

発表タイトル：

「MPLSを用いた広域分散IXの技術とインパクト」

概要：

次世代IX研究会ではMPLS(Multi-Protocol Label Switching)技術を用いて広域分散IX(Internet eXchange)を実現するための技術について研究を行っている。本発表では同技術の概要と同技術が日本のインターネットに与えたインパクトについて発表する。

発表者：

中川 郁夫（なかがわいくお）

株式会社インテック・ネットコア 取締役CSO

もくじ

- MPLSを用いた広域分散IXの技術とインパクト
 - 技術編
 - IX概要
 - MPLS - IXの技術
 - 次の研究課題
 - インパクト編
 - 次世代IX研究会と広域分散IXの実証実験
 - 広域分散IXの実用化とそのインパクト
 - おわりに

MPLSを用いた広域分散IX - 技術編

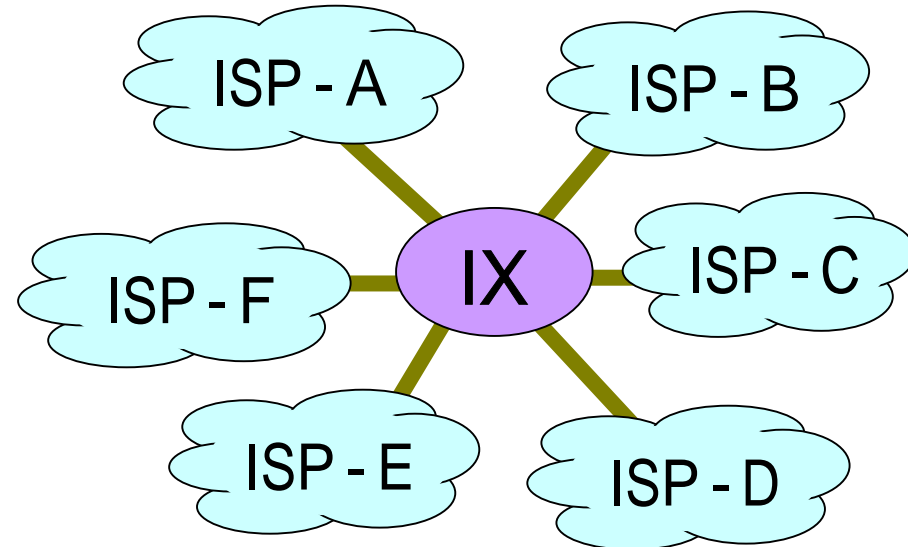
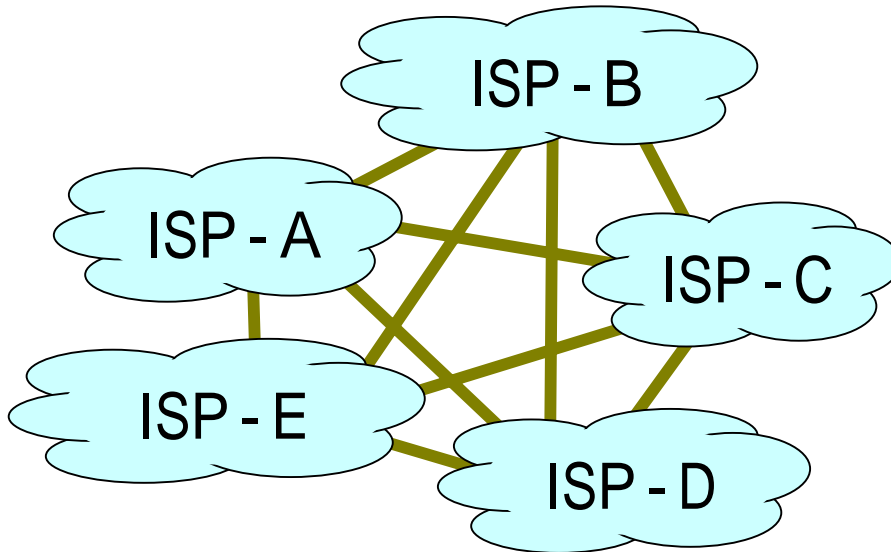
背景：IXとは？

プライベートピアリング

- ISP は相互接続先ごとに回線を準備
 - フルメッシュで $O(N \times N)$ の回線
- スケーラビリティに問題
- N (# of ISPs) はいくつ?
 - 回線コストは?
 - 運用の手間・コストは?
 - 調整の手間、効率は?
 - etc

IX (Internet eXchange)

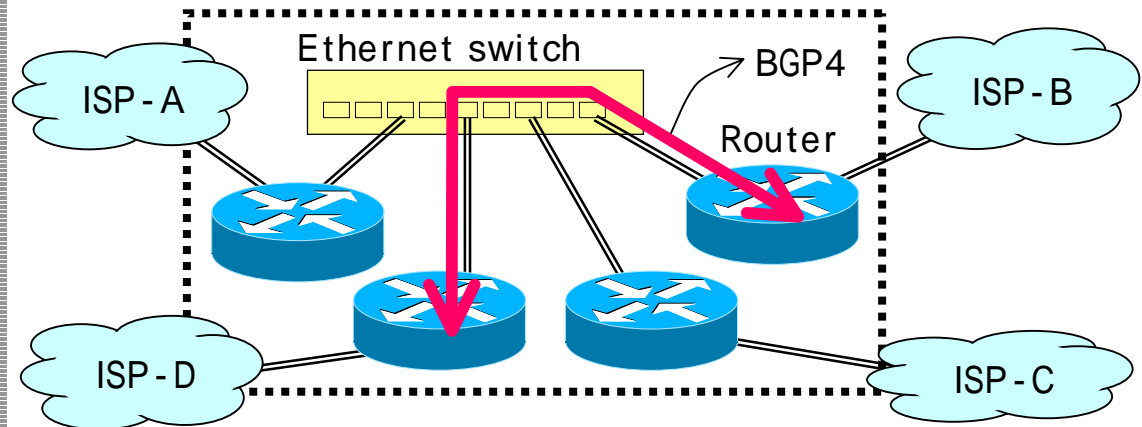
- ISPが相互接続を行うための「場」
 - ISP はIXまで回線を一本だけ準備
 - 最大でも $O(N)$ の回線
- 効率性にメリット!!
- 接続が容易
 - コストが安い
 - 拡張性にも有利
 - 回線にトラフィック集約ができる



