

5 モバイルイーサネット技術

5 Mobile Ethernet Technologies

5-1 スケーラブルなモバイルイーサネットと高速な垂直ハンドオーバ

5-1 Scalable Mobile Ethernet and Fast Vertical Handover

石津健太郎 黒田正博

ISHIZU Kentaro and KURODA Masahiro

要旨

3G 移動体システムは既に市場に浸透し、Beyond 3G と呼ばれる次世代無線システムが ITU-R において議論されている。Beyond 3G システムは 3G や無線 LAN を含む各種無線アクセスを統合し、オール IP の無線ソリューションを実現することによって各無線通信の利点を生かしたサービスを提供する。無線システムを統合する現在の手法は、無線に依存する機能を局所化する一方で、IP 技術によってオール IP ネットワークに統合するというものである。我々はこのオール IP 統合ネットワークに適合する、Provider Bridge、RPR、IEEE 802 などの MAC レイヤ技術を用いたスケーラブルなモバイルイーサネットアーキテクチャを提唱する。さらに、共通の無線リソース管理とシグナリング管理を用いた高速な垂直ハンドオーバを提唱する。また、ネットワークトラフィックを削減することによってスケーラブルなモバイルイーサネットを実現するため、モビリティ管理とマルチキャスト管理が可能なネットワーク分割について論じる。そして、スケーラビリティ(拡張性)の観点からネットワークの評価を行う。各セグメントのゲートウェイスイッチが全移動端末分のエントリを保持しきれない場合には、MAC フレームを転送するセグメントゲートウェイスイッチをアンカーポイントとする構造が有効であることを明らかにする。このほか、Mobile IPv6 の高速ハンドオーバに対して垂直ハンドオーバの評価を実施した結果、高速な垂直ハンドオーバのほうがネットワークリソースの消費量が少なく、しかもハンドオーバのアンカーポイントが柔軟に決定できることを明らかにする。

The 3G cellular system has infiltrated into market and the next generation wireless system called Beyond 3G is discussed at ITU-R. The Beyond 3G system integrates various wireless accesses including 3G and wireless LANs and provides an all IP wireless solution to offer services taking advantage of each wireless communication of the system. Current approach to integrate wireless systems is to localize wireless dependent functions and to integrate into all IP network using IP technologies. We propose a scalable Mobile Ethernet architecture for the all IP integrated network using MAC layer technologies, such as Provider Bridge, RPR, and IEEE802, and the fast vertical handover introducing common radio resource and signaling managements. We discuss network segmentation with mobility management and multicast management for the scalability of the Mobile Ethernet by reducing network traffic. We evaluate the network from the viewpoint of scalability. In the evaluation we understand that the design that the gateway switch of a segment forwarding MAC frames as an anchor point becomes effective in case that the gateway switch of each segment cannot hold entries for all mobile terminals. We also evaluate the vertical handover comparing to Mobile IPv6 fast handover, and understand that the fast vertical handover consumes less network resources and flexible in having an anchor point for handover.

[キーワード]

モビリティ, スケーラビリティ, 垂直ハンドオーバー, シグナリング, Beyond 3G
Mobility, Scalability, Vertical handover, Signaling, Beyond 3G

1 はじめに

3G 移動体システムは現在の市場に既に浸透しており、Beyond 3G と呼ばれる次世代無線システムがまもなく登場するといわれている。Beyond 3G システムは、3G、4G、無線 LAN といった各種無線アクセスを統合し、オール IP の無線ソリューションを実現することによって各無線通信の利点を生かしたサービスを提供する。IP 技術を用いることで異種無線ネットワークを一つのオール IP ネットワークに統合する作業が、現在実施されている [1]-[3]。オール IP ネットワークの基本的な考え方は、無線に依存する機能をできるだけ局所化する一方、モビリティ管理、ネットワークレベル認証、信号制御については共通の IP レイヤを設けて実現するというものである。IP ネットワークのインフラは、Provider Bridge [4] や Resilient Packet Ring [5] を用いた都市圏及び広域イーサネットにおいて普及しており、通信事業者用ネットワークとしても利用可能になりつつある。

無線アクセスについては 3G をベースにしたシステムが無線ネットワークとして徐々に普及するが、一方で費用対効果の高さによって IEEE 802.11 が急速な広がりを見せている。ただし後者の場合、サービス提供範囲は狭いエリアに限定される。IEEE 802.20 MBWA [6] ワーキンググループでは、MAN 環境での高速 IP データ転送と車両移動モビリティに最適な仕様の策定を行っている。IEEE 802 LMSC [7] をベースとする高速で広範囲な無線システムは Beyond 3G システムの重要な要素となっており、多くのシステムが IP レイヤのみならず IEEE 802 MAC レイヤに収束しようとしている。

端末移動についてはモバイル IP の改良 [8] によって統合無線システムのモビリティ管理を行う議論が数多くなされているが、都市圏における歩行速度でのハンドオーバーについてはほとんど議題

