

広域イーサネットにおけるモビリティ制御の検討

川上 哲也 飯野 聡 鈴木 良宏

松下通信工業(株) ネットワークソリューション研究所 アクセスネットワーク開発グループ

〒224-8539 横浜市都筑区佐江戸町 600 番地

E-mail: kawakami.tetsu@jp.panasonic.com

あらまし 近年、インターネットに対する高速・常時接続の普及が進んでいる。ここで、ユーザとISPを結ぶアクセス網は、IPとの高い親和性と高速な転送処理が必要とされている。中継網においてはこの要求に答えるものとしてラベルスイッチ技術が注目されているが、アクセス網での検討は進んでいない。本論文では、まずラベルスイッチ技術をイーサネット(VLAN)へ適用してアクセス網を構成する方法について述べる。次に、この手法をアクセス網におけるマイクロモビリティの実現に応用するための検討をおこない、Mobile IPを用いてアクセス網を構成した場合とその動作の比較を行い本方式を検証した。

キーワード ラベルスイッチ, VLAN, モビリティ, アクセス網

Tetsuya KAWAKAMI Satoshi IINO Yoshihiro SUZUKI

Network Solution Laboratories, Matsushita Communication Industrial Co., Ltd.

600, Saedo-cho, Tsuzuki-ku, Yokohama, 224-8539, Japan

E-mail: kawakami.tetsu@jp.panasonic.com

Abstract Recently the broadband internet access system with continuous connection becomes popular. And an access network that connects subscribers to ISPs should function suitable for handling and transmitting IP packets. Although some people mention the label switch technique for this requirements in the core network, they do not address the access network so much. In this paper we propose the access network architecture using the Ethernet switches with label switching function. And we apply this method to micro mobility control and compare this method with Mobile IP.

Keyword Label switching, VLAN, mobility control, Access Network

1. はじめに

近年、ADSL/FTTHなどの電話の回線交換を使用しない高速な常時接続インターネットアクセス手段が普及してきた。一方、インターネットは固定ユーザのみならず、移動環境での使用をサポートするモバイルインターネットへの要望も高まっている。現在、携帯電話等によるデータアクセスは高速移

動が可能であるが帯域不足である。無線LANではこれまで広帯域であるが、移動しながらの通信はできなかった。しかし、IP通信におけるモビリティ対応として、Mobile IPを用いた移動サービスに関して各種提案がなされる様になった。

我々は、次世代アクセス網はこのようなブロードバンドとモビリティに対応することが必要であると考え、本論文では、

モビリティ制御を可能とするブロードバンドアクセス網をモバイルアクセス網と呼び、まずターゲットとするモバイルアクセス網の構成を示す。その後で、モビリティに特有な移動制御に関して、現在多くの検証が行われている Mobile IP とラベルスイッチによるモビリティ制御を比較しながら、ラベルスイッチにより構成したアクセス網における、モビリティ制御の可能性について考察する。

2. モバイルアクセス網のアーキテクチャ

公衆アクセス網として構成可能なアクセス網の形態としては、アクセス網としての無線アクセスインフラをもつ業者とISP (Internet Service Provider) サービスを提供する業者が分離する形態で、アクセス網は複数のISPへの接続をサービスするタイプが考えられる。本論文では、このようなトランスパレントに各ISPとユーザを接続するトランスパレント型のモバイルアクセス網を対象として検討を行う。

2.1. 構成

図1に本論文で想定するモバイルアクセス網の構成を示す。モバイルアクセス網は、複数のISPとの接続点AG (Access Gateway)を持ち、無線リンクによりユーザを收容するAP (Access Point)を有する。またこれらのAGやAPが接続される網により構成される。MN (Mobile Node)は各種無線リンクによりAPに接続し、個々に加入するISPに接続する。本論文でターゲットとする、アクセス網は、限られたエリアでのアクセスサービスを行うことを想定し、このようなアクセス網における機能要求事項、およびそれを満たす制御方式を検証する。

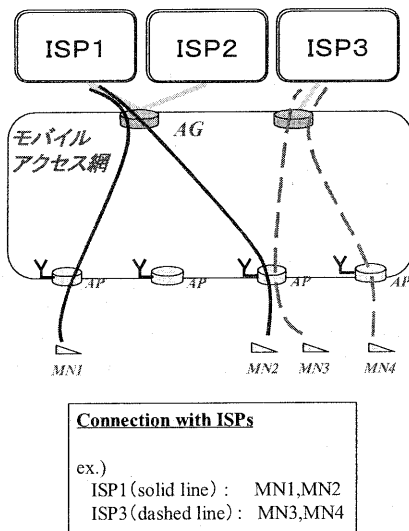


図1. モバイルアクセス網の構成

2.2. 機能要求

1) 物理リンク技術からの中立性

アクセス網が、固有の物理リンク技術に依存したアーキテクチャの場合、物理リンク技術の変更にもとない、アクセス網の変更が必要となる。このためアクセス網においてはオペレータの網敷設・運用コストを削減し、ユーザのネットワークへのアクセス性を向上させるために、アクセス網内リンクは有線、無線を問わず、更にユーザインタフェースとして、複数の無線システムを提供可能なアーキテクチャが求められる。

