

論文

バーチャルパスの概念を用いた広帯域統合伝達網の構成

正員 佐藤 健一[†] 正員 太田 聰[†] 正員 鶴沢 郁男[†]

Broadband Transport Network Architecture Based on Virtual Path Concept

Ken-ichi SATO[†], Satoru OHTA[†] and Ikuo TOKIZAWA[†], Members

あらまし 経済性・サービス性に優れた B-ISDN の実現を目指し、大容量光伝送技術ならびに LSI 技術の進展に伴う伝送コストの大幅な低減化傾向と、非同期転送技術の本質的な特性を最大限に生かした高速バースト多重伝送システムについて述べる。特に、バーチャルパスの概念を用いた新たな情報伝達技術を述べ、バーチャルパスの概念がネットワークアーキテクチャに与えるインパクトについて明らかにする。まず、従来網と対比した将来の伝達網のねらいを示し、ATM 技術の特性を分析する。次に、バーチャルパスの概念を提案し、その実現法を明らかにする。更に、バーチャルパスの概念を導入することにより達成される網のシンプル化、ノード構成の簡易化、網の運用・保守ならびに信頼性の向上、等について明らかにする。また、バーチャルパスを用いた伝達網の論理的可変化を行うことにより、伝達網の能力を大幅に向かう可能性があることを示す。最後に、これらの検討を踏まえたバーチャルパスを用いた ATM 伝達網の一つの構成例を示す。

1. まえがき

高度情報社会の基盤となる通信網の実現を目指し、大量のマルチメディア情報を効率的に伝達するための伝達技術(バースト多重技術⁽¹⁾、ATD^{(2)~(4)}技術)，ならびに伝達網に関する研究が各国で進められている。近年、F-1.6 G システム⁽⁵⁾をはじめとする大容量光伝送技術ならびに LSI 技術の進展に伴い、伝送コストの大半が低減が達成され、これにより、ネットワークコストに占めるノードコストの割合が相対的に高まってきている。この伝送コストの低減化傾向は今後とも継続すると考えられる。このような状況において、経済的なネットワークを実現するためにはノードコストの低減を図っていくことが、効果的であると考えられる。

筆者らは、経済性・サービス性に優れた B-ISDN の実現を目指し、上で述べた将来にわたる伝送コストの低減化傾向と、非同期転送技術(ATM: Asynchronous Transfer Mode)⁽⁶⁾の本質的な特性を最大限に生かした高速バースト多重伝送システムの研究を進めている^{(7)~(11)}。本論文では、高速バースト多重伝送システムにおけるバーチャルパス^{(8)~(13)} (VP: Virtual

Path) の概念を用いた新たな情報伝達技術を述べ、バーチャルパスの概念がネットワークアーキテクチャに与えるインパクトについて明らかにする。

2. 高速バースト多重伝送システム

STM 技術に基づく従来網のシステム構成の概念図を図 1 に示す。現在、通信網は音声を運ぶ電話網を始めとし、パケット交換によるデータ通信網、映像通信網、ファクシミリ網等が中継系で多重伝送路を共用するほかは、それぞれ別網で構成されており、これに内在する問題点が種々指摘されている^{(9)~(11)}。特に情報伝達の観点からは、複雑で多種類のインターフェース構造^{(14)、(15)}、回線の収容設計の複雑化と伝送路使用効率の低下を招く階層的な多重化構成^{(16)、(17)}、等の問題点があり、故障時の切換えや網の OAM (Operation, Administration & Maintenance) の複雑化を招く結果となっている。

高速バースト多重伝送システムのねらいは、伝達網構成の簡易化ならびにそれによって達成される網の OAM の簡易化、基本伝達機能を実現するための網設備をできるだけ各種のサービス間で共用することによる網資源の効率的な利用により、経済的なサービスの提供を可能とすること、インターフェース構造の簡略化ならびに統一的なアクセス標準のもとで広範囲なサー

† NTT 伝送システム研究所、横須賀市
NTT Transmission Systems Laboratories, Yokosuka-shi, 238-03
Japan

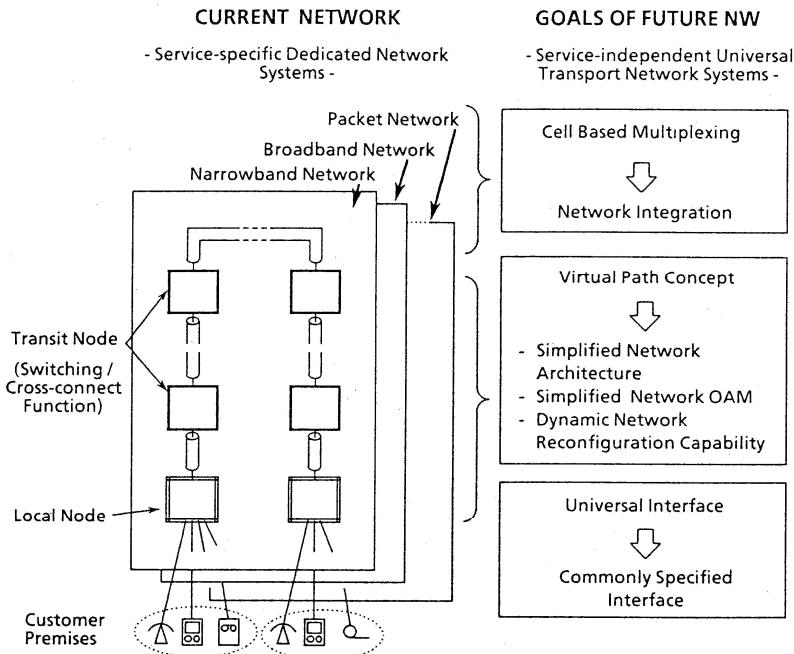


図 1 伝達網の発展
Fig. 1 Transport network evolution.

ビスを汎用ポートにより提供すること、と考えられる。ATM 技術は STM 技術と比較して、以下の特徴を有する。

- (1) サービスに依存しない統一化された情報転送フォーマット（セル）による非階層的多重伝送が可能であり、従来の TDM フレームを用いた時分割多重化構成が不要となる。
- (2) 情報転送ノードにおいて、いったんセルを蓄積することにより、情報転送速度を任意のレートから他の任意のレートへ直接的に変換できる（Store-&-Forward に基づく転送）。
- (3) 多重伝送路上でのチャネルの識別は時間位置情報ではなく、セルに付与されたヘッダによる。

ATM 技術を用いた伝送方式では、エンド・エンドの接続を実現する方式として、①リンクバイリンクに呼ごとにスイッチングを行う方式、②バーチャルパス（3. 参照）を用いる方式、に大別される。上で述べた ATM の特徴を最大限に生かし、かつ網構成のシンプル化、呼処理の低減によるノードコストの低減、通信網の信頼性・運用性の向上等を実現する上で、バーチャルパスを用いる方式が有効と考えられる。以下これについて述べる。

