

モバイルインターネットの 要素技術

2.1 移動通信網のオールIP化

日本エリクソン(株)

小田 稔周¹ 藤岡 雅宣²



第3世代に位置付けられるIMT-2000移動通信網の標準化が進展し、我が国では世界に先駆け、初期のIMT-2000システムが導入されるに至っている。そこでは、従来の音声電話サービスのみならず、IPベースの高速データ通信サービスが提供され、より快適なモバイル・インターネット環境が展開される。初期システムで主眼とされるインターネットへの高速アクセス機能の役割はiモードやWAPに代表されるアプリケーション面の充実に伴ってますます重要になってきており、さらに、IPベースのマルチメディア通信技術の導入によりサービス・レベルのIP化を推し進めることで、モバイル環境での多様なマルチメディア通信サービスを効率的に提供することが可能となる。また、それに加えて、トランスポート・レベルのIP化により、網コストの低減化等も期待されている。

このようなことから、3GPP/3GPP2においては、IMT-2000システムのオールIP化が議論され、将来システムへの発展に向けた標準仕様化が進められている。また各方面で、より長期的な観点から、第3世代より先のシステムに関する研究も行われており、近年のWLAN等の発展も視野に入れた複合的な網形態とシームレス・サービス等が検討されている。本稿では、第3世代のオールIP化のシナリオと、長期的なオールIP移動通信網で重要となるIPモビリティ技術について述べる。



UMTS

UMTS^{☆1}は、GSMからの発展形態として標準化された第3世代移動通信網であり、回線交換ドメインはGSMを、パケット交換ドメインは欧州で標準化されているGPRSのアーキテクチャを継承している。UMTSのRAN(Radio Access Network)(UTRANと呼ばれる)は無線インタフェースとしてWCDMAを適用している。実装に向けた標準システム仕様は3GPP(3G Partnership Project)において順次作成されており、初期商用化のベースとなるリリース3(リリース99)を経て、オールIP化への発展ロードマップとしてリリース4、リリース5の仕様化が進められている¹⁾。

図-1に、UMTSの機能アーキテクチャ(3GPPリリース3)の概略を示す。

UTRANとコア網はIuインタフェースと呼ばれる標準インタフェースで接続され、回線交換コア網はMSC、VLR、HLRを主要機能エンティティとして構成される。一方、パケット交換コア網はGGSN、SGSNと呼ばれるGPRSの機能エンティティをベースとして構成される。

パケット交換ドメインにおけるサービス利用のための処理の概要は次の通りである。移動端末MSがGPRSアタッチ処理により網に登録すると、接続されるべきSGSNが割り当てられHLRからSGSNにユーザ情報が転送されてMSの位置管理が行われる。外部IP網にアクセスするため、MSはSGSNに対してPDP活性化要求信号を送信し、SGSNは接続すべきGGSNの選択やQoSパラメータ値の選択等を実行する。その後、SGSN-RNC間、

^{☆1} UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)は、WCDMAを無線アクセスインタフェースとするIMT-2000網を示す欧州での名称である。

¹ Toshikane.Oda@nrj.ericsson.se

² Masanobu.Fujioka@nrj.ericsson.se



GGSN-SGSN間それぞれにGTPトンネル(図-1)を設定し、パケット転送サービスのためのベアラを設定する。MSが動的IPアドレスの割当てを必要とする場合には、SGSNがGGSNにその旨を要請してGGSNが割当てIPアドレスを選択し通知する。これら一連の処理により、MS、SGSN、GGSNにおいて当該サービスのためのPDPコンテキスト(当該パケット転送サービスに関する情報セット)が生成され、当該サービスが継続する期間において維持・管理される。UMTSでは、設定済みPDPコンテキストを変更したり、追加的に複数のPDPコンテキストを生成しパケット転送用の複数のベアラを割り当てることが可能である。また、GGSNからベアラ設定・変更を行う仕組みも組み込まれている。

