

# 次世代ルータ基盤技術 —ラベルスイッチ技術と品質制御技術—

江崎 浩

東京大学 大型計算機センター

(概要)

ラベルスイッチ技術は、現在、IETFのMPLSワーキンググループにおいて標準化が進められている技術で、高性能・高機能の packets 転送を実現する。ラベルスイッチ技術では、IP packets 流に対して固定長のラベルを割り当て、割り当てた固定長ラベル情報を用いて、packets の転送処理を行う。固定長ラベルのスイッチングをハードウェアモジュール(e.g., ATMスイッチモジュール)などを用いて高速大容量の packets 処理を実現することができる。さらに、品質制御(QoS/CoS)をルータ内およびネットワークレベル(QoS/CoSを意識したラベルスイッチパスの形成)で容易に実現することができる。

キーワード: ラベルスイッチ、LSR、QoS、CoS

## Label Switching Technology and Quality of Service For Next Generation Internet Infrastructure

Hiroshi Esaki, Ph.D,

Computer Center, The University of Tokyo

(Abstract)

Label Switching Technology can provide high speed and large capacity packet switching for the next generation internet infrastructure, and has been standardized at the MPLS working group in the IETF. In the label switch system, an IP flow is mapped with a corresponding fixed length label, that is used for a packet forwarding information. When we use a module to be able to handle such a label in hardware, we can achieve high speed and large capacity packet switching. Also, with label switching, it is far easier to achieve QoS/CoS oriented service.

Keywords ; Label Switching, LSR, QoS, CoS

## 1. ラベルスイッチルータ技術の概要

インターネットおよび計算機技術の急速な発展により、インターネットが処理しなければならないパケット量は、指数関数以上の速度で増加している。ラベルスイッチ技術は、現在、IETFのMPLS(Multi-Protocol Label Switching)ワーキンググループにおいて検討が進められている技術で、高性能・高機能のパケット転送を実現することができる。ラベルスイッチ技術を適用したルータ(ラベルスイッチルータ; LSR)では、IPパケット流に対して固定長のラベルを割り当て、割り当てた固定長ラベル情報を用いて、パケットの転送処理を行う。固定長ラベルとしては、データリンクヘッダ内の情報(例えば、ATMにおけるVPI/VCI値、あるいは、フレームリレーにおけるDLCI値)を用いる方法と、データリンクヘッダとIPヘッダの間にシムタグフィールド(Shim Tag Field; 図1参照)と呼ばれる固定長ラベルを書きこむことのできるヘッダを挿入する方法の2つの方法がある。固定長ラベルのスイッチングをハードウェア処理などの方法を用いて高速処理可能なモジュールを用いることができれば、従来のソフトウェアによるパケット処理に比べて、高速大容量のパケット処理を実現することができる。代表的なラベルスイッチルータの実装として、タグスイッチ[RFC2105]やセルスイッチルータ(GSR)[RFC2098]が上げられる。これらは、固定長のラベルとして、VPI/VCI値を用いており、ATMスイッチで使用されているセルスイッチモジュールを、ラベルスイッチモジュールとして使用することで、高速大容量のパケット処理を実現している。

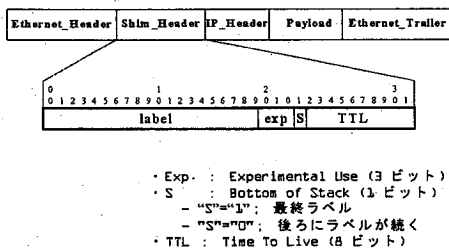


図1. シムヘッダフォーマット

ラベルスイッチ技術を適用するためには、IPアドレス情報を固定長ラベルにマッピングする必要があり、このマッピング情報を隣接LSR間で共有する必要がある。ラベルに対応させるIPパケット流としては、個別のアプリケーションフロー(例えば、動画フロー)のような細かなフローから、宛先ネットワーク(Network Address Prefix)が同じパケット流のような集約(Aggregate)されたフローまで、さまざまの集約度・粒度のパケット流に対して、ラベルを割り当てることができる。パケット流の集約はシステムの大規模化のために必要であり、一方、個別パケット流へのラベルの割り当てはユーザあるいはアプリケーションごとの細かな品質制御のために必要となる。ラベルスイッチシステムでは、ラベルにマッピングするパケット流を、FEC(Forwarding Equivalent Class)と呼ぶ。ラベルスイッチシステムでは、LSR間で、FECとラベルのマッピングを確立するためのプロトコルが新たに必要となる。IETF MPLSワーキンググループでは、これをLDP(Label Distribution Protocol)と呼んでいる。上述のLSRの例では、タグスイッチではTDP(Tag Distribution Protocol)が、GSRではFANP(Flow Attribute Notification Protocol)[RFC2129]が適用されている。

