

(2)通信制御プロトコル スタックソフトウェアの開発

FOMA 端末向けに、ネットワークとの通信制御を行うプロトコルスタックソフトウェアを開発し、国内初となるサービス・機能および通信品質・基本性能向上を実現してきた。本ソフトウェアは、主要移動端末ベンダにて開発する FOMA 端末の共通プラットフォームとなっている。

い だ たけひろ さくらもとひでゆき
井田 雄啓 櫻本 英之
おおはし あき はっとり ひろゆき
大橋 亜希 服部 弘幸

1. まえがき

今後の通信事業者間の競争が激しさを増すと予想される中、先行的なサービス・機能へのタイムリーな対応、継続的な通信品質・基本性能向上への取組み、および移動端末価格低減による競争力の向上が求められている。

このような状況に対応すべく、主に無線アクセスネットワーク^{*1}およびコアネットワーク^{*2}との通信制御を行う移動端末のプロトコルスタックソフトウェア（PSS：Protocol Stack Software）の開発を行ってきた。本稿では、この開発により実現した先行的なサービス・機能の具体例および通信品質・基本性能向上の具体例を取り上げて、その効果・優位性について述べる。

2. PSS 概要と開発目的

「先行的なサービス・機能へのタイムリーな対応」、「継続的な通信品質・基本性能向上」を実現するためには、ソフトウェアベンダが提供する移動端末搭載用 PSS では、さまざまな制約があり、潜在的なニーズを掘り起こすこと、および他の通信事業者と競争するうえで通信品質・基本性能の優位性を確保することが困難である。また、各移動端末ベンダが個別に PSS 開発を行っていたら、移動端末の価格高騰につながる。さらに、グローバルなローミングを実現するためには、移動端末において、世界の携帯電話方式別加入者比率が7割以上を占める GSM（Global System for Mobile communications）^{*3}の対応が必要である。

これらの課題を解決するため、FOMA 端末の共通プラットフォームとなる通信制御 PSS を開発した。本 PSS は3つのプロトコル群から構成することにより、W-CDMA シングルモード対応[1]のみならず、W-CDMA/GSM デュアルモードにも対応している。また、本 PSS はリアルタイム処理が可能である RTOS（Real-Time Operating System）^{*4}（ μ ITRON（Micro Industrial-The Real-time Operating System Nucleus）^{*5}）上で実行される（図1）。

本 PSS は、主に以下の機能を有するソフトウェアである。

- ① 移動端末と無線アクセスネットワーク間の無線回線制御プロトコル（RRC（Radio Resource Control）^{*6}、RLC（Radio Link Control）^{*7}、PDCP（Packet Data Convergence Protocol）^{*8}など）処理
- ② 移動端末とコアネットワーク間の移動管理・制御プロトコル（MM（Mobility Management）^{*9}、CC（Call Control）^{*10}、SS（Supplementary Service）^{*11}など）処理
- ③ W-CDMA/GSM レイヤ1部の制御（周波数サーチ、セル選択、無線チャネル起動・停止、ハンドオーバーなど）
- ④ ターミナルアダプタを介したアプリケーション処理部との通信制御および表示操作部制御
- ⑤ UIM（User Identity Module）^{*12}情報の読出し・書込処理（位置登録関連情報、秘匿関連情報など）