3. バーチャルパスの概念

3.1 パス

一般に広域網を構成する場合、加入者交換機および中継交換機を用いた複数の交換階梯を有するハイアラキカルな回線網（論理網）構成をとっている。これは、経由する最大交換ノード数を制限し、トラヒック交流の少ない遠距離間のトラヒックを集束してより大きな大群化効果を得るために、また、管理・運用の面からもそれが望ましかったためである。また、一般に交換機間の回線束は細く、回線網と一致させた伝送路網（物理網）を作ることは経済的ではない。従って、多重化による効率的な伝送を実現するための多重化機能ならびに、回線束（パス）単位での回線編集機能（クロスコネクト機能）が必要であった^{(18),(19)}（図 2 参照）。またこれにより、回線・伝送路のほかに、効率的な網の運用・保守を行う上で重要な新たなレイヤ構造（パスレイヤ）が実現できることになる^{(20),(22)}（図 2 参照）。

これらのパスの機能およびその必要性は、伝達技術が STM か ATM かに依存するものではない。

3.2 バーチャルパス

一般にパスは従来の STM 網におけるような TDM

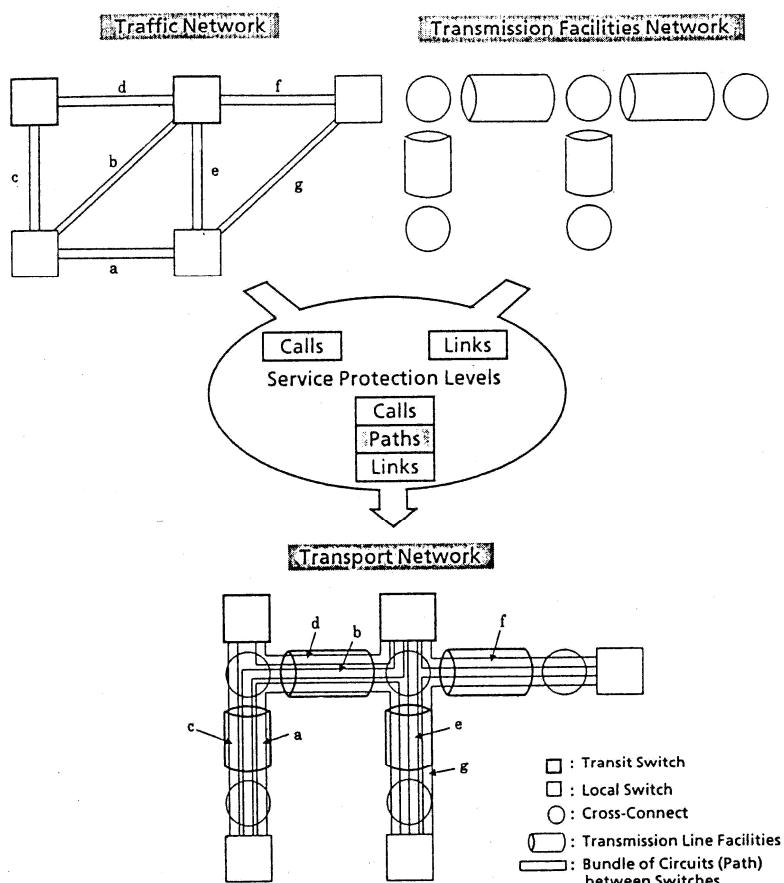


図 2 回線網の伝送路網への収容ならびに網の運用・保守のレベル

Fig. 2 Accommodation of traffic network by transmission facilities network, and service protection levels.

フレーム内の時間位置で識別されるパス (PP: Positioned Path) とラベルで識別されるパス (LP: Labelled Path) に分類できる。PP の容量は、TDM フレーム内のタイムスロットの数で確定的に与えられるのに対し、LP の容量は統計的にも割当て可能である。バーチャルパスは広義には、バーチャルパスターミネータ (VPT: VP Terminator) 間に設定される LP と定義され、VPT 間に論理的な直通リンクを与える。バーチャルパスには複数のバーチャルチャネルが収容される。

3.3 バーチャルパスの識別

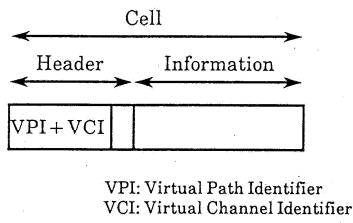
バーチャルパスの識別法に関する分類を表 1 に示す。以下にその内容を説明する。バーチャルパスの識別はセルに付与されたヘッダ内のコネクション識別子

表 1 バーチャルパスの識別法

バーチャルパスの表示法	陰表示 (コネクション識別子による)		
	陽表示 (VPIを用いる)	VPIの設定法	リンクごとに付け換える リンクごとに付け換えない
			ロジカルパス番号 (L P N) 方式 • ルート指定番号 • 階層化された着ノード装置番号 • 論理ループ番号 + ホップ数 その他

(Connection Identifier)⁽²³⁾で陰 (インプリシット) に行う場合と、バーチャルパス識別子 (VPI: Virtual Path Identifier) を用いて陽 (イクスピリシット) に行う場合が考えられる⁽²⁴⁾。コネクション識別子により陰

に表示した場合は、VPT 間のクロスコネクトノードにおいて、呼の設定・解放に伴うコールバイコールのルーティングテーブルの更新が必要になり、ノードでの処理量が増加すると共に、呼設定時の接続遅延が増加する(3.4 参照)という欠点がある。また一般に、陽に表示した場合の方が、クロスコネクトノードでパスの識別のために参照するヘッダ領域長が短くて済む⁽¹⁰⁾。以上の理由によりバーチャルパスの識別は陽に行う方が望ましい。VPI を付与したセル構造例を図 3 に示す。VPI の設定法としては、リンクに付随した番号(LPN: Logical Path Number, 呼の識別に用いる LCN と同様なもの)を用いる方式と、グローバルなシグニフィカンスを有する番号(ルート指定番号、経由するノード装置指定番号等⁽¹⁰⁾)を用いる方式が考えられる。両者の比較を表 2 に示す。網の物理的構成とヘッダ構造が分離でき、網の拡張性に制約を与えない点で、LPN 方式が望ましい。



VPI: Virtual Path Identifier
VCI: Virtual Channel Identifier

図 3 VPI とセル構造例
Fig. 3 VPI and cell structure.

