

## 階層化モバイル IPv6 に基づくスケーラブルなモバイル QoS 通信方式の提案

Parvez Sarwer Hossain 劉 偉 加藤 聰彦 伊藤 秀一

電気通信大学大学院情報システム学研究所

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

E-mail: {parvez, liu, kato, itoh} @ net.is.uec.ac.jp

**あらまし** モバイルインターネットの普及に伴い、映像通信などのリアルタイム通信を行う QoS を保証するモバイル IP 通信の実現が求められている。このような QoS を保証するモバイルを実現するために、現在いくつかの検討が行われているが、いずれも Mobile IP 固有のノードのほか、途中のルータが、移動ノード(MN)と通信相手の CN のペアに関する個別の情報を管理する必要がある。これに対して筆者らはこれまでに、HA、アクセスルータ、CN などのモバイル IP を処理するノードの間に、帯域を保証した MPLS パス(CR-LSP)を確立し、MN と CN が QoS 通信を行う場合はその中に Pathlet という細いコネクションを動的に確立する方式を提案している。バックボーンの MPLS ルータには CR-LSP のみを管理させ、Pathlet はモバイル IP ノードのみに管理させることにより、モバイル IP と同程度のスケーラビリティを実現できる。しかしこの方式においても、モバイル IP ノード間に CR-LSP をメッシュで確立する必要があり、大規模ネットワークにおいてはその数が増大するという問題点がある。そこで本稿では、モバイル IPv6 を階層構成にすることで高速なハンドオーバーや制御トラフィックの削減を実現する階層化モバイル IPv6 を用いて、筆者らの提案するモバイル QoS 方式を大規模ネットワークに適用可能とするアプローチを提案する。

**キーワード** Mobile IPv6、QoS、MPLS、HMIPv6、スケーラビリティ

### A proposal on scalable Mobile QoS Communication scheme based on Hierarchical Mobile IPv6

Parvez Sarwer Hossain Wei LIU Toshihiko KATO Shuichi ITOH

Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications

1-5-1 Chofugaoka, Chofu-shi, Tokyo 182-8585, Japan

E-mail: {parvez, liu, kato, itoh} @ net.is.uec.ac.jp

**Abstract** With the increasing widespread use of wireless and mobile technologies, the need arises for QoS mechanisms for multimedia applications in mobile networks. So far, there have been some intensive researches for providing QoS guarantees in a mobile environment. But they require backbone routers to maintain per-flow QoS information for all individual mobile nodes (MN). Therefore, these approaches suffer from scalability problems at backbone routers. The authors have proposed an approach in which the per-flow QoS information is maintained only by mobile IP nodes. In this method, MPLS is used for maintaining MPLS paths among mobile IP related nodes and a per-flow path with small bandwidth called Pathlet is established for individual communication between MNs and Corresponding Nodes (CNs). The maintenance of Pathlets is only performed by mobile IP nodes, and backbone MPLS routers take care of only MPLS paths with large bandwidth. But in this approach, the MPLS paths need to be established in a mesh topology among mobile IP nodes, which would be a potential problem when the number of MPLS paths increases in a large scale environment. In this paper, we propose a mechanism to support mobile QoS guarantees based on this Pathlet system on the Hierarchical Mobile IPv6 environment.

**Keywords** Mobile IPv6, QoS, MPLS, HMIPv6, Scalability

### 1. まえがき

近年、VoIP や映像配信などリアルタイムや準リアルタイム IP アプリケーションが、企業網や地域網で数多く使用されるようになってきた。しかし、現行の様々なトラフィックが混在するベストエフォート網においては、遅延やジッタ、パケット廃棄などによる音声や映像の品質劣化が生じる可能性がある。そのような背景の下、インターネット上を流れる様々なデータの種類に応じたサービスを提供するために、ネットワーク QoS (Quality of Service) を提供するための研究開発が盛んに進められている。QoS はインターネット

に関する通信品質のことであり、アプリケーションを快適に通信できるように帯域を確保し、一定した伝送速度を提供することや、重要なアプリケーションを優先させるためにトラフィックに優先順位を付ける機能などをネットワーク上で保証することを指す。マルチメディア時代を迎えて、インターネット上で、アプリケーションごとに対応した異なる通信品質を提供することに対する要求がますます高まっている。近年、VoIP や映像配信などリアルタイムや準リアルタイム IP アプリケーションが、企業網や地域網で数多く使用されるようになってきた。しかし、現行の様々なト