に上がらない。モバイル IP の改良に関しては、階層的なネットワーク管理 [10] による効率的なルート最適化、高速ハンドオーバー [9]、制御パケット数の低減などが議論されている。ヘテロジニアスな(異なる機器やプロトコルが混在する)無線システムではこうした改良が有効だが、依然としてカプセル化や多くのメッセージ交換(例えば、端末がアクセスルータ間を移動するときの Binding Update や、Binding Update 情報の正しさを確認するための Return Routability など)が必要になる。カプセル化は処理負荷を高める上、都市圏では頻繁なハンドオーバーが起こるので、上記のメッセージ交換はシグナリング処理の負荷を高める。

このようなモバイル IP によるオーバーヘッドの問題に対しては MPLS によって解決するという提案がある。端末の移動中も一つのラベルを配信しつづけることで端末の IP アドレスの変化が見えなくなり、端末・ルータ間の経路が最適化される [11]。このモビリティ制御には QoS 制御機構が使用できるという利点があるが、それでもモバイル IP と同様にパケットをカプセル化するためのオーバーヘッドが存在する。

MAC レイヤのモビリティ管理は、IEEE 802.11f で規定されている IAPP (Inter-Access Point Protocol) [12] により可能である。IAPP は、現在のアクセスポイント (AP) と新たな AP との間での移動端末のセキュリティコンテキスト交換と、ハンドオーバー時のシームレスな転送が可能となるように設計がなされている。そのうえ IAPP は、モバイル IP によって提供されるモビリティ制御機能を必要としない。これはプロトコル自体にマイクロモビリティの機能が含まれており、レイヤ 2 スイッチ及び AP に登録される端末の MAC アドレスに対応するエントリが高速で更新されるためである。ハンドオーバーにおいてはすべてのレイヤ 2 スイッチがトラフィックのアンカーポイントになることができるため、IP アドレスの変更を通知する必要がない。こうした仕組み

によって高速なハンドオーバが実現する。一方、IAPP は MAC のブロードキャストアドレスに対してレイヤ 2 の Update フレームを送信するため、端末に関する古い情報が AP に送られる可能性がある。そのため端末の台数や端末移動の頻度によっては制御フレームが増え、レイヤ 2 ネットワークのスケラビリティに影響が出る。

本稿では、広域イーサネットの改良とともにスケラブルな Beyond 3G ネットワークを実現するためのソリューションと、共通の無線リソース管理とシグナリング管理を用いた、各種無線システム間での高速な垂直ハンドオーバを提唱する。このソリューションは、新世代モバイル通信プロジェクト [13] で議論されたアーキテクチャの一つである。次節ではスケラブルなモバイルイーサネットのアーキテクチャについて説明し、MAC レイヤでのモビリティ管理機能と、IAPP の問題を解決するためのマルチキャスト管理機能を備えたネットワーク分割を紹介する。3 ではセグメント内及びセグメント間のモビリティ管理並びに高速な垂直ハンドオーバについて論じる。4 ではセグメント間モビリティ管理の評価作業を行い、ネットワークのスケラビリティを調べる。さらに別の方法と比較した場合の長所を論じる。最後に、モバイルイーサネットの機能を整理し、本稿をまとめる。

2 モバイルイーサネット

我々が提唱するモバイルイーサネットは広域イーサネットをベースにしている。イーサネットはもともと固有の MAC アドレスを用いて共用媒体上で運用されるため、広域イーサネットではすべてのメッセージがネットワーク上で実質的にブロードキャストされる。その様子を図 1 に示す。次にモバイルイーサネット上にオール IP ネットワークを構築することを考える。十分なスケラビリティを確保するため、広域イーサネットには経路学習キャッシュを持つレイヤ 2 スイッチを用いる。あるあて先 MAC アドレスに至る経路をその経路上にあるすべてのスイッチが学習し、経路が学習されると、無用なブロードキャスト送信は行われなくなる。

