

## MPLS ネットワークのトラフィック収集方式と管理の一検討

小池 統<sup>†</sup> 本間 靖<sup>†</sup> 老松 敏雄<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NTT ネットワークサービスシステム研究所 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

E-mail: <sup>†</sup> koike.osamu@lab.ntt.co.jp, honma.yasushi@lab.ntt.co.jp, oimatsu.toshio@lab.ntt.co.jp

**あらまし** 本稿では MPLS 技術を適用した帯域管理されたネットワークにおけるトラフィック測定機能と収集データの活用について提案する。インタフェース単位のほか、帯域設計法やルータの機能によっては LSP 単位、キュー単位までトラフィック収集が可能であり、それらの必要性についての検討を行った。また、SNMP/MIB、Telnet/CLI を使った収集方式とルータの負荷への考慮についても検討を行った。MPLS ネットワークの品質管理を行うとき、インタフェース単位の収集では、ネットワーク内で発生したパケット廃棄などの障害をインタフェース単位でしか特定できないが、LSP 単位のトラフィックを測定することにより、帯域保証したサービス毎 (LSP 単位) にデータ収集・分析を行えることから、サービスレベルでの品質管理が容易となる。また、LSP トラフィック測定の結果を帯域設計にフィードバックさせることにより、LSP 単位で適正な帯域設計を行うことが可能になる。

**キーワード** MPLS 技術, LSP トラフィック, 帯域保証

## A study of the traffic collection system and management of MPLS network

Osamu Koike<sup>†</sup> Yasushi Honma<sup>†</sup> and Toshio Oimatsu<sup>†</sup>

<sup>†</sup> NTT Network Service Systems Laboratories 3-9-11 Midori-cho, Musashino-shi, Tokyo, 180-8585 Japan

E-mail: <sup>†</sup> koike.osamu@lab.ntt.co.jp, honma.yasushi@lab.ntt.co.jp, oimatsu.toshio@lab.ntt.co.jp

**Abstract** This paper proposes traffic measurement functions, and practical use of collection data in the network by which bandwidth management was carried out with MPLS technology. We examine the necessity and the collection method about the LSP traffic and the queue traffic collection by functions that the router offered, collection of an interface unit. We also examine the influence which collection by SNMP/MIB and Telnet/CLI has to a router. When controlling the quality of IP network, in MIB collection, troubles such as packet abandonment generated in the network, can be specified only per interface. However, by measuring LSP traffic, data collection and analysis are attained for every service (LSP unit) which offered the bandwidth guarantee, and quality reservation on a service level becomes easy. Moreover, It becomes possible to perform a proper bandwidth design per LSP, by the analysis result of LSP traffic measurement is fed back to a bandwidth design.

**Keyword** MPLS technology, LSP traffic, bandwidth guarantee

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

近年、IP ネットワーク上には、電子メールやファイル転送及び Web サイトのコンテンツ閲覧に加えて、音楽配信、映像配信、VoIP 等のトラフィック品質（ユーザ要求する帯域、遅延、揺らぎ、破棄の許容範囲など）に厳しいサービスのトラフィックも流通するようになってきている。このようなサービスを提供するネットワークを実現する転送方式の一つに MPLS（Multi Protocol Label Switching）転送方式がある[1][2]。MPLS ネットワークではネットワーク内を流通するトラフィック特性を考慮に入れた経路指定を行うことが可能であるため、トラフィックエンジニアリングを実現する技術として期待されている[3]。

MPLS 技術により構築したネットワークにおいて、ネットワーク管理者は、想定していたサービスレベル（帯域、遅延など）が満足されているか確認するためや、ユーザ申告等の問い合わせに対応するために、ユーザ毎の品質情報を収集、分析することが必要となる。また、定期的にトラフィック測定を実施し、測定結果から設計時の帯域予測値と実際のトラフィック量とを比較して、回線帯域や MPLS パス（以降 LSP（Label Switched Path）と呼ぶ）帯域の設計変更フィードバックすることも重要となる[4]。本稿では MPLS 技術により帯域管理されたマネージドネットワークにおける、トラフィック測定のポイントとその活用法と、複数の測定項目を収集するときの課題と解決方法について報告する。

