

## MPLSの歴史/背景 と今後の方向性

- (1) インターネットの歴史と方向性
- (2) MPLSの進化
- (3) MPLS-JAPANの目的



東京大学 大学院 情報理工学系研究科  
WIDEプロジェクト  
江崎 浩 <hiroshi@wide.ad.jp>

1

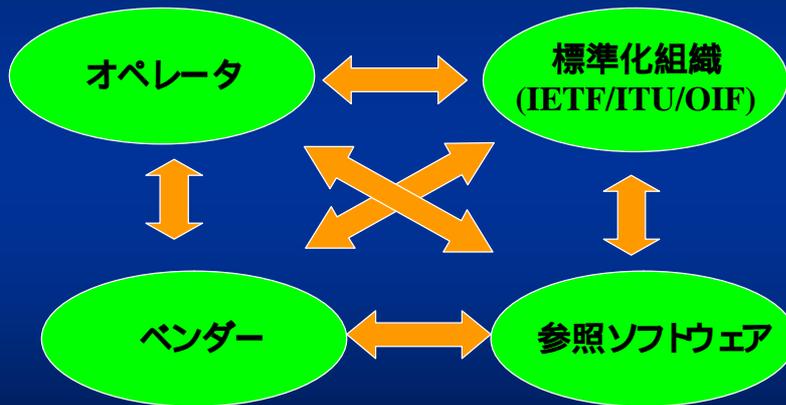
インターネットシステムが  
死守すべきもの



運用に根ざした技術開発と導入

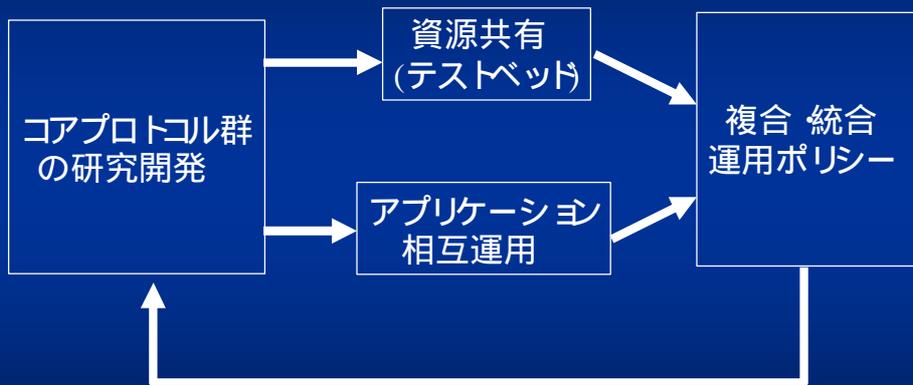
2

## インターネット発展のコミュニティ



3

## インターネットの歴史的発展



4

## Where the Internet Goes ?

- **Internet for Everything**    Everything over IP
- **Internet for Everyone**    Everyone with IP
- **Internet Everywhere/Anytime/Anyhow**  
    Everywhere and Anyhow to IP

↓ *“IP is for Everyone”*

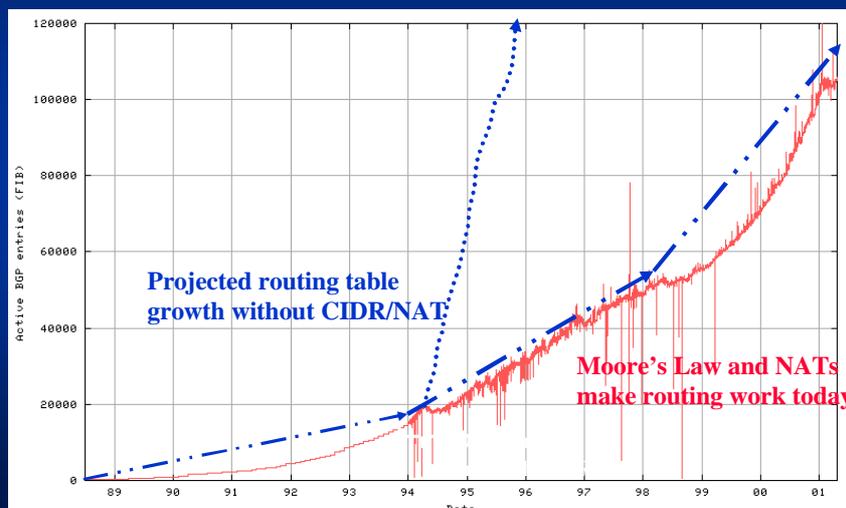
Quantitative Scalability  
    until Massive Scalability  
Qualitative Scalability  
    Heterogeneity  
    (e.g., Bandwidth, QoS/CoS, Media, etc.,)