大都市に展開する無線ネットワークでは端末の

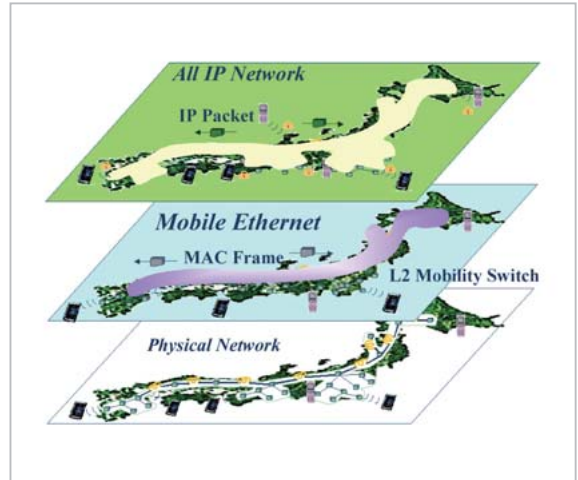


図 1 スケーラブルなモバイルイーサネット

移動によって端末とネットワークの接続ポイントが頻繁に変わるため、学習キャッシュを頻繁に更新する必要がある。モバイルイーサネットは、学習キャッシュをスイッチ上で動的に更新するシグナリング方式を採用している。このシグナリングメッセージはモバイルイーサネット内でブロードキャストする必要があるため、スケラビリティを確保するにはブロードキャストされるシグナリングトラフィックを低減することがモバイルイーサネットにおける一つの問題となる。上位レイヤの通信スタックで使用される、ICMPv6 の Neighbor Solicitation (近隣要請) メッセージのようなブロードキャストメッセージもこの範ちゅうに含まれる。

A ネットワーク分割

広域イーサネットの性能を維持したままサービス範囲を全国に広げるような、スケラビリティに優れたモバイルイーサネットを実現するため、我々はネットワーク分割方式を導入し、ネットワークを複数のレイヤ 2 セグメントから構成する。分割(セグメント化)を行えば、少なくともそのセグメントの中では学習キャッシュを制御するブロードキャストのシグナリングメッセージが低減できる。レイヤ 3 の観点で見れば、レイヤ 2 ネットワーク全体が一つのブロードキャスト用ドメイン、すなわちサブネットに見える。

図 2 に示すように、モバイルイーサネットではセグメント構造の決定において柔軟性がある。各セグメントは、ツリー構造のアクセスネットワークか、ツリーとリング構造のアクセスネットワーク

クか、またはリング構造のアクセスネットワークの一要素として構成される。ローカルのリング構造部分を図2に示す。セグメントはRPRなどの高速のリングコアネットワークによって結ばれている。ネットワークをセグメントに分割するもう一つの利点は、各セグメントを独立に運用できる柔軟性と、セグメントのインタフェースを同じに保つ限り一つのセグメント内に種類の異なるアクセスネットワークを同時に配置できるという柔軟性である。

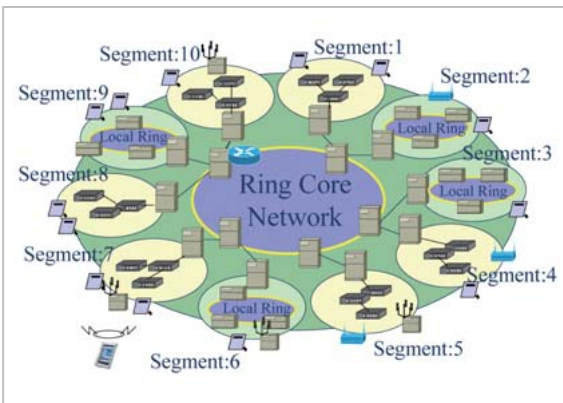


図2 モバイルイーサネットの分割

B マルチキャスト管理

モバイルイーサネットは一つの広域ブロードキャストドメインとみなせることから、レイヤ3の機能であるICMPv6のNeighbor Solicitation(近隣要請)メッセージのようなブロードキャストメッセージが、レイヤ2スイッチのフラッディングによりネットワーク全域に配信される。モバイルイーサネットには、レイヤ3の特定のブロードキャストメッセージを抑えるためのブロードキャストドメイン・エミュレーション機構が備わっている。モバイルイーサネットのレイヤ2スイッチは、ある特定のレイヤ3ブロードキャストメッセージをレイヤ2のユニキャストメッセージとして先ノードに転送する。これはドメイン全域にブロードキャストされることはない。Neighbor Solicitationメッセージの場合、そのメッセージは近隣発見(Neighbor Discovery)サーバに転送される。そのサーバには端末に対応するIPアドレスとMACアドレスのエントリが格納されており、対象端末に代わってMACアドレスの解決を行う。

3 モビリティ管理

この節ではセグメント内とセグメント間の2種類のモビリティ管理について論じる。

A セグメント内モビリティ管理

セグメント内モビリティ管理(IntraSMM)は分散方式によるモビリティ管理を行う。セグメント内に配置される各レイヤ2スイッチは、そのレイヤ2スイッチの管轄内にある全端末の位置情報を保持する。一方、移動体ネットワークもしくはモバイルIPは、HLR/VLRやHA/FAといった特定ノードにおいて位置情報を管理する。IntraSMMでは、MACフレームを非ブロードキャスト的な方法で端末に転送することによって位置情報をスイッチ内で動的に更新する。

