

ラベルスイッチングにおける ラベルディストリビューションプロトコルの評価

仙波 伸広[†] 西村 浩二[‡] 相原 玲二[‡]
[†]広島大学大学院工学研究科 [‡]広島大学総合情報処理センター

IP スイッチをはじめとする様々なラベルスイッチングは VPI/VCI などのラベル配布方式によってデータ駆動方式とトポロジー駆動方式に大別できる。前者はショートカットパスを作る際の設定遅延が、後者はラベルの資源不足が問題となる。本稿では両方式を併用し、協調させることによってお互いの長所を採り入れたラベルスイッチングのためのラベル配布プロトコルを提案する。

キーワード: ラベルスイッチング, ラベル配布プロトコル, ルーティング, ATM ネットワーク

Estimation of a Label Distribution Protocol for Label Switching

Nobuhiro Senba[†], Kouji Nishimura[‡] and Reiji Aibara[‡]

[†] Graduate School of Engineering, Hiroshima University

[‡] Information Processing Center, Hiroshima University

Label switching technology such as IP Switching has two kinds of label distribution policies. One is Topology Driven label distribution and the other is Data Driven. The former has a problem of scalability which comes from limited label resources. On the other hand the later tends to have a big latency when a short-cut path is set up. In this paper we propose a Label Distribution Protocol (LDP) for hybrid label switching in order to overcome these problems.

keywords: Label Switching, Label Distribution Protocol, Routing, ATM Network

1 はじめに

Ipsilon の IP Switch[1] をはじめとして東芝の CSR[2]、Cisco の Tag Switching[3]、IBM の ARIS[4] など多種多様なレイヤー 3 スイッチング方式が続々と登場している。このような状況下、IETF がワーキンググループを設立して標準化をすすめているラベルスワッピングに基づいたレイヤー 3 スイッチング方式は MPLS(Multiprotocol Label Switching)[5][6] と呼ばれている。

MPLS ではネットワーク層のルーティング情報を利用して特定のデータストリームにラベルを割り当て、それをもとにショートカットパス (LSP: Label Switched Path) を作成し高速なスイッチング転送を行なう。MPLS に参加するノードは LSR(Label Switching Router) と呼ばれ、ATM-LSR はルーティング機能とスイッチング機能を持つ (図 1)。通常のルータとしてホップバイホップ転送を行な

うが、対応する LSP が存在すればショートカット転送をおこなう。隣接する LSR はお互いにラベル情報を交換する。交換にはラベル配布プロトコル (LDP: Label Distribution Protocol) を用いる方法がある。

これまでに登場しているラベルスワッピングに基づいたレイヤー 3 スイッチは駆動方式によって大別される [5]。トラフィックを検出してリアルタイムにパスを設定するデータ駆動方式 (IP Switch, CSR など)、ネットワークのルーティング情報をもとにパスを設定するトポロジー駆動方式 (Tag Switching, ARIS など)、RSVP のような資源予約プロトコルを利用するリクエスト駆動方式がある。それぞれの方式に長所、短所があり、MPLS にはこれらを組み合わせたものが検討されている。

本稿ではトポロジー駆動で設定したパスの経路情報をデータ駆動のときに利用することで両方式を使い分けることを考えたラベルスイッチング方

- Premium Path

standard path と類似の VC で QoS 保証のあるもの。動的に設定される。

3.3 バスの選択

提案方式では特定のトラフィック (src,dst,port などの組で指定) に対して QoS の保証された premium バスを与えることができる。これによりきめ細かなサービスをユーザに提供することができる。図 3 にバスの選択の例を示す。

egress	分類法	バス	ラベル
LSR3	dstがx or y	Premium 1	L1
	dstがz	Premium 2	L2
	srcがa	Premium 3	L3
	(src,dst)が(a,x)	Premium 4	L4
	(src,dst,port)が(b,y,p)	Premium 5	L5
	それ以外	Standard	L0

図 3: バスの選択の例

ショートカットバスの選択は ingress-LSR がおこなう。例えば図 3 の条件下で宛先アドレスが x であるパケットが LSR1 に入ってきた時のバスの選択の手順は以下ようになる。

