

身近に使える広帯域ネットワーク

山口 英

奈良先端科学技術大学院大学

概要

目的

- » 広帯域ネットワークを構成する要素技術を概観
- » 高速なパケット転送サービスのためのDiffServ技術など、適切なトラフィック制御の理解
- » ネットワークの設計・運用に関する概説

注意

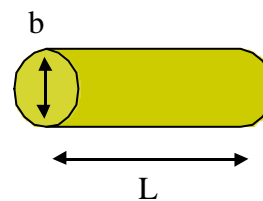
- » 具体的な製品の取り扱い方法は解説しません

1.広帯域ネットワークとは

高速ネットワークと広帯域ネットワーク

遅延と帯域の関係

- » 仮定 : 負荷一定
- » 或る程度までは、帯域が大きくなれば遅延が減少
 - 通信媒体への送出待ち時間が大きい
 - 「高速ネットワーク」
- » それ以上の帯域では、遅延時間は改善しない
 - 通信媒体への送出待ち時間が減少
 - 伝送遅延は伝送媒体内の伝播速度と、通信距離によって決定



b: 帯域
L: 伝送距離

高速ネットワークと広帯域ネットワーク

負荷と遅延の関係

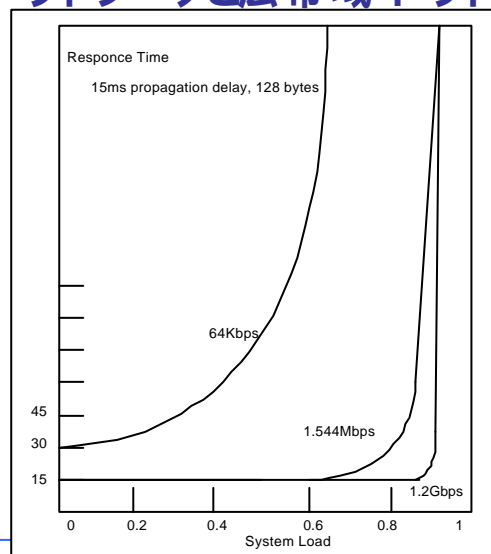
- » 帯域が広いと、負荷が高くなっても遅延時間の劣化が発生しにくい
- » 帯域が広いほど、遅延時間の変動が少ない

簡単に言えば...

- » 広帯域化は単純には高速化につながらない
- » 広帯域化によって性能的に安定性の高いネットワークを構成することが可能
 - 遅延変動の少ないネットワーク

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

高速ネットワークと広帯域ネットワーク



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

広帯域ネットワークの分類

多くの視点が存在

- » 伝送帯域
 - 1Mbps / 10Mbps / 100Mbps / 1Gbps
- » カバー範囲 (ノード間距離)
 - 100m以下 / 2Km以下 / 10Km以下 / それ以上
- » 伝送媒体
 - UTP / 光ファイバ / 空間
- » 伝送形態
 - ベースバンド伝送 / 多重化伝送
- » 標準化動向

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

適用領域

Local Area Network
(LAN)

- » 従来のLAN環境

Campus Network

- » 基本的に建屋間も含めたLANの集合体

Home Network

- » 家庭でのネットワーク環境

Wireless LAN

- » 独自構築が可能な無線網

Metropolitan Area
Network (MAN)

- » 地理的に限定された地域での高速ネットワーク技術

Wide Area Network
(WAN)

- » 電気通信事業者によって提供される広域網

Wireless WAN

- » 電気通信事業者によって提供される無線通信網

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

伝送媒体

UTP/CAT5

- » Unshielded Twisted-Pair cable
- » CAteGory 5
- » 一般的に使われているネットワークケーブル
 - Ethernet (10BaseT, 100BaseT)
 - ATM

光ファイバ

- » Optical Fiber Cable
- » 種類がたくさんある
 - マルチモードファイバ (MMF) / シングルモードファイバ (SMF)
 - ファイバ径
 - 光伝送特性
 - コネクタ形状
 - 先端加工形状

伝送媒体

特別なケーブルを利用

- » 規格で専用ケーブルを定義している場合ある
- » HIPPI, IEEE1394

無線通信

- » 電波を利用する場合
- » レーザー光を利用する場合

広帯域ネットワーク環境の目的

ゆるやかな共有環境

- » 情報資源の共有 (WWW, 電子メール etc)
- » 環境の大規模化に対応するため

緊密な共有環境

- » ファイルやディスクの共有
- » プリンタなどの周辺機器の共有
- » コンピュータ内部機構の仮想的な拡張
 - ディスクアクセスの拡張
 - I/Oの拡張
- » バスと同程度の広帯域性を持ったネットワークを要求

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

広帯域ネットワークの目的

環境の大規模化

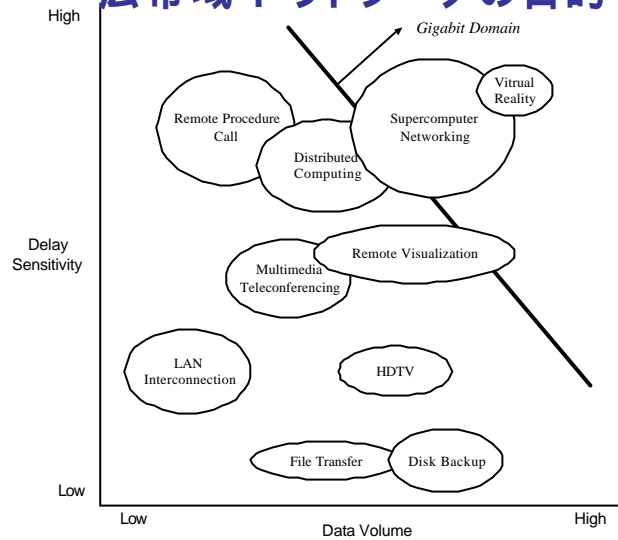
- » バックボーン技術としての広帯域ネットワーク
- » LANからWANまでの技術を対象
- » 緩やかな技術的要求
 - 状況や環境によって要求が異なる
 - 総合的な視野で技術を取捨選択

システムの仮想的な拡張

- » 緊密なシステム構成で利用
- » 厳しい技術的要求
 - 特定の性能を引き出すために要求される性能が存在
 - 大規模化、広域化は考えられない

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

広帯域ネットワークの目的



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

広帯域ネットワークを取り巻く状況の変化

1. スター型ネットワーク構成の一般化
2. IP (Internet Protocol) による統合
3. サーバ集約が加速
4. 各階層での高速化技術の広がり
5. 高性能クライアントシステムの一般化

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

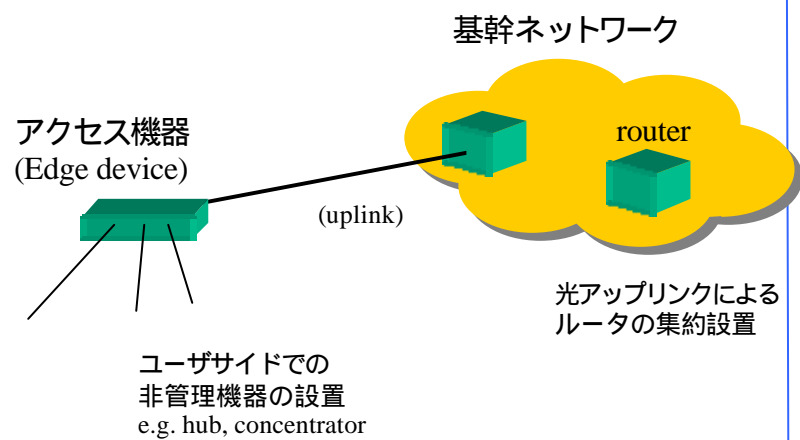
スター型配線の一般化

物理的な構築方法の急激な変化

- » スター型のケーブル敷設
 - 10BaseTの一般化が一番大きな原因
 - ハブ・スイッチといった集線型機器の一般化
 - ファイバの敷設もスター型
- » ネットワーク機器の集中管理
 - ルータは計算機室に
 - アクセス機器 (edge device) は利用個所に
 - 非管理機器と管理機器の明確なすみわけ
 - ATMによる物理網と仮想網の切り分け
- » 結果として階層化されたネットワークが出現