3. 先行的サービス・機能への対応

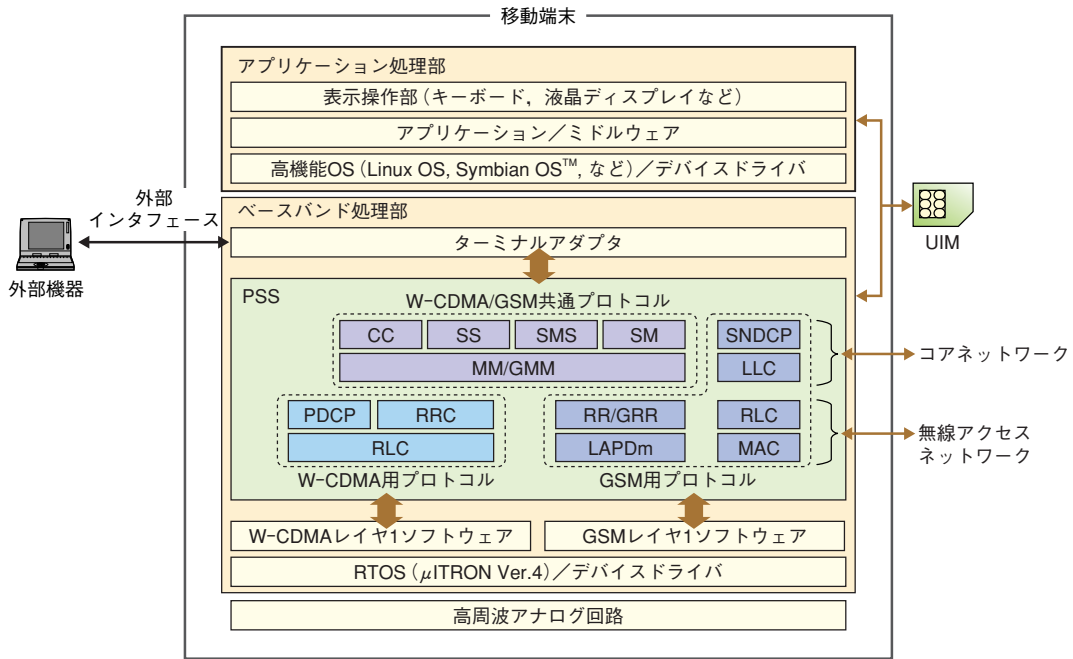
本章では、3GPP（3rd Generation Partnership Project）R99^{*13}仕様の範囲では実現が困難であるサービス・機能について、PSS 開発において先行して3GPP R4^{*13}仕様以降の方式を取り込むことにより実現してきた例について述べる。

3.1 緊急呼の優先接続機能

本来、災害発生時の輻輳時など、ネットワークにおいてアクセス規制がかかっている状態であっても、警察（110番）、消防・救急（119番）、海上保安庁（118番）への発信は優先的に接続されるべきである。アクセス規制中に緊急発信（Emergency Setup）手順のみを可能とする方式が、3GPP R99仕様において規定されており、UIMに格納されている緊急呼番号をダイヤルした場合に限り、本手順が可能となるものである。しかしながら、緊急呼番号が1つのみである欧州で標

*1 無線アクセスネットワーク：コアネットワークと移動端末の間に位置する、無線基地局および無線回線制御装置などで構成されるネットワーク。
*2 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。
*3 GSM：ヨーロッパやアジアを中心に世界中で広く利用されている、第2世代移動通信方式の1つ。
*4 RTOS：処理をリアルタイムに実行することを重視し、そのための機能を

実装したOS。CPUとソフトウェアが搭載され用途が特定されている携帯情報端末や家電製品などの組込み機器で利用される。
*5 μ ITRON：社団法人トロン協会が提供、携帯電話などのRTOSとして広く使用されており、小型軽量であることから、各種プロセッサへの搭載が容易である。
*6 RRC：W-CDMA方式において無線回線を制御するレイヤ3プロトコル。
*7 RLC：GSMおよびW-CDMA方式におけるレイヤ2のサブレイヤの1つで、再送制御などを行うプロトコル。



GMM (GPRS Mobility Management) : パケット交換ドメインにおける位置登録・認証などの移動管理を行うプロトコル。
 GRR (GPRS RR) : GSM方式のGPRSにおいて利用される無線回線を制御するプロトコル。
 LAPDm (Link Access Protocol on the Dm channel) : ISDNのDチャンネルで使用されているデータ転送制御手順であるLAPDをベースにして、モバイル環境向けに修正された、GSM方式において使用されるプロトコル。
 Linux OS : GPL (GNU Public License) に従って自由に再配布可能なUnix系のオープンソースOS。
 LLC (Logical Link Control) : GSM方式のGPRSにおいて利用され、再送制御および秘匿機能を有する論理的接続を提供するプロトコル。
 MAC (Medium Access Control) : GSM方式のGPRSにおいて利用され、物理チャンネル上へのLLCフレームのマッピングなどを制御するプロトコル。
 RR (Radio Resource) : GSM方式において無線回線を制御するプロトコル。
 SM (Session Management) : パケット通信において発信や着信などの呼を制御するプロトコル。
 SMS (Short Message Service) : 主に移動端末どうしてテキストベースの短い文章を送受信するサービスを制御するプロトコル。
 SDCP (Sub-Network Dependent Convergence Protocol) : GSM方式のGPRSにおいて利用され、オプション機能として、パケット圧縮・解凍などを有するプロトコル。
 Symbian OS™ : Symbian (英) が開発し、ライセンスする移動端末向けOS。
 Symbian OSおよびすべてのSymbian関連の商標およびロゴはSymbian, Ltd.の商標または登録商標。