ラヒックが混在するベストエフォート網においては、遅延やジッタ、パケット廃棄などによる音声や映像の品質劣化が生じる可能性がある。そのような背景の下、インターネット上を流れる様々なデータの種類に応じたサービスを提供するために、ネットワーク QoS (Quality of Service)を提供するための研究開発が盛んに進められている。QoS はインターネットに関する通信品質のことであり、アプリケーションを快適に通信できるように帯域を確保し、一定した伝送速度を提供することや、重要なアプリケーションを優先させるためにトラフィックに優先順位を付ける機能などをネットワーク上で保証することを指す。マルチメディア時代を迎えて、インターネット上で、アプリケーションごとに対応した異なる通信品質を提供することに対する要求がますます高まっている。インターネットにおいて、端末の移動性を実現するため、Mobile IPv6 (MIPv6) [1] が提案されている。Mobile IPv6 は、移動端末 (MN: Mobile Node)が他のネットワークに移動した場合でも、IP アドレスを変更することなく通信を継続することを可能とする。しかし、現在の Mobile IP はベストエフォートの通信のみを対象としているため、MN による映像通信などのリアルタイム通信の普及に伴い、QoS を保証する Mobile IP 通信の実現が求められる。Mobile IP 通信において QoS を保証するためには、MN が他のネットワークに移動した場合に、移動先アドレスを管理するのみでなく、必要な帯域などのネットワーク資源を、移動後の通信経路に沿って確保する必要がある。

このような QoS を保証するモバイルを実現するために、現在いくつかの検討が行われている [2,3]。しかし、これらの方式はスケーラビリティに問題がある。Mobile IPv6 においては、MN の移動は、インターネットバックボーンを構成する通常のルータには意識させず、HA (Home Agent)や MN といった Mobile IP 固有のノードのみに管理させている。これは個別の端末の移動という動的な情報をインターネットの基幹ルータに管理させないためである。これに対してモバイル QoS 通信のためには、MN と通信相手 (CN: Correspondent Node)の通信経路に必要な帯域を確保し、MN の移動時には新たな経路に沿って帯域を確保しなおす必要がある。上記の方式では、いずれも Mobile IP 固有のノードのほかに、モバイルバックボーンのルータ (RSVP ルータや MPLS ルータも含む)が、MN と CN のペアに関する個別の情報を管理する必要がある。MN の増加に伴いバックボーンルータの帯域管理情報が増大し、バックボーンのルータに対しては大きな負担になると考えられる。

これに対して筆者らは、HA (Home Agent)、アクセスルータ (AR)、CN などのモバイル IP を処理するノードの間に、帯域を保証した MPLS パス (CR-LSP: Constraint-based Routed Label Switched Path)を確立し、MN と CN が QoS 通信を行う場合は、その中に Pathlet と呼ぶ細かいコネクションを動的に確立する QoS 保証 Mobile IP 通信方式を提案している [4]。MN の使用帯域などの詳細な QoS 情報を Pathlet に対応させ、Pathlet はモバイル IP ノードのみに管理を行わせ、バックボーンのルータには CR-LSP のみを管理させることにより、Mobile IP と同程度のスケーラビリティを持たせることがで

きる。しかしこの方式においても、Mobile IP ノード間に LSP をメッシュで確立する必要があり、大規模ネットワークにおいてはその数が増大するという問題点がある。そこで本稿では、Mobile IPv6 を階層構成にすることで高速なハンドオーバや制御トラヒックの削減を実現する階層化モバイル IPv6 (HMIPv6: Hierarchical Mobile IPv6) [5]を用いて、筆者らの提案する Mobile QoS 方式を大規模ネットワークに適用可能とするアプローチを提案する。

## 2. 方式の概要と設計方針

HMIPv6 は、モビリティ管理エリアを階層構成とすることで、バインディング更新にかかる時間を削減し、高速な移動を実現する方式である。HMIPv6 ではモビリティ管理エリアの境界ルータを Mobility Anchor Point (MAP)と呼び、このローカルモビリティ管理エリアを MAP ドメインと呼ぶ。HMIP では 2 種類の気付けアドレスが利用される。一つは地域気付けアドレス (Regional Care-of Address: RCoA)であり、MAP まで到達可能なアドレスである。もう一つは、オンライン気付けアドレス (On-link Care-of Address: LCoA)と呼ばれ、MAP ドメイン内での MN の位置を表している。MN は LCoA と RCoA との対応を MAP に登録することによって AR を移動しても同一の MAP の配下にいる限りは、HA や CN に移動登録を行う必要はない。