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

スター型ネットワーク構築



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

配線システムの利用拡大

統合配線システムの利用

- » パッチパネルを利用した結合の自由度アップ
 - 19inch ラックの利用
 - Wiring Closet
 - 非管理機器と同居
- » 簡単にファイバを収容
 - 光パッチパネル
 - ラック内終端処理

光ファイバケーブルとUTP/CAT5ケーブルの利用の急激な拡大

- » LANは UTP/CAT5 で構成
 - 大抵のLAN技術は UTP/CAT5が利用可能
- » 建屋内・建屋間の接続での光ファイバ利用
 - 光ファイバの設置コストの低下
 - 特に端点処理やコネクタ

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

マルチプロトコル環境の絶滅 (1)

バックボーンレベルでのプロトコル

- » IP (Internet Protocol) だけの運用で十分
 - トンネリング技術
 - 他のプロトコル (AppleTalk, MS-Net, Netware, SNA) のアプリケーションプロトコル化
 - IPのパケットがデータを運ぶ
- » IPだけを前提にした技術の投入
 - Label Switching Technology
 - Layer 3 switching
 - e.g. IP switch, CSR
 - 安価なシングルプロトコルルータ
 - “IP only” ルータの利用

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

マルチプロトコル環境の絶滅 (2)

システム構築が (ちょっとだけ) 安価に可能

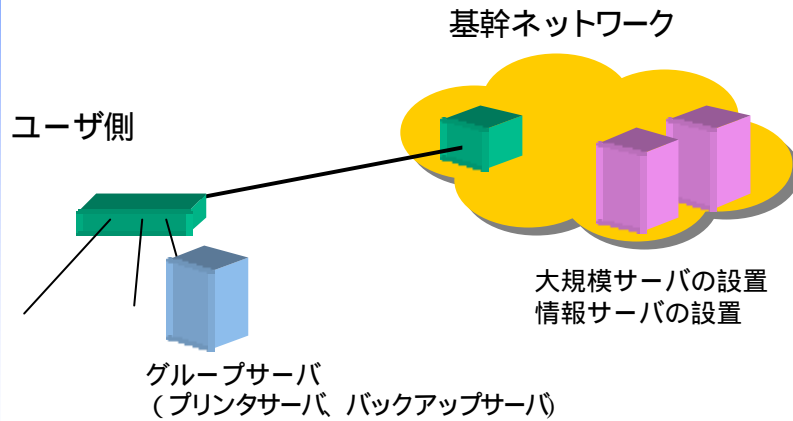
- » 特にマルチプロトコルブリッジを廃絶できる
 - AppleTalk / EtherTalk bridge (Cameroon など)
- » ルーティングソフトウェアの要求が少なくなるため、メモリなどが少なくて済む場合もある
 - IP スタック + IGPのみなのでメモリ要求量が減る
 - ルータのメモリはまだ高い
 - 安価なルータソフトウェア パッケージ

サーバの集約 (1)

サーバシステムの順調な導入

- » 大規模サーバの運用
 - 大規模なストレージの提供
 - バックボーン直結
 - 複数の部門にまたがるサービスの提供
 - メールサーバ
 - WWWサーバ、DBサーバ
- » ユーザ側でのサーバの運用
 - プリンタサーバ
 - バックアップサーバ
 - ファイルサーバになることも多い

サーバの集約 (2)



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

高速化技術の広がり(1)

Layer 2 スイッチ

- » Router はより少なく
 - Router がボトルネックになることが多い
 - Packet Forwarding Performance はやはり低い
- » 高速接続は Switch で
 - ATM, FDDI, Ethernet (10, 100, G)
 - 物理的な接続とネットワークの構成はスイッチで制御
 - ATM の場合には LAN Emulation の技法を使って物理網と実際の運用網を分離
- » よりフラットな接続

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

高速化技術の広がり(2)

Layer 3スイッチ

- » より高速なルータを目指して
- » ハードウェアスイッチ
 - 経路情報管理とパケット転送機能の完全な分離
 - パケット転送機能のハードウェア化
 - Layer 2 スイッチ技術の応用
 - 低遅延性の確保
 - 経路情報管理用カスタム LSIの登場
 - 高速検索ハードウェア

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

高速クライアントシステムの一般化

普段使用しているPCでネットワークを組み合わせることは可能

- » 今やネットワークボトルネックになりやすい
- » より広帯域なネットワーク環境を要求

マルチメディアアプリケーションの一般化

- » MPEG2/MPEG4デコーダの広がり
 - Windows Media Technology
- » MP3の広がり
- » インターネットアプリケーションとの融合

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

マルチメディアトラフィック特性

連続したデータ転送

- » 比較的大きなデータの塊
 - 固定ビットレート(CBR: Constant Bit Rate)
 - 可変ビットレート(VBR: Variable Bit Rate)
- » 時間的な制限付き
 - 30フレーム/秒の動画であれば、1/30秒以内に次のフレームデータが到着しなければ再生できない

求められる特性

- » 広帯域性
- » 遅延変動の少ないネットワーク

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

2.高帯域ネットワーク技術

Ethernet

CSMA/CDに基づくLAN技術

IEEE802.3として標準化

- » 10Mbps, ベースバンド転送
- » 1500octet MTU
- » 最初はバス型LANとして設計 開発
 - 同軸ケーブルとトランシーバの利用
 - 10Base5, 10Base2

UTPケーブルを利用した10BaseT技術の登場

- » スター型配線の始まり
- » ハブ、スイッチなどの技術の登場

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Fast Ethernet

100MbpsのEthernet

伝送媒体は UTP/CAT5 および光ファイバ

10Mbps Ethernet環境から直接移行可能

Bidirectional 100BaseT

- » 双方向データ伝送による広帯域化
- Auto-sense / Auto-negotiation
- » 接続端末との接続形態の自動設定
 - » 10BaseT/100BaseT, Unidirectional / Bidirectional
 - » 相互操作性の問題はほぼ解決

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Gigabit Ethernet (IEEE802.3z)

1Gbps

双方向データチャネル技術を利用

- » 片チャンネル 1Gbps
- » 全二重

伝送媒体は光ファイバ

- » 1000Base-SX (短波長), 1000Base-LX (長波長)

現時点での製品は IEEE802.3z に準拠するものが大多数

- » 相互操作性の確保が着実に進む
- » NIC、スイッチ共に幅広く提供される

Gigabit Ethernet (IEEE802.3ab)

新たな Gigabit Ethernet の標準化規格

1000Base-Tの追加

Gigabit Ethernet

課題

» 光ファイバ問題

- 長波長・短波長インタフェースが存在(SX, LX)
- 光ファイバを選ぶ
- 既存のファイバを利用する場合には、必ずファイバの光特性を確認し、ベンダと相談をすること

» 長距離伝送では ZXによる20 Km越えの伝送

- しかしながらベンダ間での相互接続には疑問
- 両端を同一ベンダで用意

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Ethernet 技術比較

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Data Rate	10Mbps	100Mbps	1Gbps
CAT 5 UTP	100m	100m	100m
STP/Coax	500m	100m	25m
Multi-mode Fiber	2Km	412m (hd*) 2Km (fd*)	550m
Single-mode Fiber	25Km	20Km	5Km

*IEEE half duplex/full duplex

注) IEEE 802.3z

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Ethernet Familyの強さ

Fast Ethernet が急速に広がる

- » 10BaseTからの以降が簡単
- » 数多くのプロダクトが安価に提供
- » 10BaseTのためのケーブル基盤を大体利用可能
- » システムにも標準で搭載されはじめている

特別な網管理が必要無い

- » 「させば動く」技術は強い
- » ATMとの最大の違い

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

10Gbps Ethernet

次世代の Ethernet として10Gbps Ethernetの開発
を目指している企業が登場

2002年頃には最初のシステムが登場か!?