1. パケットが ingress LSR (LSR1) に到着
2. 宛先 IP アドレスは x である
3. ルーティング情報から x に対する egress は LSR3 であることがわかる
4. テーブルを参照してバス (Premium1) を決定する
5. 決定したバスを用いてパケットを転送する

3.4 egress の決定

LSR は初期化後、まずルーティングテーブルにエントリされている宛先アドレス (Q-ADDRESS) のすべてについて egress を決定する。次の 2 つのメッセージを用いる。

QUERY_EGRESS

ingress-LSR が Q-Address についての egress を決定するためのメッセージ。通過してきた LSR の Router-ID のシーケンス (Router Path)、ホップカウント (HC) を保持する。

REPLY_EGRESS

ingress-LSR に Router-Path と HC を通知するためのメッセージ。Router-Path の最後が egress-LSR となる。

[egress node 決定アルゴリズム]

1. egress を決定するため ingress-LSR は Q-Address をもとにルーティングテーブルから next hop を参照する。Router-Path に自分の Router-ID をセットして next hop LSR に QUERY_EGRESS メッセージを送る。

2. QUERY_EGRESS を受けとった LSR は Q-Address をもとにルーティングテーブルを参照し、次の条件が満たされているかどうかをみる。

(egress であるための条件)

- ある LSR について Q-Address に対する next hop は LSR ではない
- ある LSR について Q-Address に対する next hop は自 AS の外にある (自分が AS 境界ルータの場合)

このどちらかが当てはまる時、その LSR は egress である。

3. QUERY_EGRESS を受けとった LSR はどちらか一方でも条件が満たされれば自分は与えられた Q-Address に対する egress-LSR であると判断し、Router Path に Router-ID を追加して ingress-LSR に REPLY_EGRESS メッセージを送る。

4. いづれの条件も満たされなければその LSR は自分を与えられた Q-Address に対する egress-LSR ではないと判断し、Router-Path に自分の Router-ID をセットして next hop に対して QUERY_EGRESS を送る。

5. egress が見つかるか、ホップ数が規定値を越えるまで 2、3 を繰り返す。

例として LSR1 が egress を決定する場合を図 4 に示す。

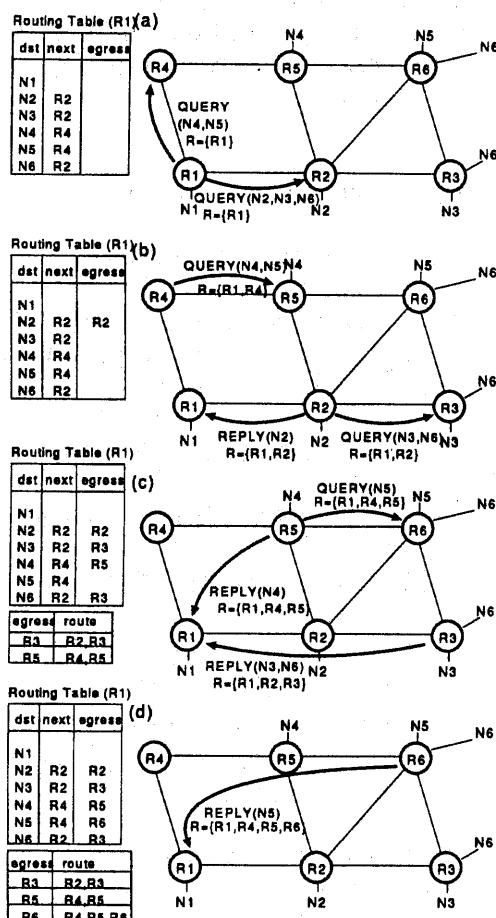


図 4: egress の決定

3.5 バスの設定

提案方式では egress-LSR を決定する過程で通ってきたルート上にあるルータの Router-ID を ingress-LSR が保持しておき、ショートカットバスを設定する時にこの情報を利用する。バスを管理するために LSR がもつ情報は図 5 のようになる。

Table1 は自分が ingress として設定するショートカットバスの情報を保持する。R-Path フィールドは可変長で egress までの Router-ID を保持する。Hop Count はショートカットしたパケットに TTL を反映させるためのものである。Timer はバスのタイマを示す。Table2 は自分以外が設定したバスを中継するためのもので、R-Path のかわ