・位置登録

ツリー構造セグメントにおける位置情報の登録と更新の手順を図3に示す。移動端末に最も近いエッジスイッチは、複数のアクセスポイントを収容している。セグメントゲートウェイスイッチ(そのセグメントで最上階層に位置するノード)はそのセグメントに存在する全移動端末分のエントリを格納するとともに、他セグメントのゲートウェイスイッチと接続している。エッジスイッチとセグメントゲートウェイスイッチの間に配置されるブランチスイッチは、フレームを次のスイッチへと中継する。図で各スイッチ及びアクセスポイントの下に書かれているAとBの記号は同じ転送経路を表し、A1とA2は経路Aにおける区別を表す。

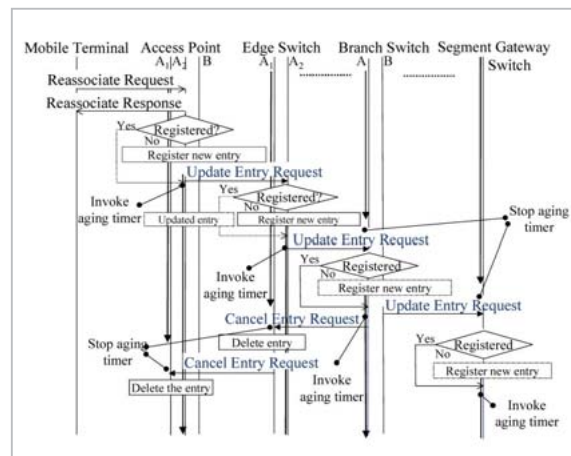


図3 IntraSMMにおけるエントリの更新と削除

移動端末が移動して端末までの経路が変わったときに経路の変化を直ちに反映できるよう、MAC アドレス学習方式を採用する。エントリーの登録又は更新処理において AP は Update Entry Request フレームをセグメントゲートウェイスイッチに送信する。そのセグメントゲートウェイスイッチを含め、セグメントゲートウェイスイッチまでの経路上にあるスイッチは、端末の MAC アドレスを学習することになる。この動作は、ユーザデータフレームの転送時にレイヤ 2 スイッチによって行われる通常の経路学習処理とは別に実行される。

登録されてからの時間により、古いエントリーは削除される。アンカーポイント(端末移動の前後で変わらないレイヤ 2 スイッチ)は両方の位置に対してフレームを端末に転送した後、移動前に端末がつながっていた旧 AP に対して Cancel Entry Request フレームを送出する。旧 AP に至る経路上に存在するスイッチではエントリーが削除される。

・学習を行う場合の MAC フレーム転送

ツリー構造セグメントの MAC アドレス学習は、ツリー状の階層ネットワークを前提とする。各レイヤ 2 スイッチは、ツリーの階層関係から見て管轄内にある全移動端末の MAC アドレスを保持している。そのため、セグメントゲートウェイスイッチに向けてスイッチ階層を上がれば、どの移動端末にもフレームを送ることができる。

フレーム転送処理には、セグメント内のトラフィック量を減らすためのデフォルト転送機能が含まれている。あるエッジスイッチから上位スイッチに向けてデータが送られると、各スイッチはあて先 MAC アドレスから生成したハッシュ鍵の値を用いてそのスイッチが保持するエントリーと比較する。一致するエントリーがあれば、そのエントリーに対して登録されたポートにフレームを転送する。なければ上位スイッチにフレームを転送し、フラッディングは行わない。ここに、階層型ネットワーク構成の利点がある。学習時、スイッチが記憶するのはエッジスイッチから送られてくる転送フレームの発信元アドレスと受信ポートのみである。

デフォルト転送機能は端末移動を管理するための基本機能であり、モバイルイーサネットのス

ケーラビリティはこの機能によって実現される。学習機能を用いたこの転送方法により、セグメント内のトラフィックが減少するとともに、エントリーに対するメモリ消費量が減少する。

B セグメント間モビリティ管理

セグメント間モビリティ管理 (InterSMM) は、リングコアネットワークで異なるセグメント間での端末移動を扱うための仕組みを提供する。セグメントゲートウェイスイッチがセグメント間の通信を開始すると、図 4 に示すような通信経路が InterSMM 上に生成される。

セグメントゲートウェイスイッチの InterSMM は、移動端末の移動を契機としてセグメント間にパスを設定する。端末の移動先となる新たなセグメントのセグメントゲートウェイスイッチは、移動端末から Update Entry Request フレームを受信する。このスイッチは移動端末が接続されている旧スイッチに Request フレームを送信する。旧スイッチはこの Request フレームを受信すると、端末の旧位置に至るまでの、学習したキャッシュ経路上にあるスイッチに対して Cancel Entry Request フレームを送出し、旧セグメント内に残っている旧経路を消去する。

端末にあてた Update Entry Request フレーム及び MAC フレームを旧セグメントと新セグメントの間で転送するに当たっては、ブロードキャスト通信(ブロードキャスト方式を使用)又はユニキャスト通信(MAC アドレス学習方式とアンカー方式を使用)のいずれかを用いたメッセージ転送方針に従う。これらの方式について以下に説明する。