3.4 バーチャルパスの設定

バーチャルパスは 3.2 に述べたように、バーチャルペスター・ミネータ間に設定され、VPI によるクロスコネクトまたはアド/ドロップ機能⁽¹⁸⁾により伝送路網へ収容される。バーチャルパスの設定に関する概念図を図 4 に示す。バーチャルパスのルートおよび容量は、網設計時の長期/短期的計画に基づいて半固定的に、また、網の故障における切換え時および必要に応じてトラヒック変動に追随して動的に設定(解放)される。呼の設定はアクセスノード⁽¹¹⁾(加入者交換機等)で行われ、呼の設定時には呼ごとにパスの選択(必要に応じてパスの設定/解放)およびパスの使用状況に基づく呼の接続可否の判断が行われる。呼が接続されると、アクセスノードで各セルのヘッダ中に VPI を明示する。中継ノードでは、各セルの VPI を識別し転送する。従って、中継ノードは呼設定に伴う処理(ルーティング、呼へのバンド幅割当て、ルーティングテーブルの更新)が不要となり、その結果呼の接続遅延も小さくなる。一方、目的地のノードにおいては、バーチャルパスは終端され、各セルの VCI により、セルがスイッチングされる。伝送路網に収容されている VP の収容状況および各々の VP の使用状況は、網内で集中的または分散的に管理される。

4. バーチャルパスの利点

バーチャルパスは、3. に述べたように ATM 技術の

表 2 VPI 設定法の比較

VPI 設定法	長 所	短 所
リンクに付随した番号(リンクごとに付け替える)	網の物理的構成とヘッダ構造の分離が可能 <ul style="list-style-type: none"> 網の拡張性に関して制約がない ヘッダ構造に左右されない自由なパスのルーティングが可能 網の物理的構成を直接反映したビット列をヘッダに付与する必要がない 一本のリンクに同時接続されるパス数は、一般にリンク容量制限となるため、VPI の長さは比較的短くてよい 	パスの設定/解放に伴い、ノードごとのパスの接続制御テーブルの更新が必要
グローバルなシグニフィカンスを有する番号(リンクごとに付け替えない)	すべてのパスにあらかじめ番号を一意的に付与する方式では、パスの設定/解放が不要となり、すなわちノードごとのパスの接続制御テーブルの更新が不要となる。	<ul style="list-style-type: none"> 網の物理的構成とヘッダ構造を分離できる VPI 設定法(ルート指定番号等)では一般に VPI 長が長くなる。また、網全体の VPI の一元的な管理が必要となる。 網の物理的構成を反映したヘッダ構造となる VPI 設定法(階層化された着ノード装置指定番号等)では、一般に網の拡張性に対する制約が大きい、パスのルーティングの範囲が限られる等の問題がある。

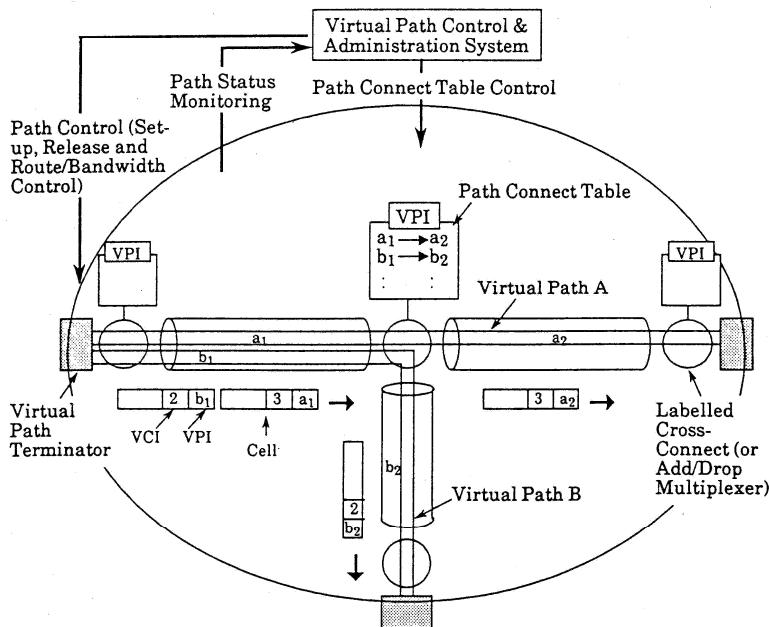


図 4 バーチャルパス設定の概念図
Fig. 4 Schematic illustration of virtual path implementation.

特徴を生かした概念であり、将来の伝送網を構成する上で重要な役割を演じるものと考えられる。以下にバーチャルパス方式を評価する。

バーチャルパス方式の評価に当って、STM 方式におけるディジタルパス (PP)^{(16),(17)}との比較を 4.1 に述べる。また、バーチャルパス方式ではクロスコネクト装置において、各々のセルに付与された VPI を識別する必要がある。このことは、VCI による交換動作とセルごとに識別を行うという意味での共通点がある。この点を考慮して、4.2 においてリンクバイリンクスイッチング方式 (パスの概念を用いない方式) との比較、という異なる観点からの検討を行う。

4.1 STM 網におけるディジタルパスとの比較

ディジタルパスを用いた STM 網と比較した場合の、ATM 網におけるバーチャルパスが伝達方式・システム構成へ与えるインパクトを図 5 に示す。更に、それによって期待される通信網へのインパクトについても併せて示す。以下に個々の内容を説明する。

(1) 端局構成へのインパクト 従来のディジタルパスに基づく端局構成と、バーチャルパスに基づく端局構成とを比較したものを図 6 に示す。バーチャルパスを用いることにより、以下の利点が得られる。

① パス容量構成の自由度の増加

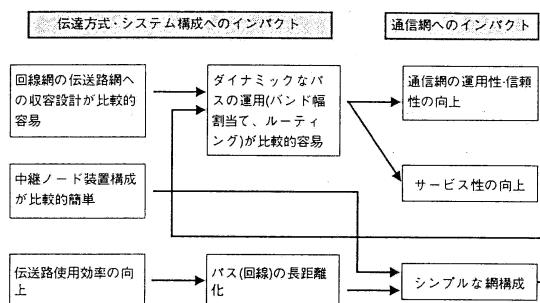


図 5 VP の ATM 網へのインパクト
Fig. 5 VP impact on ATM-based networks.

② インタフェース構造とパス容量構成の分離 (少数の標準化されたインターフェース構造により、自由度の大きいパス容量構成が実現できる。すなわち、パス容量構成の自由度を制約することなく、インターフェースの種類を減らすことが可能となる。)

③ 任意の速度の伝送路への直接多重/分離が可能 (段階的な多重化構成が不要となる)となり、中継ノード構成の簡単化が図れる。

(2) 回線収容設計の簡易化 従来の回線収容設計においては、複数の階層化された次群のパス網に対して、ノードでの各次群ごとのパスの接続および終端を考慮して最適化を図るため、一般に複雑な収容設計

