

# iモード携帯端末機

富士通（株）移動通信端末事業部

戸田 善文

木林 利光

宮崎 清志

藤山 裕二

富士通北海道通信システム（株）

村田 鉄也

富士通東北デジタル・テクノロジー（株）

佐藤 努

携帯端末の累計加入台数が4000万台を超過し、固定電話の台数にせまる勢いとなっている。またインターネットの利用者数も1000万人を超えた。これらの携帯端末加入者およびデータ通信ユーザの急増にあわせて、“携帯端末機とノートパソコンまたはPDAとの組合せ”から最近登場した“マイクロブラウザを内蔵した小型携帯端末機”に至るまでモバイルコンピューティングを実現する環境は急速に整いつつある。

デジタル自動車電話システム（PDCシステム）におけるデータ通信は、2400bpsの回線交換方式でサービスが開始された。その後、NTTドコモによってモバイルコンピューティングにおけるユーザの利便性、周波数有効利用を目的として、TDMA（Time Division Multiple Access）のフルスロット同時アクセスによりデータ通信速度28.8kbpsでパケット通信が可能なDoPaサービスが1997年3月に開始された<sup>2)</sup>。これにより、音声とパケット通信とが融合した携帯端末機とノートパソコンまたはPDAとの組合せにより、インターネットサービスプロバイダおよびLANへのアクセスが便利になった。

さらに、TDMAのシングルスロットアクセスによるデータ通信速度9600bpsのPDCパケットシステムにおいて、マイクロブラウザを

内蔵した小型携帯端末機である“iモード携帯端末機”[単体]でインターネット・プロバイダに手軽に接続することができるiモードサービスが1999年2月に開始された<sup>1)</sup>。これにより、一般ユーザに利便性の高いコンテンツサービス（ニュース、モバイルバンキング、証券/保険、トラベル、グルメ、チケット情報等）が提供されるようになった。

当社は小型・軽量（体積：90cc、重量：92g）のiモード携帯端末機“デジタル・ムーバF501i HYPER（以下F501i）”を開発したのでその成果を報告する。

## デザインコンセプト

当社の携帯端末機のラインナップでは、音声モード携帯端末機の「標準機」に対し、iモード携帯端末機F501iは「多機能モデル」として位置づけている。しかし、iモードサービスに類似した簡易な文字情報サービスやメール機能は、若年層の支持を得てすでに標準機能となりつつあり、iモード携帯端末機は次世代の標準機の在り方を先取りしたものであると考えた。

そこで、iモード携帯端末機のデザイン開発にあたっては「FUTURE STANDARD」というキーワードを設定し、身近な携帯端末機としての使いやすさ・親しみやすさを表現しつつ、ターゲットユーザの嗜好にあわせた知的で先進感のあるデザインを追求した。iモード携帯端末機の外観を図-1に示す。

### • 新規性の表現

iモードサービスに対応した最先端の機種であることを



図-1 iモード携帯端末機

表-1 主要諸元

項目	諸元
送信・受信周波数	送信：925～958MHz/889～898MHz 受信：810～828MHz/834～843MHz/870～885MHz
アクセス方式	3チャンネルおよび6チャンネル/キャリア TDMA
パケット通信方式	シングルスロットパケット通信方式
パケット通信速度	9600bps
ランダムアクセス制御	RCR STD-27H 準拠
連続通話時間	約120分
連続待受け時間	約200時間
電池	630mAh リチウムイオン2次電池
寸法 [W×H×D] 体積	約43×135×19mm、約90cc
重量	約92g
ディスプレイ	ピクト+ブラウザ表示 (6行8桁:全角) +ガイダンス
キー	ナビ・ファイブキーを採用
バックライト	光センサ内蔵により省電力モードを実施
メモリダイヤル	300件の名前、電話番号、メールアドレスを記憶
iモード機能	ブラウザ：マイクロブラウザ 通信プロトコル：iモード通信プロトコル 情報提供サービス、電子メールサービス、インターネット接続サービス Mail to機能、Phone to機能 Bookmark 15件、画面メモ 20件 電子メールアドレス登録 300件 受信メール保存 30件、送信メール保存 10件 メッセージリクエスト保存 30件 メッセージフリー保存 30件