図-2に、パケット交換ドメインU-Planeのプロトコル・スタックを示す。GGSNからRNCまではIPベースのトンネリングを用いてモビリティ管理を行っており、トランスポートレベルにおいてもIPレイヤが適用されている。MSの移動によりRNCやSGSNが変更される場合には、GTPトンネルの再配置を行ってサービスの継続をサポートする。

cdma2000

cdma2000^{☆2}は、cdmaOneからの発展形態として標準化された第3世代移動通信網であり、実装に向けた標準システム仕様は3GPP2 (3G Partnership Project 2)において順次作成されている²⁾。インタフェースおよびプロトコルがIOS (Inter-Operability Specification) (3GPP2 A.S0001-A IOSv4.1) 標準に記載されている。

図-3に、cdma2000網アーキテクチャの概要を示す。コア網は回線交換ドメインとパケット交換ドメインに分けられる。

cdma2000パケット交換ドメインでは、IETFのIP技術を利用した設計とされており、モビリティ管理にはMobile IP技術が応用されている。図-4にプロトコル・スタックを示す。

パケット交換ドメインにおけるサービス利用のための処理の概要は次の通りである。MSがBSCに呼起動を通知するとBSCはMSCに無線リソース割当てを要請する。その後、BSCとPCF間にベアラが設定され、PCFとPDSN間にMobile IPv4を拡張したプロトコルによってGRE (Generic Routing Encapsulation) トンネルが設定される。MSはPDSNとの間にPPPを設定し、さらに必要によってホーム網のHAに対しMobile IP登録を行う。

^{☆2} cdma2000は、本来、無線アクセスインタフェースに対する名称であるが、本稿ではcdma2000を無線アクセスインタフェースとするIMT-2000網を示す簡略化した名称として用いている。

