

## IPv6 end-to-end multihomingによるRSVPのモバイル対応

緒方 勝也<sup>†</sup> 大平 健司<sup>†</sup> 藤川 賢治<sup>†</sup> 岡部 寿男<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究科  
〒606-8501 京都市左京区吉田本町  
<sup>††</sup> 京都大学学術情報メディアセンター  
〒606-8501 京都市左京区吉田本町

E-mail: {ogata,ohira}@net.ist.i.kyoto-u.ac.jp, {magician,okabe}@i.kyoto-u.ac.jp

**あらまし** 本稿では、モバイル環境でのQoS保証を実現するための、RSVPのend-to-end multihoming対応について述べる。従来の研究ではモビリティを実現するためにMobileIPを利用しているため、ハンドオーバー時の途切れを無くすることはできない。また、エンドホストはルーティングに一切関与できない。これらの問題を解決するため、本研究ではモビリティの実現にmultihomingを利用する。一時的に二つの経路のQoS保証を行うことにより、全く途切れないハンドオーバーが実現できる。また、end-to-end multihomingおよびIPv6でのsource address based routingを用いることで、エンドホストによる柔軟な経路選択を可能にする。

**キーワード** モビリティ, QoS保証, end-to-end multihoming, IPv6

## Mobility support for RSVP with IPv6 end-to-end multihoming

Katsuya OGATA<sup>†</sup>, Kenji OHIRA<sup>†</sup>, Kenji FUJIKAWA<sup>†</sup>, and Yasuo OKABE<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Informatics, Kyoto University  
Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan  
<sup>††</sup> Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University  
Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan

E-mail: {ogata,ohira}@net.ist.i.kyoto-u.ac.jp, {magician,okabe}@i.kyoto-u.ac.jp

**Abstract** In this paper, we propose a way to achieve end-to-end multihoming feature onto RSVP in order to guarantee QoS in mobile. Recent studies require MobileIP in order to achieve mobility. In MobileIP, a QoS gap occurs during hand-over. So we could not achieve hand-over without QoS gap. Still more, end hosts cannot take part in routing at all. In order to solve these issues, we introduce multihoming to realize continuous mobility with guaranteed QoS. QoS guarantee over temporary multihomed paths enables lossless hand-over. Further, end-to-end multihoming and source address based routing on IPv6 enables flexible path selection by end hosts.

**Key words** mobility, QoS, end-to-end multihoming, IPv6

## 1. はじめに

近年、インターネットを用いたストリーミング放送や、VoIP などの利用が高まってきている。これら音声や映像の通信においては、伝送遅延や帯域などのサービス品質 (Quality of Service (QoS)) が問題となってくる。QoS を保証するための枠組みとして IntServ, DiffServ が、プロトコルとして RSVP [1] が上げられる。

また、無線 LAN や、将来利用されるであろう家電ネットワークなどにおいて、これらの QoS 保証サービスをモバイル環境で途切れなく利用したいという要求も当然生じてくる。これらの用途に既存のプロトコルをそのまま適用した場合、ハンドオーバーに伴う「QoS を保証できない時間」が問題となってくる。この問題を解決するために様々な研究が行われてきた。

Localized RSVP [2] では、RSVP を拡張して、アクセスネットワークのみの資源予約を行うことで、ハンドオーバー時の資源再予約を高速にする手法が提案されている。また、シグナリングの枠組みについて議論している IETF の NSIS ワーキンググループでは、ハンドオフが近くなると、MobileIP における Mobile Node もしくは Access Point が end-to-end でなく、ローカルにシグナリングし直す手法 [3][4] が提案されている。その他にも、モバイルプロトコルを基にしたアプローチとして、Mobile IPv6 で用いられるメッセージパケットの中継点オプションヘッダにシグナリングメッセージを含ませることにより高速な QoS シグナリングを行い [5]、局所的な移動 (micro-mobility) には Regional Registrations [6] や Hierarchical Mobile IPv6 [7] を用いて高速なハンドオーバーを実現する方法などが挙げられる。

しかし、いずれの手法を用いても、ハンドオーバー時に生じる「QoS を保証できない時間」をいくら短くすることはできても、無くすることはできない。また、ルーティングに関しては全てルーティングプロトコル任せであり、より良い経路をエンドホストが知っていた場合でもそれを利用することはできない、という欠点もある。