市場で印象づけるため、フロントフェイス全面にアクリルパネルを採用した。精悍なブラックのアクリル部分と、ボディのシルバーメタリックとの異素材コンビネーションにより、斬新で高級感のあるデザインを実現した。

• 洗練されたディテール

アクリル素材の特徴を生かしたシンプルなデザインを追求し、スピーカ部やLCDウインドウをフラットに処理した。また、カーオーディオを思わせるアーバン色のバックライトにより、LCD、キートップ、表記文字といった操作部全体をアクリルパネル裏面から照光し、夜間の視認性の向上とともに、パーソナルツールとしてのクールで都会的なイメージを演出した。

• 操作部への工夫

iモードキーを中心に1つ1つのキーを独立させたナビ・ファイブキーを採用し、操作性と分かりやすさを追求した。独特の細いキー形状は、十分なキーピッチを確保しているため誤操作が少なくかつ快適なクリック感があり、メールなど長文の入力でも疲れにくくした。また、文字をボディ側に表記することで、入力中の文字が指先で隠れないよう配慮した。

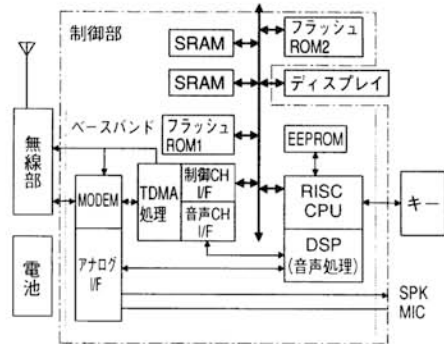


図-2 ハードウェアの構成



図-3 待受け時の画面

開発概要 —

iモード携帯端末機をPDCシステム標準規格 (RCR STD-27H) に準拠して開発した。その主要諸元を表-1に示す。

ハードウェアの構成

iモード携帯端末機のハードウェアの構成を図-2に示す。本機は、無線部、制御部、表示・操作部 (ディスプレイ、キー)、マイク、スピーカ、および電池から構成されている。図中の網掛け部分がパケット通信を行うために音声モード携帯端末機から新規に追加・変更を行った箇所である。無線部には音声モード携帯端末機と同一で、回路構成が簡易な送受信切替方式を採用した。