2) IP アドレスからの独立性

インターネットアクセスでは、ユーザにとって現状2種類の事業者が存在することが一般的である。ISPと呼ばれる、ユーザにIPアドレスを割り付けインターネットへのアクセスを提供する事業者と、伝統的なキャリアと呼ばれる、ユーザからISPまでの物理回線を提供する事業者である。同一ISPの網ではIPアドレスがトポロジを示すよう割り付けられるためIPルータにより、経路制御が可能であるが、アクセス網のように複数のISPを接続するような網を構成する場合、物理トポロジとIPアドレスの割付がまったく整合せず、アクセス網内の経路制御にIPアドレスを用いることはできない。このためキャリアは、自らのサービスする物理回線のトポロジとは全く無関係にISPによって割り付けられたIPアドレスをもつパケットを適切にユーザに届ける必要があり、IPアドレスとは独立した経路制御方式を持つ必要がある。

3) IP バージョンからの独立性

現在のインターネットの爆発的な普及はIPv4アドレスの枯渇という問題を引き起こした。NAT(Network Address Translation)やCIDR(Classless inter-domain routing)などのアドレス消費を延命するための方法をとっても、2005年には割付可能なIPv4アドレスはなくなるとの推計もある。これからのインターネットアクセスサービスを考える場合、IPv6のサポートは必須と考える。また、現行のIPv4については、徐々にIPv6に切り替わるにしろ、当分は使用されつづけると考えられる。つまり、当分の間は、IPv4/IPv6の両方を扱う必要がある。このためアクセス網としては、ユーザのIPのバージョンに依存しない網である必要がある。

4) 網内の効率的な負荷分散機能

IPによる経路制御では、同一のあて先アドレスもしくは、同一方向へのネットワークアドレスをもつパケットはその経路が集約されることが一般的である。しかしながら、本論文が扱うような、ユーザからISPの接続点までの経路が複数存在するような場合、IPネットワークに通常見られるような特定リンクへのトラフィック集中を起こさないようにユーザ毎の経路を分散した方が網の提供する通信容量を有効に活用できる。また、本アクセス網は多様なリンクで構成することも考えられるためその伝送容量や、伝送遅延、または伝送品質に応じて、適応的な負荷分散を行えることが望ましい。

6) モビリティ制御機能

モバイルアクセス網としては、自アクセス網内を移動する移動端末へのIPパケットの到達性を提供する必要があります。このためには、移動端末 MN の位置を管理する機能と、移動する端末に対する通信の継続性を提供する必要があります。

インターネットサービスとしてアクセス網のみ出なく通信経路トータルにその制御を考えた場合、マクロな位置管理機能はアクセス網に接続されたISP網が提供し、アクセス網内での移動端末の位置管理は個々のアクセス網が提供するというそれぞれの網が担当する位置管理機能の境界点を明確にしておく必要がある。

またアクセス網内を移動する端末に対して、通信の継続性を提供するための高速ハンドオーバー機能がモバイルアクセス網内の処理として求められる。

7) QoS 制御機能

ブロードバンド化されたインターネットサービスでは、さまざまな品質、帯域を要求するサービスが出現すると考えられる。モビリティ制御を考える上では、これらの品質、帯域を考慮することが重要になってくる。つまりサービスが要求する QoS や帯域に応じてハンドオーバーを行うべきサービスか、またハンドオーバーを行う場合、移動先でその要求を満たすことが可能かどうかを判断する機能が重要になってくると思われる。

3. 基本的な制御方式

2章で述べたことから、アクセス網内においてユーザの通信するパケットに対し、通常の IP ルーティングを適用することができないことは明らかである。しかしながら、インターネットと共に普及した IP プロトコルとの親和性を無視したような経路制御方式は、インフラストラクチャとしてアクセス網を扱う場合、受け入れがたい。