背景：既存のIX技術

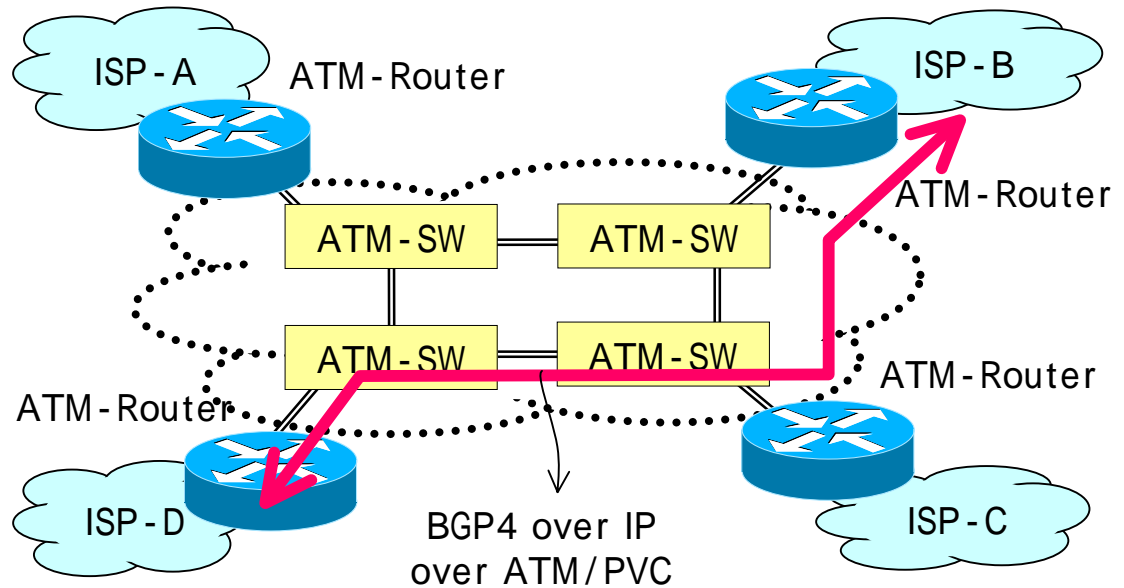
既存のIX技術(1): LAN-IX

1Gbps程度が限界
 (大規模ISPではOC-192)
 非同期で信頼性に欠ける技術
 (リンク検出に数秒～数十秒)
 拡張性がないL2技術
 (所詮、STPはLANの技術)
 セキュリティ上の問題
 (Third party next-hop)
 IXにルータを持ち込み
 (運用負荷の増大)



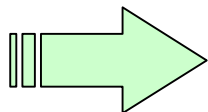
既存のIX技術(2): ATM-IX

スイッチスピードの限界
 (IXでは、現状622Mが最大)
 最大20%のセルタックス
 (ATMヘッダのオーバーヘッド)
 PVCの運用コスト
 (ピアリング毎にPVCを設定)
 IPの世界との親和性が低い
 (IP技術者から非難?)
 トラフィックの集約が難しい
 (PVC毎に帯域を定義)



MPLSによる次世代IX

- 次世代IX技術のゴール(1999 by Ikuo Nakagawa)
 - 階層型、広域分散可能な相互接続技術
 - 階層型構造による、既存IXの接続が可能
 - IXの接続点を広域分散環境に配置可能
 - ISPはIXに追加ルータを持ち込む必要もない
 - データリンクメディアに非依存な相互接続技術
 - 接続デバイス・インターフェースの抽象化を実現
 - “only Ethernet” or “only ATM” の世界から脱却
 - POS, (ex.) OC-192 or OC-768, … も利用可能
 - アーキテクチャ的に、通信帯域の限界はない