• 制御部

**ベースバンド**：シングルスロットパケット通信のパケット処理はTDMA処理部と制御CH I/Fにて実現し、これらを専用TDMA処理LSIに搭載した。

**RISC CPU**：パケット通信を小型・軽量の携帯端末機にて実現するために、単一32ビットRISC-CPUを搭載して従来のPDC処理 (音声通話) からパケット通信処理、ブラウザ処理、iモード通信プロトコル処理までを行うようにした。

これにより処理分割損を抑え、性能アップと同時に装置の小型化を図ることができた。RISC-CPUには、富士

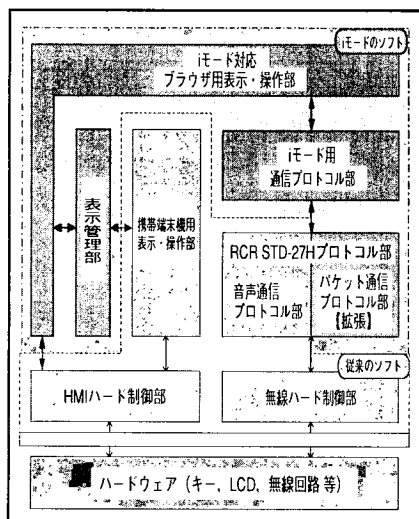


図4 ソフトウェア構成

通オリジナル製のCPUコア（キャッシュメモリ1Kbyte）を使用し、クロック周波数約10.7MHzで動作させることにより最大約7MIPSの性能となった。

**メモリ：**新規にパケット通信処理、ブラウザ処理およびiモード通信プロトコルのソフトを開発するため、フラッシュROMを1Mbyte、SRAMを768Kbyte増設し、各メモリの分担は以下のようにした。

**【フラッシュROM1：容量2Mbyte】**

従来のPDC処理プログラム、ブラウザ処理プログラム、パケット通信プログラム。

**【フラッシュROM2：容量1Mbyte】**

かな漢字変換プログラム、表示フォントデータ。

**【SRAM (512Kbyte×2)】**

システム情報、メモリダイヤル情報、ブラウザデータ（コンテンツ、メール等）、音声メモ等、ワーク領域で使用。

**・表示・操作部（ディスプレイ、キー）**

**ディスプレイ：**視認性を向上させるために縦110×横113ドットのフルドットプラスチックLCDを採用した。また、ユーザ設定により8段階のLCD濃度調整ができるようにした。

表示画面は上部のピクト部+ブラウザ表示部+下部ガイダンス部の構成にした。上部ピクト部には圏外表示およびアンテナ表示等の携帯端末機の状態を表示し、ブラウザ表示部には全角で6行8桁の文字を表示し、さらに下部ピクト部にはiモードで使用されるメッセージ受信等のアイコンを表示するようにした。図-3に待受け時に時間ごとに変化する壁紙とアイコンの画面を示す。

**キー：**音声モード携帯端末機でのキー操作性を継続し、さらにブラウザでのキー操作性を向上するため、従来の上、下キーの他に、3個の専用キー（左、右、iモード確定キー）を追加し、筐体中心部にナビ・ファイブキーとして配置した。これにより、ほとんどのiモード機能が片

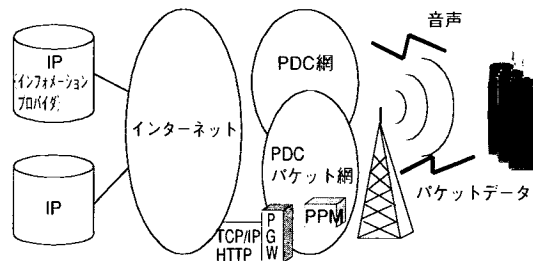


図5 システム構成

手で、操作できるようになった。

またディスプレイおよびキーのバックライトには視認性向上のためオレンジ色の高輝度LEDを採用し、光センサ内蔵により、明るい所ではバックライトをOFFにする省電力モードを実施した。

**ソフトウェア構成**

**・従来の携帯端末のソフトウェア構成**

従来の音声モード携帯端末機は、「PDCシステム標準規格（RRCR STD-27H）」の規定に従った音声通話制御プロトコルを使用しており、また画面表示/キーなどを制御するHMI（ヒューマン・マシン・インタフェース）とあわせて実現してきた。そのためソフトウェア構成は図-4の「RRCR STD-27Hプロトコル部（音声通話）」と「無線ハード制御部」で音声通話制御プロトコルを実現し、「携帯端末機用表示・操作部」と「HMIハード制御部」でHMI部分を実現する構成としていた。

**・iモード機能のソフトウェア構成**

iモード機能は、「RRCR STD-27H」の規定に従ったパケット通信制御プロトコルを使用し、その上位の層にTCP/IPやHTTPプロトコルに相当するiモード通信プロトコルでiモードの通信を制御する。さらにHTML3.2のサブセットであるiモード対応ブラウザで画面表示/キーなどを制御している。

したがって、iモード携帯端末機のソフトウェア構成は図-4の「RRCR STD-27Hプロトコル部」を拡張してパケット通信制御を実現し、「iモード通信プロトコル部」とあわせてiモード通信制御を実現した。また「iモード対応ブラウザ用表示・操作部」でブラウザのHMIを実現した。