図1 PSSの構成

準化されたGSM仕様がベースとなっていることから、本手順では接続先 (110/118/119) をネットワークに通知することができず、ネットワーク側でも接続先を特定することができないため、音声ガイダンスなどを送出して発信者に接続先を選択してもらう必要が生じてしまう。このような提供方法では、緊急通報としてのサービス性を損なってしまう。そのため、これまでは緊急呼番号 (110/118/119) が格納されていないUIMを使用しており、110/118/119番への発信時には通常発信 (Setup) 手順を適用せざるを得ず、アクセス規制中に優先的に接続することができなかった。

さらに、FOMA加入者数の増加に伴い輻輳状態の発生が無

視できなくなりつつあり、110/118/119番への発信については優先的に接続させる必要性が高まった。そのため、FOMA 90iS向けPSS開発において、3GPP R4仕様で規定されている機能[2]を一部先行して実現することとした。本機能は、緊急発信手順において「警察」、「消防」などの種別 (Service Category情報) をネットワークへ通知できるよう拡張された方式であり、音声ガイダンスなどにより発信者に緊急機関を選択してもらうことなく接続することが可能である。

しかし、前述した機能だけを搭載した移動端末が存在しなくても、既存のUIMには緊急呼番号が格納されていないため、110/118/119番のダイヤル時に通常発信手順を適用し

* 8 PDCP : W-CDMA方式におけるレイヤ2のサブレイヤの1つで、オプション機能としてパケット圧縮・解凍機能、およびパケットロスのないセル再選択機能を有するプロトコル。
 * 9 MM : 回線交換における位置登録・認証などの移動管理を行うプロトコル。
 * 10 CC : 回線交換において発信や着信などの呼を制御するためのプロトコル。
 * 11 SS : 付加サービスを制御するプロトコル。
 * 12 UIM : 電話番号などの契約者情報を記録したICカード。移動端末に差し込み、利用者の識別に用いる。UIMの例としてFOMAカードが挙げられる。

* 13 3GPP R** : 第3世代移动通信システムの標準化を行うプロジェクト。新しい機能の要求条件を取り込むべく継続的に標準化作業を行うと、仕様の確定ができず開発が困難となるため、段階的に仕様を確定するべくR99からR4、R4からR5、R6とバージョンアップが行われている。

てしまう。また、仮にすべての既存UIMを110/118/119番が格納されたUIMに取り替えて、既存のFOMA端末に挿入し110/118/119番ダイヤルをしても、接続先を特定できない緊急発信手順を実施してしまうので、緊急性が損なわれるという問題が発生する。

そこで、FOMA 90iS向けPSS開発では、日本国内に在圏している場合に限り、110/118/119番発信時においてUIMに格納されている緊急呼番号にかかわらず、種別のついた緊急発信手順を適用する機能を搭載することとした。

これにより、災害時および年末年始の輻輳時などにおいても、緊急通報呼がつながりやすくなった。また、安心・安全な社会の実現に向けて貢献するとともに、国内のW-CDMAシステムとしては初めて、FOMA 90iSにおいてアクセス規制中に緊急通報呼を優先的に接続することを可能とした。なお、本機能はこれ以降発売される移動端末へも実装を行っている。

3.2 通信中の音声電話・テレビ電話切替機能

テレビ電話はFOMAにおける特徴的なサービスの1つであるが、発信者からは着信者がテレビ電話を利用できる状況にあるか否かが不明である。このため、発信者がテレビ電話の発信をためらってしまうことなどを理由に、テレビ電話の利用は伸び悩んでいた。

テレビ電話の利用拡大を目的として、発信者はまず音声電話として発信し、音声通話を通じて着信者の同意を得た後に、発信し直すことなくテレビ電話へ切り替えられる機能を追加した。

通話中に音声電話とテレビ電話の切替えを可能とする方式については、3GPP R5^{*13}仕様において規定されているSCUDIF (Service Change and UDI Fallback)^{*14}機能[3]を採用することとした。

本機能提供にあたり音声電話とテレビ電話の通話料金の違いから、それぞれの通信料金を個別に表示したいという要望があったため、PSSにてそれらの料金を個別にカウントする機能を追加した。さらに、表示操作部からの料金問合せに対して、複数の料金を通知するインタフェースを搭載した。

また、FOMAにおいては音声電話とパケット通信の同時

利用は可能であるが、テレビ電話とパケット通信の同時利用は実現できていないことから、パケット通信中に音声電話からテレビ電話への切替要求があった場合には切替要求を拒否するなど、さまざまな競合条件を考慮した動作の盛り込みを行った。

前述のとおり、3GPP R5仕様を取り込むことによって、FOMA 90iSにおいて国内で初めて本機能を提供することが可能となった[4]。今後、本機能を搭載した移動端末の増加に伴い、テレビ電話の利用機会の増加が期待できる。

