

## (2) IP<sup>2</sup> トランスポート ネットワーク技術

次世代移動通信ネットワークのトランスポートネットワークに対するモバイルキャリアとしての要求条件を述べる。さらに、それらの要求条件を満足し、かつ拡張性を考慮したトランスポートネットワークの実現技術として、制御系と転送系を分離した制御とアドレス変換を用いた制御を紹介する。

みうら	あきら	しながわ	のりてる
三浦	章	品川	準輝
おかがわ	たかとし	じょ	まんひ
岡川	隆俊	趙	晩熙

### 1. まえがき

FOMA (Freedom Of Mobile multimedia Access) サービスが開始され、ワイヤレス環境における移動端末の通信速度の向上やネットワークの高機能化を活用した各種サービスが提供された。世界的にはIP (Internet Protocol) をベースとした次世代移動通信ネットワークの研究が活発化している。ネットワーク研究所では、大容量化、低コスト化、ユ

ビキタス化を目指し、将来の新しいアーキテクチャとしてIP<sup>2</sup> (IP based IMT Network Platform) を提案し[1]、各種要素技術の研究を進めている。IP<sup>2</sup>は、高機能なパソコンや携帯情報端末 (PDA : Personal Digital Assistant) から、低機能なデバイスである無線タグやセンサといったさまざまな低機能なデバイスまでのサポート、高機能なモビリティ制御の提供、共通プラットフォームへの複数無線アクセスシステムの収容、シームレス&ユビキタスサービスの提供、を目指し、3層構造を持つことを特徴としている[2](本誌「IP<sup>2</sup>ネットワークアーキテクチャ」参照)。

本稿では、IP<sup>2</sup>のトランスポートネットワークに対して、モバイルキャリアから見た要求条件を抽出し、それらの要求条件を満足させるために、現在研究を進めている技術を紹介する。

### 2. IP<sup>2</sup> トランスポートネットワーク への要求条件

次世代移動通信システムのトランスポートネットワークとしては、インターネット上のサービスとの融合、汎用IPベースのプラットフォームの適用による低コスト化の実現の観点から、IPをベースとしたネットワークが有力であ

る。最近ではインターネット上でモビリティを提供するIPモビリティ[3]の研究が盛んに行われている。

本章では、ユーザの観点およびネットワーク設計思想の観点からインターネットアーキテクチャをベースとしたIPモビリティに関する課題を挙げ、モバイルキャリアの立場から見たトランスポートネットワークへの要求条件を5つに分けて述べる。

## 2.1 拡張性・柔軟性の高いネットワークアーキテクチャの採用（要求条件1）

現在のIPモビリティ技術であるMobile IPでは、IPv4とIPv6では異なる仕様が規定されている。よって、移動通信ネットワークにおいて、IPv4からIPv6へトランスポートネットワークを拡張する場合、再度、モビリティ機構までも変更しなければならない。さらに高速なハンドオーバを実現するマイクロモビリティに関してもさまざまな種類のプロトコルが提案されており、ルータ装置が多くの種類のプロトコルを実装しなければならない。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の指向も発展すると考えられる。さらに、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機能、高品質な通信を提供するためのサービス品質（QoS：Quality of Service）制御機能も必要であり、このような制御機能は、パケットの転送機能と独立に発展するものとする。

将来のネットワーク構成の柔軟な変更を可能にするため、モビリティ制御を含むネットワークの制御機構および、トランスポートネットワークの独立発展性や置換を確保できる柔軟なネットワークアーキテクチャを採用することが要求される。

## 2.2 低コストで高速なトランスポートネットワーク（要求条件2）

ネットワークにQoS制御やモビリティ制御といったインテリジェンスを充実させていくに従い、ルータは多くのプロトコルを処理しなければならない。さらに、プロトコルの種類が増えるに従い、ネットワーク間の相互接続性を確保することも大きな問題になる。もともと、ルータはルーティング処理とフォワーディング処理といった単純な機能を実装すればよかったため、比較的低コストで実現できた。サポートしなければならないプロトコルの種類が増えるに従い、プロトコル処理を行うための処理負荷が増加するため、専用プロセッサを多く実装しなければならない。さら