5

## 経路表の増加

Source: <http://www.telstra.net/ops/bgptable.html>

But they cannot be  
relied on forever



## インターネット：第4の波

第1の波： Closed Open Network → Global Open Network

- not only for closed system
- 共通言語としてのTCP/IP

第2の波： IP for Everyone/Billions

- not only for researchers
- Scalability, Reliability & Robustness

第3の波： IP for E-Business

- not only for hobby/research

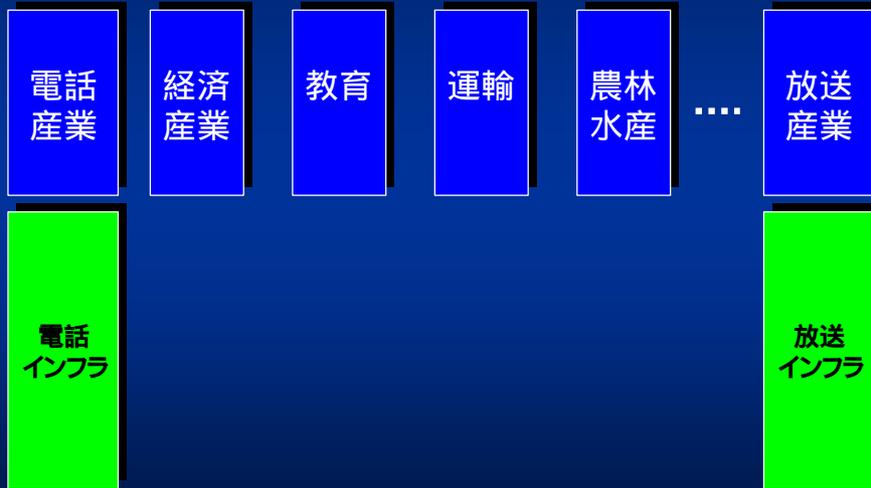
第4の波： Broadband/Ubiquitous/Mobile (always connected)

- not only for computers
- Small Nodes
- Heterogeneous (Quality and Quantity)

## Internet 第4の波

- (1) Native Internet
- (2) 常時接続
- (3) ブロードバンド
- (4) フルデジタルメディア
- (5) Ubiquitous Computing