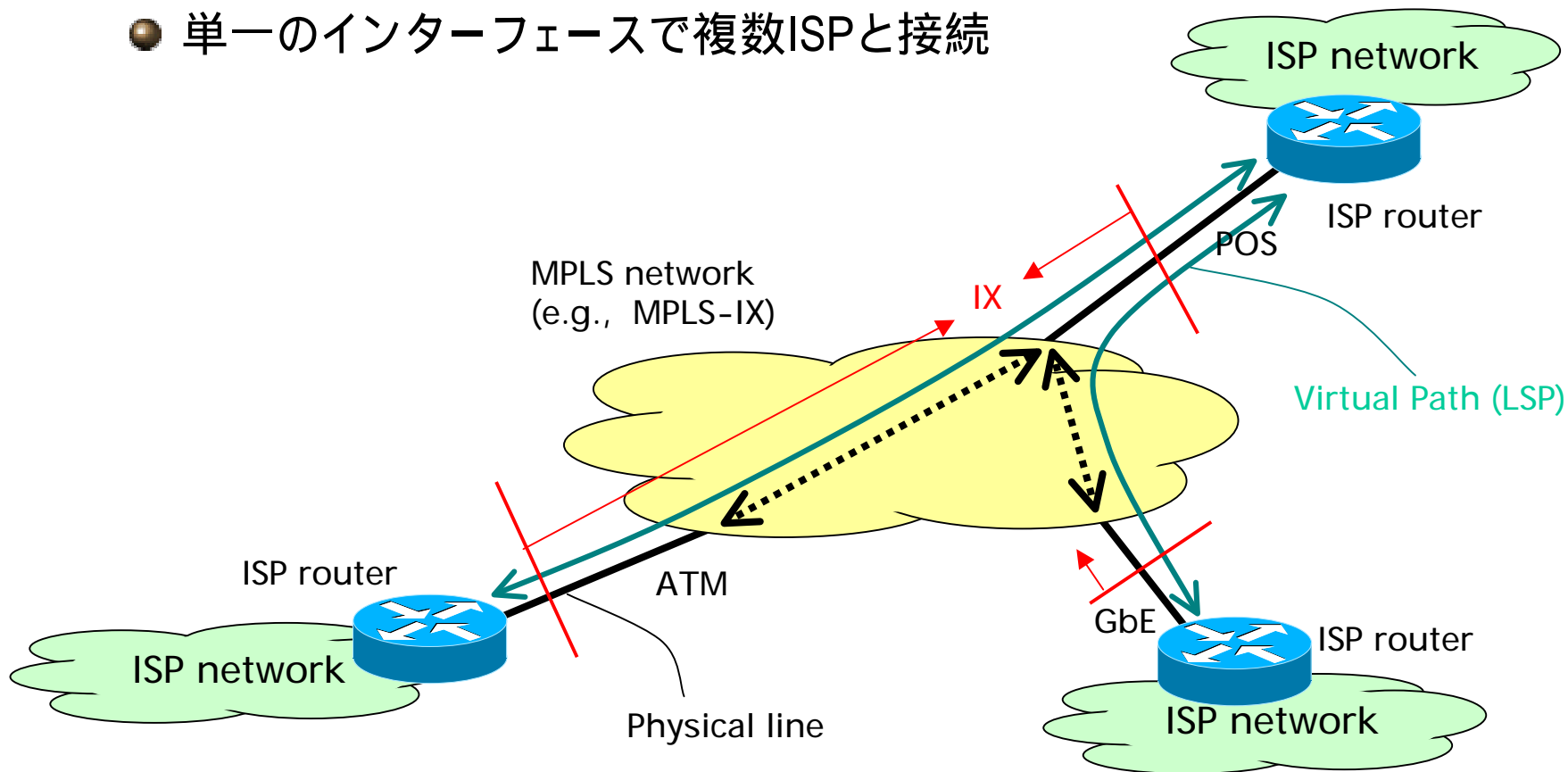
MPLS を IX に適用!!

MPLS

- **Multi-Protocol Label Switching**
 - ラベルスイッチ技術のひとつ
 - ラベル情報を用いてパケットを転送する技術
 - 仮想的なパス = **LSP(Label Switched Path)** を利用
 - スケーラブル・柔軟な網構成が可能
 - プロトコルに非依存
 - 任意のデータリンク層で利用可能
 - 任意のネットワークプロトコルを転送可能
 - さまざまなメリット
 - トラフィックエンジニアリング
 - IP-VPN、L2-VPNなど複数のサービスを提供可能
 - IETFで標準化、多くのルータベンダーが実装