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

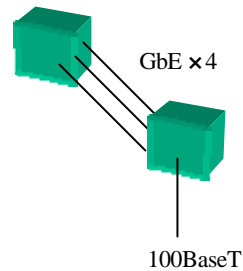
Trunk

複数の Ethernet ポートを
まとめて一つの接続ポート
してみなす技術

» IEEE802.3ad

基幹回線として、より広帯
域な接続を実現

» 1Gbps × 4 channel



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

FDDI

Fiber Distributed Data Interface

100Mbps

二重リング型ネットワーク

» トークンパス方式

» 対故障性を考慮した二重化リング

FDDIスイッチの登場

» Cabletron Systems: GigaSwitch

» Full-duplex FDDI (200Mbpsチャンネル)

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

FDDI

長所

- » 安定した技術
- » FDDIスイッチのマルチリンク機能で広帯域バックボーンを構成可能
 - Full-duplex FDDI 4 channel: 800Mbps のバックボーン

短所

- » FDDI インタフェースが高価
- » OS におけるサポートが減りつつある
- » プロダクツ的には終焉に向かいつつある

ATM

ATM: Asynchronous Transfer Mode

53octetの固定長セル (cell) を交換する高速伝送

- » ハードウェア実装に基づくcut-through 交換
- » 低遅延伝送

パケット交換と回線交換の両方の特徴を併せ持つことが可能

- » VP (Virtual Path) とVC (Virtual Circuit)
- » ATM Adaptation Layer (AAL) によるサービス定義

ATMの基盤伝送路

光ファイバ網を基盤とする高速同期伝送路

- » SONET (Synchronous Optical Network)
- » 電話会社が用いるデジタル光伝送網での基盤技術
- » OC (Optical Carrier level)
 - OC-3 155.52Mbps
 - OC-12 622.08Mbps
 - OC-24 1244.16Mbps
 - OC-48 2488.32Mbps

近年の高速化が著しい

- » OC-3からOC-12, OC-48 へ

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

ATM Adaptation Layer (AAL)

ATM網の利用目的に対して定義されるインタフェース層

- » AAL1
 - 固定ビットレート伝送 (例えば画像伝送)
- » AAL3/4
 - パケット伝送をモデル化
 - 現在では殆ど使われない
- » AAL5
 - ATM Forum によるパケット伝送モデル
 - 現在のATMコンピュータネットワークではAAL5を利用

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

ATMの回線サービスモデル

PVC (Permanent Virtual Circuit)

- » 固定的なVC設定
- » 単純な運用での利用

SVC (Switched Virtual Circuit)

- » 動的なVC設定
- » LAN Emulation などで利用

ATMの単純な利用形態

PVCによる「料金」として利用

- » 物理的なネットワーク構成と独立した論理的な網設定
- » 光ファイバの敷設が制限されているときに、管理目的でVCを効果的に設定することが可能

PVPの一般化

- » パスを固定的に設定
- » VCはユーザ側に解放して、利用目的に応じたVC設定を実施

ATM広域サービス

NTT MegaLink サービスに代表される広域接続サービス

- » ATM専用線サービス
- » ATMの特性をかなり生かせる
 - 従来の専用回線費用よりビット単価が割安
 - 東京大阪 1.5Mbps SD の費用で 3Mbps ATMサービスが購入可能*
 - VCの利用によって、接続機器数を抑えることが可能
 - 1インタフェースで複数対地設定が可能
 - ただし、使用機材はちょっと割高
 - Single Mode Fiber インタフェースが必要
 - トラヒックシェーパ(traffic shaper) が必要

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

ATM LANE

LAN Emulation

- » ATM網を用いてLANと同じ機能を持つ環境を構築
 - 基本的にSVCを利用
 - ネットワーク構成管理
 - ブロードキャストとマルチキャストのエミュレーション
 - ARPの解決
- » LANEサーバ
 - LECS (LAN Emulation Configuration Server)
 - LES (LAN Emulation Server)
 - BUS (Broadcast and Unknown Server)

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

ATM LANE

LANEサーバ機能をATMスイッチで提供

- » 現在の多くの製品で実装

接続を簡単にするためにエッジデバイスの登場

- » LANE対応ハブ
- » uplink にATMを利用
- » client サイドには Ethernet ポートを複数提供
- » LANEの機能を実装し、簡単にLANEを利用可能

ATM LANE

問題点

- » 処理オーバーヘッドが大きい
 - 20% 程度の帯域劣化は覚悟して設計することが必要
- » 仮想網の管理のオーバーヘッド
 - 物理的な網と完全に独立してLANE環境は定義
 - 仮想網を沢山作ると管理は大変
 - LANE環境の管理は慎重かつ徹底して必要

ATM MPOA

Multi-Protocol Over ATM

ATMによるネットワーク環境構築の新たな技術

- » ATM Forum による標準化
- » LANE環境と同じような環境を構築
- » より高速なデータ転送を実現
 - VC mapping と cut-through packet forwarding
 - NHRP (Next Hop Resolution Protocol)による経路確定

MPOAの実装は着実に増加

利用環境はそれほど増加していない

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

HIPPI

High Performance Parallel Interface

(ANSI X3T9.3/88)

周辺機器の高速接続用チャネル技術

- » 800Mbps (32bit) / 1.6Gbps (64bit)
- » HIPPI-FP (framing protocol)

HIPPI switchを用いた相互接続環境の実現

- » 高速ネットワークとしてスーパーコンピュータ・マーケットで広く導入
- » non-blocking switchの利用
 - 例えば Essential ESN-10000
 - <http://www.ods.com/>

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

HIPPI

2システムの直接接続は安価に利用可能

- » SGIなどではHIPPI直結での高速ネットワーク接続を実現 (800Mbps)

スーパーコンピュータ市場では根強い人気

注意点

- » 標準ケーブルでは接続距離が短い (25m)
 - 光ファイバ接続による長距離化は可能 (10Km)
- » NICなどが高価
 - だがスーパーコンピュータを購入する層にとっては、もちろん安価に違いない :-)

GSN

Gigabyte System Network

- » HIPPI-6400
- » SuperHIPPI

HIPPIの後継標準

- » 6.4Gbps
- » error-free, flow controlled data channel
- » HIPPI-800のバックボーンとしての利用可能
 - transparent bridging
- » 標準化作業中 (1998年中には作業完了か)
 - ANSI X3T11

Fibre Channel

HIPPIと同様に高速周辺機器チャネルとして開発

- » SCSIに代る高速チャネルとして、ディスクアレイインタフェースとして一般的に利用
- » 266Mbps (将来は800Mbpsまで拡張), 最大10Km
- » SAN (Storage Area Networking)

ネットワークとしての利用技術も開発

- » 標準化作業が未完了
- » 相互接続性が確保できていない
- » Gigabit EthernetやHIPPIなどと比較して魅力が少ない

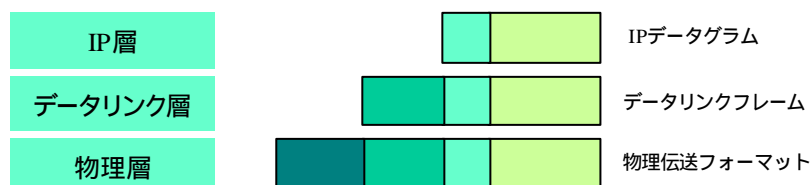
結果としてネットワークプロダクトはほぼ絶滅

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

IP over Something (1)

Payload Encapsulation

- » 上位層データは下位層のペイロードに格納される
- » 階層型プロトコルの特徴
- » プロトコル処理でEncapsulation / De-capsulationは必ず発生し、また、手間も大きい



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

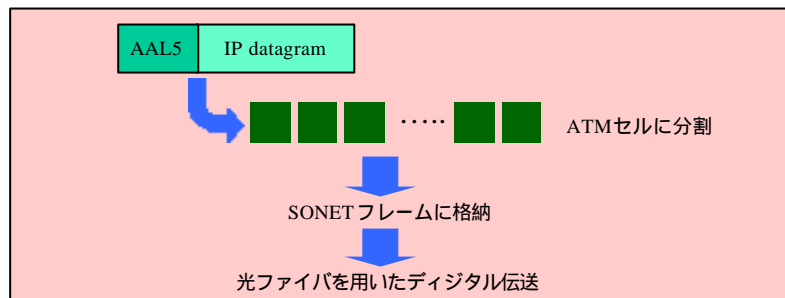
IP over *Something* (2)

