

## (1) IP<sup>2</sup> ネットワーク アーキテクチャ概要

ネットワーク研究所では、第3世代以降の“Beyond IMT・2000”に向けた次世代移動通信ネットワークに関する研究をIP<sup>2</sup>と称して進めている。

本稿では、IP<sup>2</sup>におけるネットワーク能力およびネットワークで提供するサービスへの要求条件を示し、加えてこれを実現するためのIP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャにおける技術的特徴について述べる。

やぶさき 藪崎	まさみ 正実	こしみず 奥水	たかし 敬
よこやま 横山	つとむ 勉	さわだ 澤田	まさひろ 政宏

### 1. まえがき

iモードサービスに代表されるように、第2世代の移動通信ネットワークにおいては、モバイルインターネットサービスがみごとに開花した。加えて、ドコモは2001年から国際標準である第3世代移動通信（IMT・2000：International Mobile Telecommunications・2000）サービスを開始し、最高384kbit/sの高速通信を実現させ、より高速なモバイルインターネットサービスの提供が可能となった。

今後、IMT・2000以降（Beyond IMT・2000）においても、モバイルインターネットサービスの普及はさらに加速し、移動通信ネットワークにおけるトラフィックは、音声系からマルチメディア系へと大きくシフトすることが予想される。したがって、Beyond IMT・2000においては、IP（Internet Protocol）ベースのネットワークによって、マルチメディア系トラフィックのみならず、音声系トラフィックも併せて効率的に処理可能なネットワークが必要とされる。一方、近い将来のモバイルインターネットサービスを成功させるためには、誰もがどこにいても魅力的なサービスを利用できる環境を提供することが求められる。そのために、移動通信ネットワークは、サービスプロバイダなどのサードパーティーが提供するアプリケーションサービスを迅速にサポートし、さらにそれらのサービスに付加価値を加えられるよう、サービスミドルウェアのような機構を設けることが必要とされる。

これらの背景を踏まえ、本稿ではネットワーク研究所におけるBeyond IMT・2000に向けた研究について、IP<sup>2</sup>（IP based IMT network Platform）への要求条件を示し、加えてこれを実現するためのIP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャに

おける技術的特徴について述べる。

## 2. IP<sup>2</sup>への主な要求条件

### 2.1 大容量マルチメディアトラフィック収容

近年のインターネットの普及には、目覚ましいものがあり、企業活動においてもホームページやe-mailを利用した新たなビジネススタイルが定着しており、その普及は今後もいっそう加速されることがうかがえる。以前はホームページもテキスト/静止画表示が中心であったが、現在では動画像が中心となり、オンデマンドによる動画などを用いたアプリケーションも増加している。このように、これらのマルチメディア系トラフィックは、数年後には音声系トラフィックと同程度までに増加し、近い将来には全体のトラフィックのほとんどがIPマルチメディアトラフィックにより占められると予想される。さらには、音声系トラフィックも現在の音声品質に匹敵するIPマルチメディアトラフィックとして処理されることが十分に予想できる。これらの傾向は、iモードの例を出すまでもなく、移動通信でも同様である。これらの背景を踏まえ、IP<sup>2</sup>においては膨大なIPマルチメディアトラフィックを効率的かつ安価に扱うことが求められる。

### 2.2 高度モビリティ管理

移動通信ネットワークで扱う信号トラフィックの中では、モビリティを管理するために必要な信号トラフィックが、その大きなウエイトを占めている。ユビキタス時代を迎え、人のみならず、さまざまな物、動物、流通物品などもモビリティの管理対象とする次世代移動通信ネットワークにおいては、モビリティ管理の効率化が重要な課題の1つとして挙げられる。

第3世代（3G）までのモビリティ管理は、自動車のような高速に移動する対象物に対して最適になるように設計されており、対象物によってモビリティ方式を変えるようなことはしていない。しかし、ほとんど移動しない自動販売機、計画的に移動する鉄道車両、特定地域に移動範囲が限定される人々などについて、それぞれのモビリティ管理方法を多様化（個別化）することにより、モビリティ管理に必要な信号トラフィックが削減され、その結果、管理コストの削減が予想される。