に、ルータ装置内部のリソース管理のための処理負荷が増加し、本来の転送機能に影響を及ぼすことも考えられる。

よって、ネットワークを高機能化する場合には、トランスポートネットワークは可能な限りシンプル（汎用化）かつ、高速処理が実現しやすいような構造を提供することが必要である。

## 2.3 セキュリティの高いネットワーク制御（要求条件3）

従来のIPネットワークでは、エンド端末がネットワーク内の特定のノードのアドレスを知ることができるため、悪意のあるユーザから攻撃を受けやすいといったセキュリティ上の問題がある。Mobile IPでは移動端末が直接、位置情報管理サーバであるHA（Home Agent）に位置登録を実施するために、HAのアドレスを移動端末に通知しておく必要がある。HAは移動端末の位置情報を管理し、パケット転送を行う重要な機能を持つため、ネットワークの管理者以外が容易にHAのアドレスを知ることができることは、セキュリティ上好ましくない。

移動通信ネットワークでは、モビリティ制御、QoS制御などのネットワーク制御を司る、重要なネットワーク内のノードのアドレスをエンドユーザや第三者に知られないように隠蔽する必要がある。また、ネットワークの構造全体を知られることによるネットワークに対する攻撃を避けるため、ネットワークの構造を隠蔽することが必要である。

## 2.4 ロケーションプライバシーの確保（要求条件4）

現在のMobile IPでは、ネットワークでパケットを転送する経路を最適化するため、移動端末の位置情報を示すCoA（Care of Address）をCN（Correspondent Node）へ通知している。また、移動端末からCNへのパケットの送信元アドレスにCoAを使用するため、移動端末のサブネット単位の位置情報がCNに漏洩してしまう。このようにMobile IPでは、ロケーションプライバシーが保障できていない。

移動通信ネットワークでは、位置情報はユーザにとって重要なプライバシーであるため、移動端末の位置情報を通信相手や第三者に開示しないような仕組みを提供する必要がある。

## 2.5 ネットワークリソースの有効利用（要求条件5）

Mobile IPv6ではCNから移動端末へのパケットはカプセル化して転送されるために、二重にヘッダが付きオーバへ

ッドが生じる。また、CNから移動端末宛の packets 転送はHA経由の三角経路ではなく、直接、移動端末へ転送する仕様も経路最適化技術として規定されている。しかし、CNが必ずしも移動端末のCoAをキャッシュ情報として保持できる機能を持っているとは限らないため、HA経由の三角経路の転送になる場合が多い。その場合、パケットは冗長な経路で転送されてしまうことからネットワークのリソースを無駄に使用してしまう。経路最適化された場合でもIPv6のオプションヘッダを使用することからパケットのオーバーヘッドが大きくなるという問題がある。また、ワイヤレス区間では有線区間よりもリソースが限られているため、パケットのオーバーヘッド削減による無線区間のリソースの有効利用の効果は大きいと考えられる。

次世代移動通信ネットワークでは、飛躍的にIPトラフィックが増加すると考えられるため、経路最適化の実現とパケットのオーバーヘッドの削減によるネットワークリソースの有効利用を図ることが重要である。

### 3. IP<sup>2</sup>トランスポート技術の概要

本章では、2章で述べたトランスポートネットワークに

対する要求条件を満足させるための具体的なトランスポートネットワーク技術を紹介する。

#### 3.1 NCPFとIP・BB分離を基本としたネットワーク構成法

トランスポートネットワークを構成するルータ装置の処理は、ネットワーク制御を実施するための各種プロトコル処理と、プロトコルに基づいたさまざまなパケット単位の処理に分類できる。現在はそれらの処理が各種制御ごとに個別にルータ内で実施されているため、冗長度が大きい。IP<sup>2</sup>では、要求条件1,2を実現させるために、高機能な制御を司るネットワーク制御プラットフォーム(NCPF: Network Control PlatForm)と、パケット転送やパケット単位の各種処理に専念するIP・BB(IP BackBone)を分離することで、IP・BBはNCPFには依存しないようにしたモデルを提案している[4]。図1にNCPF/IP・BB分離を基本とするネットワーク構成を示す。