## アナログ技術の守備範囲



資料提供 : 慶応義塾大学 村井教授 9

## インターネットの初期



資料提供 : 慶応義塾大学 村井教授 10

# 最近のインターネット



資料提供 : 慶応義塾大学 村井教授 11

# インターネットの普及



資料提供 : 慶応義塾大学 村井教授 12

## 光ファイバーの整備(1)

- Qwest (旧US West) の列車



- <http://www.angelfire.com/fl3/railrunner/QWest.html>

13

## 光ファイバーの整備(2)

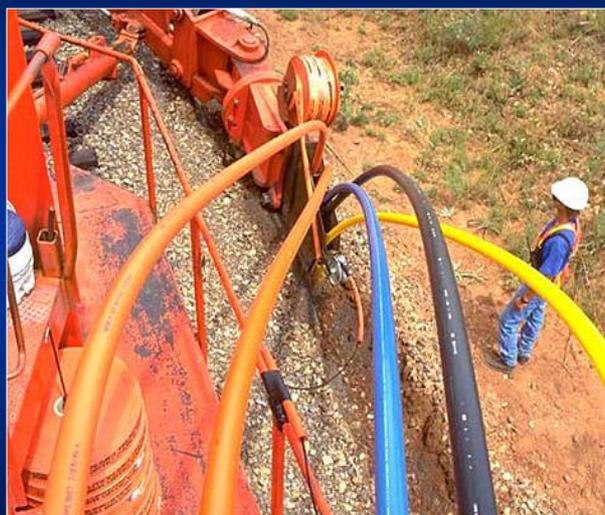


14

## 光ファイバーの整備(3)

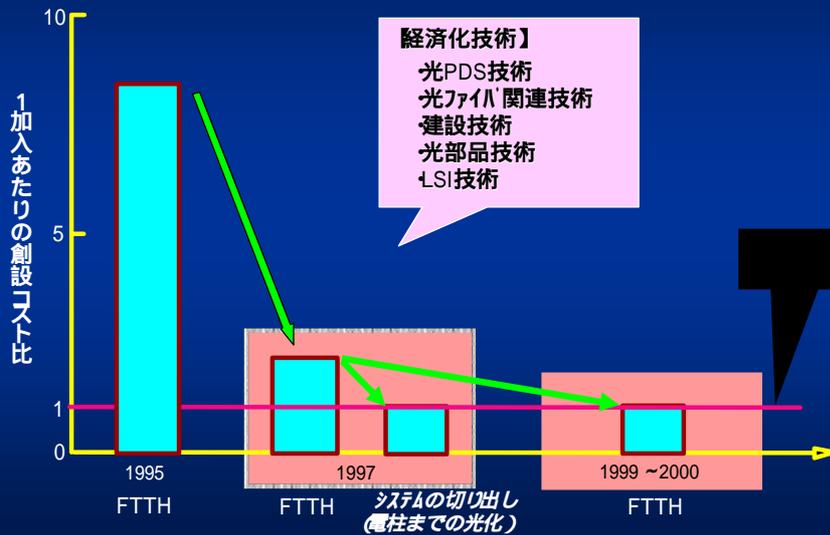


## Fiber, Fiber...Everywhere



16

# FTTHの経済化



17

## Optical Networking at Double Moore's Law

- Moore's Law says that computer speed= $2x$  every 18 months, and the cost = 50%
- John Roth, president and chief executive officer, says that Nortel Networks is moving at twice the speed of Moore's Law, doubling the capacity of its fiber-optic systems and halving the cost *every nine months*.
- Networks: 3 years= $16x$  capacity, 6% cost
  - Computers: 3 years= $4x$  speed, 25% cost
- Networks: 6 years= $256x$  capacity,  $>1/2\%$  cost
  - Computers: 6 years= $16x$  speed, 6% cost

Source: HPCwire [hpcwire@tgc.com](mailto:hpcwire@tgc.com)> 18

## Optical 技術のインパクト

### 1. Optical技術のコストダウン

- i. 電話交換機仕様 → インターネット仕様
- ii. WDM(波長多重)技術

### 2. 長距離伝送技術

- i. データセンターの分散化
- ii. 分散化IX

### 3. Dark Fiberの導入

- i. 第0種業者の出現
- ii. ファイバーの専用線化



19

## Optical 技術のインパクト

### 期待するもの

For individual and residential

→ **高速常時接続 !!**

For corporation, xSP(e.g., ISP, ASP)

→ **High Quality Private Peering !!!**



20

## Internet 第4の波

- (1) Native Internet
- (2) 常時接続
- (3) ブロードバンド
- (4) フルデジタルメディア
- (5) Ubiquitous Computing

21

## Internet 第4の波

- (1) Native Internet
- (2) 常時接続
- (3) ブロードバンド
- (4) フルデジタルメディア
- (5) Ubiquitous Computing

22

## 将来の需要に関するある試算 by IIJ 浅羽氏

- 現在
  - 主流なアクセススピード 64Kbps
  - ユーザ数 2,706万人 (平成12年度版通信白書より)
  - ISPの主流なバックボーン回線速度 150Mbps
- 5年後は？
  - 典型的アクセス速度 10Mbps                      現在の約156倍
  - ユーザ数 7,670万人                                      現在の約2.8倍



- ISPの主流なバックボーン回線速度：  
 $150\text{Mbps} \times 156 \times 2.8 = \mathbf{65.6\text{Gbps}}$

23

## 伝送速度と時間

- CD-ROM 1枚 600MB を転送するには...

- V.32	524288 (sec)	約146時間
- ISDN Bチャンネル	76800 (sec)	約21.3時間
- T1	3200 (sec)	約53分
- Ethernet	480 (sec)	8分
- T3	106 (sec)	1.78分
- OC - 3	31 (sec)	
- OC-48	1.9 (sec)	
- OC-192	0.4 (sec)	

