFDD方式W-CDMAシステムに対して、TDD方式についても3GPPにおいてシステム仕様の高度化が進められてきたが、日本国内では実用化を目指す事業者が現れず、TDD方式の仕様をARIB(社電波産業会)標準規格として制定することは見送られてきた。しかし、最近になってTDD方式の実用化を希望する事業者が現れ、総務省の情報通信審議会情報通信技術分科会において、TDD方式導入のための技術的条件の審議が行われている。

5.2 今後のシステムの展開

3GPPでは、リリース6後の仕様の展開として、以下のアイテムなどがシステムの高度化の候補として検討されてきた。

- MIMO(Multiple Input Multiple Output) Antenna
- OFDM変調(Orthogonal Frequency Division Multiplex) Modulation

このうちMIMOは、送信側・受信側の相対する通信者がそれぞれ複数の送受信アンテナを使用している場合において、複数の経路にそれぞれ別個のデータ通信を実現させ、通信の高度化・高速化を実現する技術である。

OFDM変調技術は、無線LANシステム、デジタルテレ

ビジョン放送などで既に採用され、高速伝送を実現する上において注目されている技術で、一部の研究者により携帯電話システムへの適用を目指して研究が行われてきた。OFDM変調技術は多くの技術者から将来移動体通信において高速伝送を実現するための有力な技術と期待されている。

2004年12月に開かれた3GPPの会議で、2006年6月を目標にこれらMIMO、OFDM変調技術などを要素技術として周波数の利用効率を数倍向上させ、最大20MHzの帯域使用して、100Mbps(下り)、50Mbps(上り)の高速伝送により、システムの高度化・高品質化のフィージビリティスタディの検討を進めることで合意した。

6. その他の内外の関連動向

ITU-Rにおいては、IMT-2000の後継システムとして次世代の携帯電話システムの研究が2000年から行われており、100Mbps以上の伝送速度を2010年ごろに実用化することを目標としている。それに先立ち、新たな周波数帯の割当てが、2007年に開催される世界無線通信総会(WRC-07)において実現することを目指して、要求の根拠となる一連の準備作業が積極的に行われている。

また、国内においては、W-CDMAシステムの高度化研究が行われている一方で、ARIBでは、2004年9月に開催した規格会議において、既に一部地域で始まっている地上波デジタルテレビジョン放送に対し、サービス機能を追加する形で2005年度末に放送開始を予定している、移動体通信機器を主な対象として、コーデックにH.264を使用する地上波デジタルテレビジョン放送の標準規格・運用規定の追加を承認した。携帯電話システムそのものの性能向上・サービス向上に関する研究開発にとどまらず、地上波デジタルテレビジョン放送のように他システムの受信を可能にするようなサービス多様化の方向にも展開されており、携

帯端末機的设计においては一段と多角的なサービスの提供について考慮していくことが要求される。

7. むすび

現在3GPPで国際仕様開発の作業が行われている高度化への活動状況を説明し、また、サービスの高度化に伴って3GPPの外部の標準化機関と更に密接に連携する必要性が高くなってきている国際標準化の状況を説明した。

当社では、日本の研究開発部門、フランス及び米国の研究開発会社が、組織的にW-CDMAシステム及びその高度化のための標準化活動に取り組んでいる。既に、3GPPの暗号化方式KASUMIや、MPEG関連の映像コーデック分野等の国際仕様には貢献してきたが、その後も、無線アクセスネットワークのHSDPA、FDD Uplink Enhancements、MBMSやMIMO等の提案活動を中心に、標準仕様開発作業へ貢献を行っている。今後とも、当社の優位な技術を提案し、国際的な高度化の仕様開発に貢献していく。

参考文献

- (1) 佐藤一美, ほか: IMT-2000標準化の概要, 三菱電機技報, 77, No.2, 117~120 (2003)
- (2) 住田正臣: OMA (Open Mobile Alliance) の設立とその活動, NTTDoCoMoテクニカルジャーナル, 11, No.1, 101~105 (2003-4)

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。

ITU-R: <http://www.itu.int/home/index.html>

3GPP: <http://www.3gpp.org/>

ARIB: <http://www.arib.or.jp/IMT-2000/ARIB-STD/STD-T63.html>

OMA: <http://www.openmobilealliance.org/>

なお、用語と略語は3GPPのTR21.905を参照されたい。



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)