そこで本稿では、ハンドオーバー時に全く途切れない QoS 保証を実現するために、RSVP の end-to-end mul-

tihoming 拡張の手法を提案する。本手法では end-to-end multihoming [8][9] および source address based routing を利用することで、ハンドオーバー時に全く途切れない QoS 保証、及びエンドホストによる柔軟な経路選択を可能にする。

## 2. 対象モデル

この章では、本手法の対象とするモデルについて述べる。

### 2.1 対象とするモデル

ハンドオーバー時に全く途切れない QoS 保証を実現しようとする場合、フローの送信者と受信者の間には常に一つ以上の利用可能な経路が存在している必要がある。そもそも利用可能な経路自体が無くなるような状況では、途切れない QoS 保証どころか、通信を行うことさえ不可能である。また、常に一つ以上の経路が存在するという事は、ハンドオーバー時には一時的に二つの経路が存在する、すなわち multihoming 状態となるため、multihoming を扱える必要がある。

本研究ではモビリティの確保のために end-to-end multihoming を用いる。その結果、ハンドオーバーのような、エンドホストのインタフェースの切替のみならず、より上流の経路の切替もシームレスに扱うことが可能となった。本研究にて得られたモビリティのうち、特殊なケースがハンドオーバーである。(図1)

end-to-end multihoming を実現するための方法としては、IETF の multi6 ワーキンググループで検討されている IPv6 multi address model を使用する。multi address model とは、エンドホストに複数のアドレス

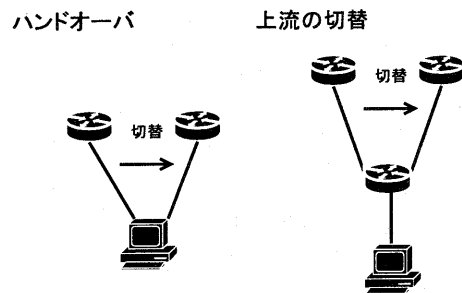


図1 モビリティの種類

を持たせることで、source address based routing による経路選択を可能とするものである。元々の multi address model では、ネットワークをサイト、サイト外の二つに分割しているが、本手法では多階層であっても構わない。[10]

また、本手法では、ルーティングに以下のような制約を設ける。

- default route のみ source address based routing
- 明示的に route を持っている場合はその route
- full route を持つのは最上位 ISP のみ

以上の仕組みにより、エンドホストがパケットの src と dst を選択することで経路の選択を行うことが可能となる。[11]

### 2.1.1 IPv6 ネットワーク

end-to-end multihoming を用いてモビリティを確保しようとした場合、ネットワーク層的に以下のような特徴がある。

(1) 一つのインタフェースに複数のアドレスが付与される

(2) ネットワークの状態が動的に変化する  
これらの特徴を考慮し、ネットワーク層のプロトコルには IPv6 を用いる。IPv6 は標準で (1) の機能を有している。また、(2) についても、アドレスの有効期限、Router Advertisement 及び Router Renumbering によるプレフィクス付け替えなどの機能があり、end-to-end multihoming を用いてモビリティを確保するのに都合が良い。

### 2.1.2 経路切替に関して

経路切替を行うエンドホストは、前もってそのことを知っているものとする。このことを利用し、あらかじめ経路を multihoming によって冗長にすることで、途切れない QoS 保証を可能とする。エンドホストが前もってハンドオーバーを知るための方法はいくつか考えられる。詳しくは 5.1 にて考察する。

## 3. 提案するプロトコル

この章では、提案するプロトコルについて述べる。拡張 multi address model では、一つのノードは複数のインタフェースを持つ可能性があり、それぞれのインタフェースは複数のアドレスを持つ可能性があるため、一つのノードは複数のアドレスを持つ可能性が

ある。そして、経路選択を行うためには、通信相手が持っているアドレスを（一部、もしくは全部）知る必要がある。そのため、本プロトコルでは資源予約時に Path, Resv メッセージに先がけ、PathRequest メッセージによってフローの受信者が自分の持つアドレスをフローの送信者に伝えている（今後本稿では、特に断りのない限り、「送信者」「受信者」はそれぞれ「フローの送信者」「フローの受信者」を表すものとする）。