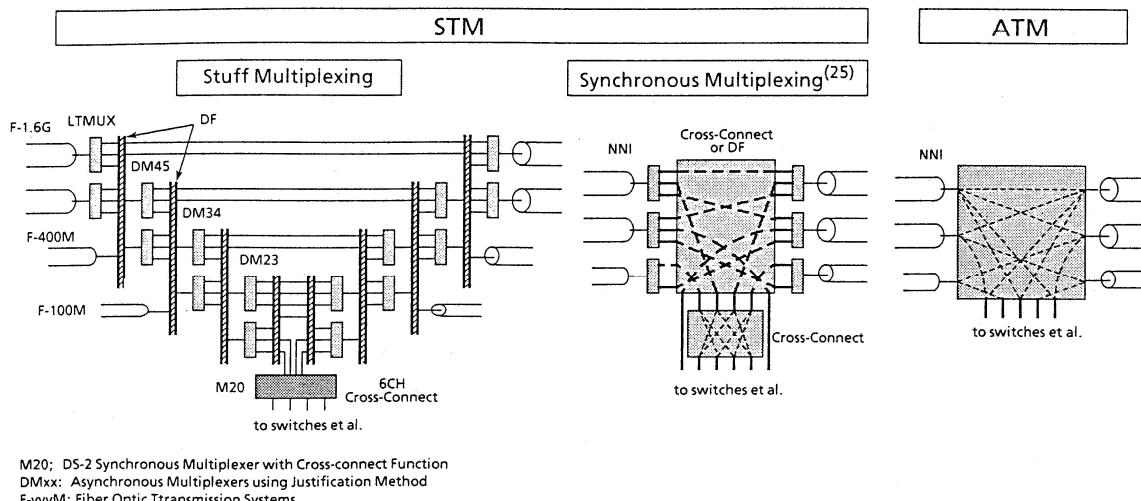


図 6 ATM 技術の端局構成へのインパクト
Fig. 6 Impact of ATM technique on transport node structure.

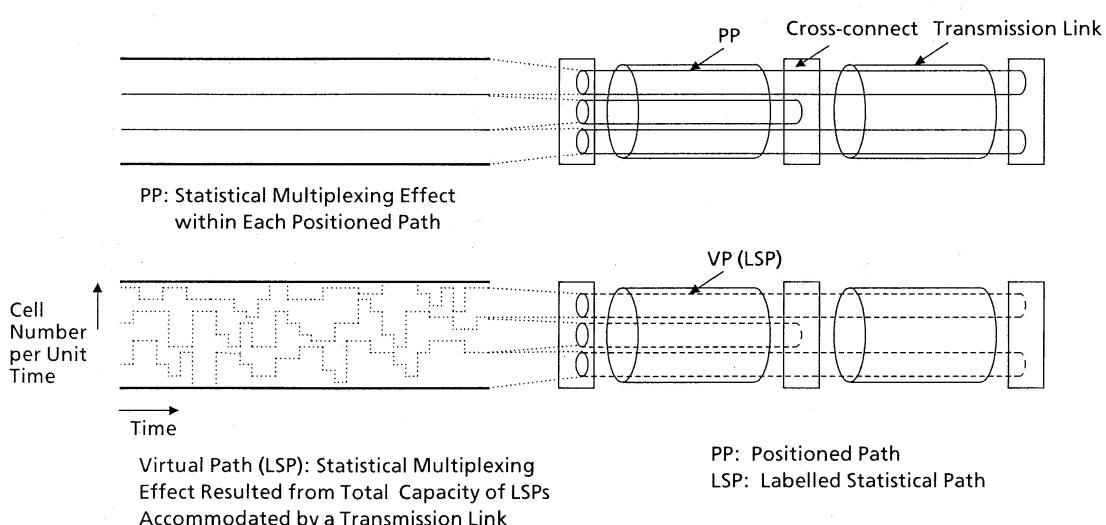


図 7 セルの統計多重効果
Fig. 7 Statistical cell multiplexing effect.

が必要であった^{(16),(17)}。そのため、一般に高次群バスの実質的な使用効率が低くなる傾向があった。例えば、各次群のバスの高次群バスへの収容効率を 0.8 とし、4 段階の階層的多重を行って伝送路に収容した場合、伝送路の収容効率は、 $0.8^4=0.4$ と低下する。

一方、バーチャルバス方式においてはハイアラキカルなバス網構成がなく、回線/バスが伝送路に直接多重化される。伝送路への収容設計においては、各バスの対地と容量のみに着目すればよく、すなわちバスの「次

群」を考慮する必要がなく、収容設計が簡略化されると共に、伝送路の収容効率の改善も期待できる。

(3) 統計的多重化効果 ATM 方式の特徴の一つに、統計多重がある。統計多重を行う際、従来のデジタルバス (PP) または、確定的容量割当てを行ったバーチャルバス (LDP: Labelled Deterministic Path) においては、統計多重効果の範囲は個々のバス内に限られるが、統計的に容量割当てを行ったバーチャルバス (LSP: Labelled Statistical Path) において

は、伝送路に収容されている LSP のトータルの容量に対する統計多重効果が期待できる。すなわち、バーチャルパス方式により、より大きな統計多重効果が一般に期待できる。このことを図 7 に説明する。また、統計的多重化効果を示す一例として、伝送路に多重されているトータルの LSP 容量を変化させた場合の LSP 使用効率のシミュレーション値を図 8 に示す。ここで、信号源としては一例としてプログラムファイルの転送を想定し、ピーク情報速度 1.5 M bit/s、平均速度 384 k bit/s、ファイル長は平均 90 セル、標準偏差 89 セルの指指数分布、ファイルの到着分布は指指数分布とした。なお、セルサイズは 64 バイト(セルヘッダ部は考慮していない)とした。また多重化時のバッファ容量は 32 セル分、セル廃棄率はシミュレーション時間の制約により 10^{-2} とした。図 8 に示されるように、トータルの

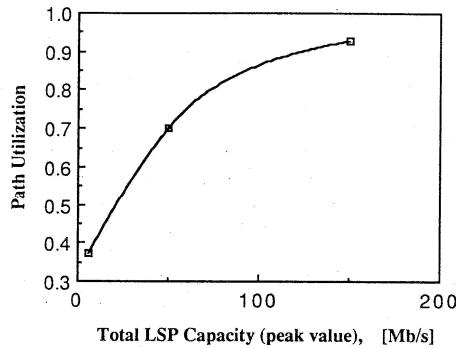


図 8 統計的多重化効果

Fig. 8 Simulation result on statistical multiplexing effect.