## 2. マネージドネットワーク

### 2.1. 前提とするネットワーク

前提とするネットワークを図 1 に示す。

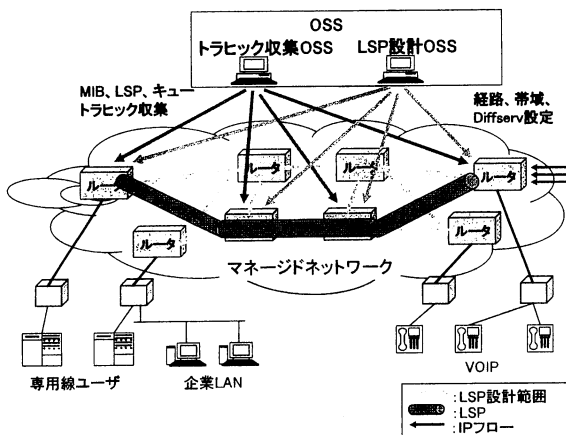


図 1 前提とするネットワーク構成

前提としているネットワークは、MPLS-Diffserv 機能を有する MPLS ルーターと、LSP 設定を集中管理する OSS（以降 LSP 設計 OSS と呼ぶ）及び LSP のトラフィック収集を行う OSS（以降 LSP トラフィック収集 OSS と呼ぶ）で構成するネットワークである。LSP 設計 OSS は、LSP の経路設計と帯域管理を一元的に行い、ユーザのサービスレベルに応じた LSP の収容設計を行うものである。

### 3. IP トラフィック測定項目とその必要性

IP トラフィック測定について、標準化されている MIB（RFC1213）によるトラフィック収集、及びルーターの機能に特化した LSP トラフィック収集、キュートラフィック収集の 3 項目について、その必要性和用途について整理した。

#### 3.1. ポート単位での MIB 収集

回線インタフェース単位のトラフィック収集は、SNMP の MIB（MIB II）によって収集できる。継続的に測定を行うことにより、ネットワークトラフィックの時間的変化の傾向を分析することができ、品質が著しく劣化する前に回線の増設や回線インタフェース種別の変更（高速化）など対処が可能となる。また、トラフィックの記録から、障害回線、障害発生時刻の特定に利用されたり、故障の回復後のトラフィック疎通状況を確認することもできる。

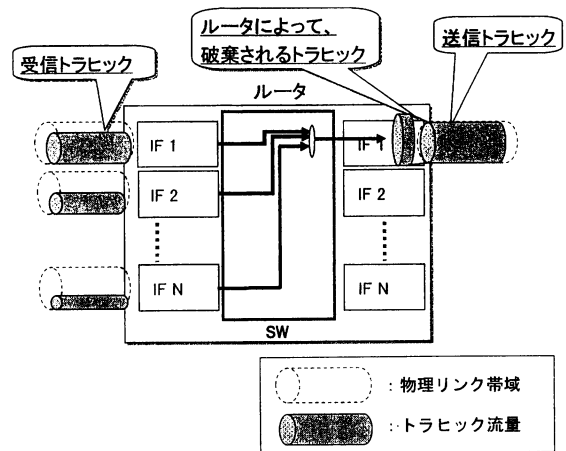


図 2 MIB によるトラフィック測定ポイント

#### 3.2. LSP 単位での収集

帯域管理されたマネージドネットワーク上で転送されるデータは、ユーザが使用するアプリケーションの特徴ごとに遅延条件やパケット損失条件などの要求が異なるため、同一インタフェース内には、サービス毎に設計した帯域が異なる LSP が収容される。回線単位の収集では、LSP 単位に

パケット転送の優先制御されたトラフィックを収集し、分析することは困難であるが、LSP 単位でトラフィック収集を行うことにより、帯域管理された LSP 毎のトラフィック特性を把握することが可能となる。一般に LSP の帯域は、ユーザ申告値によって最初設計されるが、実際にトラフィックを測定して設計値と測定値の比較することにより、申告値が適正であるか判断できる。