MN と CN との通信は通常の Mobile IP と同様に HA を介して双方向でトンネリングする場合と、経路最適化を行う場合とがある。双方向トンネリングを用いる場合には、MN と HA との間でのカプセル化と、MN と MAP との間でのカプセル化が行われる。一方経路最適化を行う場合でも、MN と MAP の間でのカプセル化は行われる。いずれの場合も、MAP は HA または CN から受信した IP ヘッダの宛先アドレスに含まれる RCoA から対応する LCoA を求め、どの MN へ転送すればよいかを判断し、LCoA 宛にカプセル化して適切な MN にパケットを転送する。

提案する QoS モバイル通信方式の設計にあたり、以下のような方針を立てた。

1. 今回の方針では、大規模なネットワークで MN が固定ホストである CN と通信する場合を想定する。
2. バックボーンは MPLS [6]ルータで構成し、MPLS ルータ (LSR: Label Switching Router)は MN の移動情報を一切関知せず、CN、MAP、HA、AR のみが MN に関連する帯域情報を管理する。
3. CN と MAP、MAP と AR の間に CR-LDP (Constraint-Based Routed Label Distribution Protocol) [7]を利用して一定の帯域を確保した LSP (Label Switched Path)を前もって確保しておくこととする。この LSP を CR-LSP と呼ぶ。CR-LSP の帯域は想定されるリアルタイムトラヒック量に応じてネットワーク設計時に設定しておくこととする。
4. MN が CN と QoS 通信を行う時点で、MN は CN と使用帯域などを合意した上で、MAP と AR の間および MAP と CN の間の CR-LSP の中に Pathlet を確立する。Pathlet の確立・解放の制御は、MAP と AR の間は MAP に、MAP と CN の間は HA に行わせる。Pathlet は CR-LSP の帯域の一部を

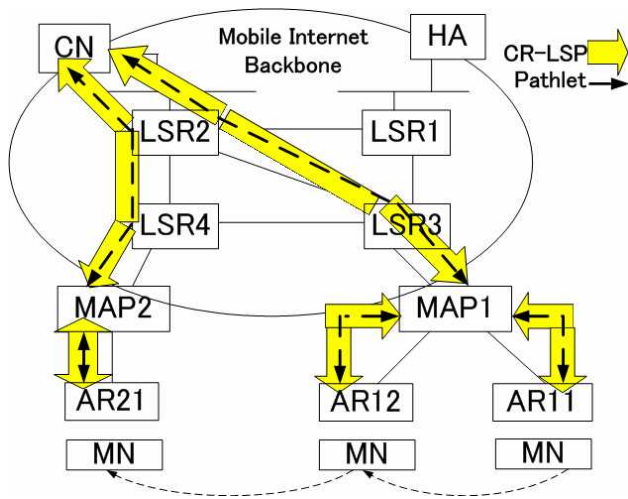


図1 ネットワーク構成図

使用し、CR-LSPと同様に方向を有する。MAP/CNはそれぞれ自分がデータを転送する Pathlet について、CR-LSP の帯域を超えない範囲で確立を許可する。

5. Pathlet を確立する際に、CR-LSP の帯域が不足する場合は CN、MAP、AR は CR-LDP の手順にしたがって新たな CR-LSP を確立する。

6. 新たな CR-LSP が確立されると、バックボーンネットワークの各リンクにおける QoS 通信に使用できる帯域が変更される。この変化に応じて、各リンクを管理している LSR はネットワークのそれぞれリンクにおいて QoS 保証通信のために割り当て可能な帯域の情報を CR-LSP を確立した後に OSPF[8]により交換する。

7. CN と MAP の間の Pathlet は HA 経由ではなく直接確立される。このため、MN と CN の間では経路最適化に対応するパケットの転送が行われる。したがって、CN は HA から Pathlet の確立が要求された時点で、MN に関するバインディングキャッシュの情報を入手するものと想定する。