LSP 容量が大きいほど(多重数が大きいほど)、統計的多重化効果により LSP の使用効率が向上することがわかる。

(4) ダイナミックなパス運用の簡易化 バーチャルパスを用いることにより、STM 網の場合に比べてダイナミックなパスの運用性が大幅に向上する。これについては、5. で論じる。

以上、ATM 網におけるバーチャルパス方式の利点を明らかにした。一方、バーチャルパス方式が将来的にどの位の速度まで技術的に適用可能であるかの検証は、今後の検討課題である。

4.2 リンクバイリンクスイッチング方式との比較

以下にリンクバイリンクに呼ごとにスイッチングを行う方式と対比したバーチャルパス方式の特徴を述べる。

(1) 中継ノードでの呼設定(解放)時の呼ごとの処理が不要 図 9 にリンクバイリンクスイッチング方式とパス(バーチャルパス)を用いた方式の説明図を示す。リンクバイリンクスイッチング方式では、中継ノードでの呼設定時(解放時)の呼ごとの処理(ルーティング、容量割当、ルーティングテーブルの更新)が必要となる。一方、パスを用いた場合、パスは信号源間のロジカルなダイレクトリンクを与えるため、呼設定においてはパスの端点におけるパスの選択および呼へのバンド幅割当が必要となるが、中継ノードにおける呼ごとの処理は不要となる。一方、伝送路の使用効率の点では、リンクバイリンクに集線効果の得られるリンクバイリンクスイッチング方式の方が一般に高くなる。呼設定時に必要な、ノードでの処理および伝

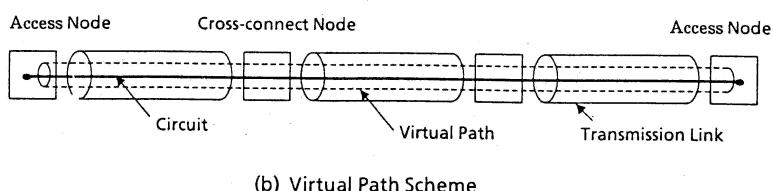
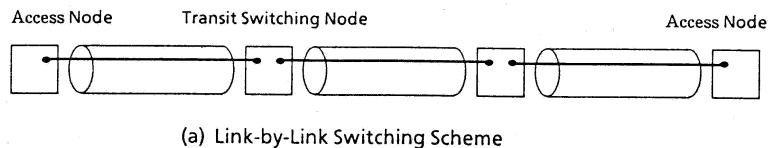


図 9 リンクバイリンクスイッチング方式とバーチャルパス方式の比較

Fig. 9 Comparison of link-by-link switching scheme and virtual path scheme.

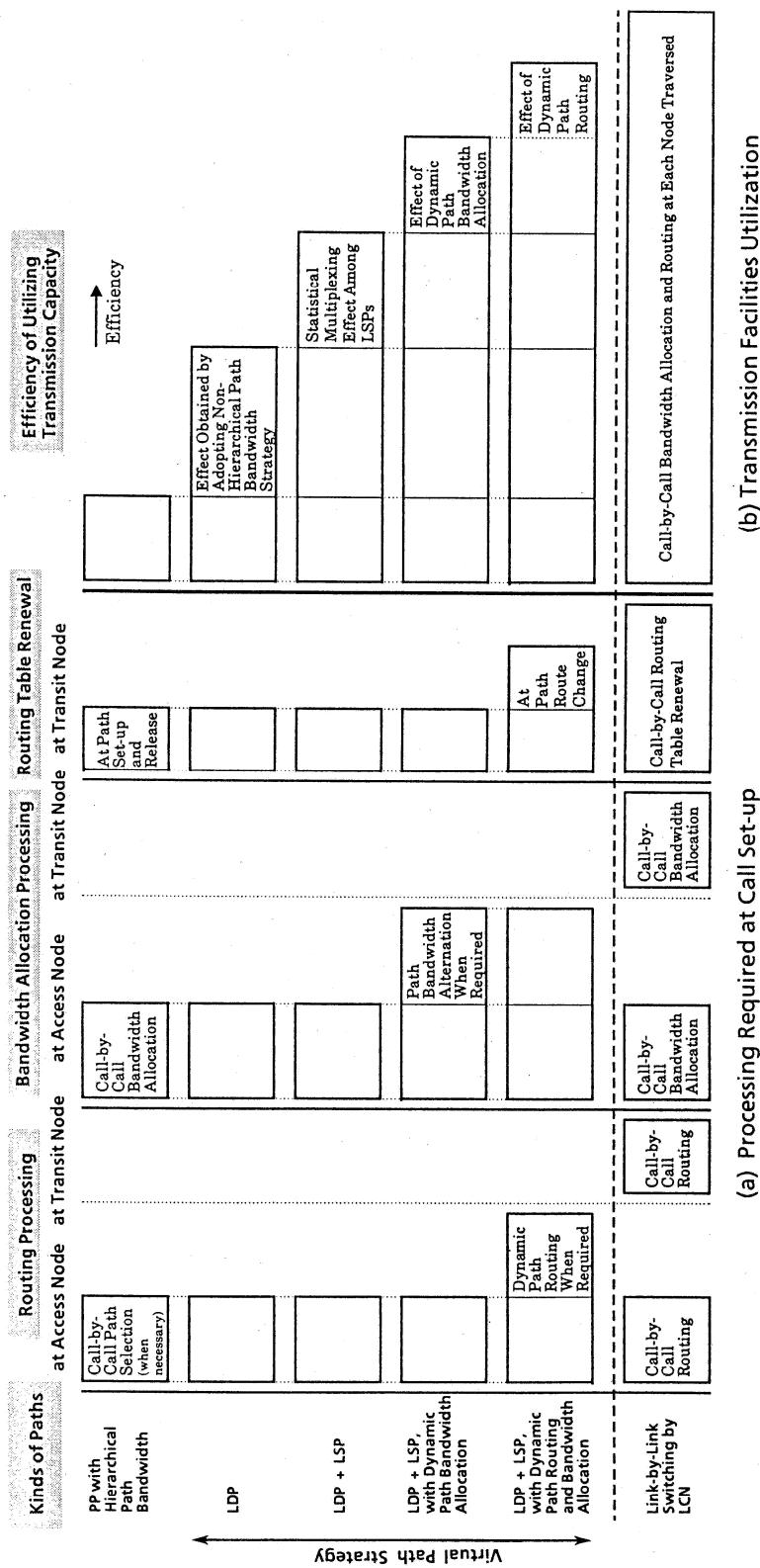
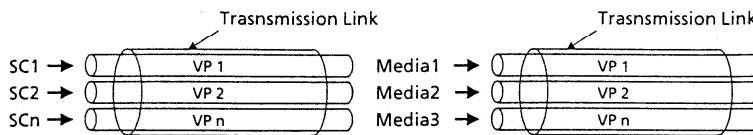


図 10 リンクバイリンクスイッチングと比較した、異なるバスの運用レベルに対する必要となる処理および伝送路使用効率

Fig. 10 Required processing and transmission facilities utilization for different levels of path management compared to link-by-link switching scheme.



(a) Service Class Management by Virtual Path

(b) Media Management by Virtual Path

図 11 バーチャルパスによる異種トラヒックの運用・管理の一例

Fig. 11 Example of different-types-of-traffic management by virtual path.