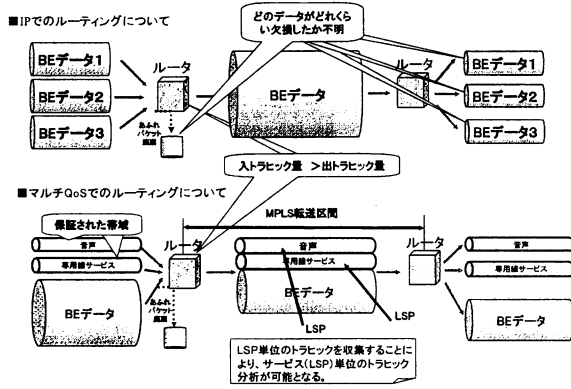


図3 IPでのルーティングとマルチ QoS ルーティング

MPLS 転送区間は LSP の始点から終点まで帯域保証されたパス上でデータ転送される。そのため、マネージドネットワークにおいて、LSP トラフィック測定を行う場合は、LSP の始点である Ingress ルータを対象に測定を行うことにより、LSP 単位のトラフィックの特性を把握することができる。図4を例にすると LSP1 のトラフィック測定ポイントは、始点から終点までの間 ①～⑫のポイントで測定が可能であるが、ルータのポーリング機能(※)により、Ingress ルータでトラフィックが保証帯域内に平準化され、MPLS 転送区間はトラフィックが流れるため、①の測定ポイントで十分となる。

※IP パケットの宛先と送信元の組み合わせや LSP ごとに入力するトラフィックの流量を監視し、その結果をパケットヘッダーづけ(IP ヘッダの TOS フィールドや MPLS パケットヘッダ内の Exp ビット)で反映及びカラーに従い、廃棄制御を行う[5]。

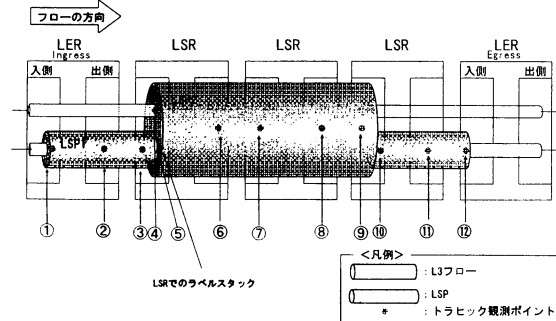


図4 LSP トラフィックの測定ポイント

### 3.3.キュー単位での収集

本来、帯域管理されたマネージドネットワークでは、リンク帯域をオーバーしないよう帯域の積み上げを行っているため、MPLS 転送区間では、パケット廃棄等は発生しない。しかし、リンク帯域以上に LSP の帯域を設計するオーバプロビジョニングを行ってしまった場合は、出側の回線でキュー単位のトラフィックを測定することにより、急激なトラフィック増によるパケット廃棄をキュークラス毎に検出することができる。これにより、該当キュークラスに収容されている LSP の収容替えを行うなどの対処ができる。キュートラフィック測定は、プロビジョニング業務を監査的に確認することに有効である。

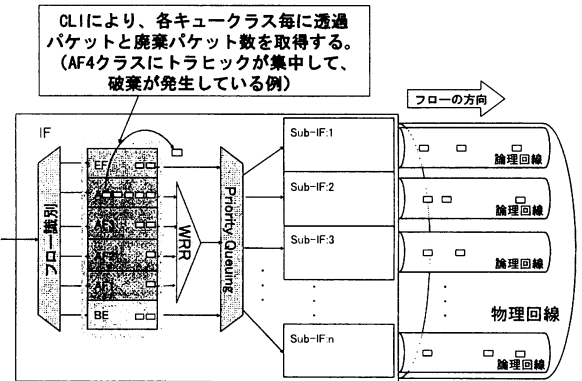


図5 キュートラフィックの測定ポイント

## 4. トラフィック収集方式

一般的に行われている回線インタフェース単位の収集に加えて、LSP 単位、キュー単位のトラフィック収集を行うことにより、収集項目単位に SNMP のリクエストや CLI によるコマンドが発行されるため、ルータ内でのコマンド競合や装置負荷が上昇することが考えられる。装置負荷を軽減させて、複数のトラフィック測定項目を欠損させることなく効率的に収集する方式について検討した。

### 4.1.ポート単位での MIB 収集方式

MIB 収集でのトラフィック測定の構成を図6に示す。SNMP ポーリングにより、MIB-II のインタフェース/サブインタフェース単位のトラフィックを対象に収集を行う。収集を行う SNMP マネージャは SNMP を使用して該当の MIB 情報を取得する。ルータから収集する MIB のトラフィックカウンタ値は下記一覧表のものである。

MIB名	カウントするトラフィック
ifInOctets	受信したパケットのオクテット数
ifInUcastPkts	受信したユニキャストパケットのハケット数
ifInNUcastPkts	受信した非ユニキャストパケットのハケット数
ifInDiscards	正常に受信したが廃棄されたパケット数
ifInErrors	障害のあった受信パケット数
ifInUnknownProtos	サポート外のプロトコルであるため 廃棄した受信パケット数
ifOutOctets	送信したパケットのオクテット数
ifOutUcastPkts	送信したユニキャストパケットのハケット数
ifOutNUcastPkts	送信した非ユニキャストパケットのハケット数
ifOutDiscards	正常に送信したが廃棄されたパケット数
ifOutErrors	障害のあった送信パケット数

