

# インターネット資源予約のための QoS 経路制御方式の提案

後藤 幸功<sup>†</sup> 太田 昌孝<sup>†</sup> 荒木 啓二郎<sup>†</sup>

†九州大学大学院 システム情報科学研究科, (財)九州システム情報技術研究所

‡東京工業大学 総合情報処理センター

## 概要

インターネットでの資源予約では、RSVPが広く持ちいられようとしているが、QoS 経路制御方式に関してはまだ未解決な事項が多い。従来言われていた Source Routing 方式はマルチキャストに関して問題があることを指摘し、Path QoS Collection という技法を導入することで、Hop-by-Hop 方式が RSVP と極めて相性良く動作することを示した。

IETF(Internet Engineering Task Force)で標準化がほぼ完了したものが RSVP(Resource ReSerVation Protocol)[1][2]である。

## 1 はじめに

社会的な情報ネットワークの要求により、インターネットによる情報基盤の構築が急速に進むとともに、情報のマルチメディア化もネットワーク利用者から要求されるようになってきている現状において、インターネット上で品質保証を必要とする音声や映像を用いたマルチメディア通信の実現が不可欠となってきた。ここでいう、品質保証とは、アプリケーションが通信を行なうときに要求する帯域や遅延時間、ゆらぎなどの品質をネットワーク中で保証することである。

しかし、既存の IP(Internet Protocol)はそのプロトコル自身に品質保証の機能やリアルタイム性が無いため本来マルチメディア通信やリアルタイム双方通信の使用には不適当なプロトコルであった。

そこで、インターネット上で品質保証された通信やリアルタイム性のある通信を行なうための一手段として資源予約プロトコルが検討されている。この資源予約を用いることにより、インターネット上の通信は品質が保証され、高品質のマルチメディア通信やリアルタイム通信を実現することが可能になると考えられている。この資源予約を行なうためのプロトコルとして

しかし、RSVP は経路制御方式とは無関係なプロトコルであるため、従来の QoS を考慮しない経路制御方式と組み合わせると必ずしも旨く動作しないことがある。

例えば、負荷のない場合に図1のような帯域をもったネットワークを考える(数字の単位は Mbps)。QoS を考慮しないような経路制御方式では、送信者 S と受信者 R0 間の経路は最小ホップ数である S-C-B-A-R0 が選択される。このとき必要な帯域が 9Mbps であれば問題はないが、15Mbps であれば、B-C 間、C-S 間の帯域が不足するため、品質保証が失敗する。そこで、経路制御の際に品質要求を考慮し、15Mbps が要求されている場合には、S-F-E-D-A-R0 の経路を選択することが望ましい。これを QoS 経路制御方式と言う。

この例では帯域と最小ホップ数の2つのみを品質として取り扱ったが、これは一般性を損なうものではないので以後本稿において品質は、帯域と最小ホップ数の2つとして議論をすすめる [3]。

本稿では RSVP を用いた品質保証を行なうための経路制御方式についての要求を明らかにし、従来の提案の問題点を指摘し、新たな提案を行なう。

<sup>1</sup>QoS Routing Algorithm for Resource Reservation on the Internet, Yukinori GOTO<sup>†</sup>, Masataka OHTA<sup>†</sup>, Keijiro ARAKI<sup>†</sup>, †Kyushu University and Institute of Systems & Information Technologies /KYUSHU, ‡Tokyo Institute of Technology

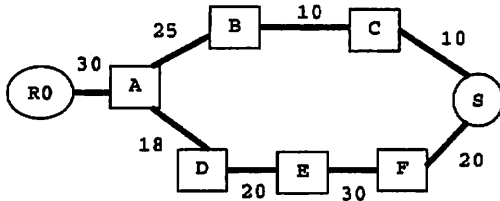


図 1: 負荷のない場合

## 2 RSVP(Resource ReSerVation Protocol)

RSVP は、単方向にネットワーク資源を予約するためのプロトコルである。RSVP の大きな特徴として、資源予約が受信者主導型であることが挙げられる。これは、受信側の機能にあった QoS を要求することで、受信側が必要な品質を直接操作するためと、多数の受信者を収容するためである。