IP・BBに設置されたルータは、コピー(複製)、フィルタリング(破棄)、ヘッダ変換、カプセル化、リルーチング、コンポジット(多重化)/セレクション(選択)、パッ

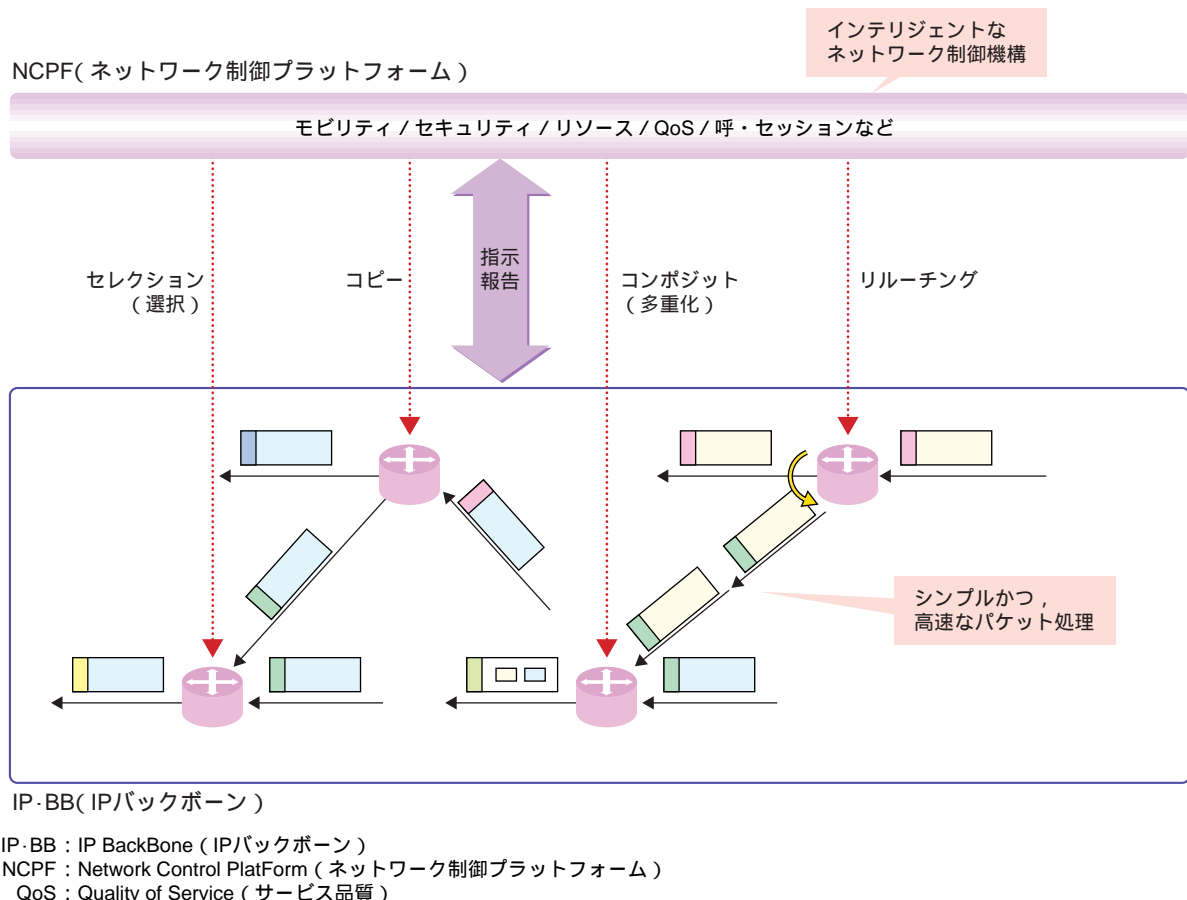


図1 NCPF/IP・BB分離を基本とするネットワーク構成

ファリング（一次蓄積）といった汎用的で単純な処理機能のみを持ち、高速なパケット転送に専念する。これらの処理機能は単純な処理のため、ハードウェアレベルで実現することで高速処理も可能になる。

