

QoS ルーティングにおけるメトリック情報の 良し悪しに応じた LSA の時間間隔制限手法

佐々木 基晴[†] 小山 洋 一^{††}
藤川 賢治[†] 岡部 寿男[†]

QoS (Quality of Service) ルーティングは従来のルーティングと異なり、残り帯域のような資源の予約/解放によって頻繁に変動する情報を扱うことになる。また、QoS には帯域の他に遅延や優先度、課金などの種々のパラメータが考えられる。種々の QoS 要求に応えるためには、ルーティング情報は単純なスカラー値ではなく、ベクトルの列で与えられることになる。ここで、ルーティングトラフィックやそれによって引き起こされるルーターの CPU コストを抑え、一方で経路制御情報の正確性を保持する仕組みが必要になる。本研究では、ルーティング情報間に良し悪しの定義を与え、それに応じてルーティング情報の送受信間隔に時間制限を設ける手法を提案し、シミュレーション実験によって評価を行った。

Time interval restriction of QoS routing LSA depending on whether metric is better or worse

SASAKI MOTOHARU,[†] KOYAMA YOUICHI,^{††} FUJIKAWA KENJI[†]
and OKABE YASUO[†]

QoS-based routing is different from conventional best-effort routing in that QoS-based routing must handle the information such as bandwidth which is frequently changed by resource's reservation/release. To support different QoS requirement, metric becomes not simple scalar value but a list of vector. Here the mechanism that suppresses routing traffic to tolerable size but holds some kind of accuracy of routing information is needed. In this work, we define ordered relation such as better or worse between each metrics, propose the technique that control interval times of Link State Advertisement according to this ordered relation, and evaluate this technique by simulation experiment.

1. はじめに

1.1 背景と問題点

従来のベストエフォートインターネットでは、パケットの到着および遅延時間に関して何ら保証されておらず、映像や音声といった情報のリアルタイムでの配信には向いていなかった。これらのストリーミングマルチメディアのリアルタイムでの配信を行なうためにはネットワークに QoS(Quality of Service) 保証を行なう仕組みが必要となる。

QoS 保証は、フローの要求する QoS を満たす経路をルーティングプロトコルが探し出し、その経路上の帯域等の資源を資源予約プロトコルで排他的に予約することで実現する。⁶⁾ このためには、ルーティングプロトコルはネットワークの現在の利用可能な帯域や遅延などの情報を知っていて、その情報を元に経路計算できなければならない。

ところで、従来のベストエフォートのルーティングとは異なり、メトリックとして残り利用可能帯域のよ

うな資源予約によって消費される情報を持つ場合、資源の予約/解放によって、リンクの状態が頻繁に変動することになる。リンクの状態が頻繁に変動するネットワークにおいては、その変化を他のルーターに伝えるために、ベストエフォートルーティングの場合に比べて多くのルーティングトラフィックが発生することになる。そして、そのルーティングトラフィックを処理するのにルーターの CPU 資源が圧迫されることになる。

リンクの状態をそのままルーティングプロトコルに反映させるのは、上記のような理由から好ましくなく、ネットワークの規模が大きくなると現実的ではない。ここで、ルーティング情報の正確性をある程度保ったまま、ルーティングトラフィックを抑える仕組みが必要となる。

従来、ルーティング情報のトラフィック量を減らす方法として、単純に時間制限を設ける方法と、閾値を設ける方法が考えられている。(7),8) など。) 前者は一定時間 (以上) ごとにルーティング情報を広告するというものであり、これは確実にルーティング情報のトラフィック量を減らす直接的な方法である。しかし、

[†] 京都大学
Kyoto University

^{††} Trans New Technology

この手法ではそのインターバルの間のメトリックの変化に追従できず、多くの誤った経路制御を行なう原因となる。また、ルーティング情報の不正確さを見積もれないという欠点もある。後者は絶対的、あるいは相対的な閾値を設定し、その値以上にリンクの情報（主に残り利用可能帯域）が変化した時に広告を行なうというものである。この手法の場合、ルーティング情報の不正確さがある程度見積もることができるのだが、ルーティングトラフィックを確実に減らすことができず、現実的には前者の手法との組合せを使うことになる。

1.2 本研究について

本研究では、メトリック情報の変化の良し悪しに応じて異なった広告に時間制限を設けるというアプローチをとる。「悪い」情報は即座に広告させ、「良い」情報が来た時は過去の「悪い」情報の到着の履歴によって広告に時間制限を設ける（広告を遅延させる）。これによって、トラフィック量を抑え、かつ十分な資源予約の成功率を達成しようと試みる。