りに ingress, next hop, egress の Router-ID をもつ。両テーブルに共通のものとしてバスの状態を示す state、使用するラベルを示す label(in,out)、standard か premium かを示す class をもつ。

Table 1 (ingress)

R-Path	hop count	state	label (in)	label (out)	class	timer
--------	-----------	-------	------------	-------------	-------	-------

Table 2 (intermediate)

ingress	next hop	egress	state	label (in)	label (out)	class
---------	----------	--------	-------	------------	-------------	-------

図 5: バスの管理テーブル

バスの設定には次の 4 つのメッセージを用いる。

TRIGGER

特定の LSR に対して REQUEST メッセージを出すように促すメッセージ。REQUEST を出すべき LSR の Router-ID, ingress, egress, QoS 情報などを含む。

REQUEST

下流ノードに対してラベルを割り当てるように要求する。ingress, egress, QoS 情報、使用できるラベルの候補を含む。

BIND

割り当てたラベルを上流ノードに通知する。

CONNECTED

入力側と出力側のラベルの割当てが完了したことを ingress に通知する。

バスの設定は以下のような手順で行なわれる (図 6)。

1. ingress-LSR は next hop から egress の一つ前までの各 LSR に TRIGGER メッセージを出し、直接トリガをかける。
2. トリガのかかった LSR は next hop に対して REQUEST メッセージを出す。
3. REQUEST を受けた LSR はラベルを選択し、BIND メッセージによってリクエストを出した LSR に知らせる。

4. 入力側と出力側のラベルが決まるとその LSR はスイッチを設定し CONNECTED メッセージを ingress に送る。
5. ingress が TRIGGER を送ったすべての LSR から CONNECTED を受けるとバスの設定は完了する。

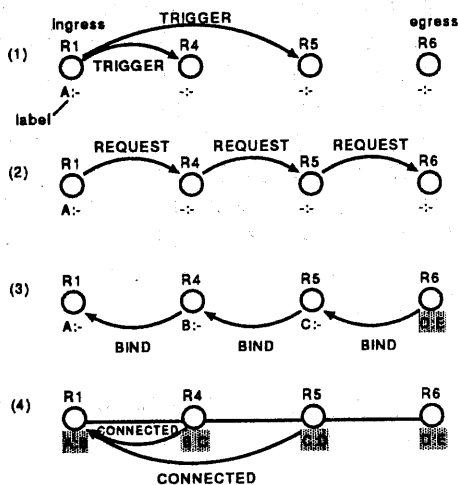


図 6: バスの設定手順

この方式では ingress が TRIGGER メッセージを送るときに経路上にショートカットバスがなければホップバイホップで送られる。ショートカットバスが存在する場合はそれを利用して直接 (ルーティング処理を行わずに) 目的の LSR まで送られる。

例として R1 から R5 へショートカットバスを設定する場合を考える (図 7)。R1 から出された R4 への TRIGGER は、R1 から R4 へのショートカットバスが存在しないので next hop である R2 に送る (ホップ)。R2 から R4 へはすでにショートカットバスが設定されているのでこれを利用して送る (ジャンプ)。このように、すでに設定されているショートカットバスを利用することで新たなバスを設定するときに途中のルーティング処理を省略することができるので、オンデマンドでバスを設定する際に有効である。

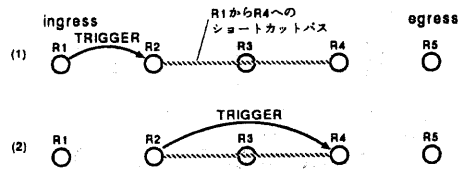


図 7: ホップアンドジャンプ

3.6 バスの解放

バスが使用されなくなってタイムアウトした場合や、経路を変更する時にバスを解放する。手順としては ingress-LSR が RELEASE メッセージをホップバイホップで送って上流から順に解放する。途中のノードがダウンした場合はそれを検出した LSR が ingress に通知して解放を要求する。