Classical IP over ATM

- » AAL5
- » ATM
- » SONET
- » 光ファイバでの伝送処理

素朴な疑問

- » IPデータグラムを送送するのにこれだけのオーバーヘッドがかかる処理が本当に必要なのか？



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

IP over *Something* (3)

IP over SONET

- » POS (Packet Over SONET)
 - SONETフレームにIPデータグラムを格納
 - Point-to-Point
- » 世の中の通信サービス会社は基本的にSONETを用いた網を交換機間で形成している
 - キャリアが構成するバックボーンサービスなら利用価値大

IP over Glass

- » 光ファイバでの伝送処理を直接利用した IP データグラムの転送
 - 光伝送路の技術をそのまま利用
 - Point-to-Point
- » 最も下位の伝送方式をそのまま利用するので、さらにオーバーヘッドが少ない
 - 相互操作性問題は存在
 - Point-to-Pointならば問題は少ない (現状でも相互操作性の無い機器はたくさん存在)

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Packet Over SONET

SONETの直接利用

- » ATMなどで使われているSONET伝送網を直接利用してパケット交換を実現
- » PPP (Point-to-Point Protocol)をSONETに適用
 - RFC1619 “PPP over SONET/SDH”
 - FRC1662 “PPP in HDLC-like Framing”
 - PPPパケットを SONETフレームに直接格納して転送

主要なルータでの実装が存在

広域データ通信サービスの基盤技術として検討

Packet Over SONET

LANとして利用することは可能か?

- » SONET/SDH網をローカルに構築することができれば基本的に利用可能
 - これまではSONET網構築には大型交換機で実現
 - 小型のSONET switch が必要

広域接続技術として利用可能か?

- » SONET/SDH網を提供する通信事業者が有れば可能
 - 基幹網をそのまま提供することになるので、一般に実現は難しいと考えられている
 - POSサービスを構築する通信事業者が出てくれば別

Packet Over SONET

通信事業者が提供するバックボーンサービス構築に向けた技術開発が進む

- » SONET自体は通信事業者が元々構築していたデジタル交換網の基盤技術
- » 基盤技術をそのまま使うことができればメリット大
- » 網管理・サービス構成 性能管理が課題

関連技術開発

- » NTT光ネットワーク研究所によるMAPOS (multiple access protocol over SONET/SDH)の開発
 - RFC2171 - 2176

IP over Glass

光伝送基盤を直接利用する方式開発

- » 東京工業大学 太田昌孝先生が率いるコンソーシアムでの開発
- » NEDOの資金援助で研究活動
- » 具体的なシステム開発
 - 実際のシステムが N+I'99 Tokyo ShowNET でデモ
 - NEC製

http://www.itrc.net/itrc_ip.html

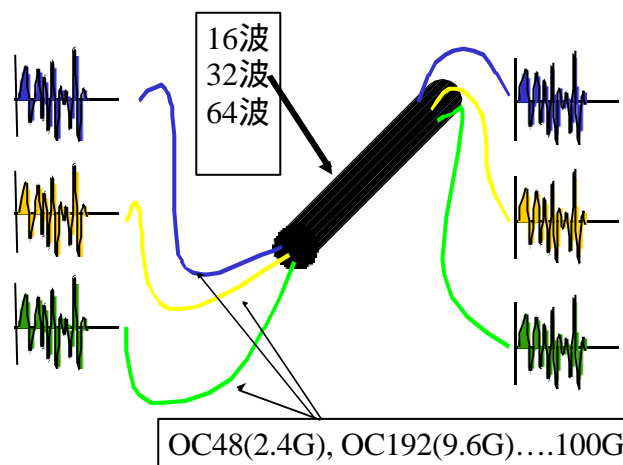
WDM

Wave-Division Multiplex (波長多重)

- » 一本の光ファイバで波長の異なる複数の光信号を用いることで、物理媒体の変更無しに利用可能帯域を増加させる技術
 - (例) SONET OC-48の8波多重装置
- » 大規模ネットワークの広帯域化技術として注目
 - 特に通信会社における基幹網技術として
 - ビットインフレーション
- » LANや構内ネットワーク利用をターゲットとした小型のWDM装置も登場
 - Nbase
 - CIENA

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

D-WDM: Dense Wavelength Division Multiplexing



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

D-WDM @ Interop Tokyo 99



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

IP over WDM

WDM網に直接 IP を載せる

- » IP over SONET
- » IP over Glass
- » どちらの技術も今後出てくると期待されているが、現状では未完成

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

xDSL

電気通信事業者の持つ通信線を利用した広帯域サービス

- » 集線局と加入者間の回線を利用
- » 通常の音声通信のために使われている伝送周波数帯域とは異なる帯域でデータ伝送を行う
- » 比較的広帯域なサービスを実現
- » ADSL, SDSL などの製品が登場

ADSL

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

既存のより対線を使った高速伝送技術

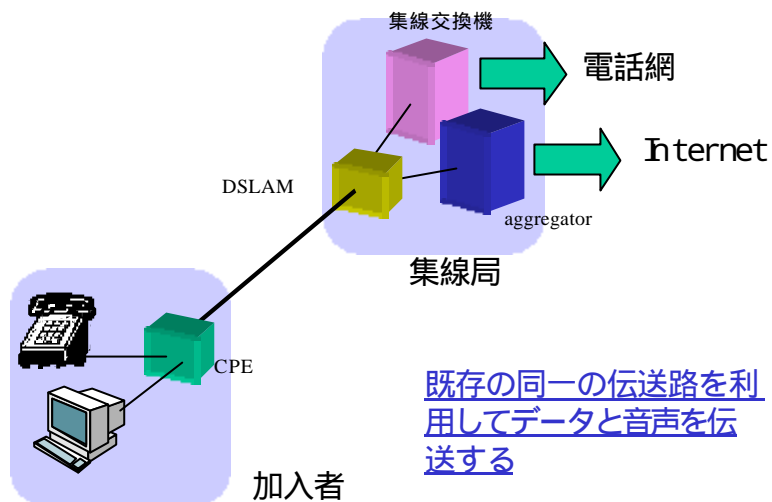
- » 数Kmの接続
- » 一方向であれば数Mbps
- » 双方向であれば16~640Kbps

SOHO高速接続技術として期待

現状で数多くの実装が登場

- » Redback, cisco, shasta, ...
- » 今回の ShowNet では積極的に利用

ADSL



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

IEEE1394

TVやVCRといったAV機器の相互接続のために開発された高速バス技術

- » 100 - 400 Mbps
- » SONY iLINK (DV端子)

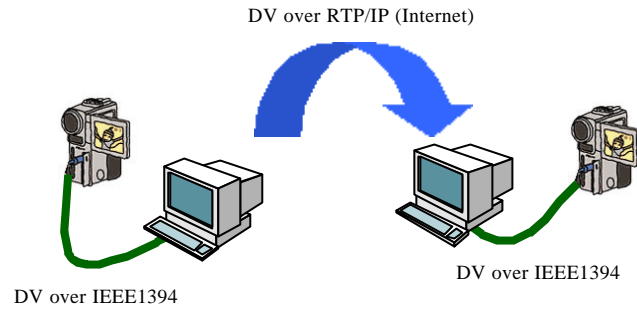
IEEE1394 Serial Bus 上にIPネットワークを構築するための技術開発がスタート