### 3. 詳細設計

図1に本方式を設計するためのネットワーク構成を示す。モバイルインターネットバックボーンには、1つの HA、2つの MAP (MAP1 と MAP2)、4つの MPLS ルータ (LSR1 から LSR4)、3つのアクセスルータ (AR11, AR12, AR21) が存在する。CN、MAP1、MAP2 は LSR を通じて接続されており、MN は無線によりそれぞれの AR と接続される。

#### 3.1 CR-LSP の確立手順

モバイルバックボーンのすべての MAP と QoS 通信を行う CN は、起動されると CR-LSP を確立する。これは以下のようにして行われる。

まず、MAP/CN/AR/LSR はバックボーン内の各リンクに対して QoS 通信 CR-LSP を確立するために利用可能な帯域を管理するものとする。

CR-LSP は一方方向であるため、MAP/CN/AR は起動されると自立的に、MAP はすべての CN と自身の配下の AR に対して、CN はすべての MAP に対して、AR は対応する MAP

に対して、それぞれ CR-LSP を確立する。その際、各リンクの利用可能帯域情報を用いて、CR-LSP の経路を独自に決定し、CR-LDP の手順に従う。また CR-LSP が使用する帯域は事前に決定しているものとする。これらの手順は先に筆者らが提案した方式[4]と同様である。

CR-LSP が確立されると、そのパスを構成するリンクの上流ノードは、要求された帯域を確保したためにリンクの利用可能帯域が変更されたことを、バックボーンを構成する MPLS ノード (MAP/CN/AR/LSR) に OSPF を用いて広告する。この手順についても先に提案した方法と同様であり、OSPF Opaque LSA Option [9]を使用して利用可能帯域を表現することとする。

ここで注意すべき点は、この CR-LSP の帯域は固定的に確保されるわけではなく、QoS 通信のトラヒックが存在しない場合はベストエフォートトラヒックに利用される。QoS 通信のトラヒックが発生した場合、各 LSR によりその帯域を使って優先的に処理される。

#### 3.2 Pathlet の確立手順

MN が特定の CN と QoS 通信を行う時点で、AR から CN の間に Pathlet を確立する。Pathlet は CR-LSP の帯域の一部を使用し、CR-LSP と同様に方向を有している。また、Pathlet に固有のヘッダ情報は導入しておらず、MAP/CN/AR のみが CR-LSP のラベルを用いて Pathlet に対する処理を行う。その他の LSR は Pathlet をまったく意識することなく MPLS に従った処理のみを行う。このように Pathlet が MPLS ラベルを使用するため、Pathlet は MN と MAP、MAP と CN の間でそれぞれ独立に管理されることになる。

Pathlet の確立は MN が HA と MAP とそれぞれ確立要求メッセージを送信することにより行われる。HA はこのメッセージを受信すると、CN と MAP に対して要求された帯域の Pathlet を互いの間に確立するように要求する。また MAP は自身と対応するアクセスルータの間に、要求された帯域を持つ Pathlet を確立する処理を行う。

さらに、Mobile IPv6 の登録と同様に、Pathlet に生存時間 (Lifetime) を持たせる。MN は定期的に Pathlet の確立要求メッセージを送り出し、その Pathlet を維持する。CN、MAP、AR は生存時間までに、Pathlet の再確立を要求するメッセージを受け取らなかったら、その Pathlet を暗黙的に解放する。Pathlet を確立するメッセージの Lifetime を 0 にすれば、明示的に Pathlet を解放することができる。

図1のネットワークにおいて、移動端末 MN が MAP1 ドメインのアクセスルータ AR11 のネットワークに移動して QoS 通信を開始し、その後、同一 MAP ドメインの AR12 のネットワーク、MAP2 ドメインの AR21 のネットワークと移動した場合の通信シーケンスを図2に示す。

まず MN は移動先のネットワークにおいて、MAP オプションを含む Router Advertisement を受信することにより、移動を検知し、LCoA と RCoA を IPv6 アドレス自動設定により生成する。MN は LCoA と RCoA の対応付けを、Local Binding Message により MAP に通知する。さらに MN は、RCoA をバインディング情報として、HA に通知する。