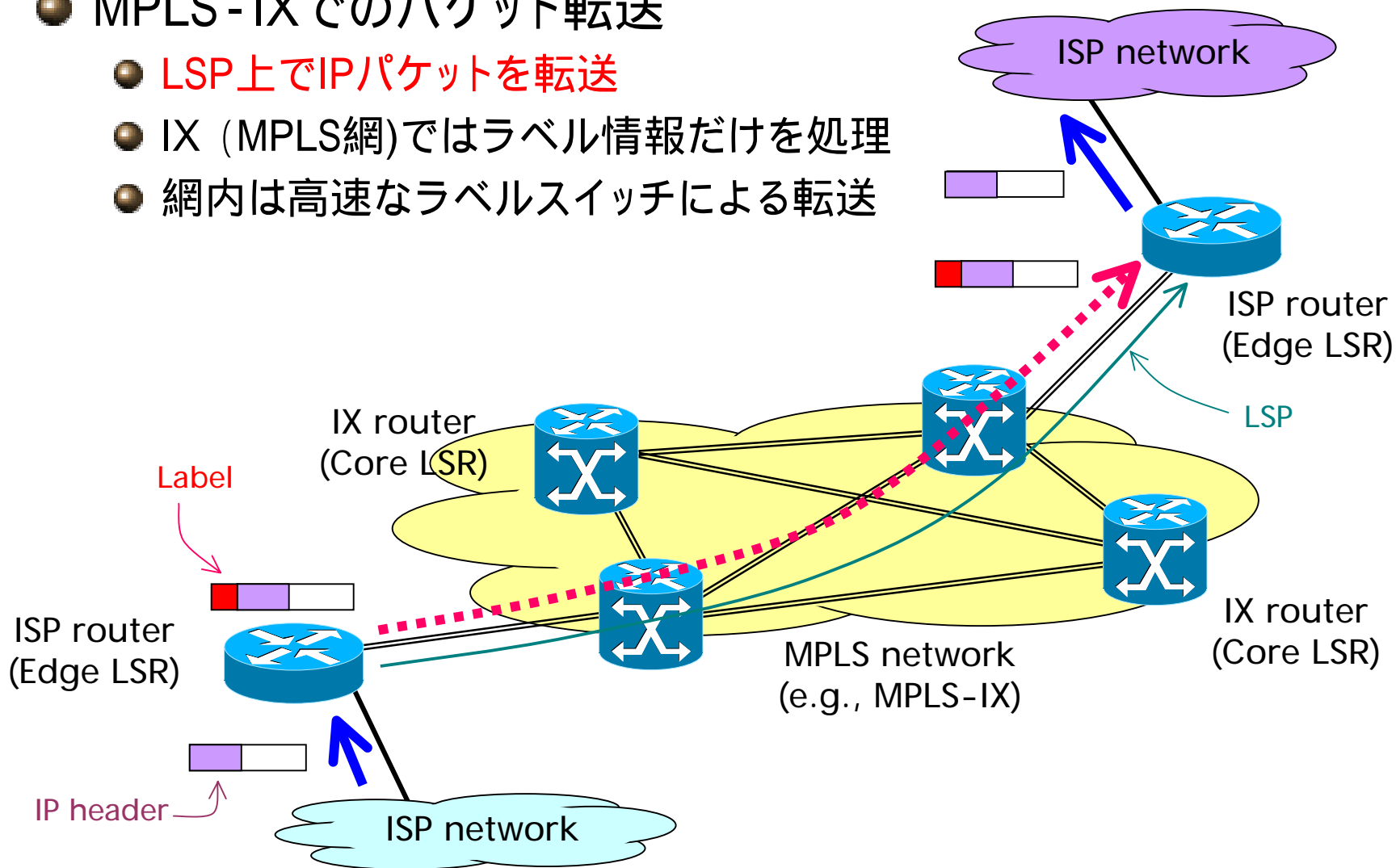
MPLS-IX: 概要

- MPLSを用いてISP間を相互接続
 - 仮想的なパス **LSP (Label Switched Path)** を利用
 - データリンク層に依存しない
 - 単一のインターフェースで複数ISPと接続



MPLS-IX: 概要

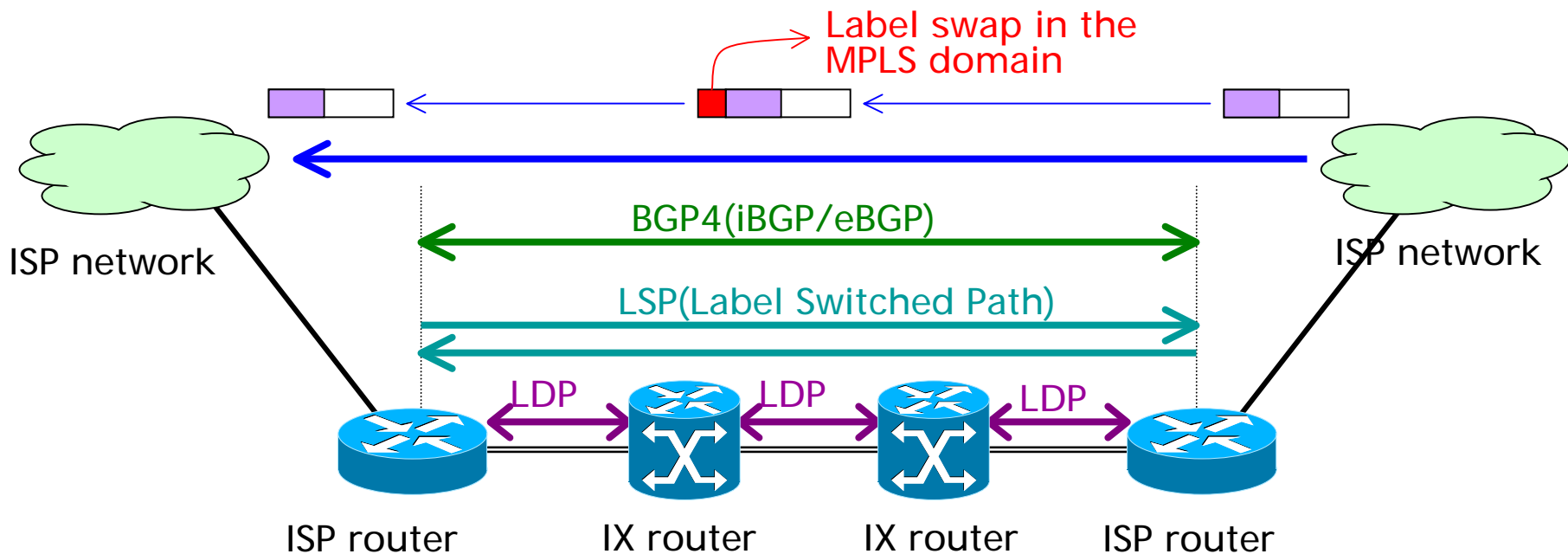
- MPLS-IXでのパケット転送
 - LSP上でIPパケットを転送
 - IX (MPLS網)ではラベル情報だけ进行处理
 - 網内は高速なラベルスイッチによる転送