送路使用効率を定性的に比較したものを図 10 に示す。なお、バーチャルパス方式においては、異なるパスの運用レベル（パスのダイナミックな運用を含む）についても比較してある。例えば、バーチャルパスの容量のダイナミックな運用⁽²⁶⁾を行えば、その分処理量が増加するが、伝送路使用効率もダイナミックな運用を行わない場合に比べて向上する。一般に、処理量と伝送路の使用効率とは、トレードオフの関係にあり、処理コストと伝送路コストの観点からは、パスの運用レベルに関して最適点が存在すると考えられる。

(2) 呼の接続遅延の低減 上に述べたように、リンクバイリンクスイッチング方式では、呼設定時に中継ノードでの処理が必要となるために、呼の接続遅延が増大する。

(3) 網の運用性・信頼性の向上 パスという新たなサービスプロテクションレベル⁽²²⁾およびOAM のレベルの導入により、パスレベルでの保守・運用・管理が可能となる。例えば、1.6 Gbit/s の伝送路には、64 kbit/s 相当の回線は最大 23,000 チャネル多重可能である。通信網の運用を考えた場合、例えリンク障害時に回線単位にリンクバイリンクに保守・運用を行うことは、実用的観点からは非常に困難と考えられる。新たな論理的なパスというレベルを導入することにより、パス単位での切換えが可能となり、通信網の保守・運用性の向上が期待できる。また、この効果は、パスのダイナミックな運用（5. 参照）を行うことにより、いっそう大きくなる。

(4) バーチャルパスの加入者系への適用 バーチャルパスは中継系のみならず、加入者系にも適用することにより、網の可能性が増大する。例えば、加入者が直接バーチャルパスにアクセスすることにより、専用線が比較的簡単に実現でき、また専用線網を含む閉域網も効率的に実現できると考えられる。また、バーチャルパス網の論理的可変性（5. 参照）を利用する

表 3 通信網高度化のポイント

ね ら い	内 容
網の適応性・信頼性の向上	・トラヒック変動、非定常トラヒックへの適応性の向上 ・障害発生時の伝送路切換え制御等のフレキシビリティ、網の信頼性の向上
サービスの質の向上	変化する、ユーザのサービス要求に対する即応
サービス性の向上	加入者が直接コントロール可能なカスタマ制御の実現

ことにより、エンドカスタマコントロールのインプリメンメントが効率的に実現できる可能性がある。更に、放送型の閉域 CATV サービス等への適用も考えられる⁽¹⁰⁾。

(5) パスごとの運用・（品質）管理の可能性 図 11 に示すように必要に応じて、サービスクラスごとにパスを分離する、メディアごと（例えば、広帯域呼/狭帯域呼）にパスを分離する、などの方式を導入することにより、必要に応じてサービスクラスごと、メディアごとに異なる（品質）管理が可能となる。

5. バーチャルパスによる可変 ATM 通信網

情報社会の基盤となる通信網において、その高度化は重要な課題である。通信網高度化のいくつかのポイントを表 3 に示す。これを実現するに当り、バーチャルパスの可変制御が有効と考えられる。従来 STM 網において、網の論理的可変化方式としては、

(i) 回線の半固定的切換え接続を用いた網の可変化方式^{(27),(28)}

(ii) パスの制御⁽²⁹⁾

が検討されている。ATM 網においても両者のアプローチが可能である。網の可変化には、容量およびルーティングの制御がある。容量制御に関しては、バーチャ

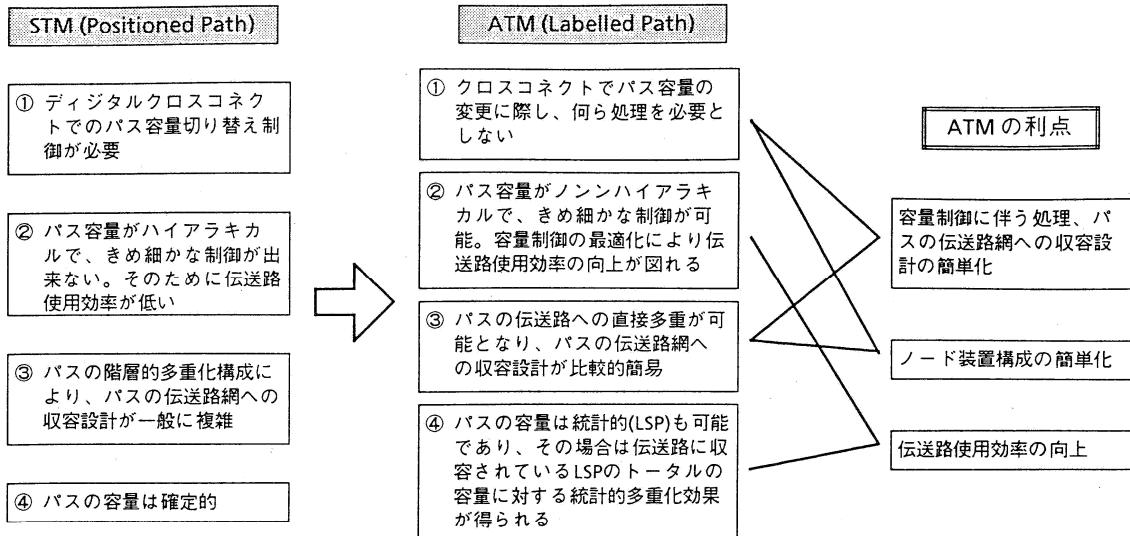


図 12 パスのダイナミックな容量制御に関する STM(Positioned Path) と ATM (Labelled Path) の比較

Fig. 12 Comparison of STM and ATM in relation to dynamic path bandwidth control.

ルパスの制御方式は回線の制御方式と比較して、①回線レベルでの切換え接続が不要であり、切換え接続に伴う中継交換機のルーティングテーブルの書換え処理、半固定接続のための VCI の留保が不要⁽³⁰⁾、②中継交換階数（交換機数）が減少した場合にも網に十分な可変性をもたせることが可能、という利点を有する。

現在、STM 網においては、エンドカスタマコントロールと結びついたダイナミックなパスの切換えが検討されている⁽²⁹⁾。パスのダイナミックな容量制御に関するディジタルパスとバーチャルパスの比較を図 12 に示す。バーチャルパスの容量は、非階層的に設定可能であり、かつパスの容量設定・変更に使うクロスコネクトノードでの処理が不要なこと、また、パスのルーティングの変更も単にノード装置のルーティングテーブルを変更するだけで可能であること（STM では TDM フレーム内のタイムスロットの再配置/管理を伴う⁽²⁷⁾）等、バーチャルパス方式が、パスのダイナミックな運用を行う上で多くの利点を有していることがわかる。このようなパスのダイナミックな運用により、通信網の運用性、信頼性、ならびにサービス性の向上が期待できる（図 5 参照）。図 10 に示したように、パスの容量制御により、伝送路の使用効率は向上する⁽²⁶⁾。本論文では、マルチメディアトラヒックに対する、パス容量制御に関する基礎的な検討結果の一例を