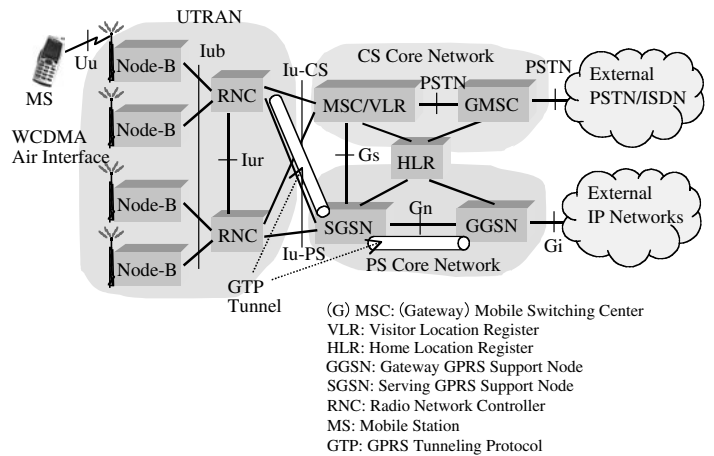


図-1 UMTS機能アーキテクチャ(3GPPリリース3)の概要

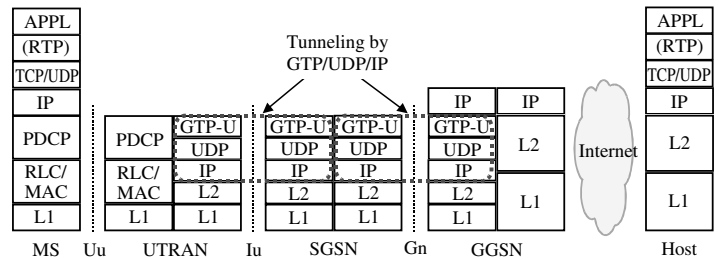


図-2 UMTSパケット交換ドメインU-Planeのプロトコル・スタック

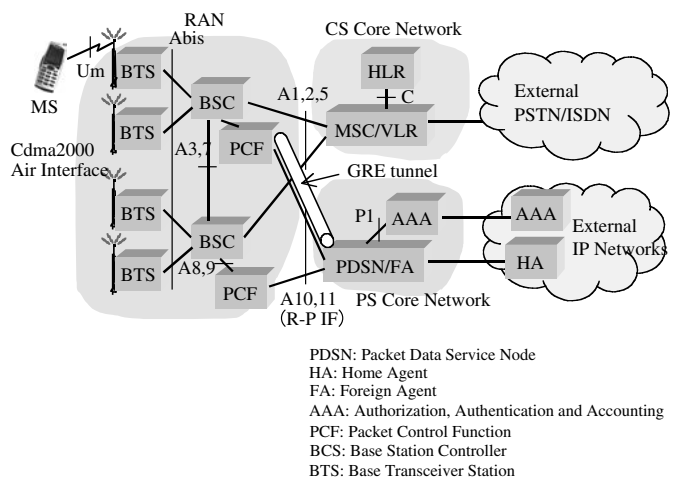


図-3 cdma2000網アーキテクチャの概要

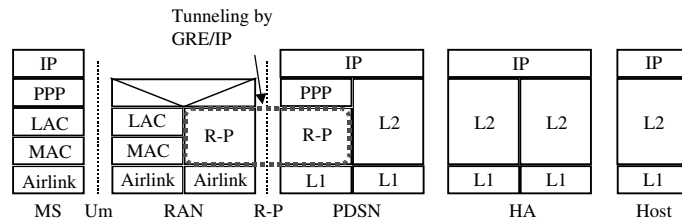


図-4 cdma2000パケット交換ドメインU-Planeのプロトコル・スタック

このような仕組みにより、ユーザパケットはMS-BSC-PCF-PDSN間で転送されることとなり、外部IP網へアクセス可能となる。

MSの移動に伴い、必要によりBTS間、BSC間、PCF間、PDSN間でハンドオフ処理が実行されるが、PDSNがパケット交換ドメインにおけるIPモビリティ管理のためのアンカーポイントの役割を担う構成となっている。

MT-2000におけるオールIP化

IMT-2000におけるオールIP化には、通信コストの削減と多様なマルチメディアサービスの提供の2つの側面がある。通信コストの削減はさらに、より低コストのデータ通信装置の利用という側面と、固定通信も視野に含めた全サービスに対する網一元化による網構築・運用コストの削減という側面を持つ。一方、多様なマルチメディアサービスの提供は、PC間通信と同様に、音声、画像、テキスト等を複合的に組み合わせたサービスをIPクライアント上で実現するという意味を持つ。この中には、これまでインターネット向けに開発されてきたサービスの移动通信環境への適用と、移动通信に特化したサービスの提供が含まれる。

IMT-2000のオールIP化の検討は、UMTSとcdma2000を対象として3GPPと3GPP2を中心にそれぞれ進められており^{1), 2)}、いわゆる3.5世代という位置付けとなる。具体的には、回線交換ドメインも含めたトランスポート機能としてのIPの導入や、パケット交換ドメインの上位へのマルチメディア呼制御機能の導入がある。前者は、従来のSTMやATMに代えてIPを音声を含めたペイロードの転送に利用するという一方で、パケットと回線の両ドメインでのバックボーンの共通化を図ることを意図する。後者は、より多様なマルチメディアサービスをIP上に展開することを意図する。