RSVP では、送信者から受信側に向かってまず PATH メッセージ (Path\_msg) が送出され、通信が使用する経路上の各ルータを確認する。そして、受信者は Path\_msg を受信した後、資源予約メッセージ (Resv\_msg) を Path\_msg が来たルータに向かって送信し Resv\_msg が送信者まで到達すれば、経路上の全ルータで資源が予約される。このとき、RSVP の Path\_msg の転送経路には、ユニキャストやマルチキャストの経路制御を利用する。

また、RSVP は極めて多数の複数の受信者からの要求に対応する。そこでルータは、受信者側から流れて来る多数の Resv\_msg が同じ通信に対する要求であった場合、ルータはその Resv\_msg をマージし、1つの Resv\_msg として送信者側のルータに通知する。この機能により RSVP は送信者側で受信者からの Resv\_msg の集中を回避するため、受信者が極めて多数存在するマルチキャスト通信に対しても有効である。

## 3 QoS 経路制御プロトコル

経路制御プロトコルには以下の2つの方法がある。

### 距離ベクトル型アルゴリズム

距離ベクトル型アルゴリズムは、個々のリンクの状態をルータ間でそのまま伝えていくのではなく、各ルータが個々のネットワークについ

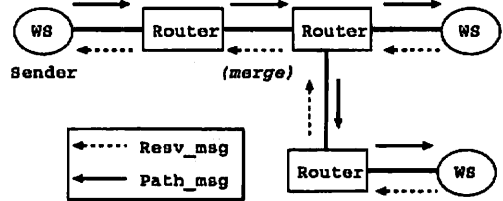


図 2: RSVP のモデル図

て自分から見た最短の経路を計算し、その距離を隣接するルータへある程度の間隔をおいて通知するものである。

このため、大規模で複雑なトポロジーを持つネットワークでは、リンク状態が変化したとき、全てのルータに新たなリンクの状態が反映されるまでに時間がかかる。

### リンク状態型アルゴリズム

リンク状態型アルゴリズムは距離ベクトル型アルゴリズムと異なり各ルータは、隣接したルータへのリンク状態を交換する。個々のルータは送られてくるリンク情報をもとにネットワークのトポロジを知り最短経路を求める。このアルゴリズムでは、個々のルータでのネットワークの状態から経路を作成するためルータでの計算量は距離ベクトル型アルゴリズムと比べて大きいですが、全てのルータに新たなリンクの状態が反映される時間は短い。

QoS 経路制御では、各リンクの状態は帯域などのネットワークの使用に応じて動的に変化するので、その変動は激しい。そこで、距離ベクトル型アルゴリズムは実用的ではない。本稿でも、リンク状態型アルゴリズムを採用する。

## 4 経路決定方法

通信経路を決定する方式として Source Routing と Hop-by-Hop の2種類がある。本章ではこの2種類の決定方式を用いた場合の問題点について述べる。

受信者が RSVP を用いて資源予約を行うと、資源予約のためにネットワーク中の資源に変化が起り、ネットワーク中のリンク状態が変化する。

例えばネットワークが図1のような状態において、受信者 R0 から送信者 S に対しが 9Mbps の帯域と最

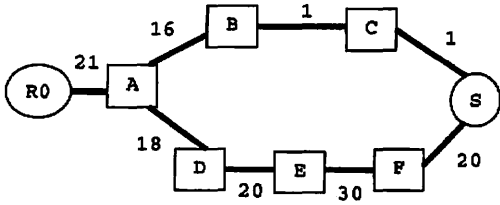


図 3: 9Mbps が S-C-B-A-R0 を通る場合

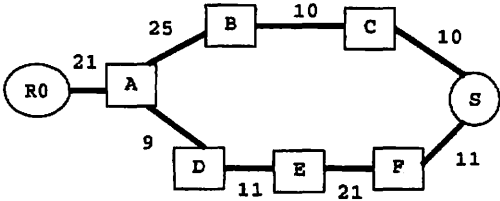


図 4: 9Mbps が S-F-E-D-A-R0 を通る場合

小ホップ数を要求して資源予約を行なうとする。このとき要求を満たす経路として S-C-B-A-R0 が選択され、リンクの状態は図 3 になる。つまり B-C 間と C-S 間のリンクでは帯域が 1Mbps しかない。

もし、受信者 R0 がこの状態をそのまま利用すると、経路 S-C-B-A-R0 は品質要求を満たせないと判断し、新たに経路 S-F-E-D-A-R0 を選択し資源予約を行うことになる。すると、リンクの状態は図 4 のように変化する。