**・従来の機能とiモード機能の融合**

音声モード機能とiモード機能を独立に構成することで、今後の機能追加等の拡張性を考慮した。ユーザへの表示は「表示管理部」が制御を行うことにより、「iモード対応ブラウザ用表示・操作部」と「携帯端末機用表示・操作部」を切り替える構成にした。たとえば、iモード使用中に音声着信があった場合や音声待受け中にメッセージ/Eメールの着信があった場合など、状態に応じて、それぞれの表示操作部を切り替えるよう構成した。

主要技術 —

iモードの概要

iモードのシステム構成を図-5に示す。

iモード携帯端末機と各サービスを行うインフォメーション・プロバイダ (IP) 間とのiモード接続は、PDCパケット網内のパケット加入者系処理装置 (PPM)、パケットゲートウェイサーバ (PGW) を介してインターネット経由にて行われる。一方音声通話接続は従来のPDC網を介して行われる。

iモードでは、パケットデータ量に基づいて課金されるので、接続しっ放しでも料金は気にならない。

iモードのブラウザにはHTML3.2のサブセットとiモード独自の通信プロトコルを使用しているために、各サービスプロバイダが提供するサービスに快適に接続できる。以下に、iモードの主要技術であるパケット通信とマイクロブラウザについて詳細に述べる。

パケット通信

パケット通信とは、データ通信方式の一種で、情報をパケットに分割してそれぞれのパケットに宛先や制御情報といったヘッダをつけて送受信する通信方式である。PDCパケット通信の無線区間の信号フォーマットはTDMA方式で、1つの周波数を3スロットに時分割多重しており、各スロットを3人に固定的に分割するものではなく、1人～無限大の人数 (理論上) まで、空スロットがあればいつでも割り当てることができる。

・シングルスロットパケット通信

「iモード」のPDCパケット通信は、通信速度が9600bpsの低速シングルスロットパケット通信である。これに対して「DoPa」は、通信速度が28.8kbpsの高速フルスロットパケット通信を用いている。

図-6 (a) に示すように、高速フルスロットパケット通信の場合、3スロットとも同時に利用できることで、28.8kbpsのデータ通信速度が得られる。無線区間の送信信号と受信信号のタイミングは、送信信号のハッチング部“1, 2, 0, 1, 2スロット”と受信信号のハッチング部“0, 1, 2, 0, 1スロット”とがそれぞれ重なり合い、送信と受信を同時に行う必要がある。無線回路はこの連続送受信に対応させるため比較的大きな回路構成となる。

「iモード」の場合は、シングルスロットパケット通信に限定しているため、無線区間の送信信号および受信信号のタイミングは図-6 (b) に示すように、送信信号のハッチング部“0スロット”と受信信号のハッチング部“0スロット”が重なり合うことはない。そのため、無線信号の送受信を同時に行う必要がなくなり、音声モード携帯端末機で使用されている送受信切替無線回路方式をそのまま使用することができた。