さらに、今後の移動端末（管理対象）の多様化、通信形態の多様化を考えると、単に信号トラフィックを削減するだけでなく、新たなサービスの創造に向けて多様なモビリティ管理が必要となる。例として、アドホックネットワークと連携したモビリティ管理、およびそのグルーピングを考慮したハンドオーバーなどが、重要な検討要素として挙げられる。

このようにIP<sup>2</sup>においては、多様に増加するユーザに対応するため、効率的で柔軟かつ多様なモビリティ管理を提供することが要求される。

### 2.3 多様な無線アクセスのサポート

近年、さまざまな無線アクセス方式が出現してきており、これらを円滑に移動通信ネットワークに収容することは、ユーザに対し、シームレスな環境を提供するうえで不可欠である。今後、広帯域符号分割多元接続方式(W・CDMA：Wideband Code Division Multiple Access)を始めとし、下りリンク高速パケットアクセス(HSDPA：High Speed Downlink Packet Access)、無線LAN(Local Area Network)、Bluetooth<sup>\*</sup>、さらには第4世代(4G)無線アクセスなどのさまざまなアクセス系の出現が予想され、これら多種類のアクセスを即時に、かつネットワークへの影響を最小に収容できる仕組みが期待される。

IMT・2000における無線アクセスでは2Mbit/sまでの速度を提供し、4Gにおける無線アクセスでは、少なくとも20Mbit/sの速度をサポートすることが目標とされている。また、無線制御においては、さまざまなサービス品質(QoS：Quality of Service)制御を提供できるとともに、上りと下りの伝送速度は独立に、かつ柔軟に制御できることが期待される。例えば、移動端末からのWebアクセスにおいては、高速な下りリンクが必要である。一方、移動端末がサーバとして機能するためには、高速な上りリンクが必要となるであろう。

このように、IP<sup>2</sup>においては多様な無線アクセスを柔軟に収容し、かつそれらの異なるアクセス間においても一貫した制御をサポートできることが求められる。

### 2.4 シームレスサービス

2.3で述べたように、移動通信ネットワークが多様な無線アクセスをサポートすることで、異なる無線アクセス間においても、通信を切断することなく、アクセス手段を切り替えることが要求される。このように、ユーザの移動に伴い、適した無線アクセス手段が変わったときに、通信を切断することなく、そのアクセス手段を切り替えることを「ネットワークシームレス」と呼ぶ。例として、FOMA(Freedom Of Mobile multimedia Access)の無線アクセス手段で通信している状態から、切断することなく、無線LANのアクセス手段に切り替えるといったことが挙げられる。

また、2.2で述べたようにユビキタス時代を迎え、ユーザ

が利用する端末もより多様化することで、ユーザの使用環境などに応じて、利用中のサービスを利用中の端末から別の端末に移動させて、サービスを継続させることが要求される。このように、ユーザの移動に伴い、利用中の端末がサービス提供に適さなくなったときなどに、別の端末にそのサービスを移動させることを「デバイスシームレス」と呼ぶ。例として、ユーザが会社で固定端末を用いてTV会議をしている最中に外出する必要がある場合、このサービスを移動端末に移し、サービスを継続させる、といったことが挙げられる。

さらに、サービス提供端末の変更あるいはユーザの状況変化(例えば、会社を出てバスに乗り)に伴い、サービス内容を変更することが要求される場合も考えられ、これを「コンテンツシームレス」と呼ぶ。例えば、会社のTV会議に参加していたユーザが、外出のため、バスに乗りするような場合、車中の状況を配慮し、TV会議から音声やテキストにメディアを変更してサービスを継続させたい、といったことが挙げられる。