移動局，基地局，通信システム，送信方法，受信方法， 通信方法，IQ多重装置及びIQ多重方法 特許第3559034号(特開2004-112774)

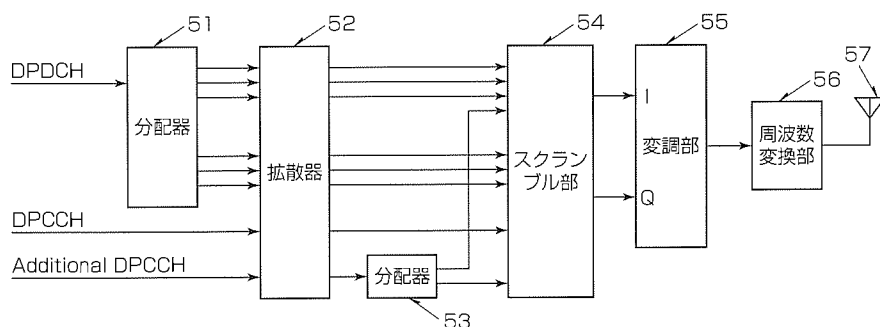
発明者 庭野和人

この発明は、高速でデータ通信を行う移動局、基地局、通信システム、送信方法、受信方法、通信方法、IQ多重装置及びIQ多重方法に関するものである。

従来の通信システムは、その構成上、新たに追加する専用の制御用チャンネルをI軸又はQ軸に割り当てる必要があるが、専用の制御チャンネルをI軸又はQ軸に割り当てることによってI軸又はQ軸のピークパワーが増大すると、例えば、移動局の変調部が内蔵する直交変調器(ないしは直交変調増幅器)において、その入出力特性の非線形な領域を使用することになるためにひずみが発生する。また、I軸の信号パワーとQ軸の信号パワーのバランスが崩れると、変調部から出力される直交変調後の変調信号のピークパワーが、I軸とQ軸のバランスがとれている場合と比べて大きくなり、例えば、移動局の周波数変換部が内蔵する増幅器を用いて無線周波数信号を

増幅する際、その増幅器の入出力特性の非線形な領域を使用することになるためにひずみが発生する。このように増幅器においてひずみが発生して非線形成分が出力されると、この非線形成分が隣接周波数帯域の信号成分と干渉して、隣接周波数帯域を妨害してしまう課題があった。

この発明は、増幅器のひずみの発生を抑制して、隣接周波数帯域への妨害を抑制することができる移動局、基地局、通信システム、送信方法、受信方法、通信方法、IQ多重装置及びIQ多重方法を得ることができる。



無線電話機 特許第3377425号(特開平11-178063)

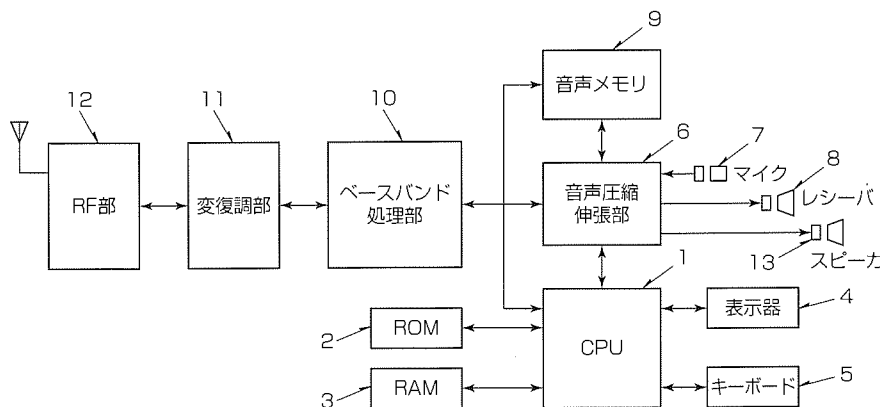
発明者 石倉政美

この発明は、文字情報(メール)を送受信可能な無線電話機において、文字情報に付加して音声情報を送信/受信できる無線電話機又は音声情報のみ送信/受信できる無線電話機に関するものである。

文字の情報によるメールを相手に送信することは、時や場所を選ばず相手に連絡できるというメリットがある反面、音声による連絡と比較して、送信する側の感情等を十分に伝えることが困難であるという課題があった。