本研究ではメトリック情報の「良し悪し」に応じた時間制限を実装し、シミュレーション実験によって評価を行なった。QoS ルーティングプロトコルとしては HQLIP (Hierarchical QoS Link Information Protocol)¹⁾ を用いた。また、QoS メトリック情報は一般にスカラー値ではなく、とくに HQLIP においてはトポロジーの階層化とリンク情報の集約によって複雑なメトリック情報を持つので、その複雑なメトリック情報に対する良し悪しの定義も行なった。

1.3 章 構 成

本研究では、まず 2 章で HQLIP について概要を説明し、QoS メトリック情報の良し悪しについて定義を与える。続いて 3 章で本研究で用いる時間制限手法について説明する。4 章でシミュレーション実験の概要、結果について述べ、評価を与える。

2. QoS ルーティングプロトコル HQLIP

2.1 HQLIP の階層化とリンクのメトリック情報

2.1.1 概 要

QoS ルーティングにおいては、帯域、遅延など種々の情報を扱うため、従来のベストエフォートルーティングに比べて、個々のリンクの持つメトリックが複雑になり、ルーターの保持すべき情報が増えている。また、経路計算も複雑になっており、計算コストがかかり、ネットワークの規模が大きくなるとその全ての情報を全てのルーターが保持しておくというのは現実的ではない。

そこで、HQLIP ではネットワークをエリアに階層的に分割し、リンクの QoS の集約を行なっている。階層化によって、ルーターの保持すべき情報の量を抑え、また、トポロジーの簡略化によって経路計算の時間を

抑えている。

HQLIP では階層化によって集約されたリンクの情報をあらかじめ計算して広告しておき、予約が発生した時はその集約された情報を元に on demand で経路計算を行なうことで資源予約経路を求めている。

図 1 に HQLIP において上位のエリア間のリンクがサブエリア間のリンクから構成されている例を示す。ここで点線で示したエリア XY 間の仮想的なリンクは実際には下位のサブエリア間のリンク（実線）からなっている。

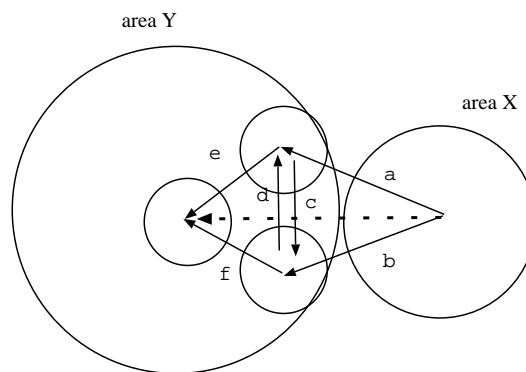


図 1 HQLIP の階層とリンク

2.1.2 HQLIP におけるリンクの QoS 情報

HQLIP における上位のレベルの仮想的なリンクは、実際は下位のレベルのエリア間のリンクから構成されることを先に述べた。つまり、上位のレベルの仮想的なリンクは、下位のレベルでは複数の経路を持ち得る。(図 1 では $\rightarrow a \rightarrow e \rightarrow$ 、 $\rightarrow b \rightarrow f \rightarrow$ 、 $\rightarrow a \rightarrow c \rightarrow f \rightarrow$ 、 $\rightarrow b \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow$ 、の 4 通りの経路を持つ。)

今、上位のレベルの仮想的なリンクが、下位のレベルでは 2 つの経路を持つ場合を考える。また、それぞれの経路での利用可能な QoS は、単純なスカラー値ではなく、例えば（帯域、遅延）のような二つ組をとるとする。このとき、一方の経路の利用可能な QoS が（帯域 = 5Mpps、遅延 = 1msec）で、他方が（帯域 = 10Mpps、遅延 = 2msec）であった場合、集約した際の上位の仮想的なリンクの利用可能な QoS をどのように決めればよいだろうか？

これらは必ずしも比較可能ではないため、どちらか一方良い方だけを選択するということはできない。仮にどちらか一方だけ選択をすると、上位のリンクは他方の分の QoS 要求を満たせないことになってしまう。