このようにIP<sup>2</sup>においては、サービスの提供環境におけるさまざまな継ぎ目(シーム)を合わせるシームレスサービスを提供することが求められる。

### 2.5 アプリケーションサービスのサポート

iモードに代表されるモバイルインターネットサービスの普及に伴い、移動通信ネットワークオペレータとサービスプロバイダとは、より一層の連携が必要になってくる。今日、多くのサービスプロバイダは、移動ユーザへのサービス提供にあたり、移動通信ネットワークをアクセスネットワークとして利用しているだけである。しかし、今後もモバイルインターネットサービスをさらに発展させるためには、サービスプロバイダがサービスを迅速かつ容易に構築できるように、移動通信ネットワークのほうで必要なサービス部品群を整えて、サービスプロバイダをサポートすることが望まれる。このほか、ネットワークを直接制御する機能を積極的に利用し、移動通信ネットワークが持つ固有の情報をサービスプロバイダに提供することで、インターネットで提供されるサービスにIP<sup>2</sup>の独自性を加味し、付加価値を高めることも望まれる。例えば、移動通信ネットワークが加入者情報を安全に管理し、加えて課金機能を充実させることで、サービスプロバイダはコンテンツの作成に専念することができる。また、位置情報などの提供により、新たなサービスが創出されることも期待できよう。

これまでのインターネットの考え方では、キャリアは転送能力だけを提供するモデルになっており、真に充実した

\* Bluetooth：Bluetooth<sup>TM</sup>商標権者が所有している商標であり、ドコモはライセンスに基づき使用している。

コンテンツの提供が拡大していくためには、これらの充実したサービスサポート機能と連携することが重要である。

このようにIP<sup>2</sup>においては、サービスプロバイダに対するサポート機能を充実させ、付加価値の高いサービスを創造するためのサポート環境を提供することが求められる。

### 3. IP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャ概要

前章で述べた5つの主要要求条件を満たすためのIP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャの論理的な機能配置を図1に示す。IP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャは、IPパケット転送に専念するIP転送網と高度な制御を司るミドルウェアから構成される。

今後は、IPパケットをさまざまなトランスポート技術（非同期転送モード（ATM：Asynchronous Transfer Mode）、光ルータ）の上で処理するIP over everythingの指向がさらに発展すると考えており、既述のIPマルチメディアトラヒックの著しい増加傾向からも分かるように、IP<sup>2</sup>における転

送網は、強力なIPパケットの転送に専念した機能を有するべきと考える（2.1参照）。

一方、次世代に向けたオペレータ網には、今後の新しいサービスの創造を促進するためのサポート機能や、効率的なモビリティ制御を司る制御機能、高品質な通信を提供するための制御機能も必要であると考え（2.2，2.4参照）。さらに、このような制御機能はパケット転送機能と独立に発展すると考えられる。そこでIP<sup>2</sup>システムにおいてはまず、転送網とミドルウェアとを論理的に機能分離してモデル化を行った。

さらに、ミドルウェアはネットワーク制御プラットフォーム（NCPF：Network Control PlatForm）とサービスサポートプラットフォーム（SSPF：Service Support PlatForm）の2つのプラットフォームから構成されると考える。今後、トランスポート制御機能とサービス高度化に伴うサポート機能とが独立に発展していくものと推測すると、機能分離によりその自由度を持たせることが望ましい。