### 3.1 資源予約に用いられるメッセージ

提案プロトコルでは、以下に示す 3 つのメッセージが順にやりとりされることで資源予約が行われる (図 2)。Path, Resv メッセージの役割は通常の RSVP とほぼ同じである。

メッセージングが開始される時点では、受信者は送信者の持つアドレスのうち少なくとも一つを知っているものとする。

#### 3.1.1 PathRequest メッセージ

まず最初に、受信者から送信者に向けて PathRequest メッセージが送られる。このメッセージには以下の情報が含まれる。

- filterspec (送信者アドレス、ポート番号など。フローの識別に使用)
- 受信者のアドレスリスト

#### 3.1.2 Path メッセージ

PathRequest メッセージを受け取った送信者は、Path メッセージを返信する。このメッセージは複数送られ、拡張 multi address model にて選択可能な全ての経路に流れる。すなわち、送信者の持つアドレスが  $n$  個あり、受信者の持つアドレスが  $m$  個ある場合には、メッセージパケットの src が  $n$  通り、dst が  $m$  通りあるので、メッセージは  $n * m$  個送られる。

このメッセージには以下の情報が含まれる。

- Sender Templete (送信者アドレス、ポート番号など。フローの識別に使用)
- Adspec (経路のキャパシティ、転送中にルータによって適宜書き換えられる)
- Sender Tspec (フローの予想トラフィック)

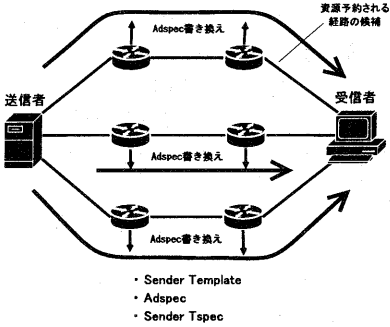
このメッセージが経由した経路が、資源予約される経路の候補となる。

また、受信者の持つ経路情報を最新に保つため、Path メッセージは拡張 multi address model にて選

### PathRequest



### Path



### Resv

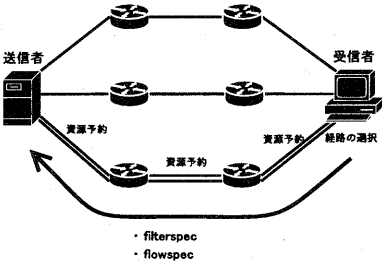


図2 資源予約手順

択可能な全ての経路に定期的に流される。

#### 3.1.3 Resv メッセージ

受信者は受け取った複数の Path メッセージの Adspec を比較して資源予約を行いたい経路を選択し、Resv メッセージを送る。このメッセージパケットの src, dst は、選択した Path メッセージの src, dst を逆にしたものとなる。

このメッセージには以下の情報が含まれる。

- filterspec
- flowspec (帯域や遅延など、資源予約のパラメータ)

メッセージは、選択した Path メッセージと逆の経路を経由する。このメッセージによって、実際に資源予

### Tear

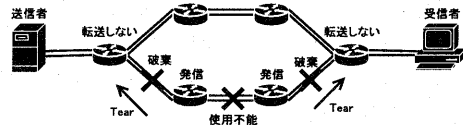


図3 Tear メッセージ

約が行われる。資源予約に失敗した場合は、別の経路を選択して、メッセージを再送する。

#### 3.2 その他のメッセージ

##### 3.2.1 Refresh メッセージ

資源予約された経路を送信者から受信者へと定期的に流れるメッセージであり、資源予約の維持に用いられる。一定期間 Refresh メッセージが届かなかったリンクの資源予約は破棄される。また、現在使用している経路が使えなくなることを知った送信者が、そのことを受信者に伝えるためにも用いられる。

##### 3.2.2 Tear メッセージ

明示的な資源予約の破棄に用いられる。経路上のルータにおいても、上流及び下流のノードがいなくなった場合に、このメッセージが発信される。このメッセージを受信したノードは資源予約を破棄し、メッセージを転送する。但し、そのノードが複数の上流を持っていた場合は、下流向けの Tear による破棄及び転送は行わない。そのノードが複数の下流を持っていた場合は、上流向けの Tear による破棄は、メッセージが流れてきたリンクに対してのみ行い、転送は行わない。この仕組みによって、経路の切り替え時に旧経路を破棄する場合などに、重複する新経路を誤って破棄することがなくなる (図3)。