この発明は、音声情報を圧縮/伸張する機能と、圧縮した音声情報を記録又は伸張した音声情報を再生するメモリ部とを備え、メモリ部の圧

縮された音声情報を文字情報に付加して、又は、単独で送信することにより、メール形式での音声情報の送信を可能とするものである。





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)

ハイパーテキスト表示システム及びハイパーテキスト表示方法 特許第2987355号 (特開平11-212889)

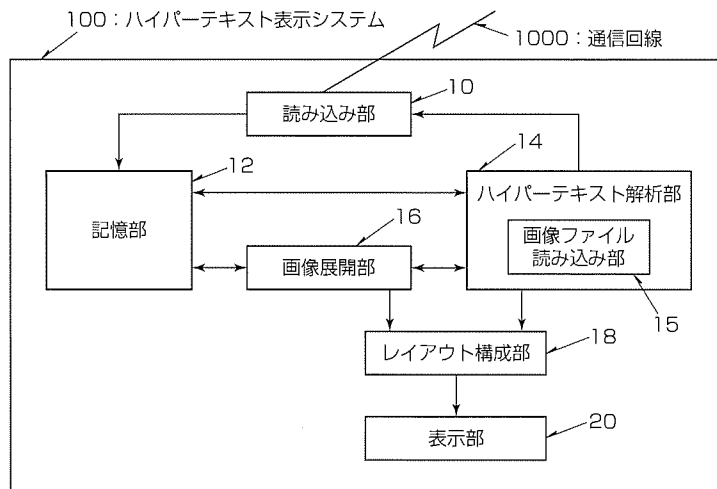
発明者 浦川康孝

この発明は、例えばWorld Wide Web(WWW)を構成するWebサーバのようなサーバが保有するハイパーテキストを入手して表示するWebブラウザに関するものである。特に、ハイパーテキストに含まれる画像データの表示/非表示を選択的に行うハイパーテキスト表示システム、及びハイパーテキスト表示方法に関するものである。

携帯電話等の伝送スピードの比較的遅い、また画面の表示能力に制限のある情報処理装置においては、ハイパーテキストに含まれる画像データのダウンロードや表示は非常に負荷がかかるという課題があった。

この発明のハイパーテキスト表示システム及びハイパーテキスト表示方法は、Webサイトの表示機能において、読み込んだハイパーテキストを解析し、この解析結果に基づくイメージファイルのサイズ、リンクの有無等によりイメージ画面を表示するか否かの判定を行う。

これにより、ファイルサイズが大きく読み込み負荷の大きい画像データの読み込みを回避し、Webサイトの表示負荷を軽減することを可能とする。また、操作上必要のない画像データの読み込みを回避し、より快適に動作するWeb環境を実現することを可能とする。



〈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.79 No.3 特集「最新のFA機器、産業加工機」

三菱電機技報編集委員 委員長 三嶋吉一 委員 小林智里 長谷川裕 堤清英 桑原幸志 村松洋 松本修 浜敬三 藤原正人 中川博雅 瀬尾和男 部谷文伸 黒畑幸雄 山本比呂志 事務局 松本敬之 本号取りまとめ委員 林浩司 三宅真	三菱電機技報 79巻2号 (無断転載・複製を禁ず) 編集人 三嶋吉一 発行人 松本敬之 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 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話 (03)3233局0641 定価 1部945円(本体900円)送料別	2005年2月22日 印刷 2005年2月25日 発行
URL http://www.MitsubishiElectric.co.jp/giho/	三菱電機技報に関するお問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp	

スポットライト

携帯電話搭載用CCDカメラモジュール オートフォーカス搭載，記録400万画素

カメラ搭載携帯電話の普及は，日本での発売を皮切りに，中国，韓国，台湾などで急速に進行しており，最近では欧米でも注目されるようになってきました。

三菱電機の超小型CCDカメラモジュールは，高画素，高感度であり，カメラを構成するのに必要なCCD撮像素子，電源回路，信号処理LSI等をカメラモジュールの内部にすべて取り込んだ“オールインワン”構造となっており，携帯電話などの機器の設計に最適です。