3GPP、3GPP2で共通するオールIP化の標準化の内容は以下の通りである。

- 1) インターネットとの整合性を重視し、マルチメディア呼制御機能としてIETFで標準化が行われているSIP (Session Initiation Protocol) を利用する。また、その他のプロトコルもIETFとの整合化を重視する。
- 2) 回線交換ドメインにおいて、ユーザデータ層と制御層を分離し、ベアラによらない呼制御を可能にすると同時に、呼制御機能の変更なしにIP転送の導入を可能とする。
- 3) 既存の電話網/ISDNとオールIP化した移动通信網とのインタワークを行うため、従来の電話/ISDNでの呼制御に利用されているNo.7共通線信号の転送を移动通信網内ではIP上で行うことが要求される。このため、既存の電話網/ISDNでのSTM転送とIP転送の変換を行うSGW (シグナリング・ゲートウェイ) 機能を設ける。
- 4) ユーザがローミング時にもホーム網とのシームレスなサービスを提供するため、サービス制御についてはホーム網から行うことを基本とする。
- 5) サービス開発の迅速化、サービスの多様化を目的とし、アプリケーションへのオープンなソフトウェア・インタフェースを提供する。
- 6) リアルタイム型データの転送効率化のため、必ずしも高品質ではない無線インタフェースに適したヘッダ圧縮機能を導入する。

図-5に、上記に基づくIMT-2000におけるオールIPの基本アーキテクチャを示す。なお、IMT-2000のオールIP化は徐々に進行し、長い時間をかけてすべてのトラフィックがIP化されるものと考えられる。この過程の中で、既存のイーサネットを利用する場合等、必要に応じて無線ネットワーク (RAN) へのIP転送の導入も行われる。

長期的なオールIP化に向けた研究動向

上記のような3GシステムをベースとしたオールIP化に関する研究開発と並行して、より長期的なオールIP

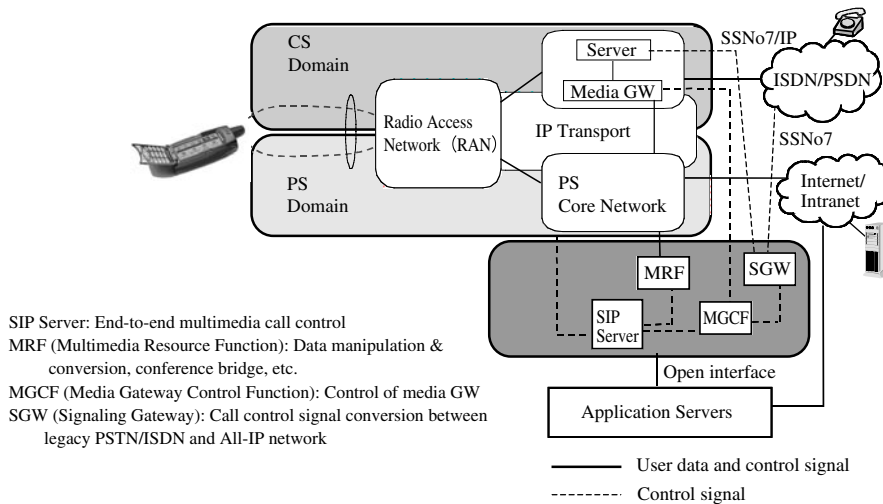


図-5 IMT-2000におけるオールIP基本アーキテクチャ

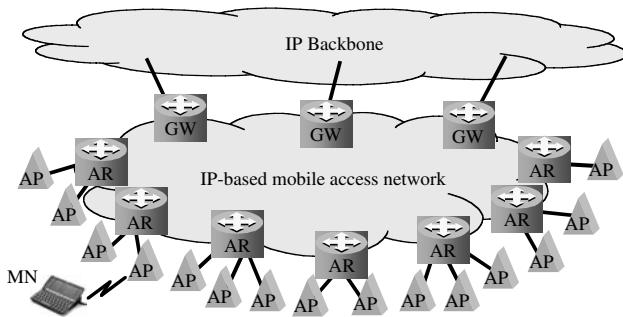


図-6 IPベースの移動アクセス網のモデル

移動網の研究が開始されている。この研究は、WLANに代表される新しい無線アクセスを前提としたより広範な将来IP網の基盤技術にかかわるものである。たとえば、EUの共同研究プロジェクトBRAIN/MINDでは、IP移動アクセス網のアーキテクチャおよび各種要素技術が先駆的かつ体系的に研究されている³⁾。また、2001年3月発足のWWRF (Wireless World Research Forum)ではBeyond 3Gワイヤレス通信に関し、無線技術やIPモビリティ技術等の広範囲な研究が行われている⁴⁾。IETFでは、MIP (Mobile IP) ベース等のIPモビリティ・プロトコルの議論が進められており、将来のオールIP移動網への応用が考えられる。