24

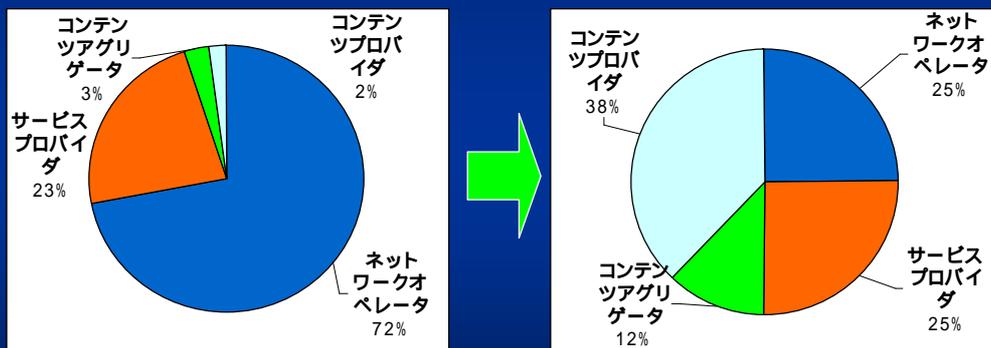
# Internet 第4の波

- (1) Native Internet
- (2) 常時接続
- (3) ブロードバンド
- (4) **フルデジタルメディア**
- (5) Ubiquitous Computing

25

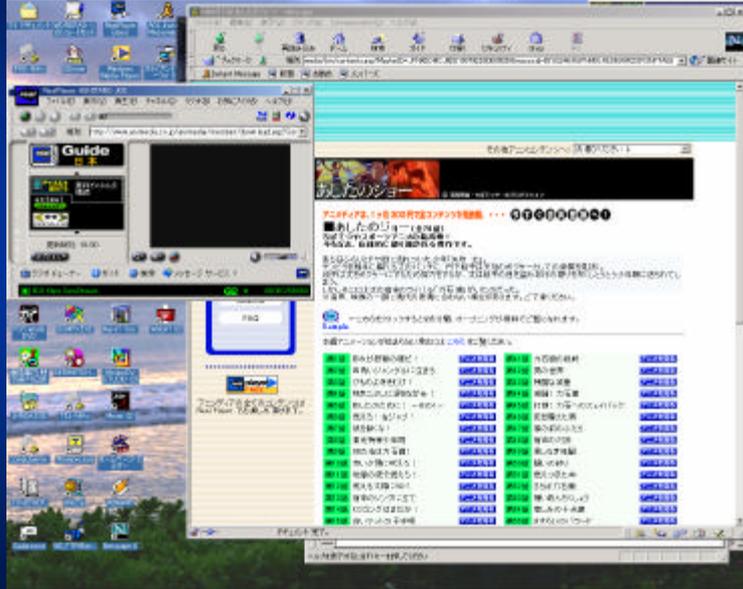
# 通信事業のビジネスモデルの変化

出典 :Arthur D .Little (100%=加入者当たり40-60ユーロ(西欧))