するとまた、B-C 間と C-S 間のリンクの帯域は元の値 10Mbps に戻り、かつこの経路が最小ホップ数を満たすため受信者 R0 は再び経路 S-C-B-A-R0 を選択し資源予約を行なう。

このようにリンクの状態が図 3 と図 4 の間を往復するためいつまでも経路が安定しない。

この状況を回避するには、経路制御プロトコルにより各通信が消費する資源の量を個別に管理する方法が考えられるが、この方法ではリンク状態の情報が大きくなるため実用的でない。そこで、資源予約を行なう通信の経路を決定する方法として従来から Source Routing (Route Pinning と呼ばれることもある) 方式が Hop-by-Hop 方式より良いとされてきた。

Source Routing とは、受信者が予め送信者までの経路を計算し、経路上のルータと送信者まで通知する方法である。通知のためには経路の長さ按比例した余分な情報を付加しなければならないが、RSVP を用いる場合、付加が必要なのは Resv\_msg だけで

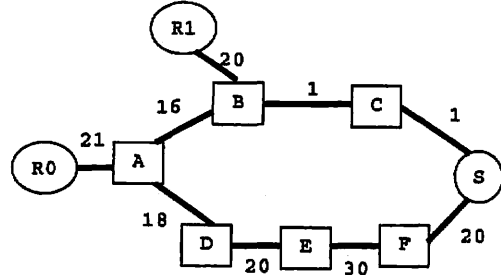


図 5: R1 が付加され、R0 のみ 9Mbps を要求している場合

あり、データパケットには余分な情報はいらぬのであまり問題とはならない。

この方法では、受信者は自分がどの経路を選択したか知っているため、自分の通信による資源の減少を補正できる。つまり、図 3 の情報から図 1 の情報が復元できる。そこで、資源予約を行なうための経路選択に混乱を起こさない。

しかし、この方法ではマルチキャスト通信における資源予約は旨くない。

いま、新たに図 3 の状態に、受信者 R1 が加わった図 5 を考える。

このとき、受信者 R1 が帯域 15Mbps を要求して、受信者 R0 と送信者 S 間で行なわれているマルチキャスト通信に参加するとする。このとき、受信者 R1 はリンクの状態から経路 S-F-E-D-A-B-R1 を選択し、資源予約を行なうとする。このため Router B で Resv\_msg のマージが行なわれなため、ネットワーク資源を無駄に使用する。

また、経路 S-C-B-A-R0 の Source Routing を無視し、あえて Router B において Resv\_msg のマージを行なうと、マージによって新たに作成された経路 S-F-E-D-A-B に対する Source Routing の経路表を Router B や Router A において作成しなければならない。しかし、受信者 R0 は送信者 S 間の通信を経路 S-C-B-A-R0 で行なっていると思っているため、受信者 R0 がもつリンクの状態と実際のリンクの状態が異なり矛盾が起こる。

そこで、Hop-by-Hop 方式を用いて経路を決定する方法について考える。

Hop-by-Hop とは、送信者から発信されたデータが経路上のルータを通過するたびに、そのデータの経路を決定する方式である。従って、受信者にはど

の経路が利用されているのか知ることが不可能である。つまり、Source Routing 方式のような状態の復元は不可能である。

そこで、本稿で提案するのが、Path QoS Collection 方式である。

Path QoS Collection 方式は、RSVP の送信者から送信される Path\_msg に、リンクとそのリンクで通信が使用する資源の情報を収集しながら、Path\_msg を受信者まで通知する方式である。そして、各ルータは、Path\_msg に添付された情報を元に、現在のリンク状態から、その通信が行なわれていないときのリンク状態を復元することができる。この方式では、Path\_msg はリンクの長さ按比例して多少大きくなるが、これは Source Routing 方式における Resv\_msg の長さの増大と同じであり、問題とならない。

例えば、図3の状況で、Path\_msg は以下のような情報が付加され、図1の状態が復元できる。

- S-C 間 ({S-C, 9})
- C-B 間 ({S-C, 9}, {C-B, 9})
- B-A 間 ({S-C, 9}, {C-B, 9}, {B-A, 9})
- A-RO 間 ({S-C, 9}, {C-B, 9}, {B-A, 9}, {A-RO, 9})