これを解決するために、我々は、モバイルアクセス網においてラベルスイッチングの考え方を取り入れることにした。ラベルスイッチングは、IPアドレスとは独立したラベルをIPパケット内に挿入し、その値によって経路制御を行う技術である。この際、ラベルに書き込む値としてはIPパケット内の情報に基づいて決めることも可能である。またもともとIPが持っていないような情報、例えば、ユーザが接続されている回線を特定するような識別子を与えることも可能であるし、また例えばストリーミングサービスを仮定して、やり取りされるパケットを監視して特定の情報だけにそれに対応した識別子を与えて負荷分散を行うことも可能である。このようにラベルスイッチング技術ではOSIの7階層モデルに見られるようなレイヤわけを厳密に行うものではなく、むしろ上位層、もしくは下位層が持っている情報を積極的に活用して網の制御を行うことが可能な技術であるということが出来る。本提案では、このラベルの値としてユーザが接続される回線を識別するための情報を用いる。

3.1. 広域イーサネットによる経路制御

提案方式については、図2に示すモデルを用いて以下に説明を行う。本提案モデルでは、ユーザと ISP を結ぶアクセス網内のノードとして、LAN (Local Area Network) において標準技術となっているイーサネットスイッチを用いる。光ファイバとインタフェースの高速化により、現在イーサネットは、1 Gbps、10Gbps といった非常に高速なリンクで数 km といった距離を伝送することが可能となり、MAN (Metropolitan Area Network) や、WAN などの広域ネットワークとして使用されるようになっている。

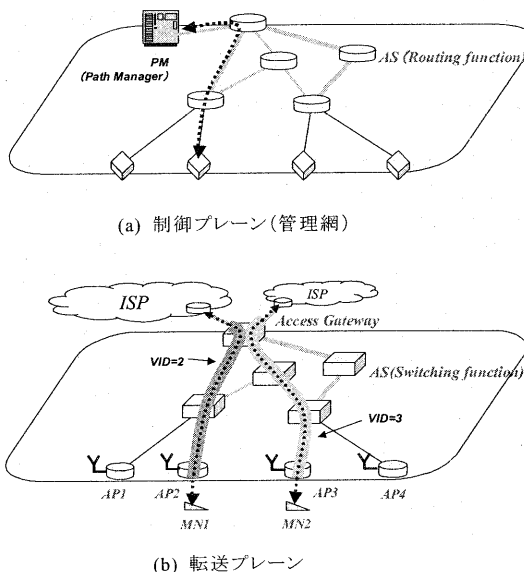


図2 ラベルスイッチを用いたアクセス網構成モデル

このイーサネットスイッチを用いてアクセス網をユーザのデータを転送するためのラベルを用いた転送プレーンと、網の管理、設定をおこない、転送プレーンのラベル経路を制御する制御プレーンで構成する。ラベルにはイーサネットスイッチで標準化されている IEEE802.1q の VLAN タグを用いる。通常の VLAN は物理的な L2 網を複数の論理的な L2 網に分割する技術であるが、本提案では、この VLAN をユーザから ISP の接続点までの 1 本の論理的な線として扱い、これをラベルパスと呼ぶ。モデルの中の下位プレーン (b) が転送プレーンであり、ユーザからみたモバイルアクセス網の姿をあらわす、ここでは ISP による IP アドレスとは独立にユーザ個々にラベルの値を割り振る。具体的には、AP および AG においてこの値をイーサネットフレーム内にラベルとして挿入・削除する。このため、アクセス網のエッジとなる AP、AG では、それぞれ、ユーザとラベルをマッピングするテーブルを保持している。また、アクセス網内のノードとなる AS (Access Switch) では、この挿入されたラベルの値を用いてパケットの

転送を実行する。このためユーザからみたアクセス網は、IPによらずいわゆるL2トンネルにより個々の経路が維持されているように見える。また、VLANによるパスは方向を持たないため、1つのVLANパスを設定することで、双方向のパスとして使用することが可能である。もちろん、AP、AGのマッピングによりパスを片方向のみで使用することも可能である。以上によりユーザによる任意のISP選択に基づいて割り付けられたIPアドレスやユーザが利用するIPプロトコルのバージョンに対しても影響を受けることなく、モバイルアクセス網の経路制御が可能となる。

モデルの上位プレーン(a)が制御プレーンである。この制御プレーンは、管理者から見たアクセス網の姿である。この制御プレーンを介し、APには個々のユーザに対するラベルの値を通知し、またASには転送すべきラベルに対応した経路情報を伝える。この様な制御プレーンでは、大きく2つの機能が必要である。制御対象である網を構成するノードから情報を収集もしくは制御指示を伝えるための通信機能と、収集した情報からその網全体にとって最適な経路を計算する制御機能である。