MPLSによる次世代IX

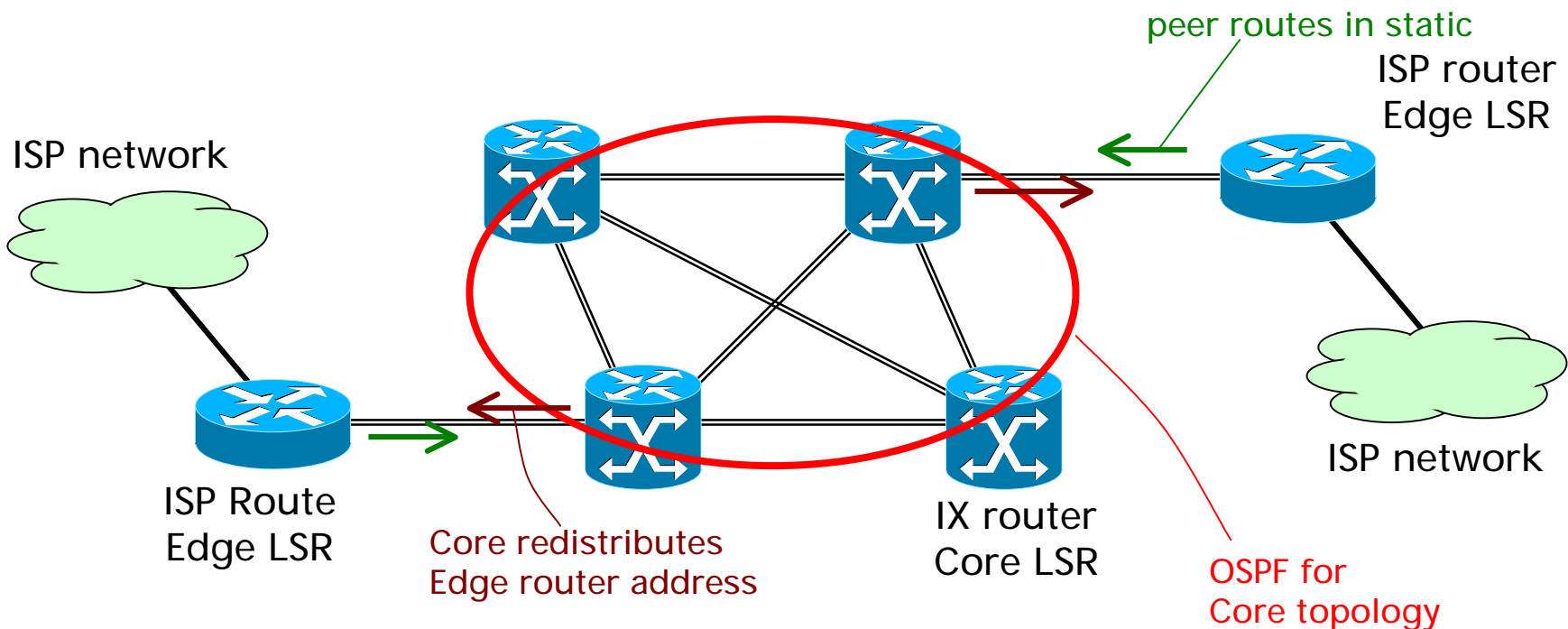
● MPLS-IXのアーキテクチャ

- ISPルータ間に仮想的なパス(ラベルスイッチパス)を確立
- ISPルータがMPLSのシグナリングを利用(下図ではLDP)
- 仮想的なパス上でBGP4による経路情報の交換
- 実トラフィックはBGP4に従い、仮想的なパスに乗せる！



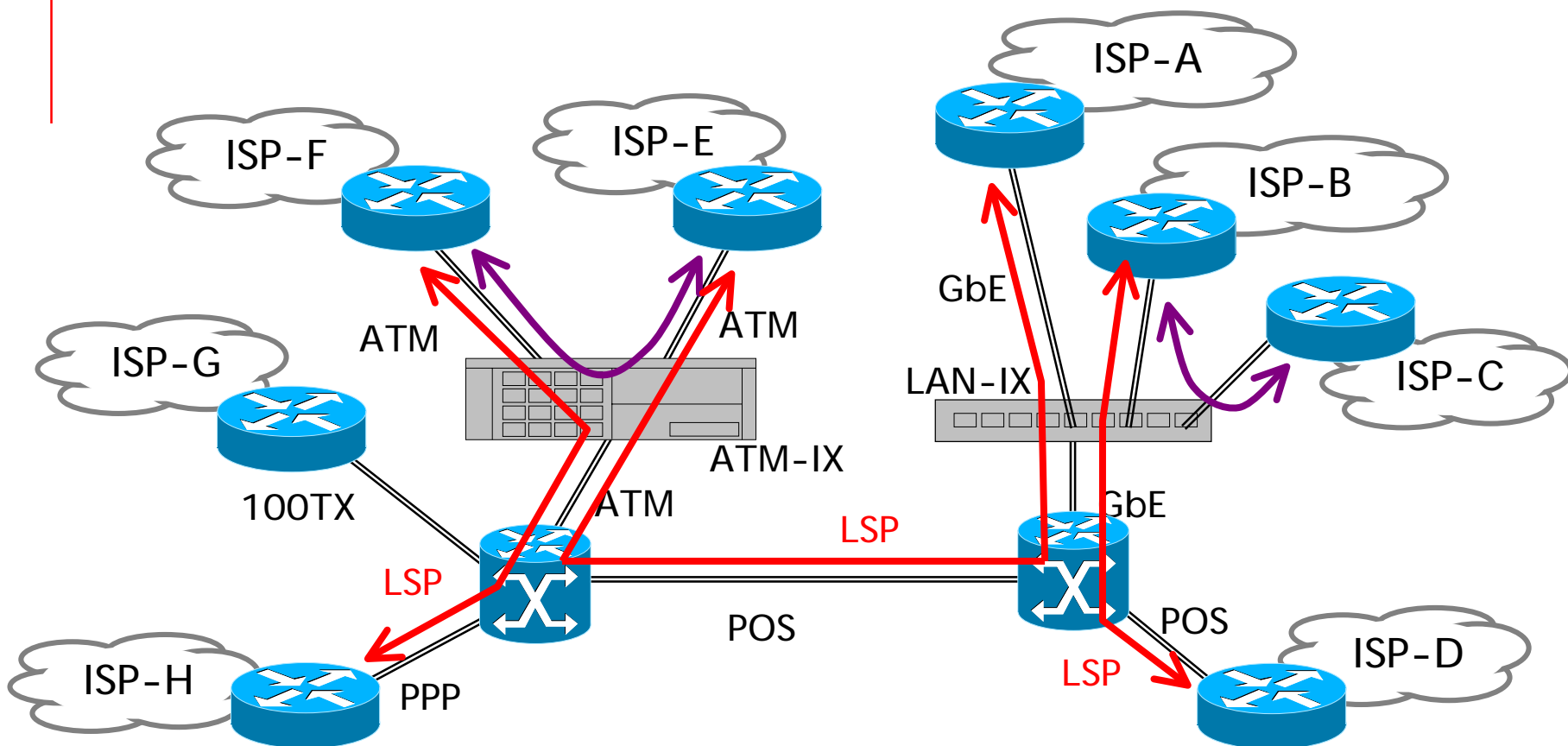
MPLSによる次世代IX

- 経路制御における運用管理の切り分け
 - Core LSR 間では OSPF または IS-IS を用いる
 - Core LSR はトポロジ情報を持つ
 - Edge LSR (ユーザルータ) ではスタティック経路
 - 経路制御範囲の切り分け