HQLIP ではこの問題を解消するために、単一のリンクで複数の QoS 情報を持つことを許している。この場合は、上位のリンクは（帯域 = 5Mpps、遅延 = 1msec）、（帯域 = 10Mpps、遅延 = 2msec）の 2 つの QoS 情報を持つことになる。

ただし、HQLIP の仕様では一つの仮想的なリンク

の持つ QoS 情報の組は最大 8 個と定義して、リンク情報が過度に大きくなることを防いでいる。

2.1.3 HQLIP における QoS 経路計算

HQLIP では与えられたフローの QoS 要求に対し、まず、帯域を満たさない経路をネットワークから枝刈りを行ない、次に遅延をリンクの重みとしてダイクストラの最短経路木アルゴリズムを用いて、QoS 経路を計算する。

2.2 HQLIP におけるリンクの QoS メトリックとそのよし悪しの定義

2.2.1 HQLIP におけるリンクの QoS 情報の定義 サービス仕様 SS³⁾ において定義されている HQLIP で用いる QoS 情報について説明する。

HQLIP における QoS パラメータとして帯域、遅延、優先度が存在する。リンクのメトリックは、ベストエフォート用のメトリックと、(帯域、遅延、優先度)の三組みを最大 8 つ持つものと定義している。これは先に述べたように一つのリンクが実際は下位のサブエリア間の複数の経路からなっていることや、帯域の値は悪いが遅延の値は良いといった QoS パラメータのいろいろな値の組合せをサポートするためである。

たとえば、あるリンクの持つリンクの情報は {ベストエフォートメトリック = 1, (帯域 = 100Mpps, 遅延 = 100msec, 優先度 = 3), (帯域 = 80Mpps, 遅延 = 50msec, 優先度 = 3)} といったものである。

3 章のリンク情報の広告の時間制限機能の部分において、リンクに対して「何らかの意味で悪い」や「あらゆる意味で良い」という用語を用いているのだが、ここでその定義を与える。

2.2.2 リンクのメトリック間の順序関係

リンクのメトリック情報は (best_effort_metric LINK_QOS ...) という形式をとる。ここで LINK_QOS は (L_PRI L_PPS L_DLY) である。best_effort_metric は 0~1 個、LINK_QOS は best_effort_metric が存在する時には 0~8 個、そうでないとき 0 個並ぶ。

L_PRI は優先度 (この値が小さいほど優先度が高い)、L_PPS は 1 秒間あたりに転送する最大パケット数 (Packet Per Second)、L_DLY は伝送遅延をそれぞれ表している。

リンクのメトリック情報間の順序関係 リンクのメトリック情報 A,B に関して順序関係 $A \leq B$ (A はあらゆる意味で B より悪いとか等しい) を以下に定義する。

$A \leq B \Leftrightarrow$

- A,B 両方の best_effort_metric が存在しない。または
- B の best_effort_metric が存在し、A の best_effort_metric が存在しない。または
- A,B の best_effort_metric が存在し、A の best_effort_metric が B の best_effort_metric

より大きいとか等しく、かつ (A の LINK_QOS の列) \leq (B の LINK_QOS の列) が成り立っている。LINK_QOS の列の間の順序関係は以下に与える。

LINK_QOS の列の間の順序関係 LINK_QOS の列

α, β 間の順序関係 $\alpha \leq \beta$ を次のように定義する。
 $\alpha \leq \beta \Leftrightarrow \alpha = (a_1 \dots a_n), \beta = (b_1 \dots b_m)$ としたとき、任意の i に対してある j が存在し、 $a_i \leq b_j$ のとき。

ただし、ここで $a_1 \dots a_n, b_1 \dots b_m$ はそれぞれ LINK_QOS (=遅延、帯域、優先度の組)。

LINK_QOS 間の順序関係 上記で用いた LINK_QOS

間の順序関係を定義する。LINK_QOS a,b に関して順序関係 $a \leq b$ は以下のように定義される。 $a = (a_PRI a_PPS a_DLY), b = (b_PRI b_PPS b_DLY)$ とする。

$a \leq b \Leftrightarrow a_PRI \leq b_PRI$ かつ $a_PPS \leq b_PPS$ かつ $a_DLY \geq b_DLY$

これらを用いると、リンクのメトリック情報 A が B より何らかの意味で悪いとは、 $B \leq A$ ではない場合であると定義できる。

2.3 リンクのメトリック情報の下限

3 章のリンク情報の広告の時間制限機能の部分において、与えられた 2 つのリンクのメトリック情報から、そのどちらよりも悪いリンク情報を生成する、という表現が使われているのだが、これは 2 つのメトリック情報の下限を生成することに相当する。