取得したカウンタ値は、市販ミドルウェアにより差分計算後、ユーザの用途に合わせてデータ加工したグラフ及び帳票に出力する。

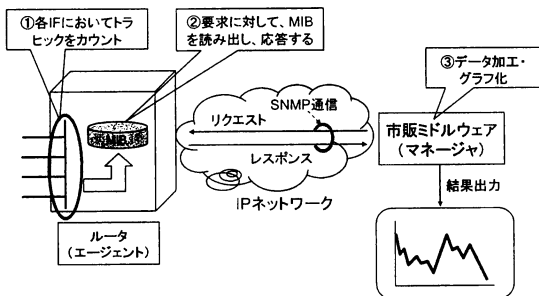


図6 MIB 収集方式

#### 4.2. LSP、キュー単位のトラフィック収集方式

LSPトラフィック収集OSSの構成を図5に示す。収集したデータの加工及びグラフ化は、市販ミドルウェアを活用して行うものとし、ルータからLSPトラフィックデータを収集する機能部について検討を行った。LSPのトラフィックMIBは標準化中であるため、ルータの仕様に基づいたCLIによりLSPトラフィックを収集する方式とした。また、収集対象の装置単位に収集プロセスをスレッド化して、複数ルータから効率的にデータ収集を行う。測定項目の拡張を考慮して、各ルータへのコマンド投入は直列化して、負荷の平準化とコマンド競合を回避する。LSPトラフィック収集OSSの仕様は以下のとおりとする。

- ① 実行管理機能がルータ単位に収集スレッドを起動し、その収集スレッドは収集対象LSPが記述されているLSP定義ファイル(CSV)に従って収集を行う。
- ② ルータ単位の収集スレッドはTelnetのCLIでLSP単位のデータを指定周期で収集し、トラフィック管理APLにデータを送る。
- ③ トラフィック管理APLにカスタマイズされたデータフォーマットだけでなく、CSVファイルも出力を行い、測定データの表示に汎用性を持たせる。

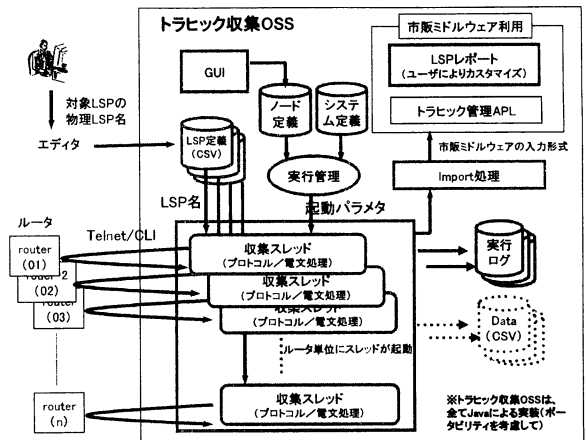


図7 LSPトラフィック収集OSSの構成

キュートラフィック収集について、4.2節図5のLSP単位のトラフィック収集OSSに機能追加を行うことにより可能とする。キュー定義ファイルを新規に追加し、測定対象のキューが実装されているインタフェースを記述する。収集スレッドは、キュー定義ファイルに従って収集を行い、LSPトラフィックとキュートラフィックは同一Telnetセッションにて収集を行う。

#### 4.3. Telnet/CLIによるトラフィック収集がルータに与える影響(負荷)について

ルータに、Telnet接続して、CLIでトラフィックを収集することはルータに負荷を与え、CPU使用率が上昇させることが確認される。LSPトラフィック収集では、CPU使用率が上昇する時間は、測定するLSP本数にほぼ比例する。

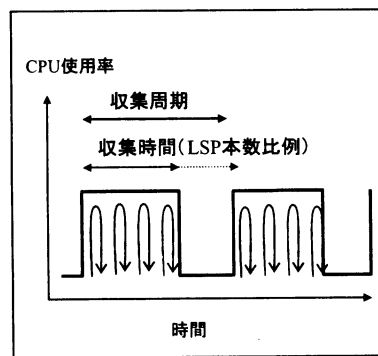


図8 LSPトラフィック測定とルータの負荷

LSPトラフィック収集が、ルータのソフト処理に及ぼす影響を検討した。MPLSルータは、データ転送自体はハード化して行っているため影響ないが、ルーティングプロトコルの処理などの依然、重要で比重が高いソフト処理への影響が考えられる。ルーティングプロトコル