MPLSによる次世代IX

- 階層型IX構造の実現
 - 既存のIXを階層的に接続することが可能
 - 任意のIPネットワークを階層的に接続可能

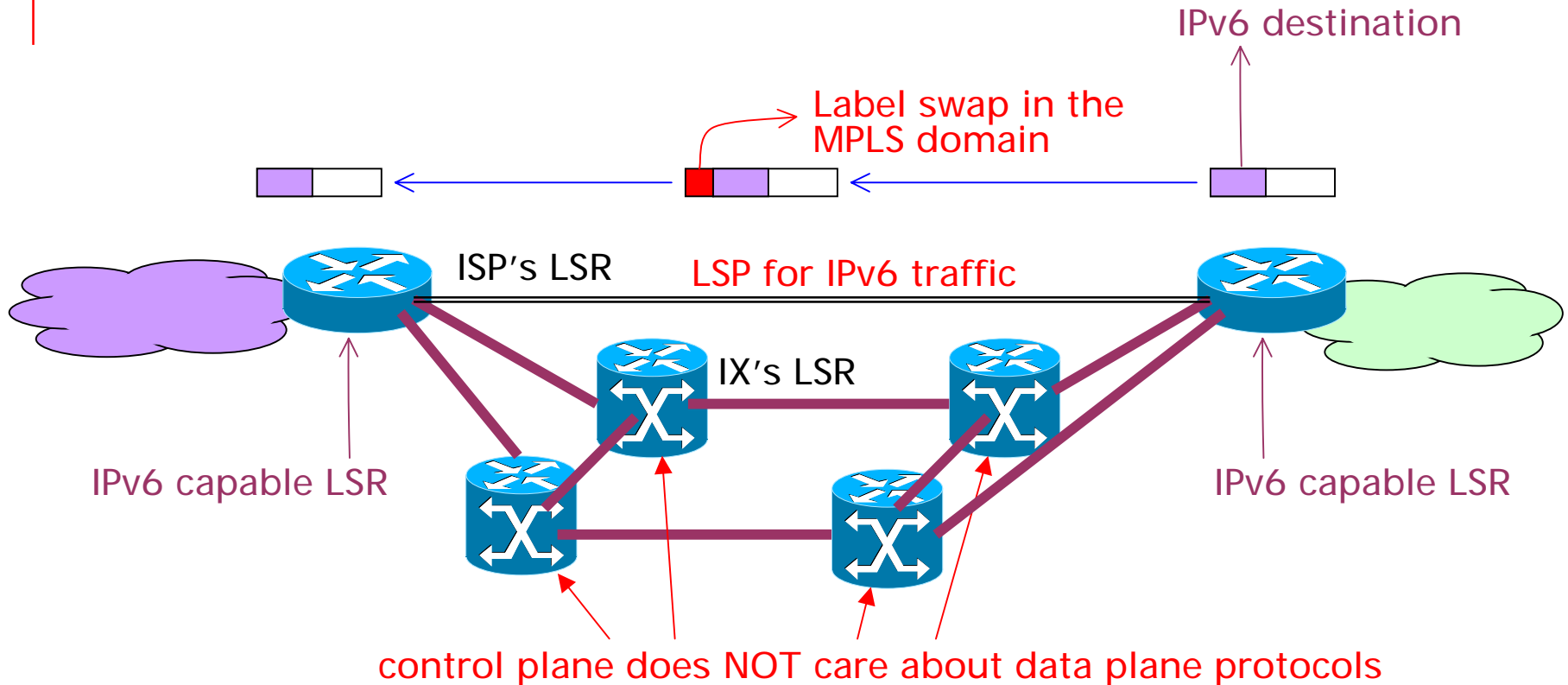


MPLS - IXの方向性 - 研究開発ネタ

- IPv6 Capability in MPLS - IX
- QoS support of MPLS - IX
- Optical - IX

MPLS - IX上でのIPv6相互接続

- Edge LSR (ユーザルータ) で IPv6 をサポート
 - Edge LSR では 6PE による 2段 LSP (stacked label) を利用
 - Core LSR は IPv6 サポートは不要 (LSPの提供のみ)



QoS support of MPLS-IX

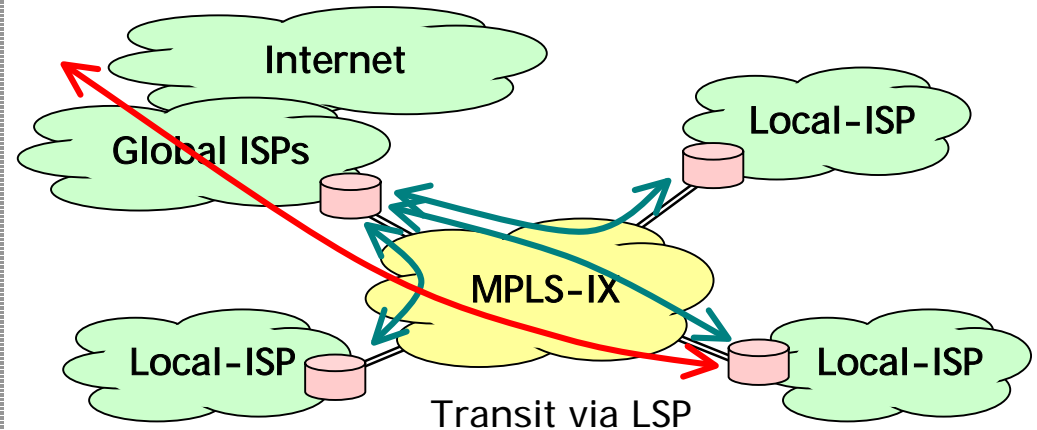
QoS #1

要求:

- 帯域の条件を設定したい
- LSP (peering/transit) 毎に

利用例:

- LSP 経由のトランジットサービス提供
- LSP をインターネットアクセスで利用
- 外資系プロバイダなど



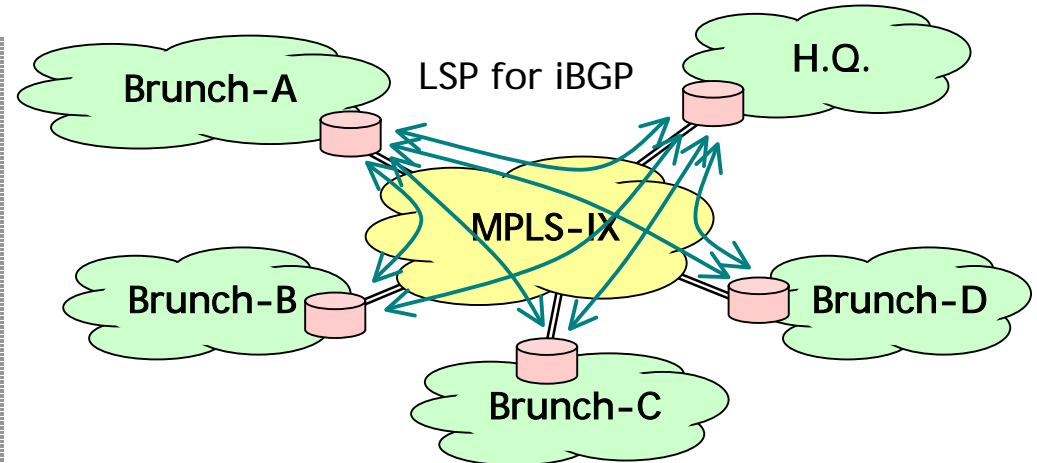
QoS #2

要求:

- 利用可能な最低帯域を保障したい
- LSP (peering/transit) 毎に

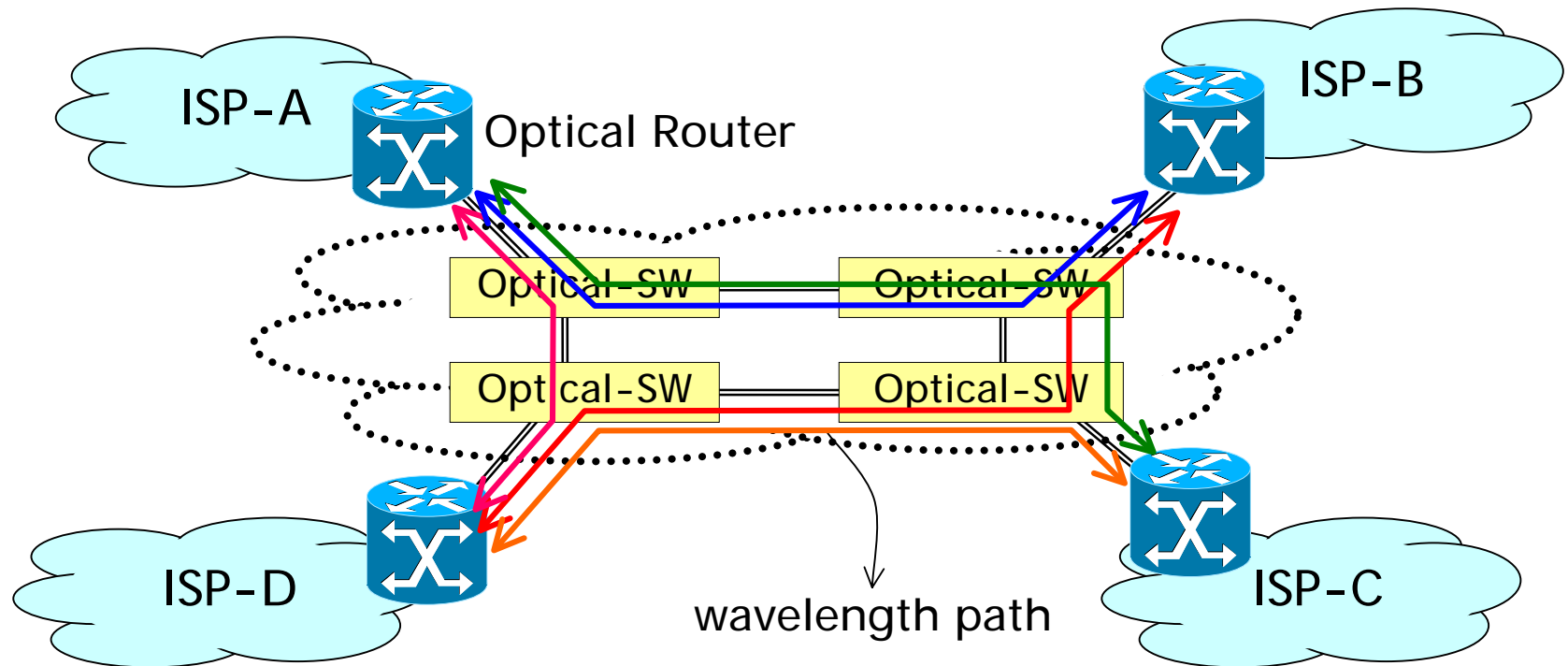
利用例:

- LSP をイントラネット構築に利用
- LSP 上で iBGP を設定
- 拡張型のVPNサービスの実現



Optical-IX: 概要

- 光スイッチ技術を IX に応用
 - ISP間で Optical (or wavelength) なパスを実現
 - GMPLSによるシグナリング



MPLSを用いた広域分散IX - インパクト編

次世代IX研究会の立ち上げ

Nation Wideな分散IXの実証実験!!