ここでは 2 つのメトリック情報が与えられた時の下限の計算方法について説明する。

2.3.1 リンクのメトリック情報の下限の定義

リンク情報 A,B に対して下限 $A \wedge B$ を次の条件を満たすものとして定義する。

- $A \wedge B \leq A$ かつ
- $A \wedge B \leq B$ かつ
- 任意の X ($\leq A$ かつ $\leq B$) に対して $X \leq A \wedge B$

2.3.2 リンクのメトリック情報の下限の計算

リンク情報 A,B に対して、下限を計算するアルゴリズムを示す。

- A または B の metric が存在しなかったら、 $A \wedge B$ は空 (から)。metric も LINK_QOS も存在しない。
- A,B の metric が両方とも存在したら、 $A \wedge B$ の metric は A,B の metric の大きい方をとる。LINK_QOS の列についてもその下限をとる。LINK_QOS の列の間の下限の計算方法は以下に与える。

LINK_QOS の列の下限 LINK_QOS の列 $\alpha = \{a_1 \dots a_n\}$ と $\beta = \{b_1 \dots b_m\}$ の下限の計算を以下に示す。なお、 $a_1 \dots a_n, b_1 \dots b_m$ はそれぞれ

LINK_QOS (=帯域、遅延、優先度の組)を表す。

$$\begin{aligned}\alpha \cap \beta &= (a_1 \cup a_2 \cup \dots \cup a_n) \\ &\quad \cap (b_1 \cup b_2 \cup \dots \cup b_m) \\ &= \{a_1 \cap (b_1 \cup b_2 \cup \dots \cup b_m)\} \\ &\quad \cup \{a_2 \cap (b_1 \cup b_2 \cup \dots \cup b_m)\} \\ &\quad \cup \dots \\ &\quad \cup \{a_n \cap (b_1 \cup b_2 \cup \dots \cup b_m)\} \\ &= (a_1 \cap b_1) \cup (a_1 \cap b_2) \\ &\quad \cup \dots \cup (a_n \cap b_m)\end{aligned}$$

ここで $a_i \cap b_j$ は LINK_QOS a_i b_j 間の下限を表す。計算方法は以下に示す。なお、ここで求めたそれぞれの $(a_i \cap b_j)$ が求めたメトリックの構成要素となる。このままでは冗長なので余分な構成要素（他に含まれてしまう構成要素）を取り除く。

LINK_QOS の下限 LINK_QOS (=帯域、遅延、優先度の組) 間の下限は以下のように計算する。

- 優先度については数字の小さい方をとる。
- 帯域については数字の小さい方をとる。
- 遅延については数字の大きい方をとる。

2.3.3 下限の近似

二つのリンクのメトリック情報の下限の要素の数は最大(一方のリンク QoS リストに含まれる要素の数) × (他方のリンク QoS リストに含まれる要素の数) になり、もっとも多い場合には 64 個になる。

HQLIP の単一のリンクのメトリック情報に含まれる LINK_QOS の数は最大 8 個だと定義してあるので、ここで、何らかの基準で 8 個を選択することになる。ここではポリシーを設けて 8 個を選択している。

2.3.4 具体例

LINK_QOS = (L_PRI L_PPS L_DLY) とする。

今、LINK_QOS の列 α 、 β をそれぞれ $\alpha = \{(0,10,20), (1,7,10), (3,4,30)\}$ 、 $\beta = \{(1,8,15), (2,13,7)\}$ とする。このとき下限 $\alpha \cap \beta$ は以下のように計算できる。

$$\begin{aligned}\alpha \cap \beta &= \{(0,10,20) \cap (1,8,15)\} \\ &\quad \cup \{(1,7,10) \cap (1,8,15)\} \\ &\quad \cup \{(3,4,30) \cap (1,8,15)\} \\ &\quad \cup \{(0,10,20) \cap (2,13,7)\} \\ &\quad \cup \{(1,7,10) \cap (2,13,7)\} \\ &\quad \cup \{(3,4,30) \cap (2,13,7)\} \\ &= (0,8,20) \cup (1,7,15) \cup (1,4,30) \\ &\quad \cup (0,10,20) \cup (1,7,10) \cup (2,4,30)\end{aligned}$$