制御プレーンでは、転送プレーンのラベルパス等の網を一元的に、管理・制御する為にPM(Path Manager)を用いて集中制御としている。本アクセス網における具体的な制御手順は、以下ようになる。まず、PMはアクセス網を構成するノードからユーザ接続状態、リンク状態、トラフィック情報などの状態情報を収集する。またアクセス網構築時にわかっている網のトポロジー情報や、各種リンク種別による特性をデータとして管理する。これらの情報を用いて、ユーザ個々に割り当てべき経路を計算する。その後、計算結果に基づき経路指示を各ノードに伝える。以上の手法により、ユーザの通信経路であるラベルパスの設定が可能となる。

制御プレーンの実現において留意すべきは、転送プレーンを通ずるユーザのデータの経路は制御プレーンが管理、指示を行うが、制御プレーンを流れる制御情報の経路は転送プレーンにおける経路制御とは独立であり、また制御情報の経路を指示すべき上位プレーンは存在しないことから、制御プレーン内で独自に経路制御を行う必要がある点である。また、本モバイルアクセス網においてユーザの通信と制御情報の為の通信について、論理的には分割しながらも、同一の物理リンクを共有するような場合、ノード障害のようなネットワークの障害時、制御情報の伝達経路が遮断される可能性がある。このため制御プレーンにおいては、網を構成するノードはIPルータとして障害時でも自律分散的に経路情報の伝達経路を再設定可能な機能を有することに。このため、制御プレーンのリンクは各ノード間でレイヤ2の終端が行われる必要があり、各リンクは個別のネットワークアドレスを有することになる。ここで、個々のノードに割り当てるIPアドレスもしくはネットワークアドレスは、アクセス網管理者のものであり、ユーザに割り振られるIPアドレスとは独立である。また、アクセス網内の管理ネットワークは外側のネットワークに対して独立した閉域ネットワークであるため、他ネットワークとの間での経路情報の交換は必要ない。これは、各ノ

ードがルータとラベルスイッチの機能の2面性をもつことを意味する。しかし、ルーティングにより処理が必要なデータは制御用のデータのみで、負荷も高くないためソフトウェアルータにより安価に構成することは可能である。なお、ユーザの通信と制御情報による通信は物理的もしくは、VLANにより論理的に分離する。

制御プレーンでの、網の状態情報の収集と経路制御指示の伝達には、SNMP(Simple Network Management Protocol)等の、情報の収集・蓄積・配送が可能なプロトコルを使用することで実現できる。

以上により、本方式により、高速・安価なイーサネットスイッチを用いて、柔軟な経路制御機能を維持することが可能であると考える。

4. モビリティへの対応

前章までに、広域イーサネットにおいて、網管理を行うためのルーティング機能を有する制御プレーンと、高速なスイッチングを行う転送プレーンを構成し、転送プレーン上をVLANによるラベルパスを用いてユーザとISPを接続する経路制御方式を示した。ラベルパスを用いたユーザ経路を集中制御により管理する本方式をアクセス網内におけるマイクロモビリティの制御に適応した場合の検討をMobile IPでアクセス網を構成した場合と比較して示す。

4.1. Mobile IP によるハンドオーバ

現在一般的に検討されているMobile IPを用いたモビリティ方式の特徴を簡単に以下に示す。本論文では基本的にはMIPv6を対象として議論をおこなう。

● 特徴

移動端末(MN)は移動先のネットワークよりCoA(Care of Address)を取得し、HA(Home Address)に自端末の位置を登録しHAから端末までIPトンネルを張ることによって端末の移動に追従する。また経路最適化(ルートオブティマイズ)を行うことで、直接通信相手であるCN(Correspondent Node)と通信することも可能である。

● 課題

Mobile IPではHAを介して通信をする方式の場合、HAのおかれる位置によっては冗長な経路を通してデータパケットが流れる三角経路問題がある。この場合HAとMN間はIPv6 in IPv6のトンネルが構成されパケットが転送されるため、ヘッダのオーバーヘッドが大きい。

さらにIPv6で導入された経路最適化(ルートオブティマイズ)を用いた場合、冗長経路をなくすことはできるが、通信相手がこの機能を有していなければならず、また、直接通信相手に自分のCoAを通知するため、通信相手に現在の自分の位置を判断される可能性もある。

また、MNを識別するIPアドレスはHome Addressであるが、実際通信するために使用するIPアドレスは、移動先のネットワークから取得するCoAになる。このためアドレスを取得するための処理が行われることになり、レイヤ3レベルでの処理がMNに対して発生する。MIPv6等ではCoAの取得