3.3 回線交換・パケット交換分離規制機能

災害発生時の輻輳時において、音声電話は困難であったとしてもi-mode災害用伝言板やi-modeメールを優先的に利用可能とすることが求められている。この機能は、PDC (Personal Digital Cellular)^{*15}ではすでに実現されているが、FOMAでは3GPP仕様上の規定が存在せず標準化作業から開始したため、対応が遅れていた。

しかしながら、昨今の大規模な災害発生状況から本機能の早期実現が強く求められており、社会的責任を果たすべく積極的に標準化活動を進めてきた。PSSとしては、標準化活動と並行して早期に本機能に対応すべく開発に着手している。

本機能は、回線交換呼とパケット交換呼を独立にアクセス規制することが可能であり、PSSでは3GPP R6^{*13}仕様において規定されているDSAC (Domain Specific Access Control)^{*16}機能[5]に対応することになる。回線交換呼のみを規制することで、音声発信は規制されるがi-mode災害用伝言板およびi-modeメールは使用可能という状態でネットワークを運用することが可能となる。

4. 通信品質および基本性能の向上

3GPP仕様上、実装依存として特に仕様規定されていない通信品質および移動端末の基本性能の側面において、本PSS開発で実施した発着信完了率の向上、およびバッテリーセービング性能向上の施策について述べる。

4.1 発着信完了率の向上

基本的な通信品質指標として発着信完了率がある。以下

*14 SCUDIF：3GPP R5で規定されている回線交換呼の通信中にペアラを切り替える方式。

*15 PDC：日本国内で普及している第2世代移動通信方式の1つで、ドコモなどが採用している。

*16 DSAC：回線交換とパケット交換をそれぞれ独立してアクセス規制する機能。

に、本開発においてこれまでに取り組んだ発着信完了率向上に寄与する施策の例を示す。

(1) 発信完了率の向上

パケット呼の切断（Deactivate）手順直後に新規に発信を行う際に、ネットワーク側からの無線解放手順の下りメッセージ（RRC Connection Release）と、発信手順の上りメッセージ（Initial Direct Transfer）がすれ違うことにより発信手順が失敗することを避けるために、無線解放手順完了後に発信手順をリトライする処理を実装している（図2）。

(2) 着信完了率の向上

移動端末がパケット通信中に受信レベル劣化などで圏外状態に入り、正常な切断手順を行えずに呼解放した際、ネットワーク側で一定期間呼状態を保持し続けるため、一時的に移動端末とネットワーク間の状態不一致が発生する。移動端末が圏内に復帰しただけでは状態不一致は解消せず、その状態で着信がきたら呼損が発生する。本問題を解消するために、このように呼解放した場合に限り、圏内に復帰した直後に位置登録を実施し、ネットワークとの状態不一致時間の短縮を行う。これにより、ネットワーク側で保持している呼状態が解放され着信が可能となるため、着信完了率向上につながる。

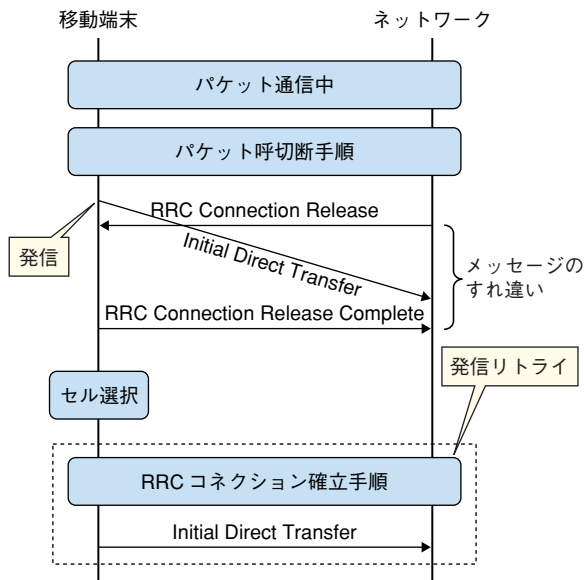


図2 パケット切断直後の発信手順

4.2 バッテリセービング

移動端末の基本性能を表現する指標に、移動端末のカタログにも記載される「連続待ち受け時間」がある。本PSSにおける以下の施策による効果もあり、バッテリーセービング性能が向上し、サービス開始当初のFOMA端末と比較し大幅な性能向上に至っている。