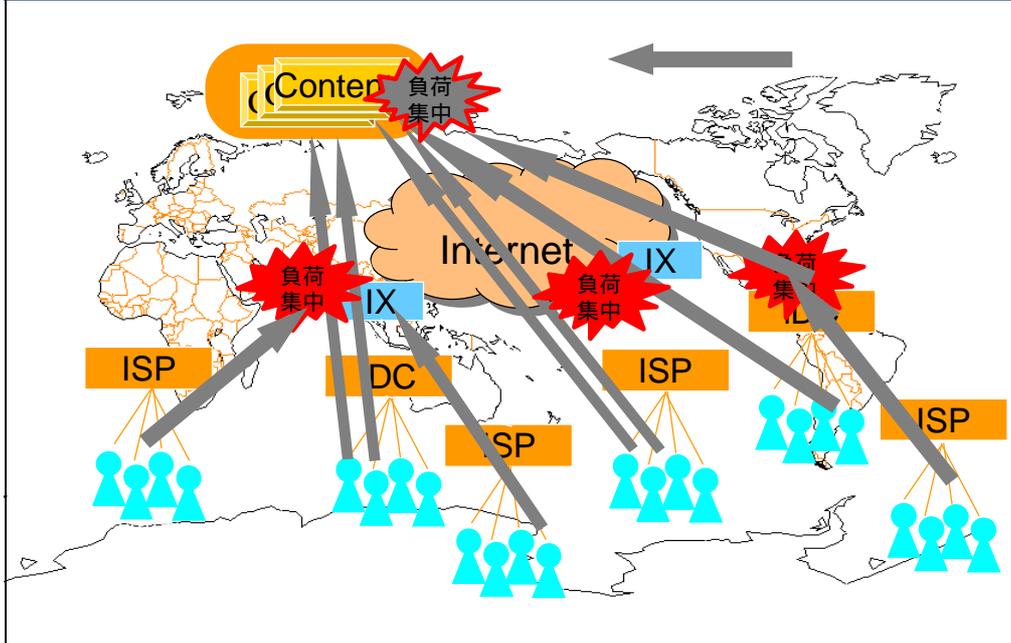
26

# ビデオコンテンツ on インターネットの一例 - <http://www.animedia.co.jp> -



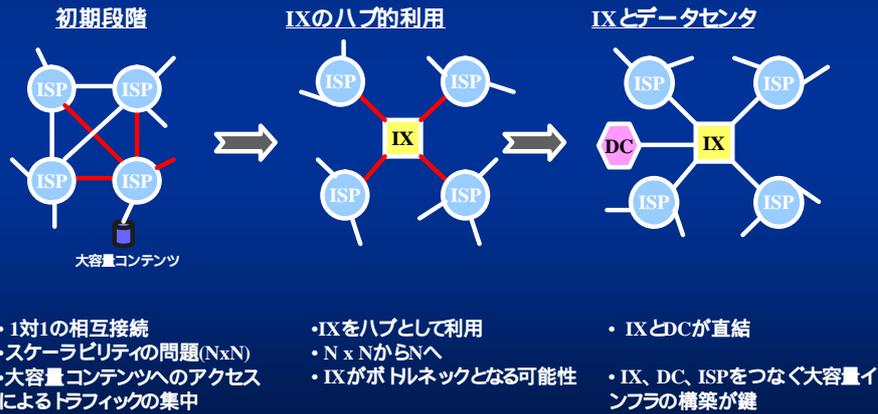
27

## Webサービスの構造上の問題 (負荷の集中)



## ISP間のネットワークの変化

- データセンターの登場
- データセンターとIXの融合

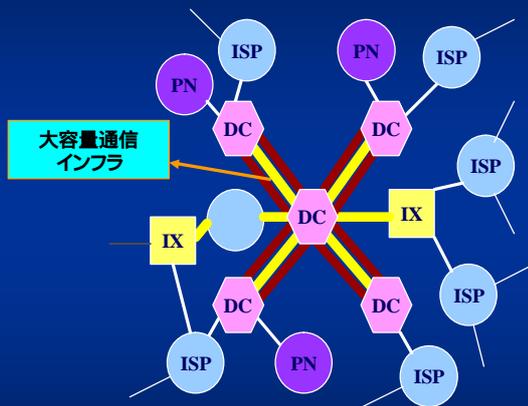


29

## 広域分散IXシステムへの進化

### キーコンポーネント:

- グローバルに構築されたiDC
- iDCを相互接続する広帯域広域IX



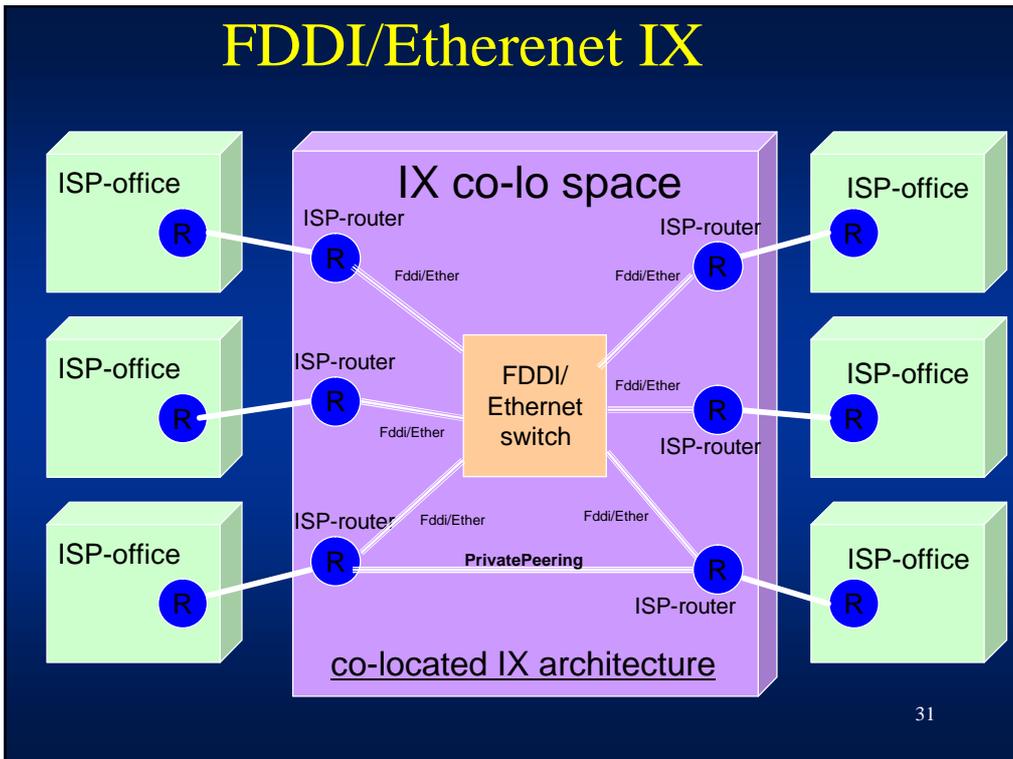
From データセンター  
VS  
From ISP/キャリア



実は、キャリアは潜在的には非常に有利!!