となる。ここで、 $(0,8,20) \leq (0,10,20)$ 、 $(1,7,15) \leq (1,7,10)$ 、 $(1,4,30) \leq (1,7,10)$ となっているので、簡略化すると下限は $\{(0,10,20), (1,7,10), (2,4,30)\}$ となる。

3. HQLIP におけるリンク情報の変化の良し悪しに応じた広告時間間隔制限機能について

3.1 QoS ルーティングにおける問題点

QoS ルーティングにおける問題点として、リンクの状態（特に残り帯域）が資源の予約や解放によって頻繁に変動することが挙げられる。

また、リンクの状態の変動を、資源の予約や解放の度に正確にネットワーク中に伝搬させることは、大量のルーティングトラフィックをもたらすことになり、ルーターの CPU 資源を圧迫することになり得る。また、ルーティング情報が頻繁に変動することになり、安定したルーティングが行なえなくなる問題がある。

一方でルーティング情報は実際の状態を正確に反映してほしいという要求がある。ルーティング情報が正しくなければ、正常な経路計算は保証できないからである。

ルーティング情報はできるだけ（実態に即して）正確であってほしい、しかし同時にルーティング情報は安定してほしい（あまり頻繁に変動しないでほしい）、という相反する要求を満たすために、なんらかの近似のメカニズムが必要となる。

3.2 QoS リンク情報の良し悪しに対する考察

ルーティング情報として広告するリンクの QoS について、実際の状態より「良い」情報を広告すると問題が発生する。実際よりも「良い」情報をもとにルーティングに成功したとしても、実際に資源予約を行なった際に、要求する QoS を満たすことができず、QoS が保証できなくなってしまうからである。

一方、実際よりも「悪い」情報を広告しておけば、そのようなことはなくなる。また、たとえ実際よりも「悪い」情報を広告しておくことによってその経路が使えなくても、代替経路を使ってルーティングに成功することもできる。

よって、広告するリンクの情報は実際よりも「悪い」情報であるべきである。

そこで、HQLIP では、悪い方向に変化したリンクについては即座にその情報の更新を行なうが、良い方向に変化したリンクについては更新を遅らせるという方法をとる。また、その更新時刻の遅延は過去の悪くなった履歴に応じて求めることにより、頻繁にリンクの状態が良くなったり悪くなったりを繰り返さないようにしている。

3.2.1 HQLIP における仕様

HQLIP におけるリンクの善し悪しに応じた送受信時間間隔制限の具体的な仕様は以下である。

- リンクが何らかの意味で悪くなっている場合には、送受信頻度に制限はない。（つまり、即座に送信/受信を行なってよい。）また、この場合は前回と今

回のリンクのメトリック情報よりもあらゆる意味で悪いメトリック情報を作って送受信を行なう。

- リンクがあらゆる意味で良くなっている場合は、(または等しい場合は)
 - 直前の送信/受信が良くなっているものであった場合には、15 秒以上経過してから送信/受信を行なわなければならない。
 - $n+1$ 回目の送信/受信が良くなっているものであり、その後、直前の n 回 ($1 \leq n$) がすべて悪くなっているものであった場合には、それぞれの k 回前 ($1 \leq k \leq n$) の送信/受信から ($k \times 30 - 15$) 秒以上経過していないといけない。(図 2 参照。)

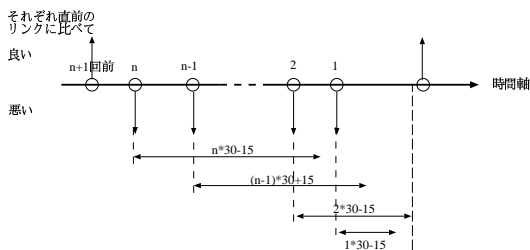


図 2 リンクの送受信に関する時間制限 (直前が悪く、かつ新しいリンクの QoS が良い場合)

4. シミュレーションによる評価実験

4.1 評価実験の概要

本研究では、HQLIP の実装である RID (Real Internet Deamon)⁴⁾ を用いて評価実験を行なう。RID のネットワークエミュレーション機能を用いることで、評価実験用のネットワークを仮想的に構築し、その上に SRSVP²⁾ (Simple Resource ReSerVation Protocol, HQLIP とともに用いることを想定して設計された資源予約プロトコル) で実際に資源の予約/解放を発生させ、ネットワークの挙動や資源予約の成功率を調べる。

