

無線システムシームレス統合ネットワークにおける IP 環境

坂倉 隆史[†] 黒田 正博[†] ウー 剛^{††}

IMT-2000 のサービス開始以降、より高度な無線通信サービスへのニーズが大きくなると考えられる。総務省通信総合研究所では MMAC, ITS, 成層圏プラットフォーム中継システム等次世代以降の高速無線システムをターゲットに研究が行われている。一般に無線通信システムは高速化とともにその使用条件が制限され、一つのシステムを全ての環境で使用することが困難になる。むしろ積極的にそれぞれの環境に最適なシステムを構築し、それらをシームレスに統合できるネットワークをオーバーレイする方が全体としてより効率的に高度なサービスを提供できる。この無線システムシームレス統合ネットワーク上に、統合的な IP 通信環境を提供する。

IP Configuration System for Multimedia Integrated network by Radio Access Innovation (MIRAI)

Takashi SAKAKURA[†], Masahiro KURODA[†], Gang WU^{††}

It is assumed that a demand for better radio communication service grows after the start of IMT-2000 service. Several research efforts are held at the Communication Research Laboratory, MPHPT targeting advanced high speed wireless systems of next generation such as MMAC, ITS, and Stratospheric Platforms. In general, wireless communication systems get more restrictions in usage as they get faster, and that fact causes a difficulty in using one communication system in various communication environments. It might give a better and more effective solution in totally that integrating the respective high speed networks seamlessly in overlaid form rather than trying to satisfy all user requirements in one network. We provide a unified IP communication environment on the MIRAI, the overlaid wireless networks.

1. はじめに

様々な無線通信システムを融合することにより、それぞれのシステムの特徴を生かしながら、より広域性、高速度、高品質、高信頼性、高い周波数利用効率、パーソナルモビリティを備えたサービスを提供できるワイヤレスネットワーク融合技術の基礎的研究が総務省通信総合研究所(CRL)で行われている。

将来の高速無線通信システムはその高速化と共に使用条件が制限され、一つのシステムを固定、準静止、高速移動などの全ての環境で使用することが困難になる。例えば現在 CRL で研究・開発中の成層圏無線中継システム、ITS(高度道路交通システム)通信システム、高度 MMAC(マルチメディア移動アクセス通信)システムなどの新しい高速無線通信システムは、一つのシステムを全ての使用環境に適合させるのではなく、むしろ積極的にそれぞれの環境に最適なシステムとす

る方向で開発が進められている。そして、それらネットワークをオーバーレイして構築するほうが、全体としてより効率的に高度なサービスを様々な環境で提供できる。ネットワークのそれぞれの特徴を生かしながら、自動的に選択・切り替えできるようにすれば、ユーザが自宅でも車中でも高速無線システム種別を意識せずに使える機会が増加する。また、複数の無線通信システムを使用できるため、同報性や耐災害性が高められ、大規模災害時等でも威力を発揮する。さらに、将来高い周波数帯で高速無線伝送を行うユーザとトラフィックの増加が予想されているが、本研究開発はこのような状況への対応も目的とする。つまり、複数のシステム間を融合し、通信量を最適に配分制御するシステムを構築することにより、周波数資源の有効利用を図ると同時に広域、高品質、高信頼なサービスの実現でユーザの利便性をもたらすことができる。すでに複数の無線ネットワークをオーバーレイして利用する試みは UC Berkley 等でなされており 1), UC Berkley では Ricochet 2) や無線 LAN を対象にオーバーレイネットワークの試作が行われている。

このような複数の異種ワイヤレス通信システムの融合

[†]三菱電機情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric
^{††}総務省通信総合研究所
Communication Research Laboratory, MPHPT

を実現するために、(1)無線システムの検出、(2)最適な無線システムの選択、(3)異種無線システム間のハンドオフ、(4)異種無線システム間のセル構成、(5)ソフトウェア無線によるマルチサービス端末の実現が主要研究課題として挙げられるが、本研究はこれらをIP上に統一し、音声を含めたマルチメディア通信環境をIPにより提供することを目標とする。QoS コントロールを含めた IP コンフィグレーション機構を無線システムシームレスネットワークに構築し、最終的には数百万端末規模の無線 IP 通信システムの実現を目指す。