に OSPF を使用している NW を一例にすると、高負荷のルータに長時間連続してトラフィック収集を行うと、Hello パケットの送信処理に遅延が発生する可能性がある。隣接ルータでは、Hello パケット受信タイムアウトを検出し、セッション断と認識して、OSPF の再計算処理が発生することが考えられる。ルータがユーザトラフィックの安定した疎通を行うためには、トラフィック収集などのマネージメントに要するルータのリソースは最小限に抑えるべきである。そのために、LSP 単位にトラフィックを収集する場合は、ネットワークの特性を理解して、必要なポイントに絞って収集することが望ましい。3.2 節で述べたとおり、帯域管理されたマネージドネットワークでは、LSP の始点である Ingress ルータのトラフィックを測定すれば、MPLS で転送している区間のトラフィック特性を把握することができるため、トラフィック測定ポイント数を絞りこむことが可能である。また、ルータの装置負荷を軽減させるために、以下の項目を検討した。

#### 4.3.1. 常時接続とポーリング時接続

Telnet 接続がルータへ与える負荷について検討を行った。ルータに Telnet 接続して、CLI によりトラフィック収集する方式は常時接続とポーリング時に接続/切断を行う 2 つの方式が考えられる。常時接続の場合は、Telnet セッションを張り続けるため、接続/切断に繰り返す方式の場合に比べ、ルータ及び OSS の Telnet 接続/切断処理に消費されるリソースが軽減される。しかし、ルータに Telnet 同時接続数の制限がある場合は、Telnet 接続で実施されるその他のオペレーション業務と競合する可能性が高くなる。ポーリング周期（時間）全体のうち、トラフィックを収集する実時間の占める割合が小さい場合は、他オペレーション業務との競合を考慮して、Telnet 接続をポーリング時に接続/切断する方式にすることが望ましいが、定期的に接続/切断の負荷が発生するデメリットがある。

#### 4.3.2. ルータ高負荷時の収集抑止

ユーザトラフィックが高くなり、データ転送処理が輻射している場合や、ルータに障害が発生して、初期化を行っている場合、トラフィック収集を行い、ルータに負荷を与えることは望ましくない。そのために、ルータの負荷が高い状態では、トラフィック収集 OSS 側で収集を停止させることを検討した。CPU 使用率を測定することにより、装置負荷を確認することができるが、測定を追加すると更に負荷がかかるため、OSS でルータの負荷を判断する指標を、ルータから受信するコマンド応答時間とした。ルータの負荷が高くなると、コマンド応答が遅くなる特性を利用して、OSS でコマンド応答遅延を検出した場合に、ルータの負荷が高くな

ったと判断し、リトライせずにその周期での収集を中断して、Telnet セッションを切断する。これにより、ルータがある程度の負荷がかかった場合、トラフィック収集 OSS は収集を停止してルータに余計な負荷を与えないようチューニングすることが可能となる。

### 5. LSP トラフィック収集データの利用（グラフ化/帳票化）

LSP トラフィック収集データの利用についての検討を行った。ルータからは、LSP 単位にポーリングにより破棄されたパケット数及び転送されたパケット数を収集する。

#### 5.1. LSP トラフィック情報レポート

ルータから収集したデータを加工して、LSP 単位にグラフ化を行う。（図 9）

LSP（ユーザ）単位に帯域の使用率、Committed rate 違反パケット、Peak rate 違反パケットを確認することにより、ユーザの申し込み帯域の過不足を判断でき、帯域設定の見直しを設計にフィードバックすることができる。また、長期的に測定した結果（グラフ）からも、トラフィックの変動傾向を読み取ることができるため、ユーザ毎に将来必要な帯域予測値を算出することが可能となる。