本実験には 8) 等で用いられている、メッシュトポロジーと呼ばれる人工トポロジーを用いた。(図 3 にサイズが 2×2 のメッシュトポロジーを示す。)

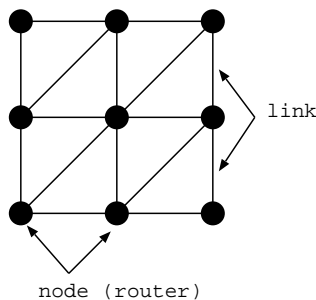


図 3 2×2 のメッシュトポロジー

評価実験で用いる資源予約/解放は、電話のような 1 対 1 双方向での使用を想定した。各ノードでの発生時間間隔や持続時間は指数分布に、相手のノードの選択は一様分布にしたがってフローを発生させた。

リンクのメトリック情報の広告の時間間隔制限には次の 3 つをそれぞれフローの平均発生間隔を変化させて比較した。

immediate リンクのメトリック情報が変化したら常にそれを即座に広告する。

constant リンクのメトリック情報の広告に一定時間 (ここでは 15 秒) 以上の間隔を設ける。なお、この方法は広告のインターバル区間においてルーティング情報の変化に追従できず、多くの誤った経路制御を行なう原因となるが、ルーティング情報のトラフィック量の参考値としてここでは用いる。

hqlip HQLIP の仕様にしたがって、リンクのメトリック情報の変化の良し悪しに応じた時間間隔制限を設ける。

hqlip5 HQLIP の仕様にしたがって、リンクのメトリック情報の変化の良し悪しに応じた時間間隔制限を設ける。ただし、リンクのメトリック情報が連続して悪くなった場合に広告を遅延させるパラメータを、もともとの 30 秒から 5 秒に変えたもの。

4.2 実験結果

各リンクの帯域を 20000pps と少なめにとった際の、それぞれのノードにおけるフローの平均発生間隔に対するルーティング情報のトラフィック量のルーター毎の平均を図 4 に、資源予約の成功率を図 5 に示す。また、各リンクの帯域を 80000pps と多めにとった際の、それぞれのノードにおけるフローの平均発生間隔に対するルーティング情報のトラフィック量のルーター毎の平均を図 6 に、資源予約の成功率を図 7 に示す。

実験の結果、リンク情報の広告を常に即座に行なうような場合 (先の immediate)、どちらの場合でも、フローの発生が多くなるにつれてルーティング情報のトラフィック量が抜きん出て大きくなってしまふことが分かる。また、ルーティングトラフィックと資源予約の成功率のトレードオフという観点からも、リンク情報の広告を常に即座に行なうことは必ずしも優れていないことが分かる。

また、リンク情報の変化の良し悪しに応じて広告に時間制限を用いる手法 (hqlip, hqlip5) は、即座に広告を行なうような場合に比べて十分ルーティングトラフィックを小さくすることが示された。

資源予約の成功率に関しても、パラメータを調整すれば (hqlip5) 良し悪しに応じて広告に時間制限を用いる手法は、即座に広告する場合に比べて同程度の結果を出しており、トラフィックと予約の成功率のトレードオフの観点からも即座に広告を行なう場合に比べて