■網モデルとIPモビリティ■

図-6にIPモビリティの研究で前提とされる移動アクセス網モデルを示す。AR (Access Router)は無線アクセス部とIPルータ網を結合するルータであり、GW (Gateway)はIP移動網と外部IP網を接続するルータである。ARには、MN (Mobile Node)との無線インタフェースを提供するAP (Access Point)が接続される。

この網モデルでは、MNがホーム網から在圏網にロー

ミングし、さらに移動中においても、次々と接続されるAPならびにARを変えながら、通信サービスを継続して受けることを可能とするモビリティ管理機能が基本技術として必要となる。

また、IETF等では、移動する網、すなわち、ルータと(複数の)ホストからなり一体として物理的に移動する特性を有する網も含めたモビリティ管理の検討が開始されており、PAN (Personal Area Network) や車両内LAN等への応用が考えられる。

このような新しいIPベースの移動網モデルでは、IPモビリティ管理にかかわるアドレッシングとルーティングの課題や、無線インタフェースを含めた高度なQoS制御の課題を解決する必要がある、公衆移動網へ適用していくには、スケーラビリティや信頼性、セキュリティ等の点で優れた網アーキテクチャの構築が求められる。

■グローバルモビリティとローカルモビリティ■

IPモビリティ管理については、MNが異なる移動網間でローミングしIP通信サービスを継続して受ける能力、すなわち、グローバルIPモビリティ(またはIPマクロ・モビリティ)と、MNが同一移動網内でAR間を移動しながらIP通信サービスを継続して受ける能力、すなわち、ローカルIPモビリティ(またはIPマイクロ・モビリティ)の2者を区別して扱うことが多い。

固定IP網でのIPモビリティをサポートする仕組みとして、従来よりMIPの研究が進められている。上記の移動網モデルにMIPをそのまま適用することは可能であるが、MNの移動に伴い在圏網外に位置するHAやCNとの信号転送が毎回必要となる。また、AR間の移動により、移動検出等の無線インタフェース上での処理に加え、IPアドレス(COA)の変更が必要で、そのた

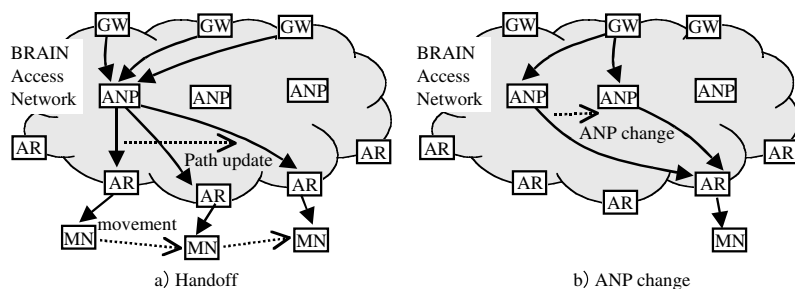


図-7 BCMPのパケット転送, ハンドオフならびにANP変更

めの処理時間がハンドオフ時間に大きく影響する。将来のIP移動網では広帯域化とともにセルサイズがより小さくなり、さらにMN数や対応すべきMN移動速度がますます増大して、ハンドオフが一層頻繁に発生すると考えられることから、モビリティ管理にかかわる信号量増大やハンドオフ性能の問題が顕著になるものと考えられる。このような課題を解決するため、ローカル・モビリティ管理に適するIPモビリティ・プロトコルの研究開発が進められている。