2. IP コンフィグレーション機構の要件

IP コンフィグレーション機構は端末の移動や通信要件の変化に基づいて、利用可能な無線システムの検知・選択を行い、IP 通信環境のセットアップを行う。そのためには前述の機能をシステムに配置して機能を実現するが、IP コンフィグレーション機構に求められる要件につき整理する。

(1) IPv6 の採用

新規システムであり、端末に付与する IP アドレス体系に制約を受けないためにも、IPv6 を採用する。IPv4 システムとの互換機構は別途検討する。

(2) IPv6 固定アドレスによる端末の特定

本機構において端末は IPv6 固定アドレスにより特定されるものとする。端末の稼動状態に依らず、IPv6 固定アドレスをもって本システムの端末にパケット送信できる。

(3) QoS 既存機構との互換性

本システムは独自に QoS 機構を準備するが、既存 IP ネットワークにおける QoS 機構との互換性を保証する。

(4) 認証・課金機構の提供

独立した無線ネットワークオペレータも当システムに容易に参加できるように認証・課金機構を IP コンフィグレーション機構に用意する。

これら要件を実現するが、実現上、後述の Basic Access Network は端末に一意な識別子を与えること、ソフトウェア無線による通信機構は同時に 2 種類以上の無線ネットワークに対応できないこと等を下位無線ネットワークの特性として前提にしている。

3. 用語の整理

本報告で使用する用語につき整理する。

(1) 統合ネットワーク(Integrated Wireless Network)
既存及び新規無線ネットワークから構成される統合オーバーレイネットワーク。

(2) マルチサービス端末(Multi-service Terminal)
ソフトウェア無線により、複数の異種無線ネットワークにアクセス可能な端末。本報告中においては単に端末と呼ぶ。

(3) 共通コアネットワーク(Common Core Network)
サービス地域毎に構成される、統合ネットワークの独立した管理単位。

(4) ゲートウェイルータ(Gateway Router)

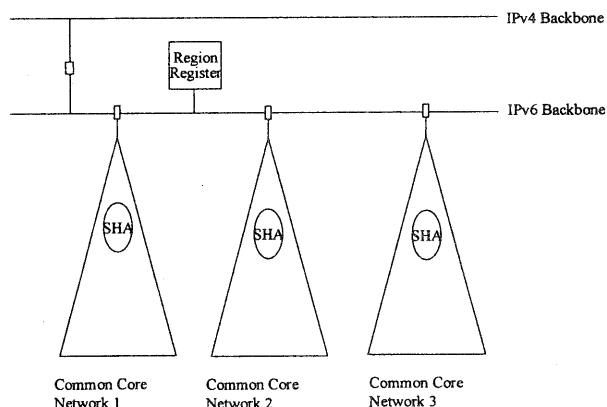
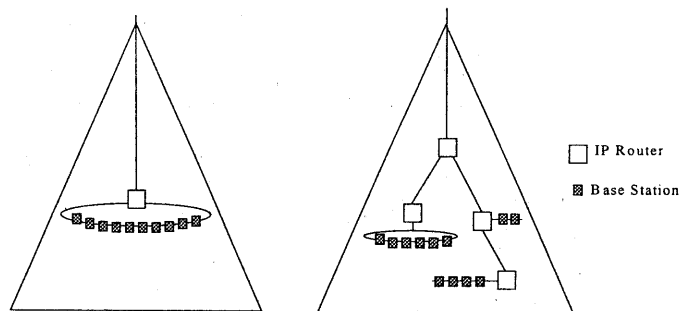


図1 システム構成



Type 1: unified by convergence interface (no IP router) Type 2: IP sub-network deploying routers

図2 共通コアネットワークの種類

共通コアネットワークと IPv6 バックボーンを接続するルータ。

(5) 基本アクセスネットワーク (Basic Access Network)

共通コアネットワークの地理的全域をカバーし、端末にソフトウェア無線から独立したネットワークアクセスを提供する。シグナリング及び端末位置管理に使用される。

(6) シグナリングホームエージェント (Signaling Home Agent)

ゲートウェイルータ上に配置され、共通コアネットワーク内のシグナリング、端末位置管理等の制御を行う。

(7) リージョンレジスタ (Region Register)

一つの共通コアネットワークが配置される地域をリージョンと呼ぶが、端末の現在リージョンを管理する。

4. システム概要

4.1 アーキテクチャ

図1に統合ネットワークの構成概略を示す。各地域の共通コアネットワークは IPv6 バックボーンに接続される。端末はリージョンと呼ばれる一つの共通コアネットワークに所属する。リージョンレジスタは端末の存在する現リージョンを管理する。