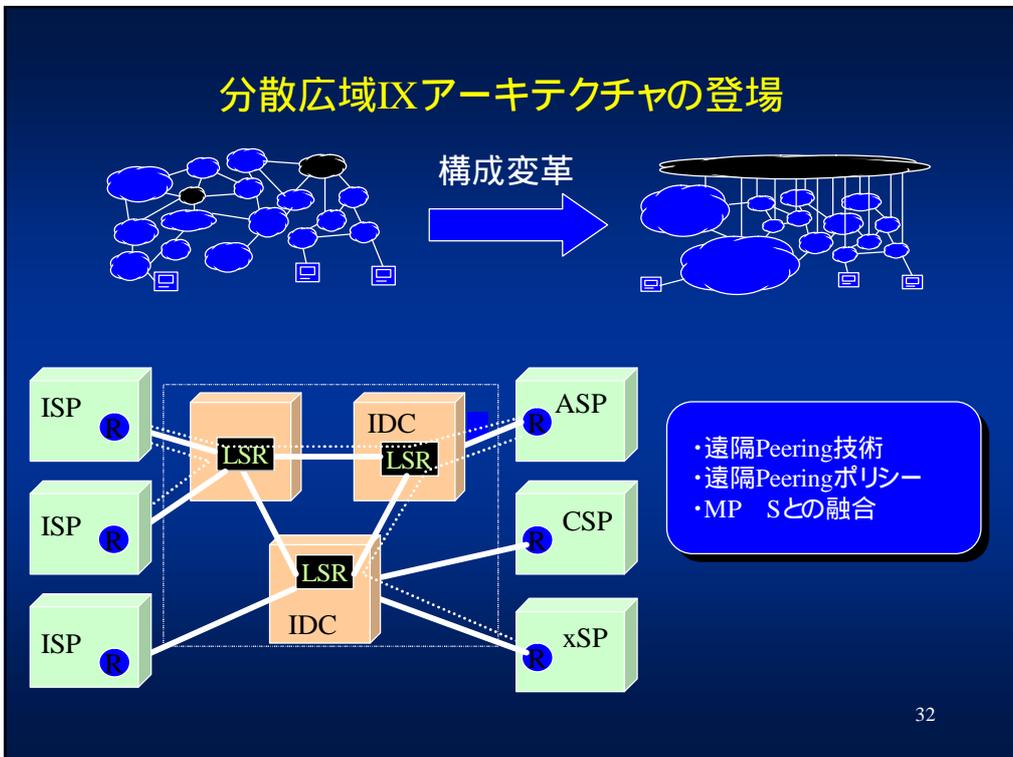
30

# FDDI/Ethernet IX



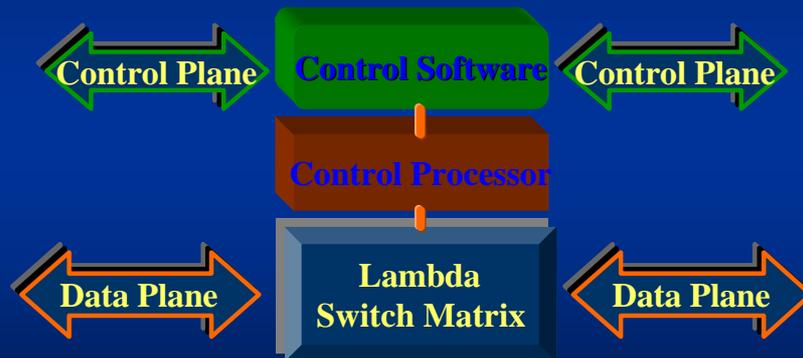
31

# 分散広域IXアーキテクチャの登場



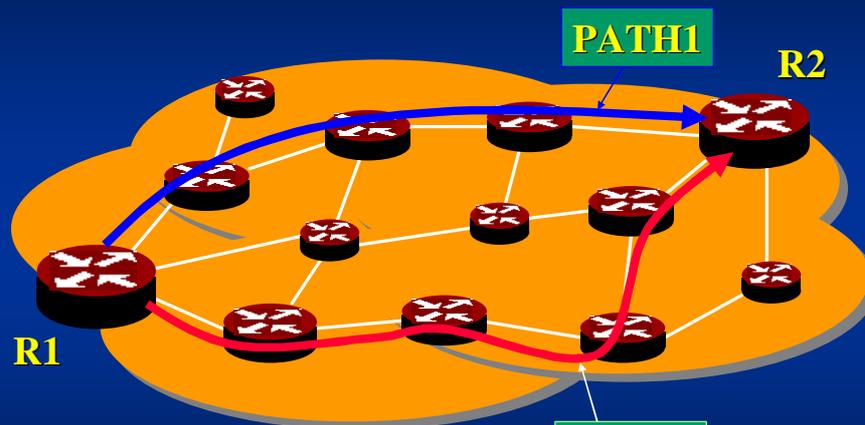
32

# MP S Implementation Example



33

## LSP for Engineering Purpose - CoS/QoS related multiple LSPes -



Multiple Virtual Links by LSPes  
- QoS LSP using RSVP

34

## Internet 第4の波

- (1) Native Internet
- (2) 常時接続
- (3) ブロードバンド
- (4) フルデジタルメディア
- (5) Ubiquitous Computing

35

## 接続性 vs 通信品質

<<電話システム>>

<<インターネットシステム>>

=====  
(通信)品質第一  
鎖国管理貿易  
シームレス  
マルチメディア

=====  
Connectivity is own reward  