- » IETF ip1394 WG

現時点で試作システムが開発され始めている
ホームネットワークの基盤技術として期待

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

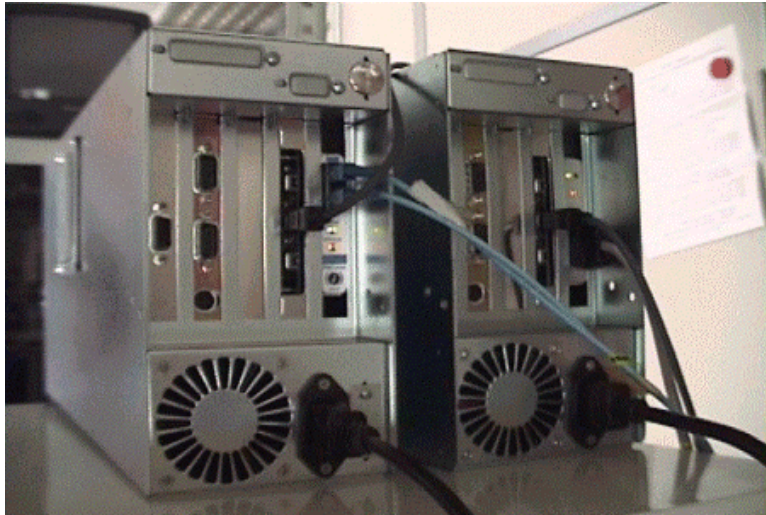
DV over IP



WIDE Project等での高品質ビデオ転送で積極的に利用
4.5Mbps程度の帯域使用

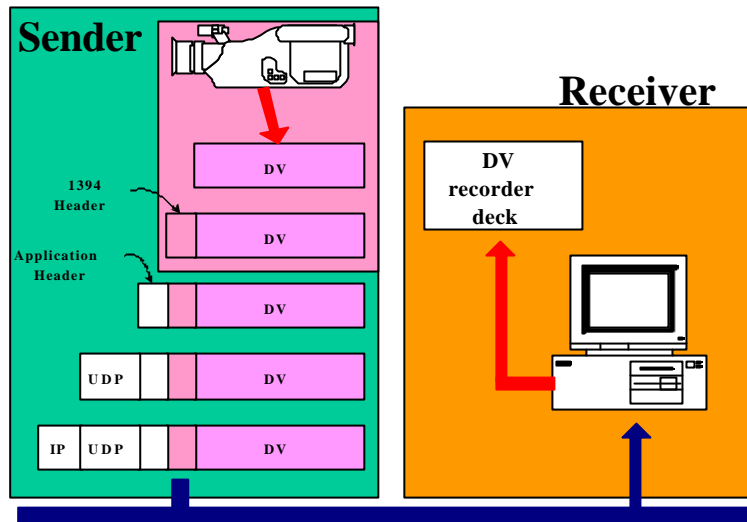
Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Comet (IEEE 1394 / IP)

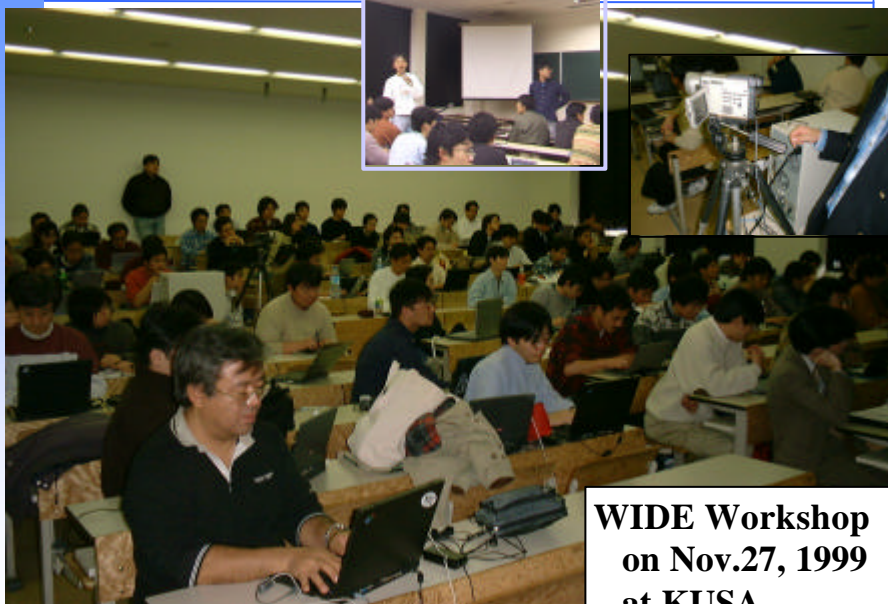


Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

DV/IP Encapsulation



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

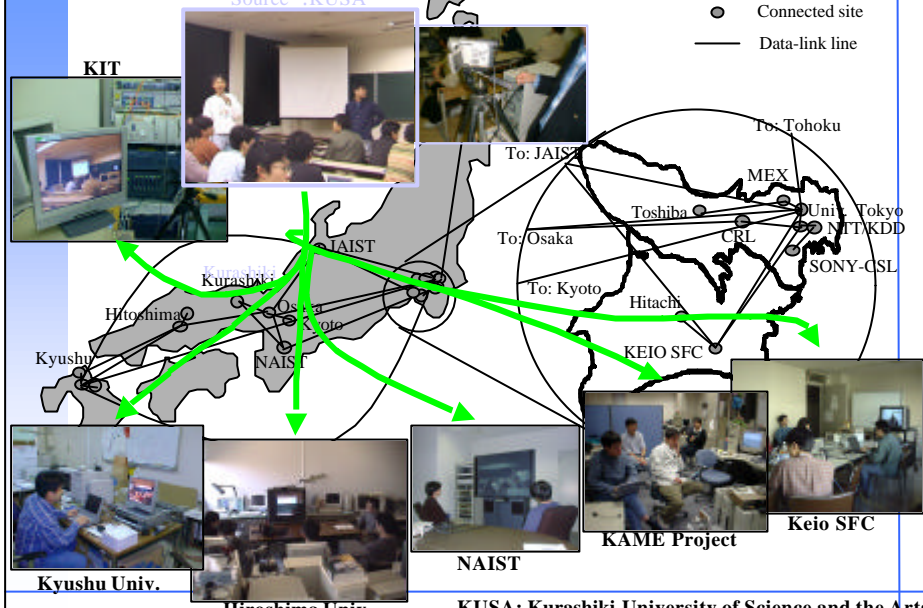


**WIDE Workshop
on Nov.27, 1999
at KUSA**

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

DV Multicast with PIM-SM over IPv6 JB Network

Source :KUSA



Copyright ©2000 Suguru Yamaguchi. All right reserved



Copyright ©2000 Suguru Yamaguchi. All right reserved

無線通信 (1)

Point-to-Point型であれば、高速接続装置が登場

» 例えば、CANOBEAM

- 標準伝送距離 2Km
- インタフェースATM(OC-3), FDDI, Fast Ethernet
- レーザー光を使った伝送
- <http://www.canon.co.jp/>

» 伝送方式

- 赤外線、マイクロ波など多種多様
- 機器免許が必要な場合が多い
 - 他国と周波数割り当てが違うので国内独自の開発が必要

無線通信 (2)

Wireless Ethernet

» Wireless LANとしては一番広く利用

- 数百kbpsから3Mbps程度までの製品が多数
- 10Mbps程度の帯域を提供する製品も登場
 - Lucent WaveLAN

» 802.11bによる標準化によって相互操作性が確保

- 例えばciscoの基地局にLucent のカードでアクセス
- セキュリティにも配慮
 - アクセス制限をうまく行うための機構が用意
 - ただし、限界も多い
 - » 上位層での管理も必要

無線通信 (3)

公衆網ではまだまだ遅い

- » 携帯電話: 9.6Kbps
- » PHS: 32Kbps
- » cdmaOne: 64Kbps

近い将来広帯域無線通信サービスが計画

- » IMT2000
 - International Mobile Telecommunications 2000
 - 最大2Mbpsの帯域を提供する公衆無線網
 - CDMA技術の利用が計画

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Ubiquitous Internetworking



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

3. ネットワーク層技術の進展

トラフィック制御技術

パケット転送スケジューリング (基本技術)

ラベルスイッチ技術

Integrated Service技術

RSVP技術

Differentiated Service技術

経路制御技術

ECN制御技術

マルチキャスト技術

パケット転送スケジューリング

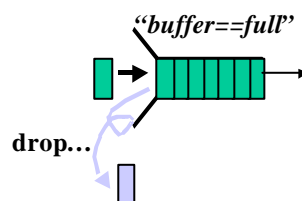
Active Queue Management : RFC2309

- » Queue Management (i.e., Packet Drop)
- » TCP End-End Congestion Control (1988年 VJ; Back-Off, Fast-Retransmission)
 - Routerでのパケット廃棄制御
- » (a) Simple Tail Drop (既存ルータ)
- » (b) Random Drop on Full
- » (c) Drop Front of Full (RED@1993)
 - (i) Estimate Average Queue Length
 - (ii) Drop Decision/Selection
- » Scheduling Algorithm
 - (a) CBQ (Class-Based Queuing)
 - (b) WFQ (Weighted Fair Queuing)