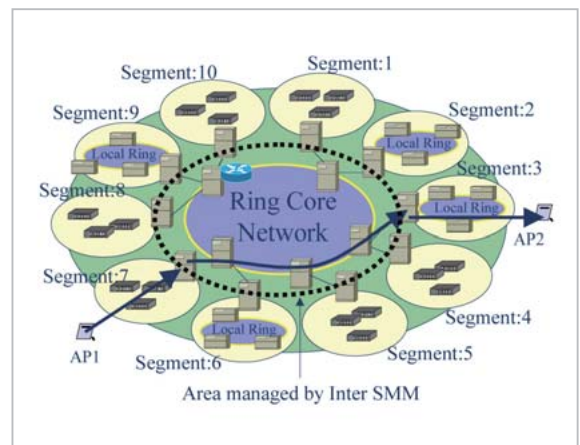


図4 セグメント間モビリティ管理

・ブロードキャスト方式

ブロードキャスト方式の場合、セグメントゲートウェイスイッチは他セグメントの移動端末に関する MAC アドレスエントリーを持たない。MAC フレームは常にリング内を周回する。移動端末あての MAC フレーム及び Update Entry Request フレームは、それらのフレームを除くすべてのセグメントゲートウェイスイッチにブロードキャストされる。各セグメントゲートウェイスイッチは、MAC フレームを受信するとフレームに入っているあて先アドレスを精査する。あて先アドレスに一致したエントリーがそのスイッチ内であれば、そのフレームをセグメント内のブランチスイッチに転送する。なければその MAC フレームは破棄する。

・MAC アドレス学習方式

MAC アドレス学習方式の場合、セグメントゲートウェイスイッチは他セグメントの移動端末に関する MAC アドレスエントリーも保有する。そのため、図 4 に示すように、セグメントゲートウェイスイッチ間の通信は常に最適ルートであることが保証される。セグメントゲートウェイスイッチが Update Entry Request フレームを送出する際には、これを他のセグメントゲートウェイスイッチにブロードキャストし、フレームはリングコアネットワークを周回する。移動端末が存在するセグメント内のレイヤスイッチだけでなく、リングコアネットワーク上のレイヤ 2 スイッチもこのフレームを受信し、MAC フレーム学習によってエントリーを追加する。一方、セグメントゲートウェイスイッチは、そのセグメントに登録されていない移動端末にあてた無用なメッセージがセグメント内を流れないように、上記のブロードキャスト方式と同様の方法で処理を行う。

・アンカー方式

アンカー方式の場合、移動端末の現在位置に関係なく個々の移動端末に対して一つのセグメントゲートウェイスイッチが割り当てられる。このセグメントゲートウェイスイッチをホームセグメントゲートウェイスイッチと呼び、ホームセグメントゲートウェイスイッチだけが現在の端末位置が存在するセグメントを認識していることになる。

移動端末にあてた MAC フレームは、一度このホームセグメントゲートウェイスイッチに送ら

れ、そこから現在の端末位置を管轄するセグメントゲートウェイスイッチへと転送される。

これを可能にするため、移動端末の移動を契機とする Update Entry Request フレームをセグメントゲートウェイスイッチが受信すると、その端末に対して、ホームセグメントゲートウェイスイッチを指定する。スイッチはその後、MAC アドレスから端末へのリンクを登録もしくは更新する。

C 高速な垂直ハンドオーバ

モバイルイーサネットは 3G や WLAN など種類の異なる無線システムを収容する。共通無線リソース管理サーバ (CRMS) 及び共通シグナリングサーバ (CSS) を利用することによって各無線システムの AP はエッジスイッチに統合される。各システムの AP と端末は、CRMS や CSS と通信するための機能を持っている。この方式は、端末とネットワークの間にある各無線システムの属性に関係しない共通シグナリング機構が構築され、ネットワーク主導ハンドオーバがシームレスに処理できるというものである。このシグナリングはレイヤ 2 の制御体系として規定するため、IP レイヤとは独立である。

CRMS は、受信信号強度 (RSSI) や誤り訂正率などの無線状態情報を、無線リソース管理 (RRM) の協力を得ながら事前に収集する。これは端末と AP の間のレポート交換によって行われる。このレポートの交換は、周期的に送信される場合や、何らかのイベントにより送信される場合がある。

WLAN は現在、3G とは違って RRM のような仕組みを持たないため、IEEE 802.11k で議論されている測定インタフェース [14] を WLAN の