自由貿易(End-to-End)  
継ぎ目は前提  
デジタルビットという抽象化



「シームレス」& 「マルチメディア」は、成功した試しがない。。。。  
→ 実は、「ブロードバンド」ってとっても良い言葉ですねえ:-)

## MPLSの進化

37

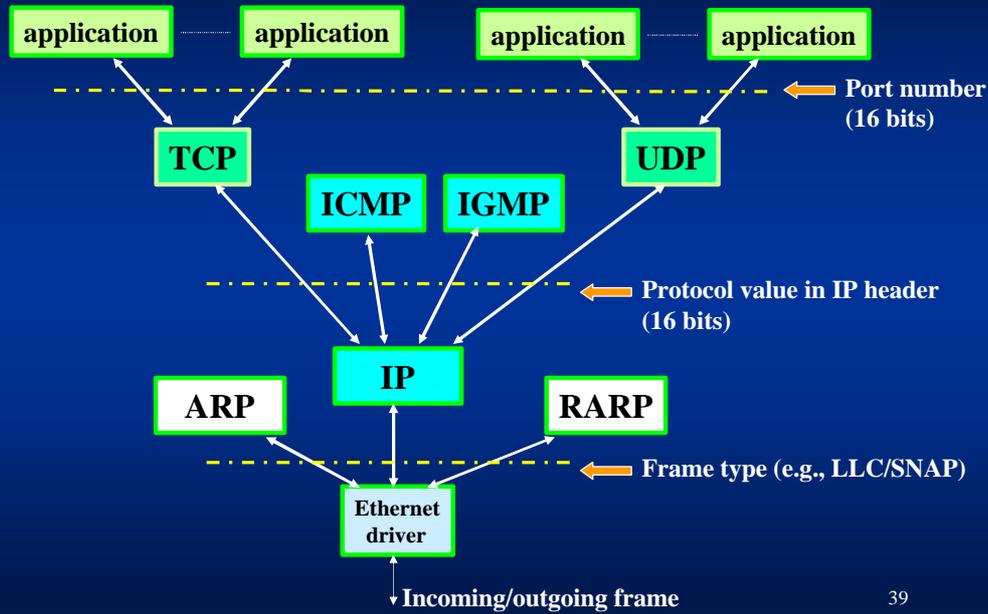
### History of MPLS Activity

- **1994 March** : **CSR Internet-Draft to IETF**  
(by Toshiba), as well as ATM Forum
- **1995 April** : **CSR BOF at IETF**  
(by Toshiba and Tokyo Institute of Technology)
- **1996 March** : **IP Switch by Ipsilon**  
**July** : **Tag Switch by Cisco**  
**Nov.** : **Collaboration Cisco and Toshiba**  
**Dec.** : **Tag Switch BoF at IETF**
- **1997 March** : **MPLS WG for LSR at IETF**