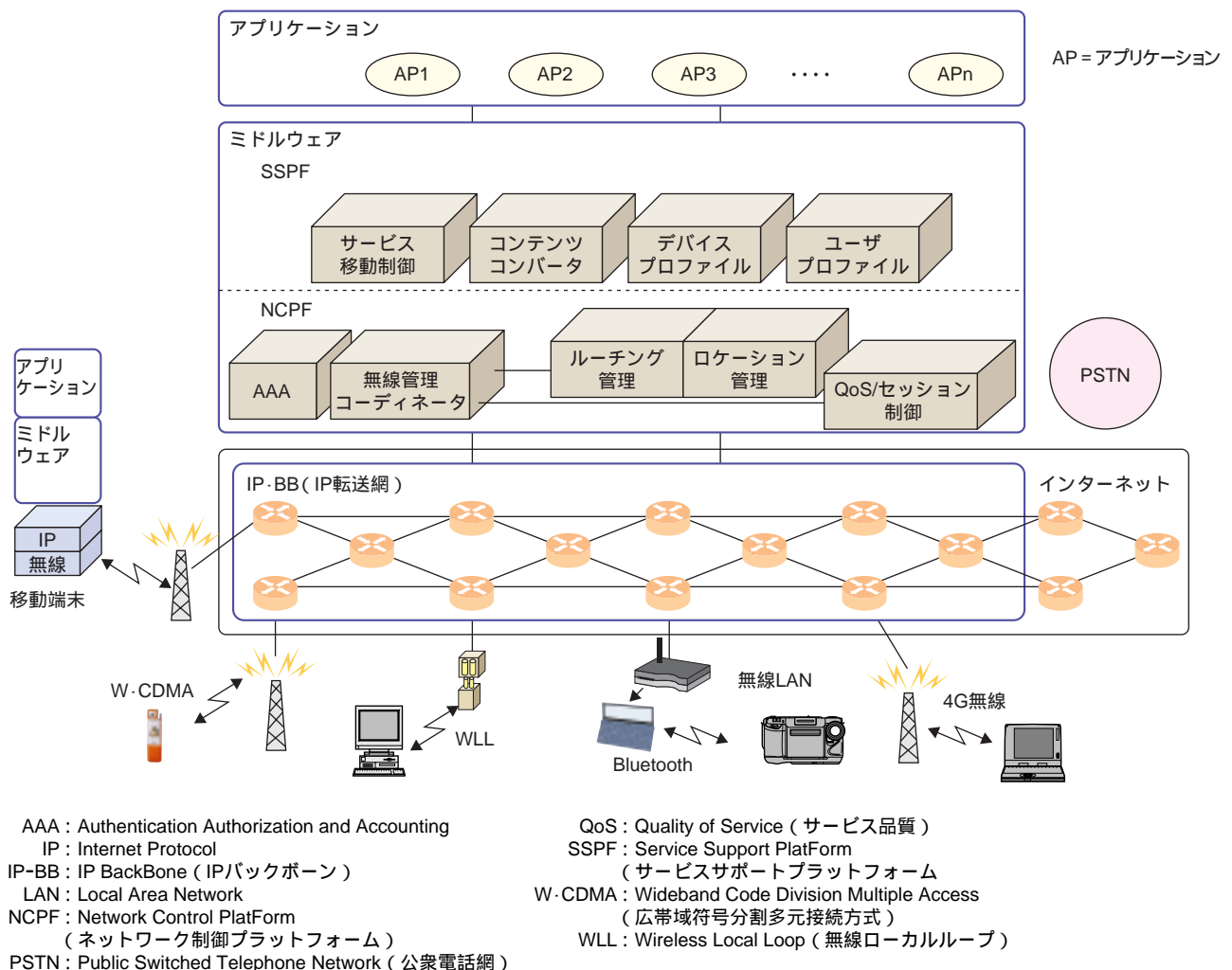


図1 IP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャ



NCPFには、基本的な移動通信の管理に必要なモビリティ管理、セッション管理、QoS管理、認証/承認、共通無線リソース管理といった機能が含まれるものとする。

また、異種アクセス間において、シームレスにサービスを継続させるためには、無線方式には依存しない共通のモビリティ管理機能が必要になる。したがって、IP<sup>2</sup>においては多様な無線技術、3G無線アクセス(W-CDMA, HSDPA)、無線LAN、Bluetooth、無線ローカルループ(WLL: Wireless Local Loop)、4G無線アクセスなど、個々の無線方式の違いを吸収し、これら異種無線アクセス間においても一括して移動制御できるアーキテクチャを検討している(2.3参照)。

SSPFは、コンテンツ変換/配信に代表されるサービス機能群から構成される。さらにSSPFには、位置情報サービスサポートのように移動通信特有なサービスを提供する機能も含まれる。これらの機能要素を総合的に用いることで、既述のシームレスサービスをユーザに対して提供することが可能となる(2.4参照)。

また、これらの機能群は、アプリケーションサービスに付加価値をつけるうえでNCPFと協調して動作する。このような形態は、ネットワークにインテリジェンスな機能を持たせることにより、初めて実現可能となる(2.5参照)。