BRAINでは、IPモビリティ管理に関し、モビリティ管理信号トラフィックの最小化、シームレス・ハンドオフ(低パケット遅延やパケット損失のないハンドオフ)の実現、高スケーラビリティの実現等を要求条件とした議論が行われている³⁾。さらに、BRAINでは、独立した1つのIP網として、外部へはモビリティ管理にかかわる内部構造を隠蔽する設計思想や、無線アクセス部でレイヤ2とレイヤ3を独立とする設計思想等が採られ、長期的に発展する公衆移動網システムとしての基本思想が多く盛り込まれている。

■ローカルモビリティ・プロトコルの例■

ローカルIPモビリティ・プロトコルはレイヤ3の機能であり、シームレス・ハンドオフ機能、ページング機能、QoS制御機能、高速なAAAやセキュリティ機能等をサポートすることが求められる。

これまでに検討されているローカルモビリティ・プロトコルは、ルーティング機能配備の関連から、網内ルータすべてに特別な機能(MNの位置関連情報)を具備させhop-by-hopにMNまでのパケットルートを管理する方式と、網内の特定のルータのみに特別な機能を具備させMNまでのパケットルートを管理する方式に大きく分類される。前者には、Cellular IP⁵⁾やHawaiiが含まれる。後者には、HMIP(Hierarchical Mobile IP)⁶⁾等が含まれる。

(1) Cellular IP (CIP)

CIPの原理は、MN発信のuplinkパケットをGWまでのノードがそれぞれモニタし、送信元アドレスと入りポートのマッピング情報を生成してhop-by-hopの逆向きパス、すなわち、GWからMNへのdownlinkパスを自動的に構成する方式である⁵⁾。MNの移動により、関係するルータのマッピング情報が更新されdownlinkパスが更新される。

(2) HMIP

HMIPv6は、MIPv6の拡張として提案されており、移動網内にMAP(Mobile Anchor Point)とその配下のMAPドメインを定義しMAPドメイン内でのモビリティ管理をMAPによりローカルに行う方式である。MAPの導入により、ハンドオフにかかわる信号量とハンドオフ時間の削減が期待される。HMIPv6ではMNにかかわるアドレスとして、ホーム・アドレス、オン・リンクCare-of-Address(LCOA)、地域Care-of-Address(RCOA)を割り当てる。MN宛パケットはいったんMAPで受信され、さらにMAP-MN間のトンネルによってMNまで転送される。MAPドメイン内でのモビリティ管理はLCOA更新処理により完結している。MAPドメイン間移動では、MAPおよびRCOAの変更処理が必要であり、HA(さらにCorrespondent Node)に新しいRCOAが通知される。HMIPv6では、旧・新AR間の一時的トンネルあるいはMAPからのbi-castingを組み合わせることでパケット遅延の少ないハンドオフを実現する拡張もすでに検討されている。

(3) BCMP (BRAIN Candidate Mobility Protocol)

BCMP³⁾は、BRAINで候補プロトコル概念として議論され受け入れられている。BCMPは、特定のグローバルモビリティ・プロトコルを前提とせず、ANP(Anchor Point)の概念を用いる独立したローカルモビリティ・プロトコルとして考案されている。その設計では、評価項目ごとにベストでなくとも、システム全体としてのバランスに優れた移動網の構築が目指され

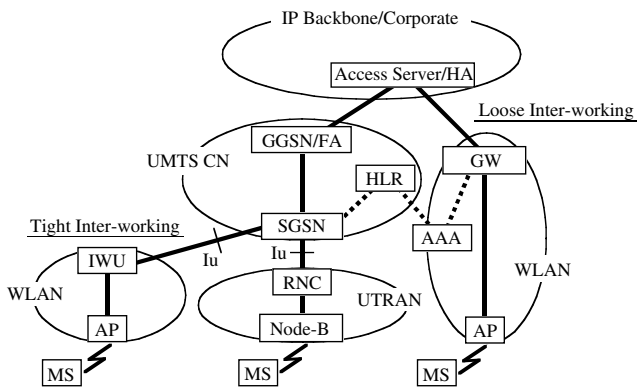


図-8 UMTSとIPベース移動アクセス網の相互接続モデル例

ており、ログイン/ログアウト、ハンドオフ準備、ハンドオフ実行、ANP変更、ページングのプロトコル概念が系統的に構成されている。図-7にパケット転送経路等の概要を示す。