時に DAD(Duplicated Address Detection)の待ち時間が1秒程度発生することになる。

比較対象となる Mobile IP を用いる場合のネットワーク構成を図3に示す。

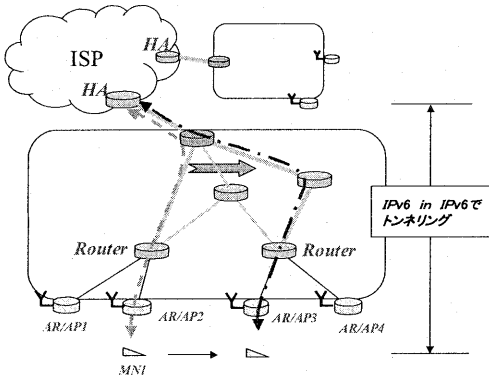


図3 Mobile IPによるアクセス網の構成

Mobile IP においては前述の課題にもあるように、HA の位置が重要であると考えます。本論文ではHA の位置をアクセス網のAGに接続されるルータとして考えました。この位置にHA を置くことで、基本的にアクセス網内を移動する場合には、HA を経由するパケット転送を行っても三角経路問題は発生しない。このため経路最適化を行わないでHA 経由で通信を行うことでMN の位置をアクセス網内で隠蔽することが可能である。ただし、HA とMN 間ではIPトンネルで通信が行われることになる。また説明を単純化するために各AP がARとしてCoAを配布するモデルを考える。

図4のシーケンスを用いてこのMobile IPによるアクセス網でのハンドオーバーの動作を説明する。

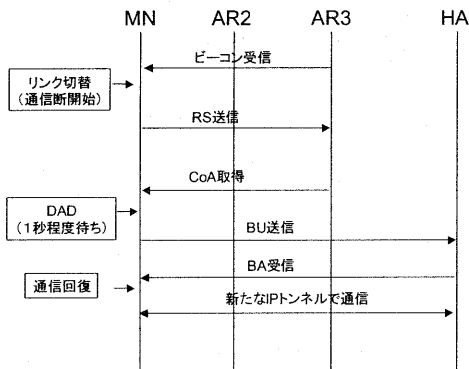


図4 Mobile IPによるハンドオーバー

ユーザはあるAP配下で通信を行っているとする。AR2より配布されたCoAを用いてHAとの間にIPv6 in IPv6トンネルを構成している。またHAにおいても、ユーザとトンネルの

マッピングを保持している。さらに各ARにおいては、自装置を示すIDを含むビーコンを定期的送信している。

- ① MNは移動先の新たな基地局AR3からのビーコンを受信し、ハンドオーバーするためにリンク切替を行う。
- ② 新たな無線リンク確立後、CoAの取得の高速化の為にRS(Router Solicitation)をAR3に送信する。
- ③ AR3からPrefixを得る。(RSを用いない場合、通常は定期的にARから送信されるRA(Router Advertisement)を待つこれによりprefixを得る。)
- ④ CoAを生成し、アドレスの重複を確認するため、DAD(Duplicated Address Detection)を実行する。重複がなければタイマーが終了した時点(約1秒)でCoAが確定する。
- ⑤ BU(Binding Update)をHAに送信する。
- ⑥ HAで該当のBC(Binding Cache)を更新し、BA(Binding Ack)を返信する。
- ⑦ MN-HA間で新しいIPv6 in IPv6トンネルを用いて通信を再開できる。

5. ラベルスイッチによるハンドオーバー

本論文で提案する基本アーキテクチャを、図5、6を用いて説明し、その後、ハンドオーバー処理時に重要な要素として下記の3点取り上げ、Mobile IPとの比較説明をする。

- ・切替時間
- ・パケットロス
- ・制御負荷、分散

5.1. 基本方式

図5を用いて、ラベルを用いたハンドオーバー方式を説明する。本方式はアクセス網内のマイクロモビリティに関して提案するものであり、アクセス網間の移動に関しては各ISPのネットワークがMobile IPに対応することで実現するのが現実的であると考えます。

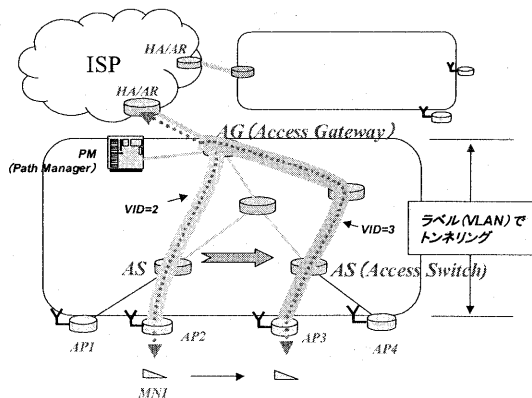


図5 モビリティに対応した本方式のアクセス網

アクセス網内は複数の AS とそれに接続される AP、さらに ISP への接続点である AG で構成される。AG には複数の ISP が接続される場合もあるが、物理ポートにより各 ISP は分離して接続されるとする。アクセス網はレイヤ2のトンネルであるため、AG に接続される ISP の装置が Access Router (AR) となる。ISP が Mobile IP に対応する場合、重要な要素となる HA は各アクセス網単位の AR におかれると考えた。これは、例えばアクセス網が地域単位で構成されたとき、ユーザの HA は ISP への契約時にユーザの所属する地域の AR に置かれることを意味し、該当地域のアクセス網がカバーするエリアを移動する場合には、Mobile IP の処理は発生しない。