以下に示す。

本検討では簡単のため、一つの伝送路区間に着目し、伝送路に収容されている各々のパス容量を呼の増減に応じて変化させた⁽³¹⁾。また各々のパスには帯域幅 1 および 24 の 2 種類の呼（呼に対するバンド幅割当は確定的）が混在収容されているモデルを扱う。各パスには、2 種類の呼がそれぞれ、50 および 10 アーランでボアソン到着し、各々の平均保留時間の比は 1 対 20 とした。なお、着目する伝送路区間での呼損率規定は両呼種共に 10^{-3} 以下とした。また、伝送路に収容されているパス数をパラメータとし、伝送路容量は、上記呼損率規定を満たす最小値とした。図 13 に帯域幅 24 で規格化したパス容量の可変ステップ幅 S に対する規格化所要伝送路容量（パス容量を固定とした場合の必要最小伝送路容量で規格化）および規格化処理量（NPL：パスの容量変更要求頻度/呼の接続・解放要求頻度）の関係を示す。処理量の増加と伝送路使用効率の向上がトレードオフの関係にあることがわかる。例えばパス数が 15 の場合、2 % 程度の NPL の増加で 30 % 程度の伝送路使用効率の改善が得られる。図 13 より、例えば、伝送コスト/処理コストの比が与えられた場合に最適な容量変化のステップ幅が得られる。

本論文で用いた各種のパラメータ値を変化させた場合の、パスの容量制御効果については文献(32)を参照

されたい。

6. バーチャルパスを用いた ATM 伝達網構成の概念

これまでの検討を踏まえ、網のシンプル化をねらつたバーチャルパスを用いた ATM 伝達網の一つの構

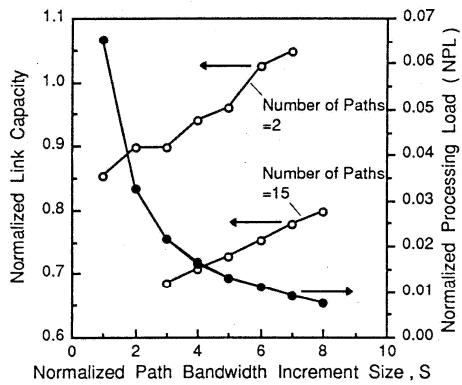


図 13 パス容量可変化の効果
Fig. 13 Path bandwidth control effects.

成例を図 14 に示す。本例では、アクセスノード相互間をバーチャルパスで接続し、バーチャルパスを収容する伝送路網は、通過する中継ノード数を制限し効率的な転送を行う観点から、またパスの運用上の観点から、長距離伝送路網 (Backbone Network) および地域内伝送路網 (Regional Network) の 2 階層に階層化されている。各中継ノードではバーチャルパスがクロスコネクトされる。また加入者系においては、サービスに依存しない多重化機能およびアクセスノードでのスイッチング機能により、サービスに依存しない単一の加入者網が実現される。加入者線上には各種のサービスが多重化され、また加入者の近傍に張り出して設置された遠隔多重ノード (Sub-Transport Node) により、加入者トラヒックの多重伝送が実現される。遠隔多重ノードとアクセスノード間にはバーチャルパスが定義され、論理的にはスター網構成となっている。このような構成をとることにより、経済的な加入者系の実現が可能と考えられる。

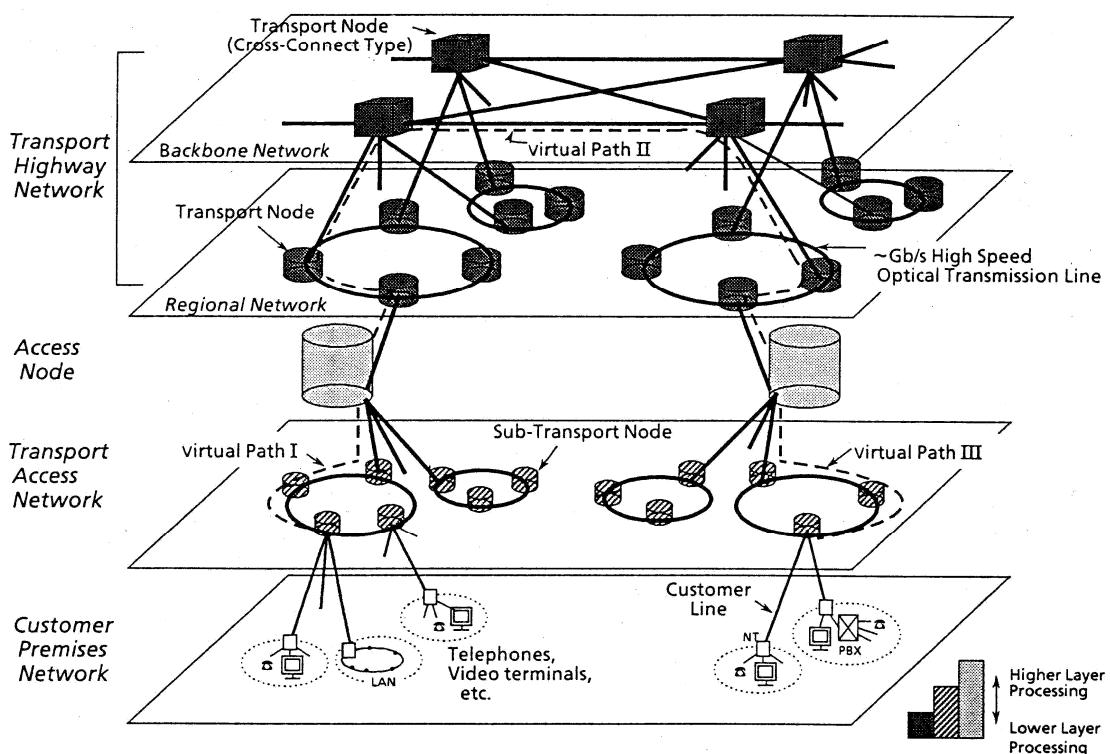


図 14 バーチャルパスを用いた伝達網の構成例
Fig. 14 Possible transport network architecture based on virtual path concept.

7. む す び

将来の統合伝達網のねらい、およびそれを実現する上で重要な伝達技術ならびに網構成に関する検討を行った。特に、ATM技術の多重化機能、伝達機能の特徴を生かした、バーチャルパスの概念を提案し、その実現法ならびにバーチャルパスの概念がネットワークアーキテクチャに与えるインパクトについて明らかにした。更にバーチャルパスのダイナミックなコントローラにより、網の適応的な可変性が効率的に実現できる可能性を示した。バーチャルパスのダイナミックな運用に関する効果のより詳細な解析、具体的な網構成を決定するために必要となる伝送路コスト/ノードコストの定量的評価が今後の重要な検討課題である。

B-ISDNは1990年代の半ばには公衆網に導入されることが期待される。網にアクセスする加入者は、高度情報社会の恩恵を統一化されたアクセス標準の下で、高い網の伝達能力を通じて得ることが可能となる。

謝辞 日ごろ御指導頂く伝送システム研究所、島田所長ならびに伝送処理研究部小山部長に深謝致します。また、本論文中に示した計算の一部を担当された佐藤陽一、斎藤絵美子、両社員に感謝致します。