また、この方式はマルチキャストに対しても効率良く、かつ正しく動作する。

例えば、図3の状態に、15Mbpsを要求するR1が新たに付加された図5の場合を考える。

まず、R1はリンク状態から得た情報によりPath\_msgを参照することなく(RSVPとPIM[4]などのマルチキャスト方式を組み合わせる必要があるが、詳細は省く)送信者Sまでの経路S-F-E-D-A-B-R1を得る。

そして、R1はRouterBに対しResv\_msgを送る。RouterBとRouterAでResv\_msgのマージを行ない、R1は経路S-F-E-D-A-B-R1で資源予約を確立し、R0は新たにS-F-E-D-A-R0で資源予約を確立する。そして、SはPath\_msgをFの方へ流すようになる。

このとき、リンクの状態は図6のようになり、Sから送信されるPath\_msgに付加する情報は以下のようになる。

- S-F 間 ({S-F, 15})
- F-E 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15})
- E-D 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15}, {E-D, 15})

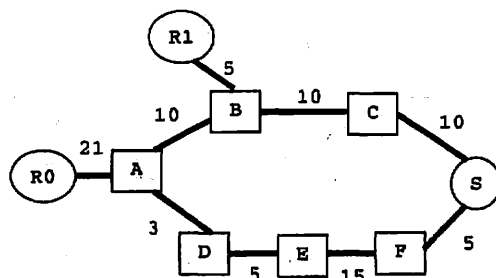


図6: R1が15Mbpsを要求した場合

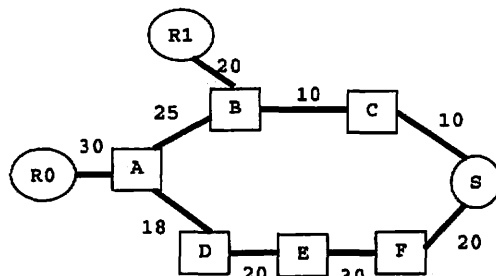


図7: R1が付加したときの負荷のない場合

- D-A 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15}, {E-D, 15}, {D-A, 15})
- A-RO 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15}, {E-D, 15}, {D-A, 15}, {A-RO, 9})
- A-B 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15}, {E-D, 15}, {D-A, 15}, {A-B, 15})
- B-R1 間 ({S-F, 15}, {F-E, 15}, {E-D, 15}, {D-A, 15}, {A-B, 15}, {B-R1, 15})

各経路上のルータおよび受信者はこの情報を元に、図7のリンク状態を復元できる。

## 5 最後に

Path QoS Collection という方式を用いることにより、RSVPの受信者主導型の特徴をそのまま活かしたQoS経路制御が可能であることを示した。ホストが増えた場合の階層化ルーティングに対しても同様の技法が有効であると思われるが、詳細な検討は今後の課題である。

## 6 謝辞

本研究を進めるにあたり、議論、助言をしていた  
だいた神戸大学総合情報処理センターの岡村耕二氏、  
京都大学の藤川賢治氏、OLU-net メイリングリスト  
の皆様、JAIN コンソーシアムの皆様、財団法人 九  
州システム情報技術研究所の皆様にご心より感謝致し  
ます。

## 参考文献

- [1] L.Zhang, S.Deering, D.Estrin, S.Shenker,  
D.Zappala. *RSVP: A New Resource ReSer-  
vation Protocol*, IEEE Network, Vol.7, No.5,  
September 1993.
- [2] R.Braden,Ed, L.Zhang,  
D.Estrin, S.Herzog, S.Jamin. *Resouce ReSer-  
vation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional  
Specification*, INTERNET DRAFT draft-ietf-  
rsvp-spec-13.ps. Aug.1996.
- [3] Z. Wang and J. Crowcroft. *QoS Routing for  
Supporting Resource Reservation*.,available at  
<http://boom.cs.ucl.ac.uk/staffzwang/pub/html>
- [4] D.Estrin, D.Farinacci, A.Helmy, D.Thaler,  
S.Deering, M.Handley, V.Jacobson, C.Liu,  
P.Sharma, L.Wei (CISCO)*Protocol Inde-  
pendent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM):  
Protocol Specification*, INTERNET DRAFT  
draft-ietf-idmr-pim-sm-spec-06.txt, Sep. 1996
- [5] J.Moy *OSPF Version2*.,Request for Com-  
ments: 1583 , Mar.1994
- [6] C. Hedrick. *Routing Information Protocol*.,  
Request for Comments: 1058, June 1977