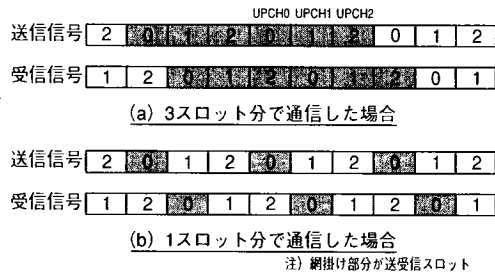


図-6 パケット通信時の送受信タイミング

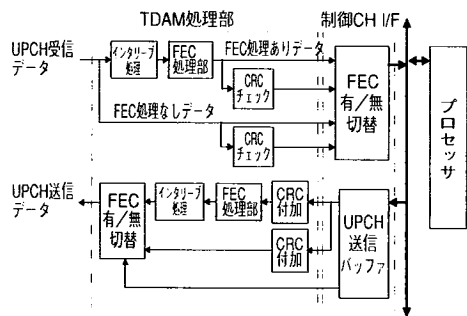


図-7 UPCHの送受信処理部のハードウェア構成

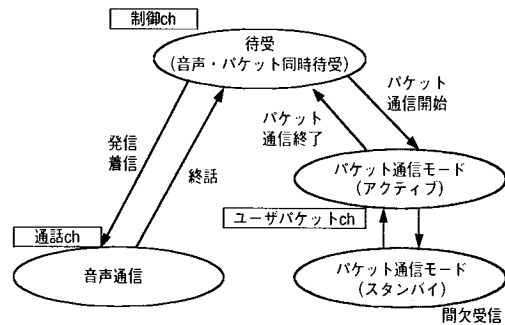


図-8 iモード携帯端末機の状態遷移

・UPCH (ユーザパケットチャネル)

PDCパケット通信は、制御チャネルのUPCH (ユーザパケットチャネル) を使用する。UPCHの符号処理は、FEC (誤り訂正) : BCH (15, 11), 誤り検出: 16ビットCRC (Cyclic Redundancy Check) 符号、スロット内ビットインタリーブ等から構成され、従来の音声モード携帯端末機と同様にTDMA処理部で行う構成にした。しかし、UPCHの場合回線品質の状態がよい場合にはFECを付加しないで通信する必要があるため、下記に記すFEC有/無の切替回路を追加した。UPCHの送受信処理部のハードウェア構成を図-7に示す。

- ①UPCH受信データは、誤り訂正処理後のデータのCRCチェックと誤り訂正処理前のデータのCRCチェックを同時に行い、CRCエラーのない方の処理結果をプロセッサに通知する。
- ②UPCH送信データは、プロセッサが送信データを設定

する際に誤り訂正符号の付加を選択する。

#### • iモード携帯端末機の状態遷移<sup>3)</sup>

図-8にiモード携帯端末機の状態遷移を示す。

待受け状態では音声とパケットを同時に待ち受けている。iモードキーを押下しパケット通信が開始された後のパケット通信モードでは、アクティブとスタンバイとの2つの状態がある。パケット通信が高頻度で行われる状態をアクティブ状態と呼び、パケットデータの送受信が一定時間なされない時、アクティブからスタンバイに移行する。スタンバイ状態でも間欠受信により網とのリンクは保持されているため、発・着信パケットが発生したら速やかにアクティブモードに移行して通信が継続される。本機能をソフトウェアに搭載し、パケット通信時における低消費電力化を図った。

#### マイクロブラウザ

iモードで採用されているマイクロブラウザの言語は、メモリ等のリソースの制限から、以下に述べるようにHTMLの機能を最小限に絞り込み、その他に電話機としての機能を拡張したHTML3.2のサブセットである。

##### • HTML3.2のサブセット機能

- ①ブラウザとしての基本機能であるアンカータグにより指定のURLに移動できる機能。
- ②Hタグ、リストタグや数字付きリストタグにより、携帯端末機の小さな表示画面でプレゼンテーションを行うための機能。
- ③ラジオボタン、チェックボタン、リストボックス、テキストボックス、サブミットボタンなどで、ユーザから各種の設定が容易にできる機能。
- ④画像対応としてGIFファイルの表示機能。  
その他拡張機能として
- ⑤accesskeyにより、コンテンツ内のリンクに端末機の特定のテンキーを割り当て、このテンキーを押すだけで容易にリンク選択できるイージーフォーカス機能
- ⑥コンテンツに電話番号が記載されている場合、その電話番号に電話をかけるPhone to機能やメールアドレスが記載されている場合にそのアドレスにメール送信するMail to機能も搭載した。

##### • iモード通信プロトコル

インターネットでのPPP、TCP/IPやHTTPに相当する通信プロトコルとして、通信データ量を削減したiモード通信プロトコルを採用した。またプッシュ型コンテンツ提供や電子メールの通知を行うために、HTTP相当のプロトコルに加え着信通知機能もサポートした。

**プル (Pull) 型機能：**ユーザが携帯端末機を操作してさまざまな情報やサービスの提供を受ける場合に、容易に操作できるようにメニュー画面から選択する方式やURLで直接指定する方式とした。各サイトから得られた情報は画面メモ機能により最大20件まで保存できるようにした。