優れていることが分かる。

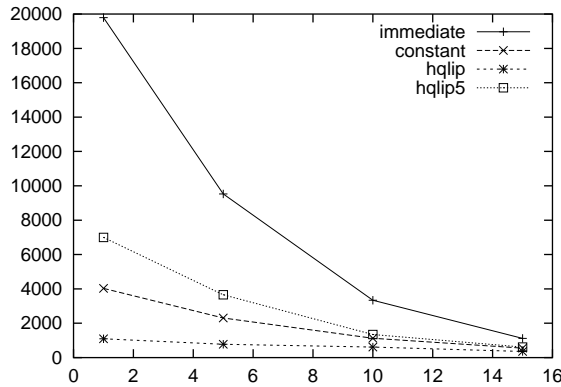


図 4 各リンクの帯域が 20000pps のときの、それぞれのフロー平均発生間隔 (秒) におけるルーティングトラフィック

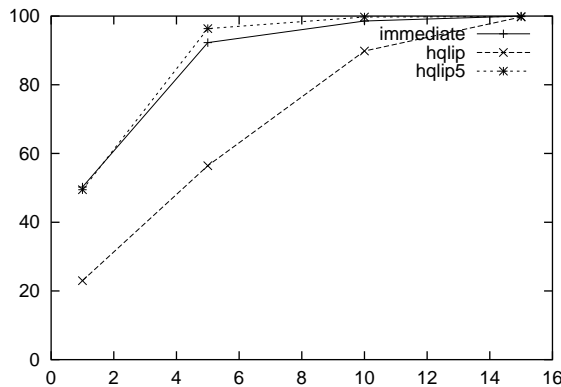


図 5 各リンクの帯域が 20000pps のときの、それぞれのフロー平均発生間隔 (秒) における資源予約の成功率

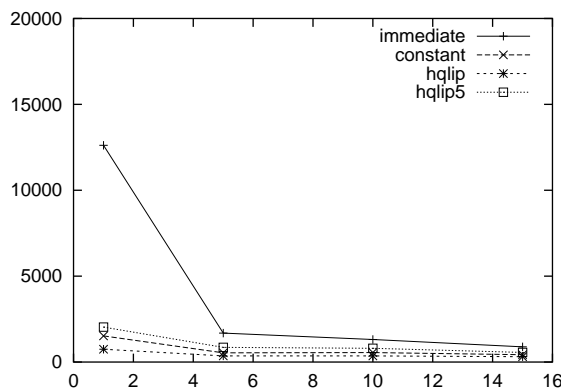


図 6 各リンクの帯域が 80000pps のときの、それぞれのフロー平均発生間隔 (秒) におけるルーティングトラフィック

5. 結 論

本研究では、QoS ルーティングにおいて、ルーティング情報のトラフィック量を抑え、予約の成功率を達

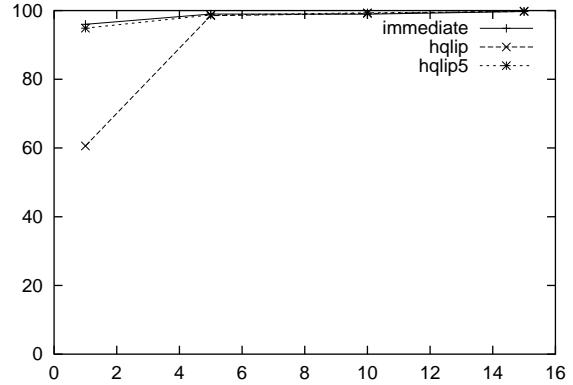


図 7 各リンクの帯域が 80000pps のときの、それぞれのフロー平均発生間隔 (秒) における資源予約の成功率

成する手法として、メトリック情報の変化の良し悪しに応じて異なった広告に時間制限を設けるという手法を取り上げ、その有用性をシミュレーション実験によって調べ、その有用性を確かめた。また、そのために必要となる、一般にはスカラー値にならない QoS メトリック情報の間の良し悪しの定義も与えた。

今後は (QoS 要求も含めた) 様々なフローのパターンやトポロジーに対して、本手法を適用し、必要に応じて閾値を設ける手法と組み合わせて、本手法のパラメータと結果の関連性に調べていく予定である。

参 考 文 献

- 1) Ohta, Fujikawa, "Hierarchical QoS Link Information Protocol(HQLIP) draft" <http://www.real-internet.org/draft/draft-ric-hqlip-j-04.txt>
- 2) Fujikawa, Sheng, Goto, "Simple Resource ReSerVation Protocol(SRSVP) draft" <http://www.real-internet.org/draft/draft-ric-srsvp-j-05.txt>
- 3) Fujikawa, "Service Specification(SS) draft" <http://www.real-internet.org/draft/draft-ric-ss-j-01.txt>
- 4) Real Internet Daemon <http://www.kyoto.transnt.com/rid/>
- 5) Moy, J., "OSPF Version 2", STD 54, RFC 2328, April 1998.
- 6) E. Crawley, R. Nair, B. Rajagopalan, H. Sandick, "A Framework for QoS-based Routing in the Internet", RFC 2386, August 1998
- 7) G. Apostolopoulos, D. Williams, S. Kamat, R. Guerin, A. Orda, T. Przygienda, "QoS Routing Mechanisms and OSPF Extensions", RFC 2676, August 1999
- 8) G. Apostolopoulos, R. Guerin, and S. Kamat, "Implementation and performance measurements of QoS routing extensions to OSPF", In Proceedings of INFOCOM'99, pages 680-688, New York, NY, March 1999.