NCPFは、移動通信の制御に必要な、モビリティ制御、QoS制御、セッション・呼制御といった複雑な制御機構を提供する。これらの機能はルータに対して汎用的なプリミティブ（制御メッセージの基本要素）を用いて指示を行い、ルータに実装された汎用的な機能を組み合わせて動作させることで実現する。

また、ルータ内で実装するこれらの汎用的な処理機能はさまざまな制御を実現するために使用される。例えば、ルーティング機能はハンドオーバー制御や呼制御における呼の転送時にも使用可能である。コピー機能に関しては、マルチキャストやソフトハンドオーバーの下り転送時にも共通に使用可能である。さらに、NCPFとIP・BBは両レイヤ間の共通インタフェースを介し、互いの独立性を確保することで、レイヤごとの独立発展性や置換に対して柔軟なネットワークモデルを提供できる。

### 3.2 IPホストアドレスとIPルーティングアドレスの分離

移動通信ネットワークでは端末に対して、移動しながら通信を継続できる環境を提供する必要がある。現在のIPネットワークは移動しない端末をベースに設計されているため、IPアドレスは端末を識別する識別子と端末の物理的な位置を示す識別子の両方の意味合いで使用されている。このため、移動に伴い使用するIPアドレスが変化すると通信が切断してしまい、通信を継続できない。この問題を解決し、端末のモビリティをサポートするためにMobile IPが提案されているが、2章で指摘したようにいくつかの問題がある。

要求条件3, 4, 5を実現させるため、移動端末の識別を行うためのIPアドレスと、ネットワーク内でパケットをルーティングするためのIPアドレスを、それぞれIPホストアドレス（IPha：IP・host address）、IPルーティングアドレス（IPra：IP・routing address）に分離させ、ネットワークのエッジに設置されたAR（Access Router）においてIPhaとIPraを変換する方式を提案している[5, 6]。

図2にIPhaとIPraを分離した基本パケットルーティング手順を示す。IP<sup>2</sup>では、本図に示すように、移動管理機能（MM：Mobility Management）がNCPF内の機能としてIP・BBとは分離された形で配備される。MMは、移動端末の位置情報を管理しページングを実施するロケーション管理

（LM：Location Manager）と、ハンドオーバー制御を行うRM（Routing Manager）とで構成される。IP・BBはARや中継ルータから構成される。本稿では、簡略化のためARには無線基地局機能が備わっているものとする。また、移動端末には端末を識別するためのグローバルでユニークな128ビット長のIPhaを割り当てる。

以下、MT#Mがネットワークに対し、アクティベーション（通信状態に入ること）し、MT#Cへパケットをルーティングするまでの手順を解説する。

AR1配下のMT#Mは、AR1からの広告を受信後、ネットワークに対してアクティベーションを実施する（ ）。。

AR1はMT#Mからのアクティベーション要求を受信すると、MT#Mに対するIPraを割り当て、NCPF内のRMへIPraを登録する。RMからのAck（許可）を受信後、MT#M用のIPhaとIPraの対応関係を示すTRP（Table for Receiving Packet）を作成する（ ）。。

MT#MはMT#CのIPha宛にパケットを送信し、AR1はIPhaからIPraに変換するため、受信パケットを一時的にバッファリングするとともに、RMにMT#CのIPraを問い合わせる（ ）。。

RMはMT#Mが非通信状態であることを確認後、LMにページング要請をかけ、LMからMT#Cに対してページングが実行される（ ）。

ページング実施後、MT#C用のIPraがAR3内に割り当てられ、RMを経由しAR1へMT#C用のIPraが通知される。その後、AR1内にパケット送信用のTSP（Table for Sending Packet）が生成される（ ~ ）。