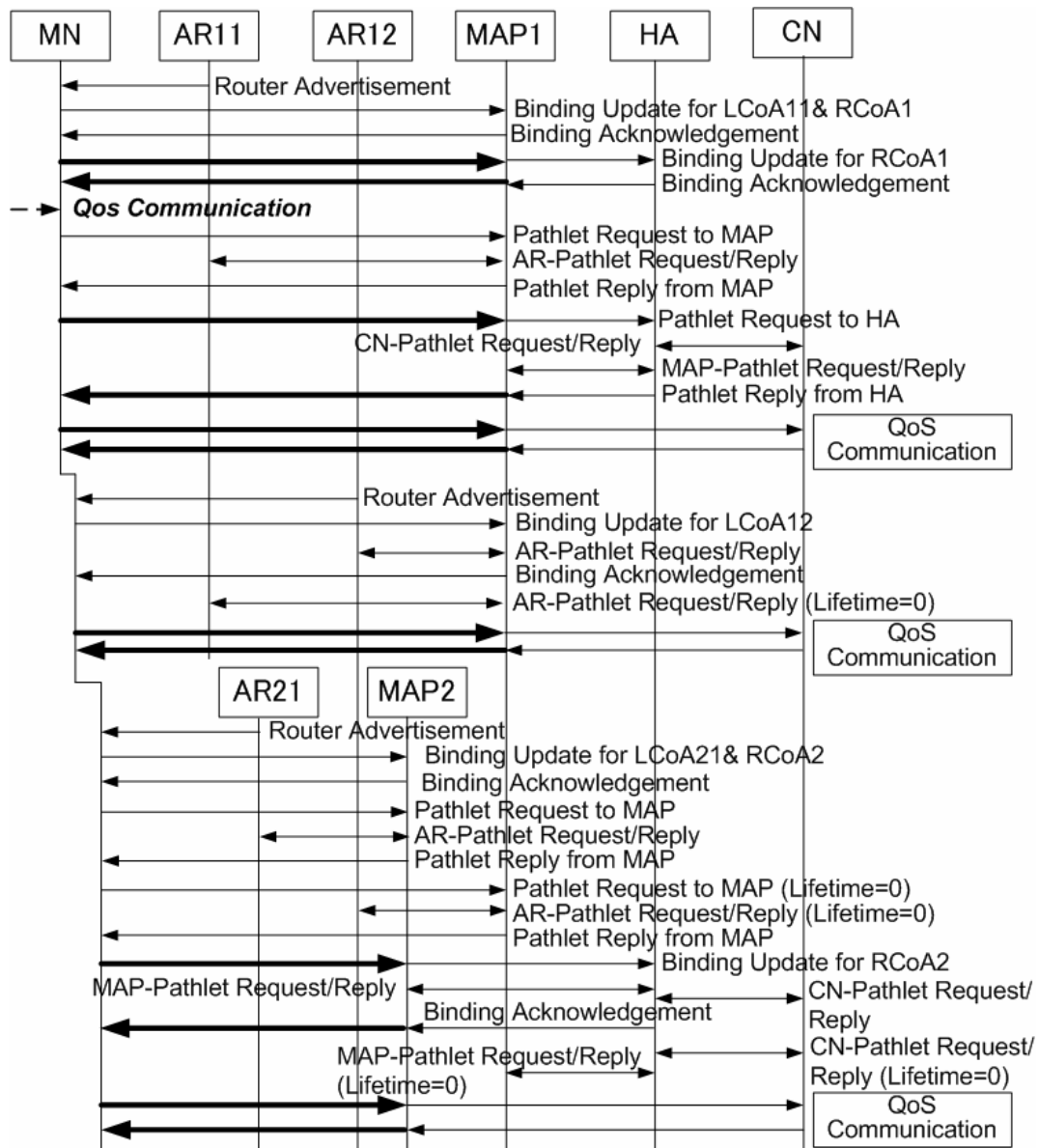


図2 通信シーケンス

その後 MN が QoS 通信を開始する時点で、まず MN は CN との間でどのような QoS パラメータ値を用いるかを定める。次に、この QoS パラメータにしたがって、必要な帯域を持つ Pathlet を確立するように、HA と MAP に要求を行う。これは Pathlet Request to HA と Pathlet Request to MAP メッセージを送出により行う。このとき、Pathlet Request to HA の転送については、MN から MAP の部分において LCoA から MAP 宛の IPv6 ヘッダによりカプセル化されている。