**プッシュ (Push) 型機能：**ユーザの設定により、サイトから情報発生時に通知される「メッセージリクエスト」やネットワークからの情報通知に使用される「メッセージフリー」サービスなどのプッシュ型のコンテンツ提供方式を搭載し、定期的に情報を取りに行かなくても必要な時に必要な情報を得られる機能を実現した。

プッシュ型の情報受信があった場合に、メッセージ着信音の鳴動とメッセージ受信マークによりユーザへの通知を行うようにした。またユーザの設定により受信したメッセージを自動的に表示する機能も搭載した。通知されたメッセージリクエストおよびメッセージフリーの保存件数はそれぞれ30件とした。

##### • 電子メール機能

電子メールの送受信機能を搭載しており、そのアドレスは“電話番号@docomo.ne.jp”または“メールアドレス@docomo.ne.jp”で設定できる。限られた表示能力と携帯端末機内のリソースを考え、1件あたりのメールの送受信の最大文字容量を500バイトにした。メールの保存件数は受信メールを優先に考え、受信メールの保存件数を30件、送信メールの保存件数を10件とした。

##### • ローカル情報機能

表-1主要諸元に示すように、iモード携帯端末機が持つローカル情報機能としては他にメールアドレスやBookmark機能がある。

**メールアドレス：**件数はiモードユーザの増加とiモードでのメールアドレス機能を考え、メモリダイヤルに登録されている電話番号にアドレスを付加できるようにして300件の登録件数とした。

**Bookmark：**一般にユーザがサイトから情報を取り出す場合、決まったサイトから取り出す場合が多いため、その操作を容易に行えるように、URLアドレスが登録できる機能を充実させた。Bookmarkの保存件数は15件とした。

#### 小型・軽量化

携帯端末機では携行性を高めるため、装置の小型化、軽量化への要望は強い。一方でiモード携帯端末機にみられるように装置の高機能化が進み、回路規模は増加傾向にある。このような状況を解決するため、iモード携帯端末機の開発では、部品の小型化を進め、これをプリント基板上に高密度で実装するように努めた。以下にその概要を述べる。

##### • MCM

iモード携帯端末機のベースバンド部は主に4チップのLSIで構成しているが、これをMCM (Multi-Chip Module) 化することにより、個別パッケージで実装するよりも実装面積の削減を図った。さらにMCMのパッケージについては、一般的なQFP (Quad Flat Package) にしたのではピン配置のためパッケージ外形が制約を受け、MCM化により小型にした効果を十分に得ることが

できない。そこで、さらに実装効率を上げるため、部品の裏面に格子状にはんだバンプを配置し、はんだバンプによってプリント配線基板との接続を行うBGA (Ball Grid Array) パッケージを採用した。外形20mm×20mm、ピンピッチ0.8mm、240ピンのBGA-MCMにすることにより、個別パッケージで素子を実装するよりも実装面積を半減することが可能となった。

この他にも、電源やメモリICなどにCSP (Chip Size/Scale Package) を4個採用して実装面積の削減を図った。

#### • ビルドアップ基板

BGA-MCM、CSPなど部品の小型化を進める一方で、プリント配線基板には高密度実装が可能なビルドアップ基板を採用した。

ビルドアップ基板はレーザー加工した微細ホールにメッキを施し内層とのコンタクトをとっている。従来の基板と比べて高密度に回路配線することができ、基板の面積と重量の低減が可能である。iモード携帯端末機ではコア層の両面に2層のビルドアップ層を形成した6層のビルドアップ基板を採用した。

図-9にビルドアップ基板上にMCM、CSP等の小型部品を搭載した高密度実装したiモード携帯端末機のプリント基板を示す。

この他、表示面積が大きくなったLCDパネルには、従来のガラス素材のモジュールに比べ50%の重量軽減が図れ、また耐衝撃性は10倍の強度を得ることができるプラスチック素材のものを採用した。筐体も低比重樹脂の採用と薄肉化によって重量削減を行うなど軽量化を進め、90cc、92gの小型軽量iモード携帯端末機を実現した。