AR1ではTSPを参照し、受信パケットをIPhaからIPraにアドレス変換する。パケットはMT#C用のIPraによりAR3までルーティングされる。AR3ではTRPを参照し、再度IPraからIPhaに変換し、MT#C宛にIPhaのパケットがルーティングされる（ ~ ）。

以上、述べたように、IP<sup>2</sup>ではパケット転送の始めに移動端末が接続された受信側ARまで転送するためのIPraを送信側ARがRMと連携することで解決し、パケットは常に最適経路で転送される。さらに、カプセル化転送ではなくアドレス変換を実施しているため、効率的にパケットを転送することが可能になる。また、移動端末は常にIPhaのみを使用し、位置情報を含むIPraはネットワーク内で隠蔽されることから、ユーザのロケーションプライバシーも隠蔽可能になる。さらに、本方式ではネットワーク内のMM機構は移動端末から隠蔽されるため、ネットワーク制御装置のアドレスを知られることはない。これらのことから、2章の要求条件3, 4, 5を同時に満足させることが可能になる。



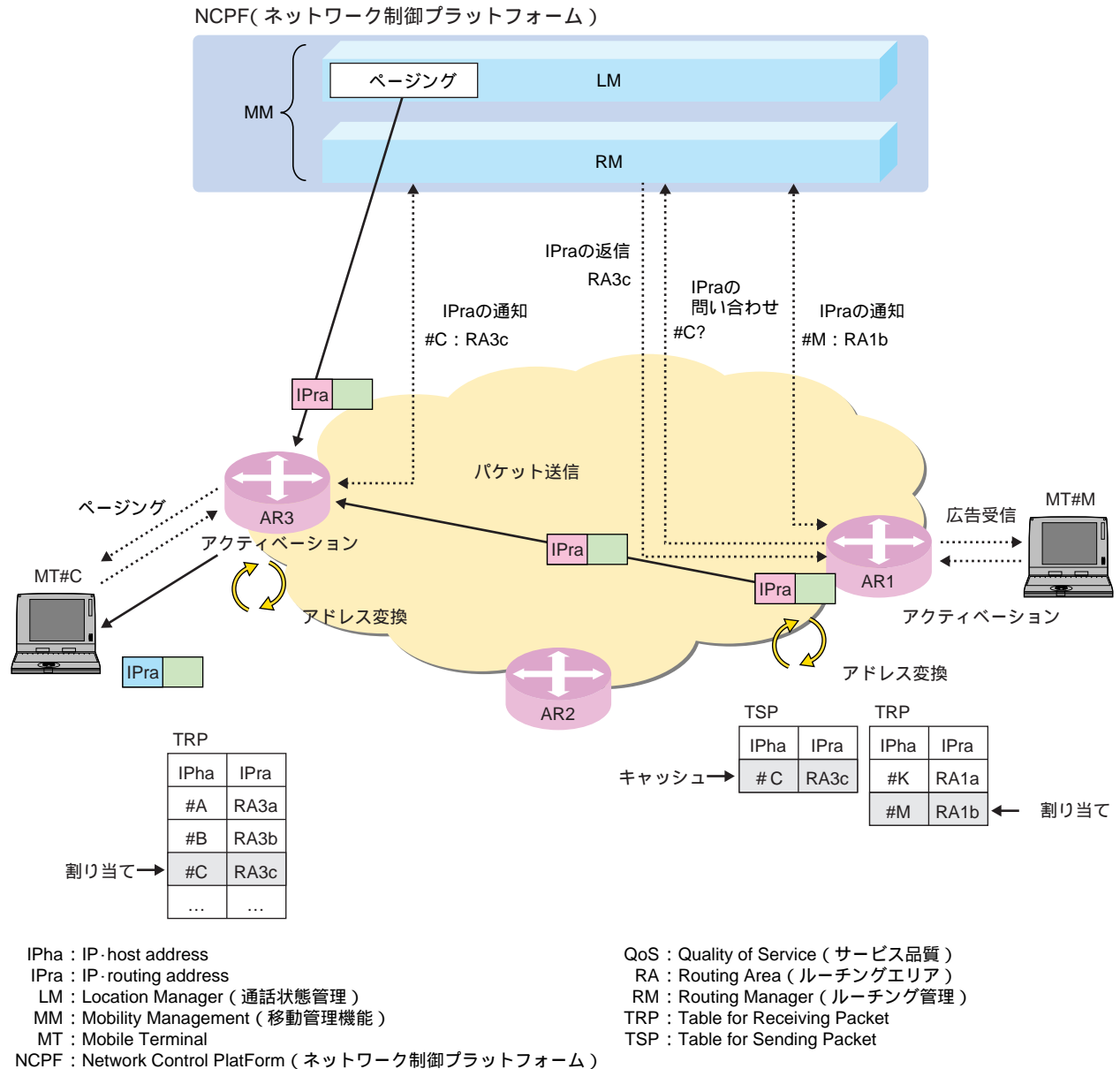


図2 IPHaとIPraを用いた基本パケットルーティング手順

#### 4. あとがき

本稿では、IP<sup>2</sup>におけるトランスポートネットワーク技術として、モバイルキャリアから見たIP・BBに対する要求条件を整理し、それらを満足させるためのトランスポートネットワークに関する研究の一部を紹介した。具体的には各種制御レイヤのNCPFを転送レイヤのIP・BBから分離させることで、柔軟かつ高機能なモバイルネットワークを構成できるとともに、シンプル・高速なトランスポートネットワークの実現が期待できる。さらに、IPホストアドレスとIPルーティングアドレスを使い分け、ネットワークのエッジに設置されたアクセスルータでアドレス変換を実施し、パケット転送を行うことでロケーションプライバシーの確

保、ネットワークリソースの有効利用、セキュリティの高いネットワーク制御の実現が期待できる。

今後は、IP<sup>2</sup>の分離アーキテクチャで課題になるスケーラビリティの検証や実現性の検証を実施する予定である。

#### 文献

[1] H.Yumiba, K.Imai, and M.Yabusaki, " IP - Based IMT Network Platform, " IEEE Personal Communication Magazine, Oct.2001.  
 [2] T.Ihara, et al, " Mobility/Transport Design Philosophy in IP - based IMT Platform, " IEICE Society Conference, Mar.2002.  