図2のように共通コアネットワークは2つにタイプ分けされる。一つは2層において共通コアネットワーク内の異種無線統合を行うもので、共通コアネットワークの端末位置管理や同一無線ネットワーク内、あるいは異種無線ネットワークに跨る“水平/垂直”ハ

ンドオフの制御は2層に閉じて行われる。この場合、IP コンフィグレーション機構は、端末のリージョン間の移動に伴う移動管理、アドレス管理を行えば良い。

もう一つは共通コアネットワークに配置される複数種無線ネットワークのアクセスポイントを地理的必要に応じて有線 IP 接続するもので、適宜 IP ルータを配置して、共通コアネットワークで一つの IP サブネットワークを構成する。この共通コアネットワークを IP サブネットワーク構成とする場合、端末の共通コアネットワーク内の移動や通信要件の変化によるハンドオフに伴い、IP サブネットワーク内のルート情報の更新制御機構が IP コンフィグレーションシステムに必要とされる。

高速なハンドオフ処理には前者の構成が有利であるが、本報告においてはより柔軟な、共通コアネットワーク内の異種無線ネットワーク構成を可能とする後者の構成について検討する。

4.2 端末アドレス

本システムにおいて端末の IP アドレスは以下のように表現される。

IP アドレス = リージョン番号 [+QoS クラス] + 基本アクセスネットワーク識別子

端末の固定 IP アドレスは所属するリージョンにおける IP アドレスと同一である。端末が所属以外にある時は、一時的に生成された当 IP アドレスによっても特定可能である。さらに、当システムは IP アドレスによって、適用される QoS クラスの指定を可能としている。QoS クラス情報を付加した IP アドレスは

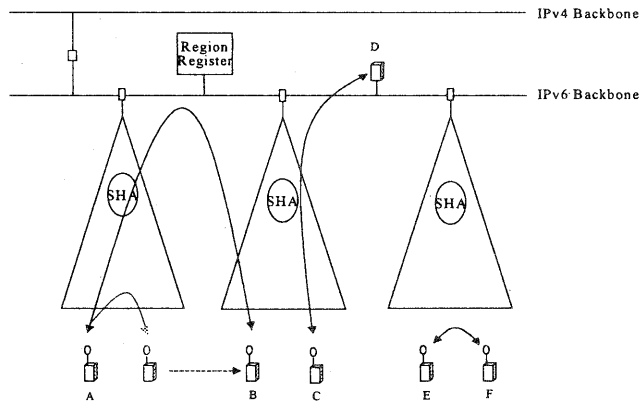


図3 マクロ移動モデル

端末 IP アドレスのエイリアスとして扱われ、指定したアドレスによって端末は適用する QoS クラスを制御する。

4.3 端末移動モデル

当 IP コンフィグレーション機構において端末移動モデルは 2 階層で扱われる。上位レベルはマクロ移動モデルと呼び、リージョン間の端末の移動管理を行う。下位レベルはマイクロ移動モデルと呼び、リージョン内、つまり共通コアネットワーク内の端末の移動管理を行う。

4.3.1 マクロ移動モデル

リージョン間を跨る端末移動はモバイル IP 的に管理する。所属リージョン以外のリージョンにある端末に、その端末の固定アドレスをもって送信された IP パケットは、所属リージョンのシグナリングホームエージェントにより、現在リージョンで得た Co-Located Care-of アドレス、すなわち、現在リージョンでの IP アドレスに転送される。パケット転送のオーバーヘッド、また、転送のために行われる IP パケットのカプセル化のオーバーヘッドを避けるため、モバイル IP の最適化機構や、端末の現リージョン問い合わせ機構を設けることにより、端末アプリケーションによる明示的なマクロ移動管理を可能とする。

各リージョンの管理する地理的なサイズを 1~10 数 Km 四方とし、頻繁なマクロ移動は発生しないことを想定している。リージョング境界での端末使用については別途検討する。

図 3 を用いて当システムにおける IP 通信の例を説明する。端末 A と端末 B は当初それぞれが所属する

同一のリージョンで IP 通信を行っている。その後端末 B は隣接リージョンに移動する。このマクロ移動に対して当 IP コンフィグレーション機構はモバイル IP 機構を適用し、通信は切断無く維持される。この場合、通信を行う 2 台の端末とも当システムによる端末であるので、モバイル IP 最適化が有効となり、シグナルホームエージェントを経由してのパケット転送は行われない。