文 献

- (1) 吹抜洋司、坂本 崇、小宮菱一、井上友二：“バースト多重技術を用いたディジタル回線交換”，信学技報，CS79-83 (1979).
- (2) M. Devault, J. P. Quinquis and Y. Rouaud: “Asynchronous time division switching: A new concept for ISDN nodes”, Proc. ISS 81, Session 42 B, Paper 5 (Sept. 1981).
- (3) A. Thomas, J. P. Coudreuse and M. Servel: “Asynchronous time-division techniques: An experimental packet network integrating videocommunication”, Proc. ISS 84, Session 32 C, Paper 2 (May 1984).
- (4) P. Gonet, P. Adam and J. P. Coudreuse: “Asynchronous time-division switching: The way to flexible broadband communication networks”, Proc. Int. Zurich Seminar on Digital Commun., D.5.1-D.5.7 (March 1986).
- (5) K. Nakagawa, K. Aoyama, J. Yamada and N. Yoshi-kai: “Field experiments on the F-1.6 G optical fiber trunk transmission system”, Proc. GLOBECOM 86, 34. 1 (Dec. 1986).
- (6) “Report of the Brasilia meeting of broadband task group-Part B”, CCITT SG XVIII, ISDN Expert Meeting, Brasilia, February 1987, TD 130.
- (7) T. Miki, S. Kano, Y. Inoue and H. Yamaguchi: “Lightwave-based intelligent transport network”, Proc. ISSLS 86, pp. 47-52 (Sept. 1986).
- (8) T. Kanada, K. Sato and T. Tsuboi: “An ATM based transport network architecture”, Presented at IEEE COMSOC Int. Workshop on Future Prospects of Burst/ Packetized Multimedia Commun., Osaka, Japan (Nov. 1987).
- (9) 佐藤健一、金田哲也、鶴沢郁男：“高速バースト多重伝送システムの構成法”，信学技報，IN87-84 (1987-12).
- (10) 佐藤健一、太田 聰、鶴沢郁男：“バーチャルパスの概念を用いた高速バースト多重伝送システムの検討”，信学技報，IN88-34 (1988-07).
- (11) I. Tokizawa, T. Kanada and K. Sato: “A new transport network architecture based on Asynchronous Transfer Mode techniques”, Proc. ISSLS 88, 11.2.1-11. 2.5 (Sept. 1988).
- (12) “Some key features on UNI and NNI considering ATM (A framework for discussion)”, CCITT SG XVIII, Seoul Meeting, January 1988, Delayed Contribution No. D. 1566/XVIII.
- (13) “Role and implementation techniques of Virtual Path”, CCITT SG XVIII, San Diego Meeting, January 1989, Delayed Contribution No. D. 76/XVIII.
- (14) “Requirements for interfacing digital terminal equipment to services employing the extended superframe format”, PUB 54010, AT & T (Oct. 1984).
- (15) Y. Maeda, M. Tokunaga and I. Tokizawa: “An advanced multimedia TDM system for closed network”, Proc. ICC 87, 30 A.3.1-5 (1987).
- (16) Y. Okano, T. Kawata and T. Miki: “Designing digital paths in transmission networks”, Proc. GLOBECOM 86, 25.2.1-25.2.5 (1986).
- (17) Y. Okano, S. Ohta and T. Kawata: “Assessment of cross-connect systems in transmission networks”, Proc. GLOBECOM 87, 28.1 (1987).
- (18) 鶴沢郁男、上田裕巳：“デジタルクロスコネクト技術の動向”，信学誌，71, 9, pp. 934-943 (昭 63-09).
- (19) B. W. Stuck: “The digital cross-connect: cornerstone of future networks ?”, Data Commun., 16, 8, p. 165 (1987).
- (20) 寺西 昇、北村 隆：“デジタル網の伝送施設設計”，電気通信協会 (1984).
- (21) R. G. Addie and R. E. Warfield: “Bandwidth switching and new network architectures”, Proc. ITC 12, 2.3 iiA. 1.1-2.3 iiA.1.7 (June 1988).
- (22) R. G. Addie, J. L. Burgin and S. L. Sutherland: “Information transfer protocols for the Broadband ISDN”, Proc. GLOBECOM 88, 27.6 (1988).
- (23) “Report of the San Diego Meeting”, CCITT SG XVIII, San Diego Meeting, January 1989, Temporary Document 74.
- (24) “Part B of the report of the Hamburg meeting of the BBTG”, CCITT SG XVIII, Hamburg Meeting, July 1987, Report R 46 (B).
- (25) K. Maki, H. Ueda, H. Tsuji and H. Shirakawa: “Implementation and application of equipment with network

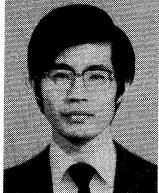
- node interface", Proc. GLOBECOM 88, 30.1.1-30.1.5 (1988).
- (26) S. Ohta, K. Sato and I. Tokizawa: "A dynamically controllable ATM transport network based on the Virtual Path concept", Proc. GLOBECOM 88, 39.2 (Nov. 1988).
- (27) N. Shimasaki, A. Okada and T. Yamaguchi: "Group transit switching—A new operational approach to be applicable to switched communication network", Proc. ICC' 74, 11 D (June 1974).
- (28) M. Akiyama: "Variable communication network design", Proc. 9th International Teletraffic Congress (1979).
- (29) M. Blauer, M. Methiwalla, J. Miceli and J. Yan: "Transport services management" Telesis, 1, pp. 39-43 (1986).
- (30) K. Sato, S. Ohta and I. Tokizawa: "Dynamic reconfiguration of ATM-based network via Virtual Path strategy", Presented at 2nd IEEE COMSOC Int. Multimedia Commun. Workshop, Ottawa, Canada (April 1989).
- (31) 斎藤絵美子, 太田 聰, 佐藤健一: "マルチメディアアトラヒックに対するバーチャルパス可変容量制御の効果", 平1信学春季全大, B-438.
- (32) 斎藤絵美子, 佐藤健一: "バーチャルパス可変容量制御効果のアトラヒック条件依存性", 平1信学秋季全大, B-260.

(平成元年3月31日受付, 6月12日再受付)



鶴沢 郁男

昭44信州大・工・通信卒。同年NTT入社。以来、同軸FDM端局方式、デジタル信号処理、高能率音声符号化、デジタル同期端局方式、高速パースト多重伝送方式等の研究に従事。現在、NTT伝送システム研究所主幹研究員。IEEE会員。



佐藤 健一

昭51東大・工・電子卒。昭53同大大学院修士課程了。同年NTT電気通信研究所入所。以来、光ファイバによる画像伝送システム、多モード光ファイバ伝送系の雑音特性、光加入者伝送方式ならびに将来の総合伝達網の研究に従事。現在、NTT伝送システム研究所主幹研究員。53年度学術奨励賞受賞。IEEE会員。工博。



太田 聰

昭56東工大・工・電気電子卒。昭58同大大学院修士課程了。同年NTT、電気通信研究所入所。以来、デジタル同期端局方式、伝送路構成法、B-ISDNの研究に従事。現在、NTT伝送システム研究所伝送処理研究部研究主任。