HA はこれに対して、指定された CN と MAP1 に対して、それぞれ CN-Pathlet Request と MAP-Pathlet Request を送信する。CN と MAP1 はこれに対し、要求された帯域の Pathlet を確立し、その結果を Reply として HA に返す。HA はこれを受けると Pathlet Reply from HA により、MN に Pathlet の確立の完了を通知する。この Reply メッセージは、MAP1 から MN までは、カプセル化して転送される。なお、前述のように、CN は CN-Pathlet Request の情報から MN に対するバインディングキャッシュを作成する。

一方、Pathlet Request to MAP を受信した MAP1 は、自身でアクセスルータ AR11 に対する Pathlet を確立するとともに、AR11 に対して AR-Pathlet Request を送出する。AR11 は MAP1 に対する Pathlet を指定された帯域で確立した後、Reply を MAP1 に返す。MAP1 はこれに対して、Pathlet Reply from MAP を MN に返し Pathlet の確立の完了を通知する。

Pathlet 確立に関するメッセージの持つパラメータを、図3に示す。シーケンス番号は、Request メッセージと Reply メッセージを対応させるために使用される。Lifetime は Pathlet の生存時間を示す。また、Identification フィールドは、シーケンス番号フィールドから Identification フィールド前のフィールドまでの情報による作成した識別情報であり、メッセージの改ざん防止と送信者の認証を行う。

HA に関連する Request メッセージには、Pathlet を識別するため、CN のアドレスと MN のホームアドレス、CN/MN のポート番号、プロトコルタイプを含む。また MAP のアドレスと MN の RCoA も含む。さらに、CN から MN 方向の

Pathlet (Down Pathlet)と、MN から CN 方向の Pathlet (Up Pathlet)に要求される帯域も指定する。Reply メッセージには、Pathlet の確立の結果を示すコード、実際に確立された Pathlet の生存時間と帯域それぞれ転送する Lifetime、Down Pathlet と Up Pathlet の帯域のフィールドを含む。

Pathlet の確立が成功したら、MN と CN は QoS 通信を行う。MN から CN へ転送される IP パケットは、RCoA と CN のアドレスをそれぞれソースと宛先アドレスとして持ち、MN のホームアドレスをホームアドレス宛先オプションとして含む。さらに LCoA と MAP のアドレスをソース・宛先アドレスとする IP ヘッダによりカプセル化されている。アクセスルータ AR11 はこのパケットを受信すると、RCoA と CN のアドレスおよびポート番号から、対応する Pathlet が確立されていることを識別し、対応する MPLS のラベルを付与して送信する。そのフレームは MAP1 により受信され、外側の IP ヘッダが取り除かれる。MAP1 は、MN のホームアドレスと CN のアドレス、ポート番号から MAP1 から CN への Pathlet を識別し、対応するラベルを付与して転送する。

一方、CN は CN-Pathlet Request の情報から MN に対する

バインディングキャッシュを作成しているため、CN から MN へ転送される IP パケットは、ソースアドレスが CN、宛先アドレスが RCoA となり、MN のホームアドレスはタイプ 2 ルーティングヘッダに含まれる。CN は対応する Pathlet が確立されていることを識別し、対応する MPLS ラベルを付与して送信する。これは MAP1 まで転送され、MAP のバインディング情報から MAP1 から LCoA への IP ヘッダによるカプセル化が行われる。さらに MAP1 は RCoA と CN のアドレスおよびポート番号から MAP1 から AR11 への Pathlet を識別し、対応するラベルを付与して送出する。このような手順で、帯域を確保した Pathlet (CR-LSP)上をパケットが転送され、QoS 通信が行われる。

MN と CN が QoS 通信している最中に、MN は定期的に Pathlet Request メッセージを HA と MAP へ送信し、QoS 通信するための Pathlet を維持する。この場合は上記の手順が繰り返される。

次に MN が AR12 のネットワークに移動すると、まず AR12 からの Router Advertisement メッセージにより、同一の MAP 内でルータを移動したことを検知する。これにより新たな LCoA12 を生成し、MAP1 に対して Binding Update を送信する。MAP1 はこのメッセージを受信すると、Pathlet を用いて QoS 通信を行っている MN が自身の配下でルータを移動したことを知る。このため、バインディングキャッシュを更新すると同時に、新たに MAP1 と AR12 との間に Pathlet を確立しようとする。このため AR12 に AR-Pathlet Request を送信し、その Reply を待つ。AR12 との間で Pathlet を確立できた後に Binding Acknowledgment を返送する。さらに、これまで使用していた MAP1 と AR11 の間の Pathlet を、AR-Pathlet Request を Lifetime = 0 で送信することにより明示的に解放する。