図 5 には、ラベル経路の変更によるモビリティの概念を示している。ある AP2 配下の MN は接続する ISP までの経路を示すラベルをもつ L2 トンネルにより、所望の ISP に接続されている。MN の持つ IP アドレスは ISP より割り当てられた IP アドレスである。広域イーサネットによるモバイルアクセス網は、これまで説明してきたように、ラベルスイッチによる L2 トンネルによりユーザパケットを ISP に接続する転送プレーンと、網の管理・制御を行う制御プレーンより構成されている。更に制御プレーンにはユーザの位置、および使用経路を管理するバスマネージャが接続されている。

ある MN が移動前の AP2 から移動後の AP3 へ移動を行ったとする。この場合、MN の IP アドレスは全く変化することなく、AP3 から ISP までの経路を示す新しいラベルを持つ L2 トンネルによりユーザパケットは転送され通信が継続される。

また、本方式では、移動を高速に行うために、あらかじめ AG と各 AP 間に複数のラベルパスを設定している。具体的には各 ISP と AP を 1 組としてパスを構成する。このためバスマネージャでの経路管理では、ユーザが所属する ISP 別に各 AP までの経路を示すラベル一覧より、該当するラベルを選択し、AG と AP に指示することでユーザに対する経路の変更を終えることが可能である。

次に図6のシーケンスを用いて切替の手順を説明する。

ユーザはある基地局配下で通信を行っているとする。AP2 はこのとき、NMよりユーザに割り当てられたラベル値を把握しており、ユーザとラベルのマッピングを保持している。パケットの送受信については、ユーザは通常のパケット送受信を行い、AP2 においてラベルの挿入・削除を実行する。また AG においても、ユーザとラベルのマッピングを保持している。さらに各 AP においては、自装置を示すIDを含むビーコンを定期的に送信している。

- ① MN は移動先の新たな基地局 AP3 からのビーコンを受信し、ハンドオーバーするためにリンク切替を行う。
- ② 新たな無線リンク確立後、AP3 に対し位置登録要求を送信する。
- ③ 位置登録要求を受信した AP3 は制御プレーンを用い

て PM に対して該当ユーザへのラベルの割り当てを要求する。

- ④ PM は、AP3 からのラベル割り当て要求に対して、該当する経路を示すラベルをユーザに対して割り当てる。
- ⑤ NMは制御プレーンを用いて、AP3 および AG に対して、該当ユーザにマッピングするラベルの値を通知する。
- ⑥ AGおよび AP3 は新しいラベルのマッピングを行い、AP3 はさらにMNに対して位置登録完了通知を送信する。
- ⑦ MNは AP3 配下として新しいラベルパスを用いて通信を再開できる。

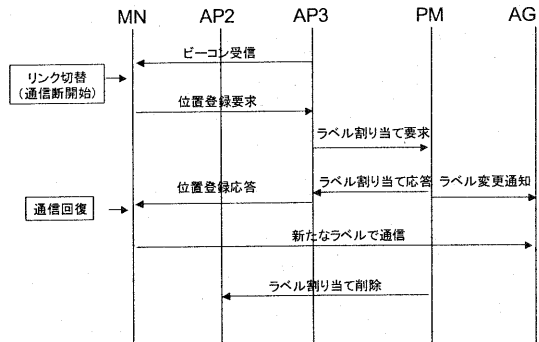


図6 本方式でのハンドオーバー

本方式の特徴

1. レイヤ2のラベルパスのみの切替であるため、レイヤ3の処理が全く必要ない。このためノードのIPアドレスやバージョン等に依存しない
2. 経路を集中管理しているため、負荷分散・QoS の対応が可能
3. アクセス網の内部のみで経路が切り替わるため冗長経路は発生しない
4. ユーザの伝送データを処理するノードと、経路の管理をするノードを分離することが可能