端末 C と IPv6 バックボーン上固定端末 D 間の通信の場合、固定端末 D が発呼側であれば、固定端末 D は、移動管理をシステムのモバイル IP 機構に委ねる方式か、自らリージョンレジスタに問い合わせを行い、端末 C の現有効アドレスを問い合わせる方式の何れかを選択できる。現有効アドレス問い合わせ方式を採用した場合、固定端末 D は端末 C がビジター端末であっても、パケット転送なしに端末 C と通信することができる。

端末 E と端末 F は同一のリージョン内にある。当 IP コンフィグレーション機構により、端末 E あるいは端末 F がリージョンの所属端末であるかどうかに関わらず、モバイル IP 最適化機構により、端末 E と端末 F はパケット転送なしに通信を行うことができる。

4.3.2 マイクロ移動モデル

マイクロ移動モデルの適用は、共通コアネットワークに適用されているアーキテクチャにより異なる。2 層による共通コアネットワークの統合が適用されている場合、マイクロ移動管理は端末からのトリガにより 2 層で管理される。移動の必要の判断やソフトウェア無線の再構成は端末が主体的に行うが、その他の処

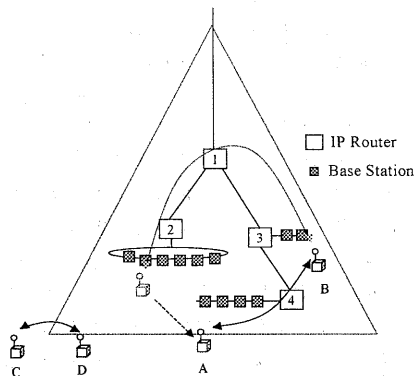


図4 マイクロ移動モデル

理はIP コンフィグレーション機構から隠蔽される。

共通コアネットワークにIP サブネットワークモデルが適用されている場合、マイクロ移動管理はIP コンフィグレーション機構内でCellular IP 的に行われる。共通コアネットワーク内の端末からゲートウェイルータまでのルート情報は端末単位に、端末の移動に応じて動的に更新される。共通コアネットワーク内のゲートウェイルータ配下のルータは平坦なIP アドレス体系を持っており、端末毎にどのようなIP ルートも設定可能である。ただし、上り方向のルートはアクセスポイントの配置変更などが無い限り事実上固定である。端末の水平/垂直移動に応じ、端末から発せられるルート更新メッセージにより、端末のリージョンでのIP アドレスに対し、下りのルート情報が、ルート上にあるルータ上に設定・更新される。ルート情報は設定有効期限があり、利用されないか、更なる更新メッセージを受けないと、ルータ上から自動的に削除される。端末位置情報もIP コンフィグレーション機構中で管理され、ルート更新メッセージと位置更新メッセージは共用できる。ただし、システムは2層による位置更新メッセージも同時にサポートする。

図4を用いて共通コアネットワーク、つまりリージョン内のマイクロ移動がどのように管理されているかを説明する。図中、ルータは番号を付して表記しており、各端末はリージョン内の最上位ルータ1、つまりゲートウェイルータへのリージョン内ルート情報をメンテナンスする。ゲートウェイルータ上にはシグナリングホームエージェントが配置されており、当リー

ジョンへのビジター端末を含め、リージョン内にある全ての端末の位置管理、シグナリング制御が行われる。リージョン内の端末の移動管理は、例えば以下のように行われる。

端末Bの場合ゲートウェイルータ1との間にルータ3が配置されており、ゲートウェイルータには端末Bを特定してルータ3がルータ3上ではアクセスインターフェースとして端末Bが使用する無線ネットワークが指定されている。これを端末Bにはルート1-3が適用されている、と表記すると、端末Aにはルート1-2が適用されている。端末B及びAは適用されているIP ルートに従って、リージョン外の端末と通信できる。ここで、端末AとBが通信するとルート2-1-3が適用される。

端末Aがリージョン内を移動し適用ルートを1-2から1-3-4に変更する。これにより端末A 端末B間のルートは3-4となる。

端末Cと端末Dはアドホックネットワーク的に直接交信している。適用されている無線ネットワークが、例えばMMACのようなMAC制御型で、端末間の交信にルータの存在を必要としないならば、システムは端末同士の直接交信を許す。