##### 3.2.3 Error メッセージ

何らかのオペレーションが失敗した場合に返信される。失敗したオペレーションの種類によっては、資源予約は再試行される。

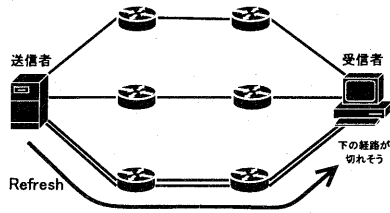
## 4. 動作例

この章では経路切替について、例を示す。

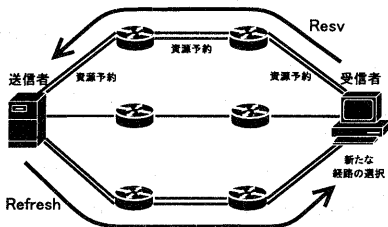
### 4.1 受信者による経路切替

定期的な Path メッセージによって、受信者は経路の最新の Adspec 情報を知っている。現在使用してい

### 初期状態



### 別経路の予約



### 旧経路の破棄(Tearを用いる場合)

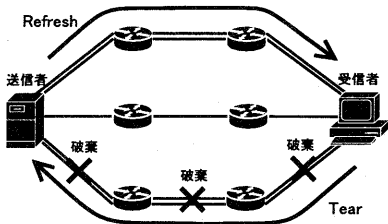


図4 受信者による経路切替

る経路が間もなく使えなくなることを知った受信者は、保持している Adspec の情報を利用して、経路の再選択を行う。再選択された経路には Resv メッセージが流され、資源予約が行われる。資源予約が完了すると、送信者は新しい経路にのみ Refresh メッセージを流す。この時点で受信者の上流は二本となっている。しばらくすると古い方の経路はタイムアウトし、資源予約は破棄される。また、明示的な Tear メッセージを用いることで、すぐに古い方の経路を破棄することも可能である。

経路切替の様子を図4に示す。

#### 4.2 送信者による経路切替

現在使用している経路が間もなく使えなくなることを

を知った送信者は、Refresh メッセージを用いて、そのことを受信者へと伝える。その後は受信者の移動と同様の手順で経路切替が行われる。

## 5. 考察

### 5.1 経路切替について

先に述べたように、本手法を用いて QoS 保証の途切れない経路切替を実現するためには、現在使用している経路が使用不能になることを、エンドホストが事前に知る必要がある。そのための方法について、ハンドオーバーの場合と、より上流の切替の場合に分けて考察する。

#### 5.1.1 ハンドオーバー

代表的なハンドオーバーの例として、無線環境が挙げられる。無線環境の場合、現在使用しているリンクの電波強度が弱くなると、もうすぐ移動する可能性が高いと考えられる。

また、経路切替が必要であることをユーザが知っている場合に、そのことを何らかのアプリケーションを通じて受信者に伝える、という方法も考えられる。

#### 5.1.2 上流の切替

IPv6 アドレスには有効期限が存在する。この情報をうまく用いれば、経路がいつ使用不能になるかを知ることができる。ISP は、メンテナンスなどによって経路が使用不能になる場合に、この値を適切に設定しておく。そしてこの情報を Refresh メッセージによって受信者に伝える。

### 5.2 経路選択について

本プロトコルにおいて、資源予約が行われる経路は、受信者の選択した送信者、受信者アドレス組で決まる。経路選択に際して受信者は、Adspec 情報を持っているが、その他にも送信者や受信者のアドレスが経路選択の手がかりとなることもある。本項では、これらの情報を利用して、どういったアドレス組選択をすれば効果的な資源予約が行えるかについて考察する。

#### 5.2.1 新しいアドレス

ノードは複数のアドレスを持っており、その数は増減する。最近付加されたアドレスは今後も使える可能性が高いと考えられる。

送信者から見た場合には PathRequest のアドレスリストがその手がかりとなる。アドレスリストに新し

く加えられたアドレスは、今後も使用できる可能性が高い。

また、受信者から見た場合には、Pathメッセージがその手がかりとなる。新しい経路を経由してPathメッセージが届いた場合、その経路は今後も使用できる可能性が高い。