(1) 周波数サーチの最適化

移動端末は、待ち受けが可能な周波数をサーチする機能を有する。FOMAネットワークとして運用している周波数帯は、2GHzおよび800MHz帯、また今後運用を希望している1.7GHz帯を含めると、数百波存在する。この全周波数を毎回サーチしていると待ち受け状態に入るまでに時間を要し、さらには連続待ち受け時間が極端に短くなってしまふ。

そこで本PSSでは、使用実績のある周波数についてList1～3に分類（表1）を行ったうえで保持し、各Listにサーチ優先順位を設け、選択可能な周波数が検出されるまで順番にサーチを実施する。選択可能な周波数が検出

表1 サーチ対象周波数の分類

分類	サーチ対象周波数
List1	今回の電源ON以降に選択した実績のある周波数群
List2	前回の電源ON中に選択した実績のある周波数群
List3	過去に選択した実績のある周波数群

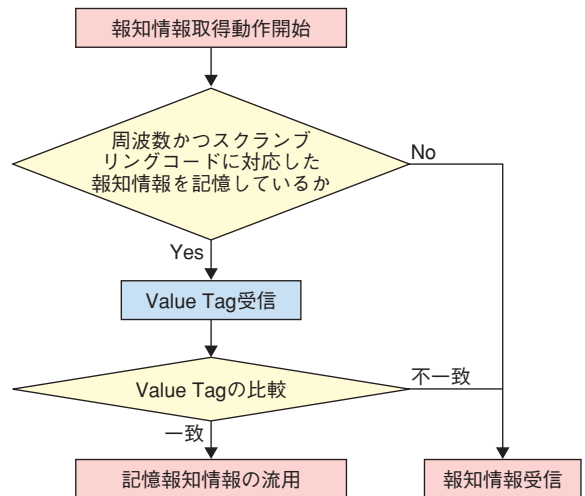


図3 報知情報受信処理要否の判断フロー

できなかった場合に初めて、全周波数帯からのサーチを行う。例えば電源ON直後は、List2からList3へ、List3から全周波数という優先順位でサーチすることになる。通常、各Listにおける周波数の最大記憶数の大小関係は、 $List2 \leq List1 < List3$ となるよう設定される。また、各Listにおいて、最大記憶数を超える周波数が検出された場合は、最古の周波数を削除し、最新の周波数を記憶することになる。

本施策により、全周波数サーチを低減し高速な周波数検出の実現およびバッテリーセービング性能向上を実現している。

(2) 報知情報^{*17}の受信頻度の低減

移動端末は、エリア情報などを報知情報より得ている。この報知情報は、セルごとに一斉同報されているが、この情報を受信すること自体にも当然ながらバッテリーを消費する。したがって、いかにして報知情報受信頻度を必要最低限に抑えることができるかが重要である。

本PSSでは、受信した報知情報を周波数とスクランプリングコードの組合せごとに移動端末内で最大1時間記憶し、次の受信タイミング時に記憶していればValue Tagのみを受信し、記憶しているValue Tagとの比較を行い、その値が一致した場合は、記憶している報知情報

を使用することで報知情報受信頻度を軽減している(図3)。Value Tagとは、報知情報が更新された際にカウントアップされる報知情報の一部分であるSIB (System Information Block)^{*18}に含まれる値のことである。

5. あとがき

国内外にはPSSを提供しているソフトウェアベンダが複数社存在しているものの、ドコモが提供する先行的なサービス・機能を積極的かつスピーディに実現できるベンダは存在していない。また、他の通信事業者との差別化を図るために、「通信品質向上」および「基本性能向上」に関するノウハウは貴重な財産でもある。今後もPSS開発を通じて、お客様に満足いただけるサービス・機能・品質・性能を提供することが重要である。

文献

- [1] 高木, ほか: “IMT-2000サービス特集(2), 移動端末技術,” 本誌, Vol. 9, No. 3, pp. 41-48, Oct. 2001.
- [2] 3GPP TS 24.008 v4.14.0, Jun. 2004.
- [3] 3GPP TS 24.008 v5.12.0, Jun. 2004.
- [4] 横島, ほか: “FOMA通信中の音声電話・テレビ電話切替機能の開発,” 本誌, Vol. 13, No. 3, pp. 20-24, Oct. 2005.
- [5] 3GPP TS 25.331 v6.8.0, Dec. 2005.

* 17 報知情報: 移動端末における位置登録要否の判断に必要な位置番号, 周辺セル情報, および発信規制制御を行うための情報などを含み, 周辺セルごとに一斉同報される。

* 18 SIB: GSMおよびW-CDMA方式では, 無線基地局から移動端末へ一斉同報される報知情報は, 複数のブロックに分割されており, そのブロック単位を示す。