さらに下記に、幾つかの要素に関して Mobile IP の動作と比較しながら、本方式の特徴を示す。

1) 切替時間

切替に要する時間は下記の要素の時間の合計となる。

本方式

- ・ MN が新たな基地局を見つける時間 (ビーコンの間隔)
- ・ MN からの位置登録要求が NM まで転送される時間 (制御プレーンでの IP パケット転送時間)
- ・ NM での経路算出時間
- ・ NM からの新規ラベル通知時間 (制御プレーンでの IP パケット転送時間)

Mobile IP

- MN が新たな AR を見つける時間
(通常は RA の間隔、ただし、高速化の為に L2 の情報を使用して RS を用いる方式もあり)
- CoA の取得 (DAD 時間 約 1 秒)
- MN が HA に BU を送信
(アクセス網内の IP パケット転送時間)
- HA が BC 登録
- HA が BA 送信
(アクセス網内の IP パケット転送時間)

両方式を比較すると、どちらの場合もアクセス網内での制御パケットの転送時間が主な遅延時間となることが想定される。その他としては、CoA の取得、つまり IP アドレスの変更に対して Mobile IP では秒単位での遅延が発生する。

基本的にどちらの方式も登録のための IP パケットを用いて経路変更を通知する方式である為、大きな遅延時間の差はないが、本方式においては、MN での IP レイヤでの処理がなく、また DAD のようなアドレス確定までの時間がないため Mobile IP よりも高速であると考えられる。

2) パケットロス

本提案方式では、基本的な考え方は、上位層による制御が基本で、切替時にある程度のロスは発生するものとして考えている。

ロスされるパケットとしては、ラベル切替時のタイミングでアクセスネットワーク中で転送中のパケットが対象となる。但し、後述する切替時間の短縮等の方法によりパケットロスを軽減することも可能であると考えられる。

Mobile IP の場合、AR 間でパケット転送を行うことにより遅延を伴うがパケットロスを低減する方式が幾つか提案されている。

基本的にはどちらも切り替え中のパケットロスが発生する可能性はある。ただし、本方式では Mobile IP のように制御を複雑化してパケットロスをなくすという手法は提案しない。

3) 制御負荷

本方式においても、Mobile IP においても切替のための情報を集中制御している点では同様である。

本方式では PM がユーザの位置情報の管理を行い、Mobile IP では、HA がユーザの位置情報の管理を行う。但し、本方式においては、ユーザのデータ伝送に関しては PM は全く関与することなく制御情報のみを扱うことが可能であり、AG となるルータとまったく別のノードとして、接続点を気にすることなく自由に設置することは可能である。この点に関しては、Mobile IP の HA はルータであり、三角経路等の冗長経路をなくすために、AG に接続されるルータに HA を載せた場合、パケットの転送と、位置管理を同じノードが実

行することになり負荷が高くなることが想定される。また、負荷低減の為に、複数の HA により配下の MN を限定するような場合、AG から各 HA を中継するパケット転送が行われ、冗長経路が発生することになる。

5.2. スケーラビリティの向上

本提案の基本方式においては、ラベルパスは AP と ISP を 1 組とする構成としていた。この場合、VLAN タグの識別子である VID は 12 ビットであるため、このアクセス網に接続する ISP の数に関連して、設置できる AP の数が減ってしまう。これに対しては、ラベルをスタックすることで拡張することが可能であると考えられる。図 7 のように、最初の VLAN タグでアクセス網内の経路を示し、次の VLAN タグで ISP を示す。このようなラベルスタックにより約 4000 の AP をカバーすることが可能となる。

また、中継の AS に関しては通常どおりの処理で、VLAN タグのスタックを意識することなく、経路を示す最初の VLAN タグを用いて転送が可能であり、AG と AP のみがこのラベルスタックに対応することでスケーラビリティを改善することが可能となる。

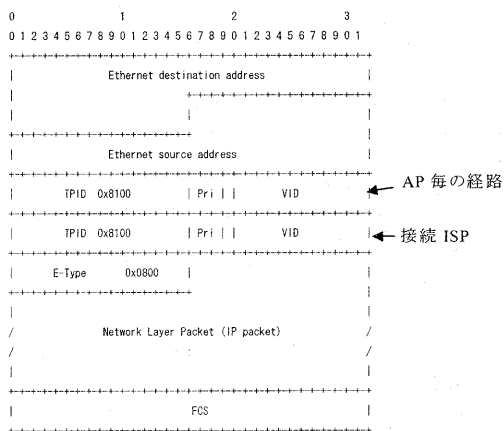


図 7 ラベルのスタック

5.3. 切替時間の短縮

本提案では、アクセス網内でのパケットの転送を行うための経路制御を、IP ルータのような各ノードの自律分散制御ではなく制御プレーンとパスマネージャ PM による集中管理で行っている。このため、パスマネージャ PM は網のトポロジーと、ユーザの位置を管理・把握している。このことを利用して、あらかじめユーザの移動先となる AP を特定し、パケットを 2 重に送信しておくことも可能である。特に分岐の無い鉄道での移動や、高速道路での移動などでは有効であると考えられる。