3.7 バスの再設定

ingress-LSR は経路が変更されたことを知るとバスの再設定を行なう。図 8 にその例を示す。

1. R1 から N6 へのルーティングが {R1,R2,R3} から {R1,R2,R6} に変更されたとき、R2 は N6 への next hop が R3 から R6 へ変更されたので、ルーティングの変更を知らせる NOTIFICATION メッセージを ingress に送る。R1 は N6 へのショートカットを直ちに中止する。
2. R1 は N6 への egress を決め直す。新たな egress は R6 となる。
3. 一定時間 NOTIFICATION を受けとらなかった場合ルーティングは収束したものとみなし、R6 へのバスを設定する。必要ならば以前のバスを解放する。
4. N6 へのデータは新しいバスを使って転送する。

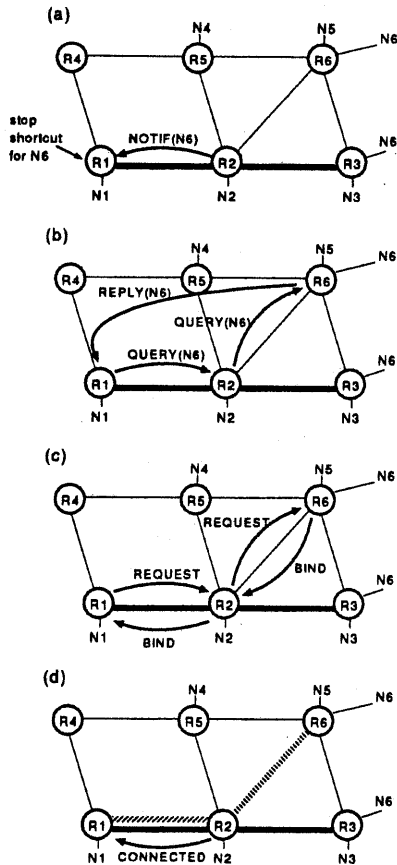


図 8: パスの再設定の例

4 考察

ショートカットパスを設定する時の遅延を考える。ingress が n ($1 \leq n \leq N-1$: N は ingress から egress までのノード数) ホップ目に TRIGGER をかけるのにかかる時間を考える。簡単のためにコントローラ部における処理時間を r 、ケーブルやスイッチにおける遅延を c とするとすべてホップバイホップで転送した場合の遅延時間は

$$d_h = nr + nc$$

である。ジャンプ一回で転送した場合は

$$d_j = r + nc$$

である。CONNECTED が返ってくるまでの遅延時間も同様である。REQUEST を出してから

BIND が返ってくるまでの遅延を b とすると、パスの設定にかかる時間は Worst Case で $2d_h + b$ 、Best Case で $2d_j + b$ である。その差は $2d_h - 2d_j = 2(n-1)r$ となる。すなわち提案方式では往復で最大 $2(n-1)r$ の遅延が省略できる。張りたいパスが長いほど、またルータ部の負荷が高いほど効果が大きいと思われる。欠点としてはメッセージの交換により多くの帯域を必要とすることである。

5 おわりに

ATM におけるラベルスイッチングのためのラベル配布プロトコルを提案した。提案方式はトポロジー駆動とデータ駆動を使い分けることでラベル資源を効率良く使うことができるラベルスイッチングネットワークを提供することができる。また、パスを設定する際の遅延を抑えることができる。

現在、ATM スイッチとワークステーションによる提案プロトコルの実装を検討中である。実装後はパスの設定速度とスループットを計測し評価する予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたって御指導頂いた広島大学工学部の阿江忠教授に深く感謝致します。

参考文献

- [1] P. Newman et al., Ipsilon Networks Inc, "IP Switching: ATM Under IP", IEEE/ACM Transactions on Networking, 1996.
- [2] Y. Katsube et al. "Toshiba's Router Architecture Extensions for ATM: Overview", RFC 2098, Feb. 1997.
- [3] Y. Rekhter, et al. "Cisco System's Tag Switching Architecture Overview", RFC 2105, Feb. 1997.
- [4] A. Viswanathan, N. Feldman, R. Bovie, R. Woundy, "Aggregate Route-Based IP Switching (ARIS)", Internet-Draft, IBM Corp, Mar. 1997.
- [5] R. Callon, et al. "A Framework for Multiprotocol Label Switching", Internet-Draft, Jul. 1997.
- [6] Eric C. Rosen et al. "A Proposed Architecture for MPLS", Internet-Draft, Aug. 1997.
- [7] Zheng Wang et al. "Scalability Issues in Label Switching over ATM", Internet-Draft, July 1997.