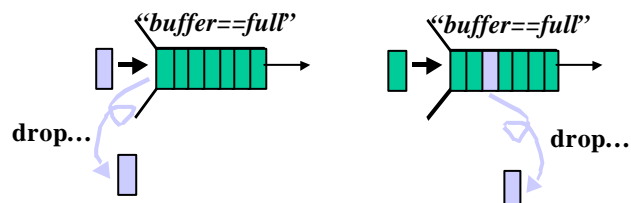
Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Queue Management

(a) Simple Tail Drop (既存ルータ)



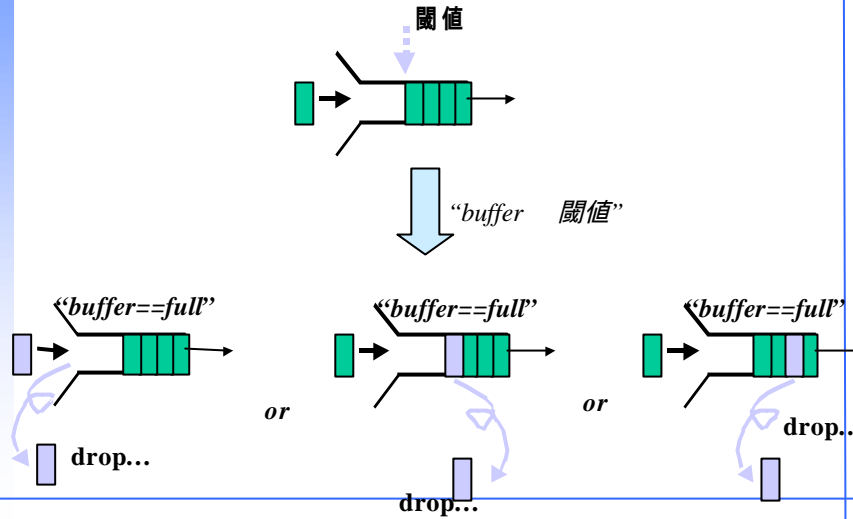
(b) Random Drop on Full



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Queue Management

(c) Drop Front of Full (e.g., RED)

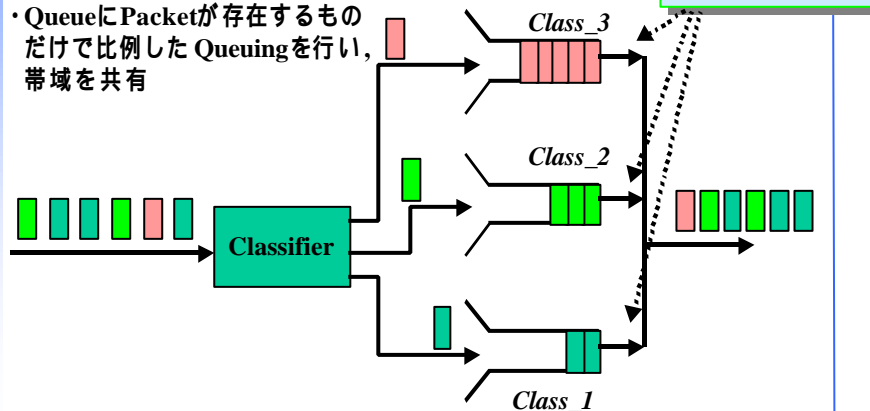


Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

CBQ / WFQ

- [Class_1] : [Class_2] : [Class_3]
= A:B:C

- QueueにPacketが存在するものだけで比例した Queuingを行い, 帯域を共有

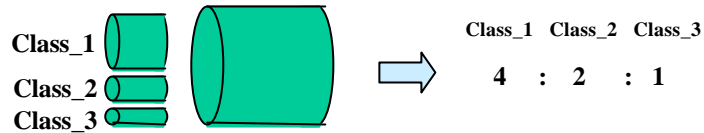


Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

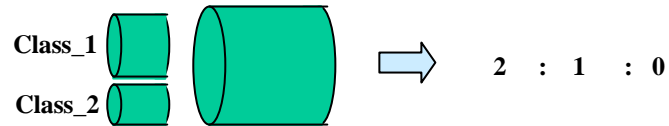
WFQ

• [Class_1] : [Class_2] : [Class_3] = 4 : 2 : 1

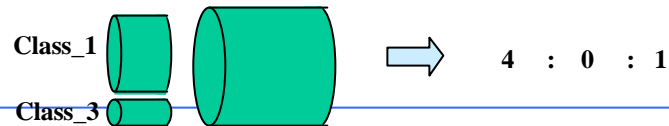
(1) すべての Queue にパケットが存在する場合



(2) Class_1 と Class_2 のみが存在する場合



(3) Class_1 と Class_3 のみが存在する場合



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

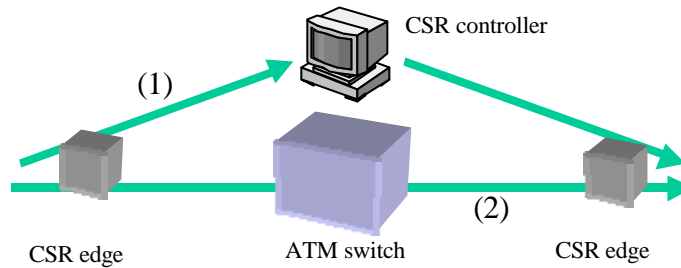
CSR

Cell Switch Routing

- » Label switching の一つの方式
- » 東芝が技術開発
- » 特定のフローをVCにマッピング
 - ATMのスイッチング機構をうまく利用
 - 高速なデータ転送を実現
 - 環境全体で一つのルーティングエンジンとして機能
- » フローの特定と割り当てのアルゴリズムは重要
 - 比較的研究レベルの問題が沢山存在
 - QoS制御
 - VC割当てと解放

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

CSR



- (1) デフォルトの VC
- (2) 切り出したフローを特定のVCに割り当てる

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Label Switching (1)

多くのベンダが同様の方式を提案

- » CSR (Toshiba)
- » Tag Switch (cisco)
- » IP Switch (Ipsilon)

共通の方式を標準化する試みがスタート

- » IETF Multiprotocol Label Switching (mpls)
- » Label Switching の基本的な概念を整理
- » QoS制御の取り込み
- » 現在も活動中

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Label Switching (2)

高機能な広帯域ネットワーク環境の可能性

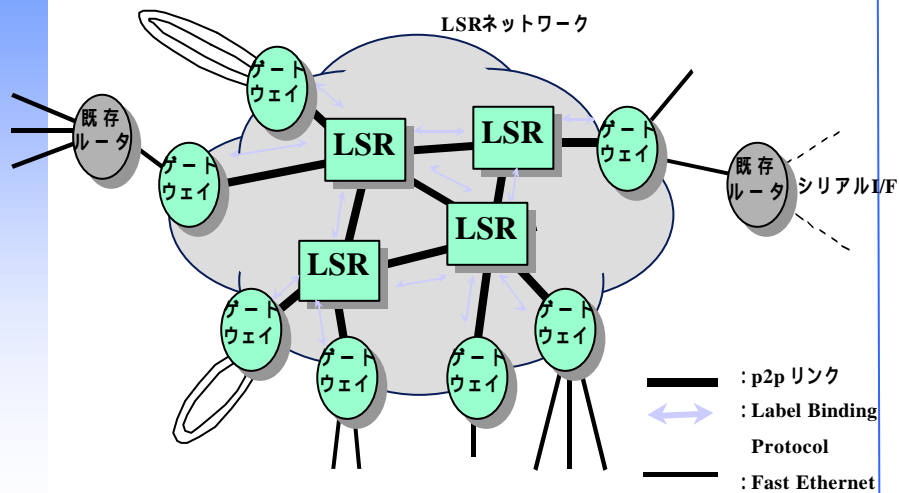
- » 単純に広帯域性を提供するだけでなく QoS制御やポリシーベースの取り扱いを可能にする技術として期待
- » 研究的な要素も多く 標準化には時間がかかる