三菱電機カメラモジュールの製品ラインアップ

当社では，携帯電話などへの搭載に最適な130万記録画素から400万記録画素までの三種類のCCDカメラモジュールを製品としてお客様に提供しています。

- (1) 記録130万画素カメラモジュール：CM011
- (2) 記録200万画素カメラモジュール：CM041
- (3) 記録400万画素カメラモジュール：CM051
(CM051は2004年10月19日広報発表，2005年3月から量産開始)

三菱電機カメラモジュールの特長

- (1) CCD撮像素子の採用で高感度，高画質

PIA(ピクセルインターリーブ)構造のCCD撮像素子を採用し，高感度，高画質で，暗所での撮影も可能です。このため，フラッシュなどの補助光源を備えない携帯電話などの機器への搭載にも適しています。

- (2) 高画素

130万記録画素から400万記録画素までの高画素カメラモジュールをラインアップしています。

特に，携帯端末用カメラモジュールとしては，業界初となる400万記録画素カメラモジュールは，当社の設計技術，生産技術や，これまでの携帯電話用カメラモジュールの生産で培った経験を生かした最新の製品です。

- (3) オートフォーカス

400万記録画素カメラモジュール(CM051)にはオートフォーカス機能を搭載し，130万記録画素カメラモジュール(CM011)と200万記録画素カメラモジュール(CM041)にはマクロ撮影機能を搭載しています。

400万記録画素カメラモジュール(CM051)に搭載したオートフォーカス機能は，ピントを合わせるのに必要なピント検出回路とフォーカス駆動機構はもちろん，オートフォーカスのアルゴリズムのすべてをカメラモジュール内部に集約しています。フォーカス駆動機構には当社が独自で開発した新方式アクチュエータ(特許申請中)を採用し，カメラモジュールの外部から簡単なコマンドを送るだけで，近接距離から無限遠までのあらゆる被写体に対しスムーズに，かつ低音，高速で正確なオートフ

ォーカス動作を実現しています。

- (4) カスタマイズ可能なFPC

カメラモジュールと携帯機器との接続部分には，FPC(フレキシブルプリント基板)を採用し，カメラモジュールを構成する主要な部品をFPCとは別のプリント基板に搭載することで，携帯機器の構造に合わせて，FPC部分のみを容易に変更することが可能な設計となっています。携帯機器製品の開発の際に必要なカメラモジュールの設計変更期間とコストが大幅に削減され，開発期間が短く，小型高密度の実装が要求される携帯機器への搭載に最適です。

- (5) 小型

最新の電気部品実装技術と最適な光学設計の採用により，CCDカメラモジュールとしては，従来にない小型の外形となっています。

130万記録画素カメラモジュール(CM011)と200万記録画素カメラモジュール(CM041)は，薄さ7.42mm(typ)を実現し，この二つの製品は同一の外形寸法ですので，複数の携帯機器製品の開発を同時に企画する場合にも便利です。

- (6) 動画性能も充実

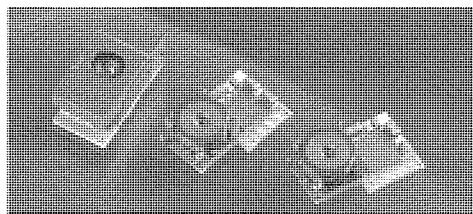
高画質の静止画像に加えて，最高毎秒30フレームでVGA画像を撮影可能(CM051)な高速のフレームレートにより，滑らかな動画撮影を実現しています。

- (7) JPEG圧縮をハードウェアで搭載

高画素化でJPEG圧縮の処理負荷が大きくなる400万記録カメラモジュール(CM051)にはJPEG圧縮をハードウェア化して搭載し，携帯機器での画像データ処理の負荷を大幅に軽減しています。

三菱電機カメラモジュールの今後の展開

当社では，ますます高度化する携帯電話の要求に対応した高性能・高機能なカメラモジュールの需要にこたえるカメラモジュール製品をタイムリーにかつ低コストで提供することで，携帯電話のメーカーと利用者の皆様の需要に対応していきます。



携帯電話用カメラモジュール製品

写真は，左からCM051(400万記録画素カメラモジュール)，CM041(200万記録画素カメラモジュール)，CM011(130万記録画素カメラモジュール)の3種類。

FPC(フレキシブル基板)を外した状態の写真CM041とCM011は同じ外形形状となっている。

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

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：電子デバイス事業部 TEL：03-3218-9132