#### 低消費電力化

iモード携帯端末機はコンテンツの閲覧や電子メールの作成などの操作が多く、操作中は常にLCDバックライトおよびキーバックライトが点灯し待受け中の消費電力が多くなる。また、従来の音声通話の他にパケット通信を行うために、32ビットRISC-CPUを搭載し処理能力のアップを図ったが、その分だけ消費電力が多くなった。そこで従来の音声モード携帯端末機と同様に、待受け時間200時間以上を達成するため、以下の改良を行った。

#### • 照明設定 (省電力モード)

コンテンツの閲覧や電子メールの作成などのiモード使用時は頻りにキー操作が行われることが想定される。待受け中のキー操作によりLCDおよびキーバックライト等を点灯している時間が60分/日と仮定した場合、バックライトが点灯しない場合の2倍以上の電流を消費する。

そこでフォトリジスタを使用し携帯端末機周辺の明暗を判定し、明るい時に着信時やキー押下時でバックライトを消灯する機能を設けることにより、着信時や待受け時のキー操作を含めた実際上の1日の平均待受け時

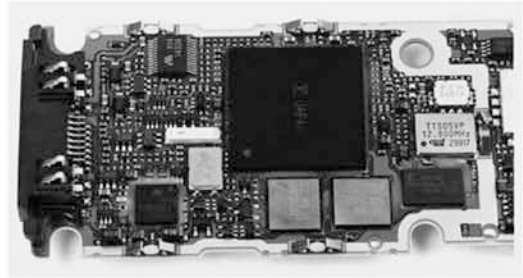


図-9 iモード携帯端末機のプリント基板

間を約20%延ばすことができた。

#### • 待受け消費電流の低減

大型LCD採用とROM/RAMメモリの追加を行ったため、待受け時のアイドル電流が増加したが、

- ①低消費電流電源ICの採用による電流低減。
- ②LCDとのインタフェース回路の変更による電流低減。
- ③内部基準発振周波数の変更および回路変更による電流低減。

の対策により0.6mAを低減し、待受け電流2.4mA (Max)以下を達成した。

#### 今後の動向 —

以上、携帯端末機の制約である「ディスプレイが小さい」、「CPUの処理能力が小さい」、「メモリが小さい」、「入力キーが限定されている」等の課題をいかに解決したか詳細に述べた。

今後の開発目標は、ディスプレイのカラー化である。バックライトを使わずに画像を表示する反射型カラーLCDパネルがコストおよび低消費電力化の面において有望で、すでに実用化段階に入っている。さらにiモードではGIF画像のデータ通信ができることが特徴であるため、これを活用した端末機能の充実が望まれる。

現在、iモード携帯端末機は「単体」でインターネットにアクセスできるという手軽さにより加入者は増加の一途を辿っている。今後はコンテンツサービスプロバイダの一層の増加によりトランザクション系、データベース系、生活情報系、エンターテイメント系等のサービスがますます充実し、マイクロブラウザを搭載した携帯端末機がウェアラブル・コンピュータまたはモバイルマルチメディアにおける真のパーソナルメディアに十分なり得る可能性がある。

#### 参考文献

- 1) 千葉, 中上, 佐々木, 大関: iモードサービス特集, マイクロブラウザ搭載デジタル・ムーバ, NTT DoCoMoテクニカルジャーナル, Vol.7, No.2 (Jul. 1999).
- 2) 鷲見, 中上, 矢島, 服部, 宮下: 移動パケット通信特集, 移動機ノカド, NTT DoCoMoテクニカルジャーナル, Vol.5, No.2 (Jul. 1997).
- 3) 大貫, 小林, 永田, 村瀬: PDCパケット通信方式, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.3 (Mar. 1998).

(平成11年8月6日受付)