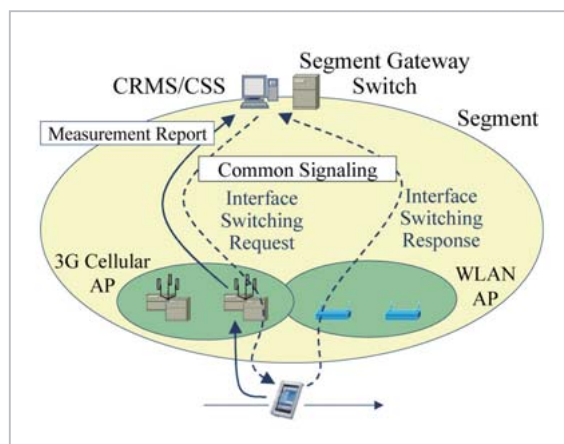


図5 高速な垂直ハンドオーバ

RRM に適用することができる。CRMS は、移動端末に対する無線リソース測定結果の各項目を重み付けすることによってハンドオーバの必要性を計算する。ハンドオーバが必要だと判断されれば、CRMS は Interface Switching Request を CSS に送信する。CSS は端末に対して無線インタフェースを変更するよう指示する。移動先 AP との接続を確立すると同時に、IntraSMM によって、スイッチのパス更新を行うことにより、高速な垂直ハンドオーバが実現できる。

4 評価

本稿では、異なるセグメント間をデータが流れるリングコアネットワークのトラフィック及び異種無線システム間的高速な垂直ハンドオーバについて考える。前者については定量評価を、後者については定性評価を行う。

A セグメント間モビリティ管理

リングコアネットワークに接続するセグメントゲートウェイスイッチは、セグメント内及びリングコアネットワークを流れるデータトラフィックの制御に、それぞれ学習キャッシュ方式を用いる。リングコアネットワークの帯域の観点から考えると、これらの学習キャッシュ方式によってブロードキャストトラフィックを減らすことが望ましい。しかしブロードキャストトラフィックの低減を行うと、エントリー用のメモリやエントリー検索のための CPU 負荷など、リソースの消費量が増える。

セグメント間モビリティ管理について、上述した三つの方式のうち、ブロードキャスト方式では移動端末のエントリー数が最小限で済むため、セグメントゲートウェイスイッチの実装を簡素化できる。MAC アドレス学習方式はブロードキャストトラフィックを減らすことができるが、大規模なネットワークには適用できない。この方式ではすべてのセグメントゲートウェイスイッチが全移動端末のエントリーを保有しなければならないため、リソース不足に陥る可能性があるためである。アンカー方式ではエントリー数の激発的增加は起きないが、余分なトラフィックが発生してメッセージ転送に遅延が生じることがある。

我々はセグメント間モビリティ管理に関する方

式の評価を行うため、MIRAI-SF というネットワークシミュレータを用いてシミュレーションを実施した[15]。そのため、リングコアネットワークをエミュレートするエージェントと、セグメントをエミュレートするトラフィック生成エージェントを定義した。リングコアエージェントに対しては、10 個のトラフィック生成エージェントを設定した。トラフィック生成エージェントは、VoIP データトラフィックを生成するものである。アクティブ状態の VoIP コネクションの本数とリングコアネットワークを流れるトラフィック量との関係を定量的に分析し、InterSMM の各方式の評価を行った。このシミュレーションでは、セグメント一つに 2,000 のユーザがあり、10 個のセグメントで合計 2 万ユーザが存在すると仮定した。また、VoIP コネクションを 1,000 本とし、使用率を 10%、ユーザ 1 人当たりのデータ紛失率を 2.5% とした。

図 6 にシミュレーション結果を示す。VoIP コネクションの本数を横軸に、リングコアネットワークのトラフィック総量を縦軸にプロットした。MAC アドレス学習方式についてはエントリー数の影響を調べるために三つのケースを想定した。図 6 の MAC Learning 1 (MAC 学習 1) のエントリー数は、ネットワーク内の移動端末台数の半分である。MAC Learning 2 (MAC 学習 2) は全体の 4 分の 3、MAC Learning 3 (MAC 学習 3) は全エントリーである。シミュレーション結果を見ると、リングコアネットワークのトラフィック量の増加率は、MAC Learning 1 と 2 における VoIP コネクションの本数がセグメントゲートウェイスイッチに保有される最大エントリー数を