図2に、セルスイッチモジュールを用いたLSRシステムにおけるパケット転送の概念図を示した。LDPにより、ラベル(VPI/VCI値)とFECのマッピングが確立すると、IPアドレスを用いてパケット転送(図中ではDefault VCを用いたパケット転送)を行う必要がなくなり、IPアドレスのルーティングエントリを検索することなく、ラベル情報(VPI/VCI)のみでパケット転送を行うことができるようになる。ラベルを用いてパケット転送を行うことのできる経路(パス)を、ラベルスイッチパス(LSP; Label Switched Path)と呼ぶ。

基本的に(Explicit Routing Option以外)、LSPは、ルーティングプロトコルが指示する経路と常に同一である。したがって、経路の変更が発生した場合には、エンドエンドのアプリケーションが継続中でも、自動的に、LSPは新しい経路と同じ経路に変更される。

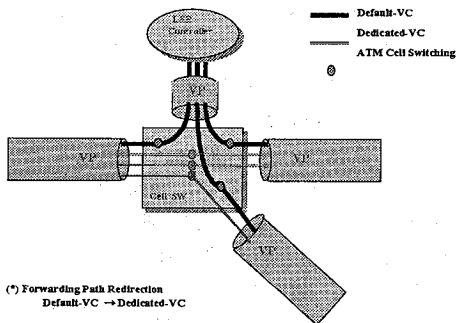


図2. セルスイッチモジュールを用いた LSRシステム概念図

既存のルータでは、ユーザデータパケットの転送処理とネットワークの制御機能処理(例えばルーティングプロトコル処理)とを、共通のプロセッサを用いて実行するのが一般的で、ユーザパケットの増加により、プロセッサが過負荷状態に陥り、ネットワーク制御機能が適正に動作しなくなる場合があった。しかし、LSRシステムでは、ユーザパケット処理とネットワーク制御機能処理を分散して処理することが可能となり、より信頼性の高いルータシステムを構築できる。

LSPを確立する契機としては、次の4つのものが定義されている。

(1) データドリブン

実際のパケットの到着を契機に、LSPの確立を行うかどうかをオンディマンド判断する。

(2) 制御メッセージドリブン

(i) トポロジードリブン

ルーティングプロトコルで得られるネットワークのトポロジー情報(ネットワークアドレス情報あるいはボーダルータアドレス)をもとに、LSPの確立を行う。

(ii) 予約メッセージドリブン

RSVP(Resource ReSerVation Protocol)のような、資源予約用の制御メッセージをネットワークに通知するパケット流に対して、資源予約制御メッセージ(例えば、RESVメッセージ)を用いてLSPの確立を行う。なお、ラベルとFECのマッピングを、資源予約制御メッセージに相乗り(Piggy Back)させることも可能である。

(3) エンジニアリングドリブン

ネットワークの良好な運用のために、手動設定により、特定の packets 流に対してLSPの設定を行う。LSPの確立により、同一宛先への複数の経路を容易に作りだすことができるようになる。LSPの確立の方法には、ルーティング制御が指示する経路と同じにする方法と、絶対経路(Source RoutingあるいはExplicit Routeと呼ぶ)を指定する方法とがある。複数の経路を提供する目的としては、以下の2つのものがあげられる。

(i) 負荷分散

OSPFなどでは、同じコストの経路についてのみ複数の経路を提供することができるが、複数の経路に負荷を良好に分散させることは容易ではない。また、複数の経路を提供可能なのは、同じコストの経路が存在するときのみであり、一般的には、1つの宛先に対して、唯一の経路しか提供されない。複数の経路にパケットを分散させることで、中継ノードでのパケット処理の分散を行うことができる。

(ii) CoS(Class of Service)/QoS(Quality of Service)提供

ノード間に複数の経路を提供し、各経路に対して、特定のCoS/QoSを提供することができるので、より容易に、同じ宛先に対して、異なるCoS/QoS品質を提供することができる。

## 2. ラベルスイッチ技術の拡張

ラベルスイッチ技術は、高速・大容量パケット処理機能の実現だけでなく、以下に述べるような機能を提供することができる。

(1) VPN(Virtual Private Network)機能

LSPの中では、各IPパケットのIPアドレスを用いてパケットの転送処理を行わないので、LSPを用いて転送されるIPパケット流のIPアドレス(送信元IPアドレス、宛先IPアドレス)は、必ずしも、グローバルなIPアドレスである必要がなくなる。すなわち、図3に示しましたように、プライベートIPアドレスを用いた同じVPNに属する複数のサイトを、アドレス変換なしに、相互接続