次に、MN が MAP2 のドメインに属する AR21 のネットワークに移動したとする。MN はこれまでと同様に Router Advertisement により移動を検知し、新たに RCoA2 と LCoA21 を生成する。次に MN は RCoA2 と LCoA2 の対応を MAP2 に登録する。この場合 MAP にはこれまでの Pathlet の情報が保持されていないため、新たに Pathlet Request to MAP を送信し、MAP2 と AR21 の間に Pathlet を確立する。またこれまで使用していた MAP1 に対して Lifetime を 0 に設定した Pathlet Request to MAP を送信し、これまでの Pathlet を明示的に解放する。

一方、MN は HA に対して、MN の Binding Update メッセージにより RCoA2 を登録する。HA は、CN と MAP2 に対してそれぞれの CN-Pathlet Request メッセージと MAP-Pathlet Request メッセージを送信し、新しい Pathlet の確立を要求する。これらの Pathlet が確立した後に、Binding Acknowledgment を MN に返す。さらに HA は MAP1 と CN へそれぞれ MAP-Pathlet Request メッセージと CN-Pathlet Request メッセージを Lifetime = 0 で送信し、古い Pathlet を明示的に解放する。

Sequence	Sequence	Sequence
Lifetime	Lifetime	Lifetime
CN Address	CN Address	MAP Address
MN Home Address	MN Home Address	MN Home address
MAP Address	MAP Address	CN Address
RCoA	RCoA	RCoA
Protocol Type	Protocol Type	Protocol Type
CN Port	CN Port	CN Port
MN Port	MN Port	MN Port
Bandwidth for Down Pathlet	Bandwidth for Down Pathlet	Bandwidth for Up Pathlet
Bandwidth for Up Pathlet	Identification	Identification
Identification	CN-Pathlet Request	MAP-Pathlet Request

Pathlet Request To HA

Sequence	Sequence	Sequence
Code	Code	Code
Lifetime	Lifetime	Lifetime
Bandwidth for Down Pathlet	Bandwidth for Down Pathlet	Bandwidth for Up Pathlet
Bandwidth for Up Pathlet	Identification	Identification
Identification	CN-Pathlet Reply	MAP-Pathlet Reply

Pathlet Reply from HA

Sequence	Sequence	Sequence
Lifetime	Lifetime	Code
CN Address	CN Address	Lifetime
RCoA	LCoA	Bandwidth for Up Pathlet
AR Address	RCoA	Identification
LCoA	Protocol Type	AR-Pathlet Reply
Protocol Type	CN Port	Sequence
CN Port	MN Port	Code
MN Port	Bandwidth for Up Pathlet	Lifetime
Bandwidth for Down Pathlet	Identification	Bandwidth for Down Pathlet
Bandwidth for Up Pathlet	AR-Pathlet Request	Bandwidth for Up Pathlet
Identification		Identification

Pathlet Request To MAP

Sequence	Sequence	Sequence
Lifetime	Lifetime	Code
CN Address	CN Address	Lifetime
RCoA	LCoA	Bandwidth for Up Pathlet
AR Address	RCoA	Identification
LCoA	Protocol Type	AR-Pathlet Reply
Protocol Type	CN Port	Sequence
CN Port	MN Port	Code
MN Port	Bandwidth for Up Pathlet	Lifetime
Bandwidth for Down Pathlet	Identification	Bandwidth for Down Pathlet
Bandwidth for Up Pathlet	AR-Pathlet Request	Bandwidth for Up Pathlet
Identification		Identification