## 4. IP<sup>2</sup>アーキテクチャの技術的特徴

### 4.1 位置情報の隠蔽と最適経路転送

第1の技術的特徴は、通信ユーザの位置情報の隠蔽と通信経路の最適化とを両立させることである。以下に、この特徴についてMobile IPを例に挙げ説明する。

Mobile IPはIETF(Internet Engineering Task Force)で提唱されているモビリティ制御方式であるが、この方式を用いると、通信ユーザの位置情報の隠蔽と通信経路の最適化において問題が生じる[1]。Mobile IPの通信方式では、相手および自分の物理的位置情報、すなわちIPアドレスを通知することで通信が行われる。つまり、悪意を持った第三者がこのIPアドレスを手に入れた場合、オペレータおよびユーザにとって非常な脅威となる。これはオープンな環境を提案しているインターネットの大きな欠点であり、迷惑メールなどに代表されるような悪意ある第三者からの脅威を想定し、通信ユーザの位置情報を隠蔽したネットワークを構築することが必要となる。また、このような通信ユーザの位置情報の隠蔽は3Gにおいても対処されており、次世代移動通信ネットワークにおいても不可欠な要素とされている。

次に、通信経路の最適化を考えても、Mobile IP方式で

は、その能力が十分に発揮されない場合が多い。近い将来、人間や乗り物のみならずあらゆるモノが、移動ユーザになり得る。その場合、これまで以上に膨大なトラフィックが発生するため、当然のことながら冗長な経路をとらない最適なルート、すなわち通信経路の最適化が要求される。モバイルIP方式では、HA(Home Agent)でモビリティ管理を行っているが、IP<sup>2</sup>では、これをネットワーク全体で行うことで、最適経路による効率的な転送と効果的なモビリティ管理が可能と考えている。これらの具体的手法については本特集中、後稿[2]で述べる。

### 4.2 ネットワーク制御機能の転送網からの分離

第2の技術的特徴は、ネットワーク制御機能を転送網から分離することである。この分離モデルでは、高効率・高性能なパケット転送が行えるように、種々のネットワーク制御の内容分析や制御状態の管理などといった、インテリジェントな処理をNCPFで行わせ、転送網には転送制御に関する基本動作を実行させることだけに専念させる。この分離モデルの利点は、既存ネットワークの転送網部分だけをIP<sup>2</sup>に収容し、IP<sup>2</sup>の転送網と一括して制御することで、既存のサービスもIP<sup>2</sup>上に継承されることである。

現在のMobile IPの移動管理方式は、IPのバージョンに強く依存しており、バージョンの変更に伴い転送網のモビリティ管理機能をも変更する必要がある。しかし、モビリティ管理は転送網あるいは転送方式とは本質的に非依存であるべきで、これはモビリティ管理技術と転送制御技術とは、独立に発展させるものとする。加えて、転送網が複数混在する場合であっても、モビリティ管理を単一にしておくことで、これらを一括して制御できるという利点もある。これはモビリティ管理以外のネットワーク制御機能(セッション制御、QoS管理など)に対しても同様と考える。

複数の転送網を収容することは、例えば、要求される通信品質に応じて論理的に転送網を選択的に適用できる、というような利点も挙げられる。またATM網など、既存の転送網設備をIP<sup>2</sup>の転送網として再利用することも可能となり、さらにIPv4からIPv6への改版などの場合には、転送網の更改あるいは機能拡張が容易になる。このような理由から、IP<sup>2</sup>においてはネットワーク制御機能と転送網機能との分離を提唱しており、これを技術的特徴の1つに掲げている。