することが可能となる。なお、ルーティングプロトコルは、IPv6への対応や、IP以外のプロトコルへの対応のために、マルチプロトコル対応化が行われており(OSPFv2やBGP4+など)、各VPNごとに異なるネットワークプロトコルを用いていると定義することで、プライベートIPアドレスを用いたインターネット上での経路制御を実現することができる。いったん、プライベートIPアドレスを用いて経路が決まった後は、LSPにより、IPアドレス(プライベートIPアドレス)を用いず、ラベル情報(例えばVPI/VCI値)を用いて、プライベートアドレスを持ったIPパケットを、インターネット上で転送することができるようになる。

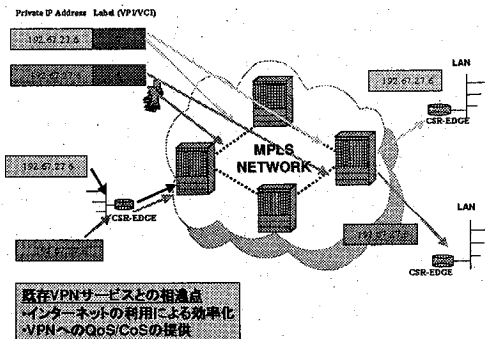


図3. ラベルスイッチ技術を用いた新しいVPNの提供

## (2) 通信品質制御

ラベルスイッチを適用したネットワークは、LDPを適用するコア部分にあるコアルータと、既存のネットワークとコア部分の境界に存在するエッジルータから構成される。エッジルータは既存のラベルスイッチ技術を適用していないネットワークと、ラベルスイッチ技術を適用したネットワークの間を相互接続する境界ルータとなる。このネットワーク構成は、通信品質の提供を行うDifferentiated Serviceのネットワークアーキテクチャモデルとほぼ同じである。Differentiated Serviceネットワークも、エッジルータという概念を持っており、エッジルータにより、CoS/QoS提供のための制御(DSビットの制御)を行う。

Differentiated Serviceネットワーク内のすべてのルータは、DSビットを用いてパケットの転送スケジューリングを行う。

ラベルスイッチ技術とDifferentiated Serviceを融合することで、コアルータでのパケット転送のスケジューリング処理を、より、簡素化、大容量化、高速化することができるようになる。図4に、ラベルスイッチ技術が、現在の典型的なISPネットワークに適用された場合の構成を示した。POP(Point Of Presence)ルータが、Differentiated Serviceおよびラベルスイッチ技術的にエッジルータとなり、コアネットワークでは、ラベルスイッチ技術が適用され、ラベルにDifferentiated ServiceのDSビットにより処理ポリシーの指示がマッピングされることで、高速大容量のDifferentiated Serviceの提供が可能となる。

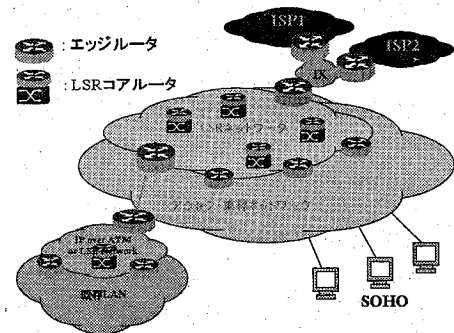


図4. ラベルスイッチ技術と Differentiated Service

## 3. むすび

ラベルスイッチ技術は、高性能および高機能のパケット転送を実現する。ラベルスイッチ技術の導入により、新しいVPNサービス機能を提供することができるとともに、品質制御(QoS/CoS)をルータ内およびネットワークレベル(QoS/CoSを意識したラベルスイッチパスの形成)で容易に実現することができる。

## 参考文献

- [RFC2098] Y. Katusbe, K. Nagami, H. Esaki :  
"Toshiba's Router Architecture  
Extensions for ATM : Overview", IETF  
RFC2098, Feb., 1997.
- [RFC2129] K. Nagami, Y. Katsube, Y. Shobatake,  
A. Mogi, S. Matsuzawa, T. Jinmei, H. Esaki :  
"Toshiba's Flow Attribute Notification  
Protocol (FANP) Specification", IETF  
RFC2129, April, 1997.
- [RFC2105] Y. Rekhter, B. Davie, D. Katz,  
E. Rosen, G. Swallow "Cisco Systems's  
Tag Switching Architecture Overview",  
IETF RFC2105, Feb., 1997.
- [TDP] P. Doolan, B. Davie, D. Katz, Y. Rekhter,  
E. Rosen : "Tag Distribution Protocol",  
IETF Internet-Draft, draft-doolan-tdp-  
spec-00.txt, September, 1996.
- [VCID] K. Nagami, N. Demizu, H. Esaki, P.  
Doolan, "VCID Notification over ATM  
link", IETF Internet-Draft, draaft-  
ietf-mps-atm-vcid-02.txt, Aug., 1998.