### 5.2.2 経由するISPの数

経由するISPの数が少なければ、経由するルータの数が少なくなり、障害によって経路が使用不能になる可能性が低くなること考えられる。経由するISPの数の大小は、送信者のアドレスと受信者のアドレスのプレフィクスの差異を調べれば明らかになる。プレフィクスを最上位から比較していき、一致した部分が長いものほど、経由するISPの数は少なくなると期待できる。

### 5.2.3 有効期限の利用

Router Advertisementによって配られたIPv6アドレスには有効期限が存在する。現在使用している経路のうち、有効期限に関する情報(期限、位置)をRefreshメッセージに含ませることで、実際に経路が使用不能になる前に対処できる可能性がある。使用不能になる箇所を受信者に近ければ受信者側のアドレスを変更し、送信者側であれば送信者側のアドレスを変更して資源予約をし直すことで、その箇所を回避できる可能性が高いと考えられる。

また、新しく資源予約した経路が実は期限切れ真近であった、などということが起こっては困るので、同様の情報をPathメッセージ内のAdspecに含ませることも考えられる。

### 5.3 本プロトコルの限界

end-to-end multihomingを用いることで、受信者が経路を指定できるようになった。しかし経路の指定はISP単位でしか行うことができず、ISP内でのルーティングは自由である。そのため、希望するQoSを満たす経路が存在したとしても、その経路を選択できない可能性がある。

## 6. まとめ

本稿では、モバイル環境でのQoS保証を実現するための、RSVPのend-to-end multihoming対応の手法について述べた。本手法ではモビリティの実現のた

めにMobileIPでなくmultihomingを用い、一時的に二つの経路のQoS保証を行うことにより、全く途切れないハンドオーバーを実現する。この方法により、ハンドオーバーのみならず、より上流の切替も可能となった。また、multi address model及びsource address based routingを用いることで、エンドホストによる経路選択を可能にする。

具体的には、拡張されたRSVPのメッセージについて説明を行い、次に動作例を示した。これによって、提案手法を用いればQoSの途切れないモビリティが得られることを示した。そして本手法を効果的に利用するための経路選択手法、及びエンドホストの移動情報を知る手段などについての考察を行った。最後に本プロトコルの限界についても示した。

謝辞 本研究に関して適切なご指導を賜った(株)トランスニューテクノロジーの小山洋一氏に深く感謝いたします。さらに、日頃からご討論いただく岡部研究室の諸氏に感謝します。

## 文 献

- [1] R. Braden et al., "Resource ReSerVation Protocol(RSVP)," RFC 2205, IETF, 1997.
- [2] J. Manner, T. Suihko, M. Kojo, M. Liljeberg, K. Raatikainen, "Localized RSVP," Internet Draft draft-manner-lrsvp-02.txt, IETF, 2003.
- [3] M. Brunner, "Requirements for Signaling Protocols," Internet Draft draft-ietf-nsis-req-08.txt, IETF, 2003.
- [4] H. Chaskar, "Requirements of a QoS Solution for Mobile IP," Internet Draft draft-ietf-nsis-qos-requirements-01.txt, IETF, 2003.
- [5] H. Chaskar, R. Koodli, "QoS Support in Mobile IP version 6," IETF Draft, IETF, 2000.
- [6] J. Malinen, C. Perkins, "Mobile IPv6 regional registrations," Internet Draft, IETF, 2001.
- [7] H. Soliman et. al., "Hierarchical MIPv6 mobility management," Internet Draft, IETF, 2000.
- [8] 太田昌孝, 「本当のインターネットを目指して - マルチホーミング」, 情報処理 Vol.42 No.9 pp.918-919, 情報処理学会, 2001.
- [9] M. Ohta, "The Architecture of End to End Multihoming," Internet Draft draft-ohta-e2e-multihoming-05.txt, IETF, 2002.
- [10] 大平健司, 緒方勝也, 松本存史, 藤川賢治, 岡部寿男, 「End-to-End マルチホームのためのIPv6 アドレッシングアーキテクチャ」, DICO2003, 2003.
- [11] K. Ohira, K. Ogata, A. Matsumoto, K. Fujikawa, Y. Okabe, "IPv6 Address Assignment and Route Selection," Internet Draft draft-ohira-assign-select-e2e-multihome-01.txt, IETF, 2003.