このような方式をとることで、切替時間を短縮できるだけでなく、あらかじめ、新たに MN を收容する基地局までパケットを複製して転送しているため、パケットロスを低減することも可能であると考えられる。

5.4. マルチキャスト対応

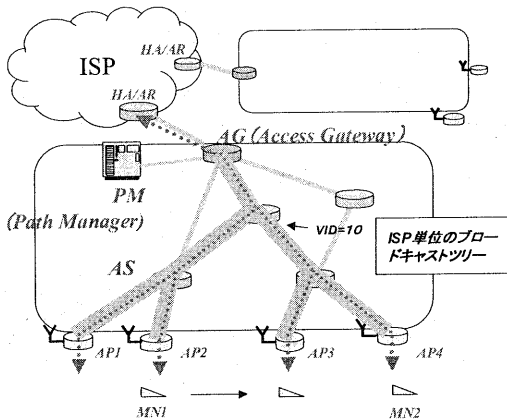


図7 マルチキャスト対応

IP マルチキャストに関しては、各種配送プロトコルが提案され標準化が進んでいる。しかし、単一のネットワーク中での IP マルチキャストの運用は行われつつあるが、インターネットのような複数のネットワークが相互接続されたようなネットワークにおいてはプロトコルの標準化と共に運用が難しい。Mobile IP においては、Home Address、Care of Address と 2 つのアドレスをもちパケットの配送が行われるため、より複雑なネットワーク間での連携を必要とする。

本提案によるアクセスネットワークでは、図 7 に示すように ISP 単位でブロードキャストツリーを構成し、これを 1 つの VLAN ドメインとして設定する。ツリー上の VLAN ドメインの構成に関してもパスマネージャ PM により一元的に管理、設定される。この VLAN ドメインは同一の ISP に接続されるユーザで共有する。さらにこの VLAN ドメインを示すタグの挿入は AG によってのみ行われるとする。こうすることで、このツリーは ISP からユーザ側への一方向のみのパスとなる。その他のパケット、つまりユニキャストおよびユーザからのマルチキャストに関しては、これまでどおりの双方向の Point to Point のパスを使用して通信を行う。本方式ではアクセス網内でユーザの移動が起きても、ユーザは IP を変更することなく通信を行っているため、マルチキャストサービスを行う ISP のユーザは移動しながらもマルチキャストサービスをうけることが可能である。

6. まとめ

本論文では、広域イーサネットをモバイルアクセス網として構成する場合の機能要求をまとめ、これに対するアーキテクチャおよびモビリティ制御方法を提案した。

ユーザとISPを結ぶアクセス網に対する機能要求としては、(1)物理リンク技術からの中立性(2)IP アドレスからの独立性(3)IP バージョンからの独立性(4)網内の効率的な負荷分散機能(6)モビリティ制御機能(7)QoS 機能を取り上げてまとめた。

これらを実現する手法として、広域イーサネットに対してラベルスイッチの概念を導入し、集中管理により VLAN をラベルとしてラベルパスを設定し各ユーザの転送経路を制御する方法を提案した。このようなアクセス網の構成として、自律分散により制御パケットの配送を行う制御プレーンと、集中管理された VLAN タグによるラベルパスを用いて高速転送する転送プレーンを用いることを示した。そして、このラベルを用いた経路制御方法をモビリティに適用した場合の特徴を Mobile IP によりアクセス網を構成した場合と比較して示した。ラベルスイッチによる方式においても Mobile IP と同様に端末の移動をサポートすることが可能であることを示し、さらに、より高速なハンドオーバーを実現しパケットロスを低減するための方式も示した。さらにマルチキャストへの対応方法も示した。

これらの方式により、イーサネットスイッチを用いた高速・安価なモバイルアクセス網を構築可能であることを示した。

文 献

- [1] D.B.Johnson , C.E.Perkins , Jari Arkko "Mobility Support in IPv6",
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-ipv6-18.txt>
- [2] A.E.Yegin , C.E.Perkins , G.Dommety , K.E.Malki "Fast Handovers for MIPv6",
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-04.txt>
- [3] H.Soliman et al. "Hierarchical MIPv6 mobility management(HMIPv6)",
<http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-hmipv6-06.txt>
- [4] E.C.Rosen , A.Viswanathan , R.Callon , "Multiprotocol Label Switching Architecture",
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>