### 4.3 ロケーション管理とルーチング管理によるモビリティ管理

第3の技術的特徴は、モビリティ管理をロケーション管理とルーチング管理の組合せとして実現することである[3]。

ロケーション管理とは、通信をしていない状態にある移動端末の在圏位置、すなわちロケーション情報を網内で把握し、このロケーション情報を用いて移動端末を呼出し、通信中の状態へと活性化させることである。一方、ルーチング管理とは、通信中の移動端末のルーチングアドレスを把握し、そのルーチングアドレスと端末識別アドレスとの組合せ、すなわちルーチング情報を、転送網内の通信経路上にある適当なルータに設定することである。なお、Mobile IPは通信中の状態にある端末に対し、そのルーチングアドレスしか管理しておらず、この点からも不備がある。

ルーチング管理は移動通信を提供するための必須機能であるが、ロケーション管理も非通信状態にある端末の電力消費量が抑えられるばかりでなく、結果的にモビリティ管理に必要な信号処理量も抑えられるため、IP<sup>2</sup>のモビリティ管理においては重要な機能である。

図2にIP<sup>2</sup>のモビリティ管理アーキテクチャを示す。ロケーション管理とルーチング管理とはともに、受信側の移動端末が在圏する近辺のローカルな管理と、契約するホームおよび送信側の移動端末も含めたグローバルな管理とに分けて定義することが望ましい。こうすることにより、ロケーション情報およびルーチング情報の更新を、多くの場合において、ローカルな更新にとどめることができ、これにより更新時間の短縮および更新信号トラヒックの減少が可能になる。ネットワーク研究所におけるモビリティマネジメントに関する包括的研究概要は、本特集中、後稿[4]で述べることにする。

#### 4.4 共通無線資源管理インタフェースの規定

第4の技術的特徴は、多様な無線アクセスを即時に収容するための機能を提供することである。これは、RRM (Radio Resource Manager) とネットワーク制御エンティティの間に、無線アクセスシステムに依存しない共通インタフェースを設けることで、実現可能と考える(図3)。

この機能により、将来の無線方式の実現時期に関係なく、そのアクセス技術の導入が可能となり、また逆に既存の無線アクセスシステムも、IP<sup>2</sup>にプラグイン方式で収容できるようになる。

IP<sup>2</sup>では、RRMを無線アクセスシステムに特有の機能(個別RRM)と、システムに共通の機能(共通RRM)に分類する。前者は各無線アクセスシステムにて実装されている無線資源管理機能をそのまま流用する。例えば、W-CDMAにおいてRRMは無線ネットワーク制御装置(RNC: Radio Network Controller)および移動端末に実装されている。また、後者はIP<sup>2</sup>内のネットワーク制御レイヤに新たに定義する機能エンティティであり、各無線アクセスシステムから収集した無線資源情報を抽象化し、無線アクセスシステムに依存しない共通化された情報として管理する。各ネットワーク制御エンティティは、共通RRMとの共通インタフェースを介し、この共通化された無線資源情報を参照することにより、無線アクセスの違いを意識することなく、無線資源の状態を考慮したネットワーク制御、すなわちシームレスな移動制御を提供することが可能となる。