 [3] David B. Johnson, et al, " Mobility Support in IPv6 ", IETF draft - ietf - mobileip - ipv6 - 18.txt, Jun.2002.  
 [4] T.Okagawa, et al, " Active IP Transport Network in IP - based IMT Platform ", IEICE Society Conference, Mar.2002.

- [5] T.Okagawa, et al, " IP Packet Transport procedure in IP<sup>2</sup> ", IEICE Conference, Sep.2002.
- [6] 西田, ほか, " IP<sup>2</sup>におけるIP-host AddressとIP-routing Address分離のためのパケット転送方式の提案," 信学技報 NS2002-109 pp105-110, Sep.2002 .

### 用語一覧

AR : Access Router (アクセスルータ)  
ATM : Asynchronous Transfer Mode (非同期転送モード)  
CN : Correspondent Node  
CoA : Care of Address  
FOMA : Freedom Of Mobile multimedia Access  
HA : Home Agent  
IP : Internet Protocol  
IP<sup>2</sup> : IP based IMT network Platform  
\*読み: アイビースクエア  
IPha : IP-host address  
IPra : IP-routing address  
IP-BB : IP BackBone (IPバックボーン)  
LM : Location Manager (通話状態管理)  
MM : Mobility Management (移動管理機能)  
MT : Mobile Terminal  
NCPF : Network Control PlatForm  
(ネットワーク制御プラットフォーム)  
PDA : Personal Digital Assistant (携帯情報端末)  
QoS : Quality of Service (サービス品質)  
RA : Routing Area (ルーティングエリア)  
RM : Routing Manager (ルーティング管理)  
TRP : Table for Receiving Packet  
TSP : Table for Sending Packet