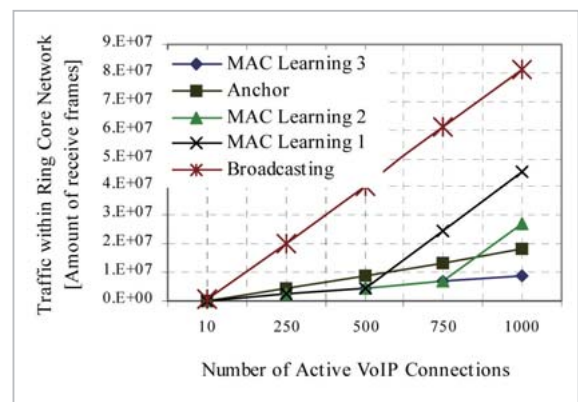


図6 セグメント間モビリティ管理の評価

超えた時点で、ブロードキャスト方式の増加率と同じになることが分かる。VoIP コネクションの本数がセグメントゲートウェイスイッチに保有されるエントリー数を超えない範囲ではアンカー方式より MAC アドレス学習方式のほうが優れているが、アンカー方式では高負荷のトラフィック条件においてもトラフィックはそれほど増えない。このように、好ましい方式を決定するにはネットワークの使用特性を見極める必要がある。MAC Learning 3 の場合、リングコアネットワーク内のトラフィック量は、全エントリーが保存されるケースについてブロードキャスト方式のときの 8 分の 1、また、アンカー方式の 2 分の 1 である。セグメントゲートウェイスイッチが全移動端末分のエントリーを持たない場合には、InterSMM のスケーラビリティを実現する方式としてアンカー方式の効率が最も高い。

VoIP コネクションの本数がリングコアネットワークを流れるトラフィック量に比例することから、仮に 1 セグメントのユーザ数を 2 万に増やしたとしても各方式の特性は変わらないと言える。

このほか、メモリ消費量の点からは、セグメントゲートウェイスイッチではアンカー方式とブロードキャスト方式が有効であることが分かる。レイヤ 2 スイッチに必要なメモリ量は、1 エントリー当たり 30 バイトとすると、2 万ユーザでもわずか 6 MB である。従来のレイヤ 2 スイッチの実際のパフォーマンスから考えると、2~3 万個のエントリーから一つのエントリーを探す処理遅延は問題にならない。

B 高速な垂直ハンドオーバー

モバイル IPv6 の高速ハンドオーバー処理案のねらいは、アクセスルータの切替時にあらかじめ気付けアドレス (CoA : Care of Address) を与えることによって、高速ハンドオーバーを実現することにある。その様子を示したのが図 7 である。また、新旧のアクセスルータ間に双方向トンネルを設定することで、旧アクセスルータに届いたパケットを転送することによるデータ紛失が回避され、その結果、移動端末はハンドオーバー処理中に旧 CoA を使ったパケット転送が行える。

しかし、この処理案では経路探索と位置情報の更新 (Binding Update) にプロキシを使用するため、シグナリングのオーバーヘッドが大きくなる。ま

た、ハンドオーバー後もホームエージェントと対応ノードの間で位置情報の更新処理が必要になるため、経路変更により時間がかかる。

一方、高速な垂直ハンドオーバーでは、ルート更新に際して次の無線システムとの関係確立と、移動予測及びネットワーク制御ハンドオーバーが同時に進行する。その様子を図 8 に示す。移動端末の IP アドレスは変更されず、近隣発見サーバにおいて IP アドレスと MAC アドレスの対応表が更新される。セグメントゲートウェイスイッチは、受信フレームの MAC アドレスを新しいアドレスに付け替えて転送する。ハンドオーバーはレイヤ 2 の処理であるため、CoA の付与も位置情報の更新処理も必要ない。これにより、モバイルイーサネットでは高速な垂直ハンドオーバーが可能なのである。

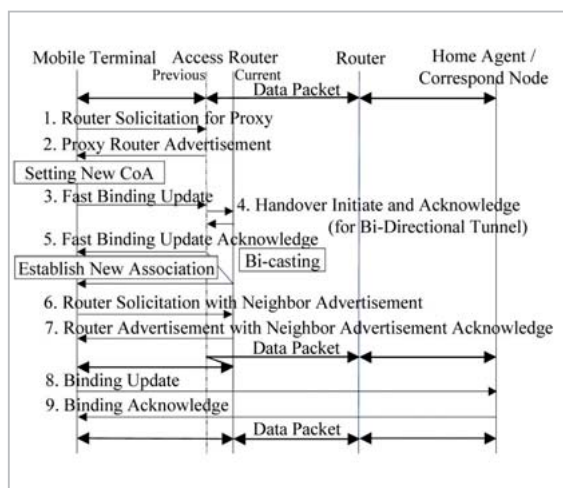


図7 モバイル IPv6 の高速ハンドオーバー手順

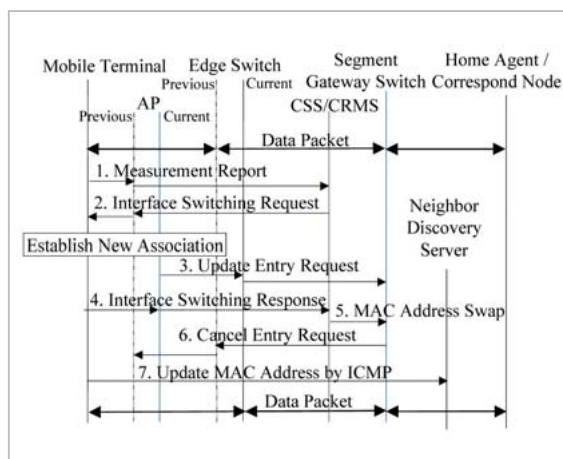


図8 高速な垂直ハンドオーバーの手順

表1 モバイルIPv6 との比較

Issues	Mobile Ethernet	Mobile IPv6 Fast Handover
IP Address Allocation	Not needed	Needed
Signaling Procedure	Simple	Complex
Capsulation	Not needed (in a segment)	Needed
Signaling Round Trip Delay	Low	High
Anchor Point	Flexible (Any switch can be anchor point)	Fixed and pre-set
Transfer Delay	Low	High