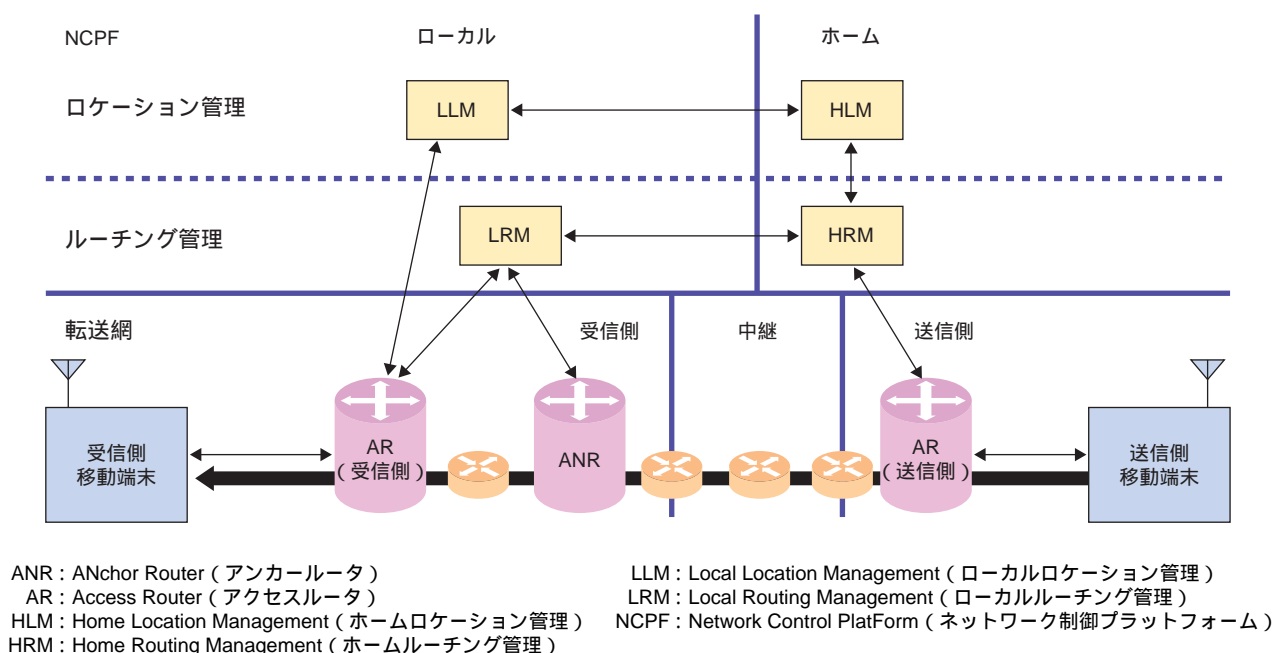


図2 移動管理アーキテクチャ

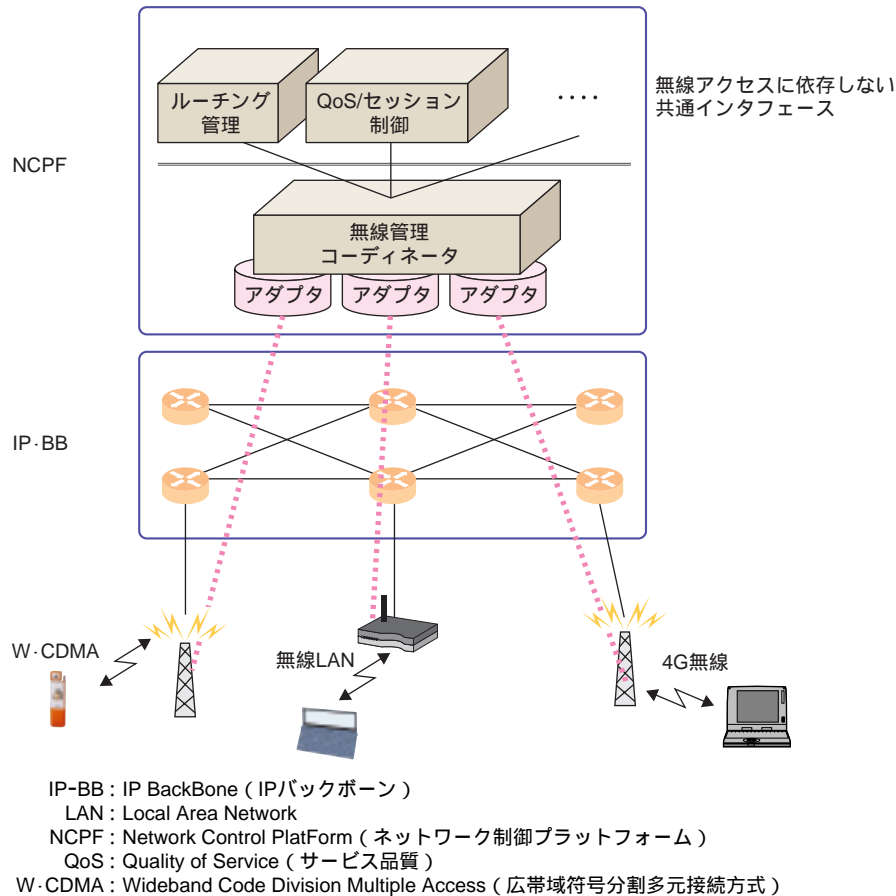


図3 共通無線資源管理インタフェース

#### 4.5 シームレス/ユビキタスを実現するサービスサポートプラットフォーム

第5の技術的特徴は、多様な端末をユーザの状況に合わせて使い分け、いつでもどこでも快適に通信サービスを楽しむことができるシームレスサービスを、位置情報サービスのような移動通信特有のサポート機能群から構成されるSSPFにより提供することである。これらの機能群は、アプリケーションサービスに付加価値をつけるうえでNCPFと協調して効率的に動作することが求められる。

また、無線タグのように極めて小型の端末が実世界のあらゆるところに埋め込まれた環境下で、その実世界の中にいるユーザをサポートするといった、一歩先のユビキタスサービスについても、このSSPFの機能向上や機能追加により、実現させようと考えている。

現在のインターネットアーキテクチャでは、このようなアプローチはとられていない。一方、我々はネットワークが所有するさまざまな管理情報を組み合わせて加工するなど、サービスサポート機能の拡充が、新たなサービス創造の糧になると考えている。これらの具体的手法については本特集中、後稿[5]で述べる。

## 5. あとがき

本稿では、ネットワーク研究所における次世代移動ネットワークに向けての研究であるIP<sup>2</sup>における要求条件、アーキテクチャ概要、およびその技術的特徴を説明した。さらなる技術要素についての詳細は、本特集中の後続稿を参考にされたい。今後のアーキテクチャに関する検討としては、各要素技術の集積化/システム化に向けた実験などを通し定量的評価を進めるとともに、国際的な仲間づくりと国際標準化に向けて取り組んでいきたい。

### 文献

- [1] 井原, ほか: “IP-Based IMT Platformにおける移動管理及び伝達制御アーキテクチャ”, 電子情報通信学会 NS研究会, 2002-03.
- [2] 三浦, ほか: “本特集 IP<sup>2</sup>トランスポートネットワーク技術”, 本誌, Vol.10, No.4, pp.13-18, Jan.2003.
- [3] 澤田, ほか: “Mobility management architecture for IP-based IMT network Platform”, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 2002-09.
- [4] 藪崎, ほか: “本特集 IP<sup>2</sup>モビリティマネジメント技術”, 本誌, Vol.10, No.4, pp.18-24, Jan.2003.