ATMに限定される技術ではない

- » フローを取り出して、各フロー毎に取り扱いを決める
- » 多くのデータリンクに適用可能
 - ATM, WDM,

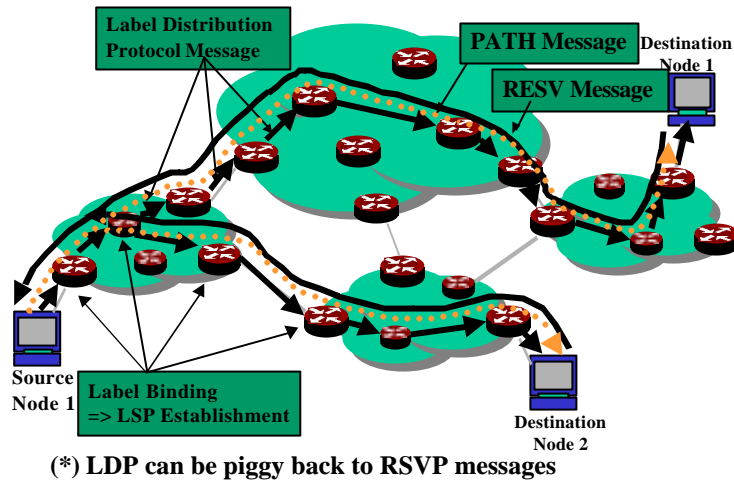
Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Label Switch Routers



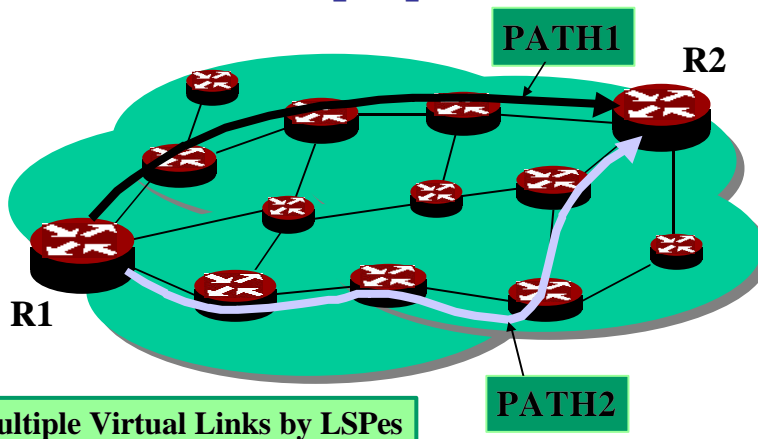
Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

MPLS; Reservation-Driven with RSVP



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

LSP for Engineering Purpose - multiple paths -



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

ラベルスイッチルータの特長

1. レイヤ2ラベルスイッチによりソフトウェアによる従来のパケット処理をカットスルー
高スループット
データ転送と制御プロセスの分離
2. 可変長ルーティング情報検索(i.e., best-match) を固定長ラベル検索(i.e., exact-match)で実行
3. レイヤ3の仕様に独立なカットスルー転送
4. 任意のレイヤ2に対応
5. 新しいVPNサービスの提供

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

トラフィック制御の必要性

特定のトラフィックを“うまく”ネットワークの中を通
過させる機構

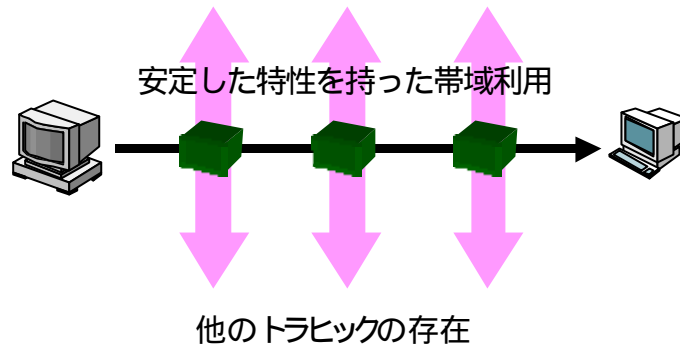
- » 特にマルチメディアトラフィックと通常のトラフィックの共存
では必須

必要となる機構

- » 「うまく」の定義と実装

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

トラフィック制御



いかにして他のトラフィックとうまく共存させるか?

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Differentiated Services

現在インターネットで活発に標準化が進められているトラフィック制御方式

- » 従来の RSVP / Int-Serv は余りに複雑すぎた
 - per-flow で状態を管理することはスケーラビリティを損なう
 - QoS の管理が難しい
- » より簡単にプレミアムサービスを提供できる仕掛けに期待が集まる
 - 1997年から標準化活動が IETF で開始
 - TOS フィールドの再定義を行う
 - クラスの定義とそのマッピングを提供

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Differentiated Service

IPv4のTOS(Type of Service)フィールドを用いたサービスクラスを表現

- » 6 bits ; for Diff-Serve
- » 2 bits ; for ECN(Explicit Congestion Notification)

Signalingを必要としない

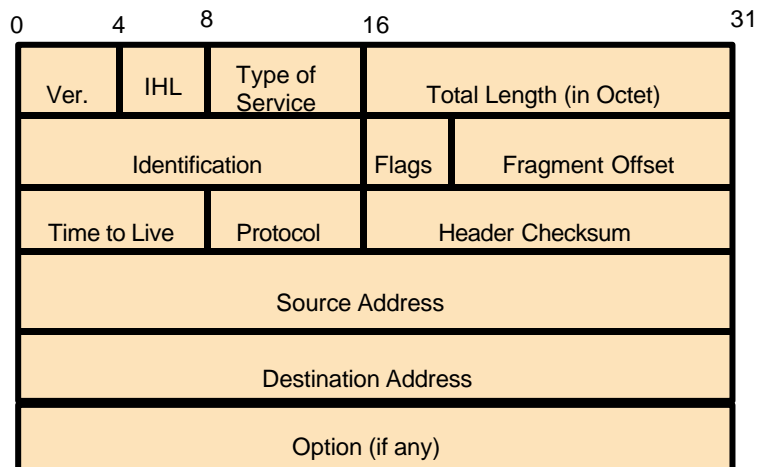
- » Flow ごとの状態管理を行う必要がない
- » Stateless CoS提供
- » Scalability

Policing/Admission制御/Shapingを必要としない

Edge_Router + Core_Router

- » Edge Router ; TOSビット操作、Packet_Scheduling
- » Core Router ; Scheduling (必要ないかもしれない)

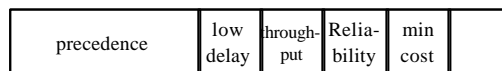
IPv4 header



TOSフィールド

TOSフィールドを再定義

- » 2bitはECNのために予約
- » IPv6 の Traffic Class にも適用



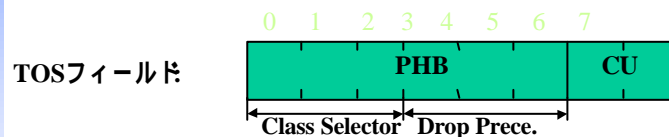
Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

TOS field の詳細

Differentiated Service for Premier Service(CoS)

- PHB(Per-Hop-Behavior)
- CU(Currently Unused)

=> for ECN(Explicit Congestion Notification) ?



- PHB: 000000 DE (Default Service)
 101110 EF (Expedited Forwarding)
 Others AF (Assured Forwarding)
 xxxxx0 Standard Purpose
 xxxxx11 Experimental Purpose
 xxxxx01 Experimental Purpose

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

TOS field の詳細

- Assured Forwarding Service

EF > AF > BF

- 4 Classes, 3 drop precedence

12 levels of service classes

- Keep the packet order in micro-flow

- Timingに関する保証はない

	Class 1	Class2	Class3	Class4
Low Drop Prec. 001010	010010	011010	100010	
Medium Drop Prec.	001100	010100	011100	100100
High Drop Prec. 001110	010110	011110	100110	

優先転送 →

廃棄されやすい ↓

Class Selector Drop Prece.