(\*) CSR; Cell Switch Router

38

# Multiplexing / Aggregation



39

# Shim layer between IP and Data-link

< Layer >	< Address >	< Semantics >
<b>Application</b>	URL (e.g., <a href="http://www.whitehouse.gov">http://www.whitehouse.gov</a> )	A. Global logical service address of node in the Internet
<b>TCP</b>	Port number (e.g., 8080)	B. End-to-end identifier for application multiplexing
<b>IP</b>	IP address (e.g., 133.196.16.10)	C. Global node identifier in the Internet (identifier and routing)
<b>DataLink</b>	MAC address / VC-ID (e.g., 44-45-53-54-00-00)	D. Link unique identifier for datagram transmission in local segment (e.g., Ethernet)

40

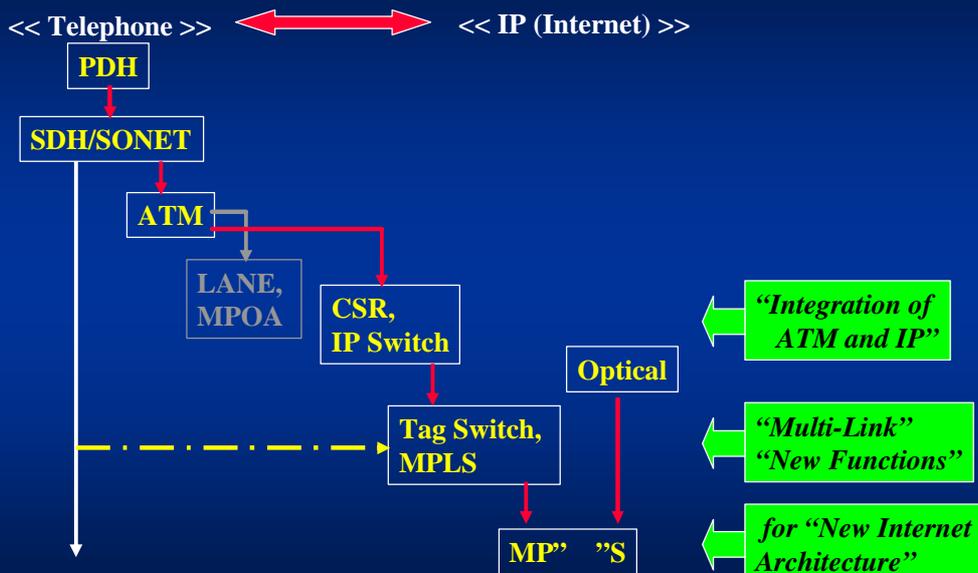
## Shim layer between IP and Data-link

< Layer >	< Address >	< Semantics >
Application	URL (e.g., http://www.whitehouse.gov)	A. Global logical service address of node in the Internet
TCP	Port number (e.g.,8080)	B. End-to-end identifier for application multiplexing
IP	IP address (e.g., 133.196.16.10)	C. Global node identifier in the Internet (identifier and routing)
<b>LSR</b>	<b>Label for FEC</b>	<b>E. Link unique identifier for label switching</b>
DataLink	MAC address / VC-ID (e.g., 44-45-53-54-00-00)	D. Link unique identifier for datagram transmission in local segment (e.g., Ethernet)

➔ Introduce of another (i) forwarding label and (ii) multiplexing label

41

## History of MPLS Activity



42

# Internet / Intranet Solutions

1. Diff-Serv / Int-Serv
2. High Speed Large Capacity IP Router
3. VPN (Virtual Private Network)
4. Traffic Engineering

MPLS tried to solve No.2 Objective, at the beginning

MPLS tried to solve No.3 & No.4  
MPLS integrate Diff-Serv / Int-Serv

MPLS uses for layer 1/2/3

43

## MPLS's Motivation

- High Speed Large Capacity IP Router
- Integrate ATM and IP
- Use ATM's QoS/CoS Functions for IP
- Integrate ATM and IP over ATM

 *Extended Motivations*

- Multi-Link Extension (IP over Everything)
- VPN Extension
- Traffic Engineering for IP Operation  
L2 & L3 LSP
- MPLS with Optical Wave

44

## MPLSの応用

- 広域アクセス網
- 無線アドホックネットワーク

45

## MPLS - JAPANの目的

46

## MPLS - JAPANの目的

- MPLS is going into the commercial operation
- By Operators for Operators and Venders



- Realize
  - What MPLS can
  - How manage and operate the MPLS