- [5] 山崎, ほか: “本特集 シームレス/ユビキタスサービスサポート”, 本誌, Vol.10, No.4, pp.24-28, Jan.2003.

## 用語一覧

AAA : Authentication Authorization and Accounting  
ANR : ANchor Router (アンカールータ)  
AR : Access Router (アクセッスルータ)  
ATM : Asynchronous Transfer Mode (非同期転送モード)  
FOMA : Freedom Of Mobile multimedia Access  
HA : Home Agent  
HLM : Home Location Management (ホームロケーション管理)  
HRM : Home Routing Management (ホームルーティング管理)  
HSDPA : High Speed Downlink Packet Access  
(下りリンク高速パケットアクセス)  
IETF : Internet Engineering Task Force  
IMT - 2000 : International Mobile Telecommunications - 2000  
(第3世代移動通信)  
IP : Internet Protocol  
IP<sup>2</sup> : IP based IMT network Platform  
\*読み: アイピースクエア  
LAN : Local Area Network  
LLM : Local Location Management (ローカルロケーション管理)  
LRM : Local Routing Management (ローカルルーティング管理)  
NCPF : Network Control PlatForm  
(ネットワーク制御プラットフォーム)  
PSTN : Public Switched Telephone Network (公衆電話網)  
QoS : Quality of Service (サービス品質)  
RNC : Radio Network Controller (無線ネットワーク制御装置)  
RRM : Radio Resource Manager  
SSPF : Service Support PlatForm (サービスサポートプラットフォーム)  
W - CDMA : Wideband Code Division Multiple Access  
(広帯域符号分割多元接続方式)  
WLL : Wireless Local Loop (無線ローカルループ)