モバイル IPv6 の高速ハンドオーバーの場合、旧アクセスルータから現アクセスルータへのデータ転送経路はホームエージェントを経由する延長経路となる。しかし、それだけネットワークリソースを消費する上、ハンドオーバー中は位置情報の更新が完了するまで余分な通信遅延が発生する。高速な垂直ハンドオーバーは階層的なネットワーク構造の長所を生かし、アンカーポイント方式を用いて旧 AP から現 AP までの最短経路を割り当てる。この点からもモバイルイーサネットは高速な垂直ハンドオーバーが実現できる。

参考文献

- 1 H.Lach, C.Janneteau, and A.Petrescu, "Network Mobility in Beyond-3G Systems", IEEE Communication Magazine, pp.52-57, Jul. 2003
- 2 H.Yumiba, K.Imai, and M.Yabusaki, "IP-Based IMT Network Platform", IEEE Personal Communication Magazine, Vol.8, No.5, pp.18-23, Oct. 2001.
- 3 T.Otsu, I.Okajima, N.Umeda, and Y.Yamao, "Network Architecture for Mobile Communication Systems Beyond IMT-2000", IEEE Personal Communication Magazine, Vol.8, No.5, pp.31-37, Oct. 2001.
- 4 "Virtual Bridge Local Area Networks – Amendment 4: Provider Bridge", IEEE P802.1ad/D2.0 Dec. 2003.
- 5 "IEEE 802.17 Resilient Packet Ring"
- 6 "IEEE 802 Mobile Broadband Wireless Access"
- 7 "IEEE 802 LAN/MAN Standard Committee"
- 8 D. Johnson, C. Perkins, and J.Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- 9 R.Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-06.txt>, Internet-Draft, Mar. 2003.
- 10 Hesham Soliman, Claude Castelluccia, Karim El-Malki, and Ludovic Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", RFC 4140, Aug.2005.
- 11 Fabio M.Chiussi, Denis A. Khotimsky, and Santosh Krishnan, "Mobility Management in Third-Generation All-IP Network", IEEE Communication Magazine, pp.124-135, Sep. 2002.

5 まとめ

本稿ではイーサネットをベースにした Beyond 3G 向けのスケーラブルなモバイルネットワーク及び高速な垂直ハンドオーバーを提唱した。優れたスケーラビリティを実現するために、セグメント管理及びブロードキャストトラフィックの低減をネットワークに導入した。ハンドオーバーに関しては、共通の無線リソース管理とシグナリング管理について説明した。また、データトラフィック制御の面からセグメント間のモビリティ管理について評価を行い、ネットワークリソースの消費と柔軟性の観点からモビリティ管理及び垂直ハンドオーバーの効果を示した。モバイルイーサネットは、Mobile IP などの IP レイヤのソリューションよりも効率よく高速ハンドオーバーが実現できるものと期待できる。これは、IP アドレスの付け替えが不要であるということと、どのスイッチもアンカーポイントにできることによる。

- 12 "Draft Recommended Practice of Multi-Vendor Access Point Interoperability via Inter-Access Point Protocol Across Distribution Systems Supporting IEEE 802.11 Operation", IEEE 802.11f/D5 Jan. 2003.
- 13 H. Harada, M.Kuroda, H.Morikawa, H.Wakana, and F.Adachi, "The Overview of the New Generation Mobile Communication System and the Role of Software Defined Radio Technology", IEICE Trans. Commun., col. E86-B, No.12, pp.3374-3384, Dec. 2003.
- 14 "Specification for Radio Resource Measurement", IEEE 802.11k/D0.6 Aug. 2003
- 15 T.Sakakura, M.Kuroda and Gang Wu, "MIRAI (6) ~ Simulation and Implementation Environment Based on SSF", B-5-16, IEICE General Conference, Mar. 2002.



いしづけんたろう
石津健太郎

新世代ワイヤレス研究センターユビキタスマイルグループ専攻研究員(旧無線通信部門ワイヤレスアプリケーショングループ専攻研究員) 博士(情報科学)
ユビキタスマイルネットワークのハンドオーバー技術



くろだまさひろ
黒田正博

新世代ワイヤレス研究センターユビキタスマイルグループ主任研究員(旧無線通信部門ワイヤレスアプリケーショングループリーダー) 工学博士
ユビキタスマイルネットワークとその無線セキュリティ