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Diff-Servのモデル

ネットワークの入り口でトラヒックを制御

- » エッジノード(edge node)

- コードポイントの設定
- SLA: Service Level Agreement

- » 中間ノード

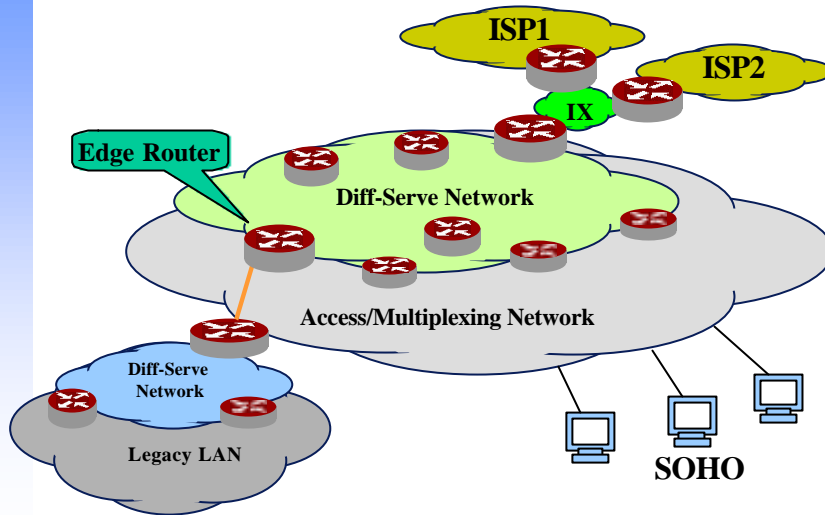
- コードポイントに応じたパケットスケジューリング

- » 境界ノード(boundary node)

- ネットワーク間の取り決め (SLA)にしたがって、コードポイントを書きかえる
- コードポイントの変更によって PHB (Per-Host Behavior) が変更される

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

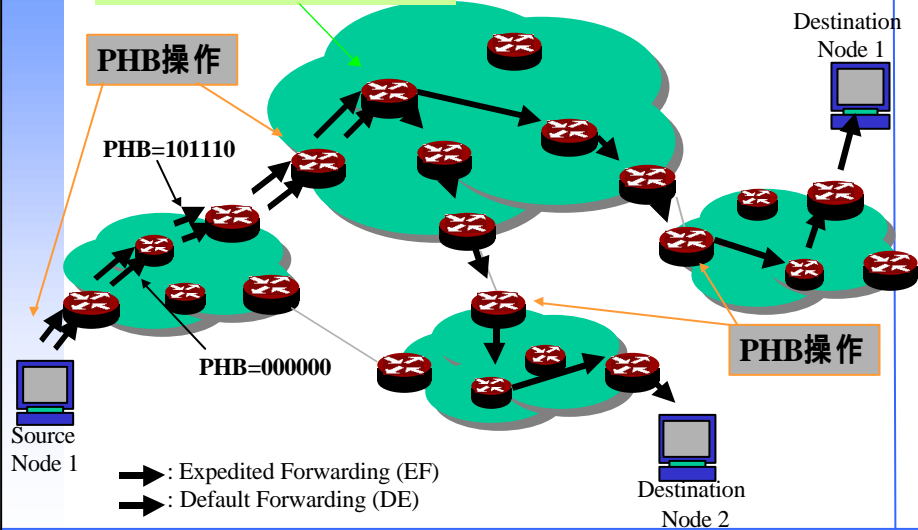
Diff-Serve Network Architecture



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Differentiated Service CoS提供

Packet Scheduling by PHB



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

Diff-servの現状

基本的な機能については標準化が進む

- » DSCPの構造は決定
- » SLAについては現在議論が盛んに行われている
- » Diff-serv の機能的な実装はルータで進む

Diff-servの利用を実際のネットワークで行う場合の機構をどのように構成するかは今後の問題

- » 課金
- » クラスの割り当ての考え方

4. Lessons so far...

ネットワーク構築の基本

ユーザ側ネットワークは 100BaseTで構築するのが当然の状態に

- » UTP/CAT5によるケーブルリングで無駄は発生しない
- » 10BaseTから100BaseTへの移行プレッシャーは自然と発生
 - ハブ・スイッチ共に急激に低価格化
 - PCやWSの標準Ethernetが 100BaseT

バックボーン技術 (1)

現状では FDDI, ATM, Gigabit Ethernet, HIPPIが利用可能

- » FDDIの場合は Switched FDDI を利用して、複数チャネルを並列利用することで帯域確保
- » ATMの場合は、OC-12からOC-48の技術を利用
 - データリンクモデルとして classical IP over ATM (PVC), LANE, MPOAのどれを利用するかは課題
- » HIPPIでは、HIPPI switch を用いてスター型接続
 - ただし、HIPPI対応のルータは少ない
 - 高性能ホストのスター接続には魅力的

バックボーン技術 (2)

最近は Gigabit Ethernet が旬

- » 数多くの製品が投入
- » 価格も急激に低下

FDDI でのバックボーン構築は安定していて魅力的だが、もはや技術的には古い

- » 製品が少ない
- » FDDI NIC から 100BaseT NIC へ急激に移行

ATM はかなり安価な技術として魅力的

- » ただし、LANE や VLAN の管理はそれなりの設計を
- » 広帯域・高機能の ATM は高価

バックボーン技術の利用

結局光ファイバをうまく敷設することが重要

- » 再利用可能な形で敷設
 - マルチモードファイバは安価だが広帯域化に問題発生有り
 - シングルモードファイバはインタフェースが高価
- » ネットワーク技術を横目で見ながら光ファイバ敷設を設計すべき
 - ファイバ敷設は簡単にできない
- » 十分な余裕を持ったファイバ数を
 - 最低必要数の2倍程度の敷設はコスト的に余り変わらない
- » ケーブル敷設情報の管理を的確に
 - 余っているファイバの発見を簡単にするために

WDMやPOSについて

しばらくは様子を見るべき

- » どちらにしろユーザ側で気楽にLAN環境を構築できる技術ではない
- » LANでの利用が始まるにしても、その利用ニーズがあるかどうかを慎重に判断すべき
- » trunk 設定で頑張れる部分は多い

バックボーンオペレータはそろそろ検討を

- » 大規模な交換機などで用意されつつある

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

AVICI Carrier Level Router



Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

無線技術の利用

Point-to-Point型ネットワークは魅力が多い

- » 特に光ファイバ敷設などの工事が不要
- » 工事が難しい環境では十分考慮すべき技術

Wireless LANは mobile 環境構築に魅力

- » 年々低価格化
- » 多くのベンダから製品の提供
- » IEEE 802.11b

無線公衆網は当分狭い帯域しか利用できない

- » 最大でも 64Kbps 程度
- » アプリケーション環境への影響大

「新しい物好き」は幸せか

新しい技術を果敢にも大規模導入する例が数多く見られる

- » 確かに先行投資の意味もあるが....
- » 結局、問題点が「粘り」から「導入するほうがコスト的にも見合うことが多い

本当に新しい技術が必要かどうかの判断は重要

- » SOHO環境に Gigabit Ethernet を導入しますか?

ネットワーク環境の設計

サーバやクライアントの性能を考慮しなければ、
ネットワークだけを広帯域化しても無意味

- » どの程度の帯域消費が見込まれるか
- » サーバがボトルネックになっていないか
- » クライアントの台数の増加予測
- » サーバへのアクセス集中パターンの検討
- » サービス構成の変更とトラフィック変動

Appendix

On-line Resources

ATM Forum

» <http://www.atmforum.com/>

Gigabit Ethernet Alliance

» <http://www.gigabit-ethernet.org/>

Fibre Channel Association

» <http://www.fibrechannel.com/>

High Performance Networking Forum

» <http://www.hnf.org/>

IETF home page

» <http://www.ietf.org/>

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved

On-line Resources

ADSL Forum

» <http://www.adsl.com/>

Copyright ©2000, Suguru Yamaguchi, All right reserved