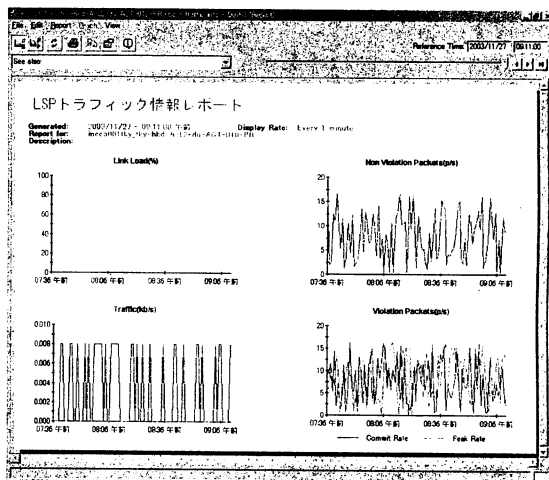


図 9 LSP トラフィック情報レポート

#### 5.2. LSP 回線帳票

LSP 毎に集計した帯域使用率等の収集（レポート）結果を横断的に集計、統計処理し、リスト表示する（図 10）。キャリアレベルの運用では、膨大な観測ポイントが存在するため、測定値（帯域使用率など）の上位 N 件までをリストアップすることによって、多数の観測ポイントの収集結果から閾値以前の徴候を効率良く見つけ出すのに役立つと考える。

Figure 10: LSP Return Line Ticket (LSP回線帳票). The image shows a screenshot of a network management system interface displaying a table of LSP statistics. The table columns include LSP ID, Name, Start/End Time, and various performance metrics. The interface also shows a 'Display Rate' of 'Event 1 minute' and a 'Reference Time' of '2003/7/27 09:16:00'.

LSP ID	Name	Start Time	End Time	...
1000000001	1000000001	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000002	1000000002	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000003	1000000003	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000004	1000000004	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000005	1000000005	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000006	1000000006	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000007	1000000007	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000008	1000000008	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000009	1000000009	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...
1000000010	1000000010	2003/7/27 09:16:00	2003/7/27 09:16:00	...

図 10 LSP回線帳票

6. まとめ

本稿では、帯域管理されたマネージドネットワークにおけるLSPトラフィック収集の方式と、その活用方法について検討した。トラフィック測定項目が多様化し、収集数が増加するほど、測定対象装置の負荷は上昇する。測定に関する負荷を軽減させるために、トラフィック収集OSSは装置からの応答時間に遅延があると負荷が高くなったと判断して、収集を停止することを提案した。また、測定結果の活用方法については、LSPトラフィック収集を行うことにより、測定したデータを設計にフィードバックさせることで、余剰帯域を見直すことができ、適切な収容設計が行うことができる。また、ユーザ毎の帯域管理を行えることから、サービス品質を保証するSLAを実現することが可能となる。

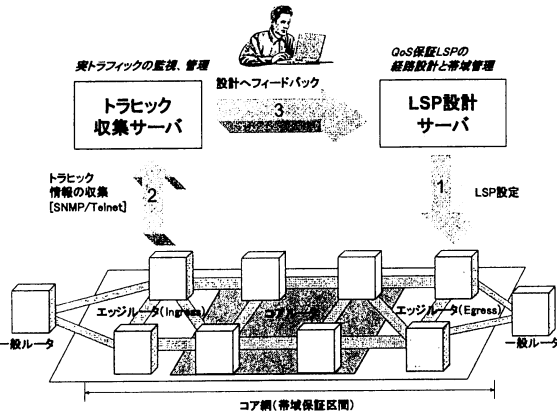


図 11 トラフィック管理と設計ヘフィードバック

謝辞 本研究に関し、NTT ネットワークサービスシステム研究所の村重氏、三堀氏、垣下氏、並びに御討論、御支援頂いた関係各位に感謝致します。

文献

- [1] 江崎浩,大橋信孝,中川邦夫,永見健一,“MPLS 教科書”, pp3-4,IDG ジャパン,2002.
- [2] 三堀英彦,河村仙志,錦戸淳,“Type-X による高度 MPLS マネージドネットワークの実現”,NTT 技術ジャーナル,vol.15,No.6,pp.8-11,June 2003.
- [3] 押切健一,老松敏雄,村重彰,“MPLS バス設計における帯域設計方式の一検討”,電子情報通信学会 TM 研究会,信学技報 NS2001-7,pp. 39 - 44, Jan 2003.
- [4] 本間靖,押切健一,老松敏雄,西園敏弘,“Type-X と MPLS ネットワークのオペレーションシステム”,NTT 技術ジャーナル,vol.15,No.6,pp.20-23,June 2003.
- [5] 松岡康行,垣下卓也,阿部正一,“大規模・高信頼コアルタ Type-X320/80”,NTT 技術ジャーナル,vol.15,No.6,pp.12-15,June 2003.