4.4 シグナリングと端末位置管理

以上のように、リージョン内の端末のマイクロ移動管理はCellular IP 的に行われるが、Cellular IP がシグナリングについても、シグナリングキャッシュと呼ばれるルート管理によるIP パケット送信での解決であるのに対し、当システムはシグナリングホームエ

エージェント及び基本アクセスネットワークにより、明示的なシグナリング機構をサポートする。これにより、Cellular IP と比較してシグナリングキャッシュ維持用ルート更新メッセージの削減や、より確実なシグナリングを実現する。

シグナリングホームエージェントは端末の位置及び稼動状態をデータベース上に管理する。稼動状態に無い端末への IP パケットを捕獲すると、シグナリングホームエージェントは位置情報を基に基本アクセスネットワークを使用して、端末に対して発呼する。

シグナリングホームエージェントは端末の位置情報更新のため、端末からの IP メッセージによる位置更新だけでなく、基本アクセスネットワークによる端末位置更新情報も利用する。

4.5 リソース管理

共通コアネットワーク内のアクセスポイントの配置、各無線ネットワークの容量、転送速度、通信レイテンシ、また、端末の通信や表示能力などがシステムのリソースとしてシグナリングホームエージェントのリソース管理機構に管理される。リソース管理機構は上記のような静的な情報のみならず、各無線ネットワークの利用状況など動的な情報も管理する。当システムの最終的な目的の一つは、ユーザの立場からも、オペレータの立場からも、有限な無線資源を複数の無線ネットワークを組み合わせることにより有効に利用することである。シグナリングホームエージェントはネットワークリソース情報として以下のような項目を管理する。

(1) アクセスポイント識別子

アクセスポイント名・ネットワーク名で構成されるストリングデータ。アクセスポイントが IP アドレスを持つ場合はホスト名と同一になる。

(2) サービスエリア

矩形と見立て北東端点、南西端点、最低高度、最高高度からなる静的情報。

(3) 最大転送速度

1 端末に与えられる最大転送速度。バイト/秒。

(4) 最低転送速度

保証される最低転送速度。0 が設定されても良い。

(5) 最大遅延

アクセスポイントと端末間の最大通信レイテンシ。上り下り別個にマイクロ秒で登録。

(6) 平均遅延

アクセスポイントと端末間の平均通信レイテンシ。

(7) 最大リンク数

リンク型無線ネットワークでのみ有効。

(8) 負荷状態

アクセスポイント管理を行う共通コアネットワーク内ルータにより更新される。良好/混雑/使用不可の3段階で評価される。

シグナリングホームエージェントは以上の項目をネットワークリソース情報として管理し、端末からの現在位置をパラメータとした、利用可能ネットワークの問い合わせに対応する。

4.6 認証と課金

シグナリングホームエージェントはビジター端末を含め、端末の認証データを自身のデータベース中に管理する。端末のリージョン移動時にはシグナリングホームエージェント間で該当端末の認証データの交換を行う。必要とする無線ネットワークに認証・課金サービスを提供する。

4.7 QoS 管理

QoS は端末上の IP コンフィグレーションマネージャにより能動的に管理される。IP コンフィグレーションマネージャは IP アドレス中の QoS クラスやアプリケーションが使用するポート番号により、端末全体の通信要件を算出する。必要に応じてシグナリングホームエージェントに利用可能なネットワークの問い合わせを行い、QoS 要件の変化による無線ネットワーク切り替え、つまり垂直ハンドオフが必要かどうかを判断する。

DiffSrv 等の QoS セッションと QoS クラスのマッピングはシグナリングホームエージェントで行われる。

5. おわりに

以上のように現在検討を進めている無線シームレス統合ネットワーク上の IP コンフィグレーション機構について報告した。今後検討中の IP コンフィグレーション機構を構成する各機能についてシミュレーション検討を進める。

参考文献

- 1) Mark Stemm and Randy H. Kats, "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks", ACM Mobile Networking (MONET), Special Issue on Mobile Networking in the Internet, Summer 1998
- 2) Metricom Web Page; <http://www.metricom.com>
- 3) 水野, ウー, 大森, マルチメディア無線アクセスネットワークの構想, 電子情報通信学会総大会, 2000
- 4) C.Perkins, Editor, "IP Mobility Support", RFC2002, October 1996.
- 5) A. Valko, Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility, ACM SIGCOMM CCP, 1999