MNはMIPを前提とせず、網へのログインにより、移動網からANPとそのANPのプレフィックスを有するグローバル・アドレスを割り当てられる。当該MN宛てのパケットはいったんANPで受信され、トンネルによりARまで転送された後、無線リンクによりMNまで転送される。移動によりARが変更されても、MNのグローバル・アドレスは変更されない。ハンドオフ準備の手順では、旧・新AR間の一時的トンネルによりコンテキスト転送とユーザパケット転送が行われ、このようなmake-before-break方式によってパケット損失がなくパケット遅延や順序逆転量の少ないシームレス・ハンドオフが実現される。BCMPでは状況に応じてANPを変更する仕組みも導入されているが、ANPとARの対応関係は特に制限がなくARの変更に伴ってANPを強制的に変更することは要求されない。このため、ARやANPの配置設計はプロトコルの詳細によって制限されることが少なく、網オペレーションの観点から柔軟性が高いといえよう。

異なる移動網間でのシームレス・サービスに向けて

以上のようなより発展的なオールIP移動網は、新しい無線技術の発展とともにホットスポットをカバーするような小規模な網から導入され、当面、3G移動網の補完的な網として発展していくシナリオが考えられる。このようなIPベースの移動アクセス網とUMTSとの相互運用により3G移動網を補完し発展させていくシナリオが検討されており、図-8に示すように、Iuインタフェースによる強結合や、UMTSの加入者管理機能を再利用

する弱結合などのモデルが考えられている。

今後、WLANやBluetoothを用いた新しいIPベースの移動網が構築され各種の移動網が相互運用される環境へと進展するものと考えられ、そのような環境では、異なる移動網間でのシームレスな通信サービスの提供が重要な課題となる。すなわち、網間でのローミングだけでなく、通信中のMNが異なる移動網へ移動する場合にも、切断なく当該通信を継続できる能力が求められることとなる。たとえば、cdma2000とIEEE802.11b WLAN網との間でのマルチ・アクセスを実現しMIPをIPモビリティ・プロトコルとしたシームレスな通信環境を提供するシステムの開発がすでに進められている。

マルチ・アクセス環境においてリアルタイム通信も含めたシームレス・サービスの実現のためには、ローミングとハンドオフにかかわる高速なAAA処理やコンテキスト転送、QoS交渉制御等の課題も解決していく必要がある。

むすび

今後、第3世代システムのオールIP化とともに、WLANのような異なる技術をベースとしたオールIP移動網が出現してこよう。それらは相互に接続され補完し合って発展していくものと期待され、広帯域化とサービスの多様化がますます進展するものと考えられる。また、無線インタフェースの広帯域化とともにユビキタス化が進展すると考えられる。そのような新しいモバイル環境ではシームレス・サービス、高品質化等を実現する技術がますます重要になると同時に、広帯域かつ高速移動をサポートする将来のIP移動網が提供すべき新サービスやビジネス・モデルの開拓が求められる。

参考文献

- 1) 3GPP UMTS仕様 (<http://www.3gpp.org/>)
- 2) 3GPP2 cdma2000システム仕様 (<http://www.3Gpp2.org/>)
- 3) BRAIN webpage (<http://www.ist-brain.org/>)
- 4) WWRF webpage (<http://www.ist-wsi.org/>)
- 5) Valko, A.: Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility, ACM Computer Commun. Review, Vol.29, No.1, pp.50-65 (Jan. 1999).
- 6) Soliman, H. et al.: Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6), IETF, draft-ietf-mobileip-hmipv6-04 (July 2001).
(平成13年11月9日受付)