Pathlet Reply from MAP

図3 Pathlet メッセージのパラメータ

### 3.3 CR-LSP/Pathlet 管理用データ構造

このような処理を行うために、MAP/CN/AR は、CR-LSP

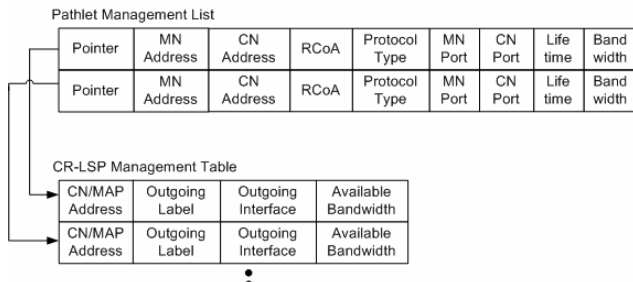


図 4 CN と MAP 間の CR-LSP/Pathlet の管理用データ構造

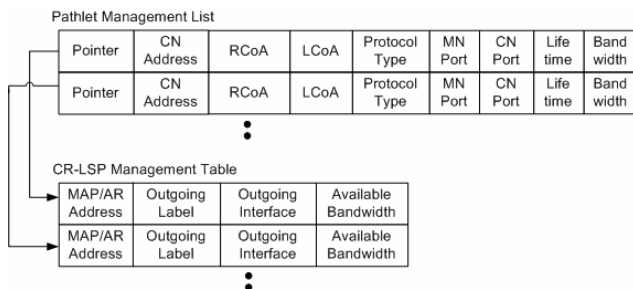


図 5 MAP と AR 間の CR-LSP/Pathlet の管理用データ構造

と Pathlet を管理するためのデータ構造を使用する。このうち CN と MAP の間に確立される CR-LSP と Pathlet を管理するために使用するデータ構造を図 4 に示す。CR-LSP を確立すると、CN および MAP は図 4 の下段のようなテーブルのエントリを生成する。このエントリには CR-LSP の宛先 (CN または MAP)、ラベル、出力インタフェース、利用可能帯域が保持される。しかしこの時点では対応する Pathlet が対応しておらず、この CR-LSP を介して転送されるデータはない。次に Pathlet が確立されると、図 4 の上段のような Pathlet 管理テーブルのエントリが作成される。このエントリは MN と CN のアドレスとポート、RCoA、プロトコルタイプの組 (これが MPLS における FEC (Forwarding Equivalence Class) に対応する)、ライフタイムと必要帯域、CR-LSP 管理テーブルへのリンクを含む。このエントリが生成される場合に、CR-LSP 管理テーブルの利用可能帯域から必要帯域分の値が引かれる。データ転送時において、それが Pathlet 管理テーブルに属する場合は、これらの 2 つのテーブルを用いて、MPLS により転送されることになる。また、MAP と AR の間の CR-LSP と Pathlet を管理するために使用するデータ構造を図 5 に示す。ここでもほぼ同様な情報が管理されている。

#### 4. おわりに

本稿では階層化 Mobile IPv6 (HMIPv6) に基づき、MPLS によるモバイルインターネット上で、Mobile IPv6 と同程度のスケーラビリティを持つ QoS 保証のモバイル IP 通信方式について提案した。この方式では、QoS に関する情報を Mobile IPv6 に関連するノードのみに管理させるために、MAP、CN、AR の間に、MPLS により帯域保証を行った太い CR-LSP を確立し、個別の QoS 通信は、その上で必要な帯域を使用する細い Pathlet を確立するという方法を採用している。この Pathlet の管理を MAP、CN、AR などの HMIPv6 に関連したノードのみに管理させることでスケーラビリティの向上を

図ることを目指している。HMIPv6 を採用することにより、より大規模なモバイルネットワークに対応可能となったと考えられる。

#### 文 献

- [1] D. Johnson, Ed., "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, Jun. 2004.
- [2] H. Chaskar and R. Koodli, "A Framework for QoS Support in Mobile IPv6," INTERNET-DRAFT, work in progress, available at draft-chaskar-mobileip-qos-01.txt, Mar. 2001.
- [3] J. Choi, M. Kim and Y. Lee, "Mobile IPv6 Support in MPLS Network," INTERNET-DRAFT, work in progress, available at draft-choi-mobileip-ipv6-mpls -02.txt, Dec. 2001.
- [4] 劉偉, 加藤聰彦, 伊藤秀一, "MPLS を用いたスケラブルな QoS 保証 Mobile IPv6 通信方式," 信学技報, CQ2004-91, MoMuC2004-65, Nov. 2004.
- [5] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," RFC 4140, Aug. 2005.
- [6] E. Rosen, Ed., "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, Jan. 2001.
- [7] B. Jamoussi, Ed., "Constraint-Based LSP Setup using LDP," RFC 3212, Jan. 2002.
- [8] J. Moy, "OSPF Version 2," RFC 2328, Apr. 1998.
- [9] R. Coltun, "The OSPF Opaque LSA Option," RFC2370, Jul. 1998.