次世代IX研究会

- MPLS - IXに関する実証的な研究推進母体
- 地域間相互接続実験プロジェクト上でテストベッド構築
- 設立: 2001年 夏
- 代表: 江崎浩 東大助教授 (幹事: 中川、永見、菊池)
- テーマ

MPLSを応用した広域分散IX “MPLS - IX” の実証実験
同技術の実装、およびルータ間の相互接続実験
分散IX間の相互接続に関する研究

次世代IX研究会

Next Generation IX Consortium

Core: H. Esaki, I. Nakagawa, Y. Kikuchi, K. Nagami
 Meetings (once in every two months) are open to join
 Discussion on mailing-lists are welcome, as well
 3 working group activities: router-wg, user-wg, ixp-wg
 In total, 76 members (May, 2003)

Router-WG

- Many MPLS router vendors
- Discussing MPLS-IX features
- Requirements for routers
- Router interoperability test
- and so on

User-WG

- IX users, e.g., ISP/CSP
- Documentation for users
- How to connect to MPLS-IX
- How to configure routers
- Experimental project, called "distix"

IXP-WG

- IX providers & carriers
- Discussing IX architecture
- How to operate & manage
- Inter-domain env.
- Next services over MPLS
- Operating "distix"

1999

R&D phase, e.g.,
design of MPLS-IX
architecture



2000

Implementation &
interoperability test
by router vendors



2001

Experimental project
on real network
e.g., "distix"



2002

Apply MPLS-IX tech.
to live networks, e.g.,
commercial, and so on

次世代IX研究会 メンバー一覧

総務省総合通信基盤局データ通信課	BeX-J	北海道地域ネットワーク協議会(NORTH)
中国・四国インターネット協議会	株式会社アット東京	IP Infusion Inc
ファウンダーネットワークス	リバーストーンネットワークス株式会社	Telehouse America
古河電気工業株式会社	高知工科大学	富士通関西中部ネットテック(株)
アバヴネットジャパン株式会社	KDDI株式会社	アジレント・テクノロジー株式会社
日本電気株式会社	サイバー関西プロジェクト	情報科学芸術大学院大学
シスコシステムズ	AsiaGlobalCrossing	株式会社STNet
MCIワールドコム・ジャパン株式会社	(株)ネットワークバリューコンポネッツ	株式会社東陽テクニカ
富士通株式会社	東芝 研究開発センター	株式会社Kソリューション
日本テレコム株式会社	株式会社 三菱総合研究所	日本電信電話(株) NS研
株式会社日本経済新聞社	株式会社 デジタル・マジック・ラボ	アダムネット株式会社
株式会社インターネットイニシアティブ	NTTコミュニケーションズ株式会社	株式会社ネットワーク技術研究所
あやめプロジェクト	日商エレクトロニクス株式会社	株式会社インテック・ネットコア
九州大学	日本インターネットエクスチェンジ株式会社	九州ギガポッププロジェクト
株式会社ブロードバンド・エクスチェンジ	東京大学	WIDEプロジェクト
株式会社インターネット総合研究所	群馬インターネット株式会社	GCIX株式会社
株式会社パワードコム	株式会社ドリーム・トレイン・インターネット	伊藤忠テクノサイエンス(株)
塩尻情報プラザ	アクセリア株式会社	ネクストコム
株式会社スクウェア	株式会社 ネットマークス	三井物産
株式会社アイ・エス・ティ北海道	北電情報システムサービス株式会社(HISS)	倉敷芸術科学大学
北陸通信ネットワーク株式会社	株式会社キューデンインフォコム	有限会社アイティラボ
Panasonic hi-ho	日本電信電話(株) 未来ねっと研究所	ネットワンシステムズ
株式会社日立製作所	エクストリームネットワークス株式会社	ソリトンシステムズ
Juniper Networks	株式会社ゼットティヴィ	
(株)ネクステック	インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス(株)	
GIIX協議会	名古屋大学情報連係基盤センター	
北海道総合通信網株式会社	株式会社サイバーウェイブジャパン	

(登録順、平成16年1月現在)

ルータ相互接続試験の状況

- 第1回ルータ相互接続試験 (10/15-19, 2001 @KDD大手町)
 - Basic features for Edge LSR in MPLS-IX
- 第2回ルータ相互接続試験(1/28-2/1, 2002 @幕張リサーチセンター)
 - Performance and Edge/Core LSR features
- 第3回ルータ相互接続試験(5/15-17, 2002 @流通センター)
 - Test items - Core LSR features and reroute/redundancy
- N+I 相互接続デモ (Networld+Interop Tokyo @幕張メッセ)
 - Interoperability test of basic features (for demonstration)
- 第4回ルータ相互接続試験(9/2-6, 2002 @石川県辰口)
 - Test items - Core LSR features and 6PE
- 第5回ルータ相互接続試験(12/9-13, 2002@高知県)
 - Test items – Final review of basic Edge features
- 第6回ルータ相互接続試験(4/14-16, 2003@東京)
 - Protection, Fast Reroute (Global Repair, Local Repair)
 - L2 VPN over distix architecture
- 第7回ルータ相互接続試験(8/20-22, 2003@横浜)
 - Protection、他
- 第8回ルータ相互接続試験(11/22-25, 2003@富山)
 - DIX-IE接続、L2-VPN、他
- 第9回ルータ相互接続試験(2/23-2/27, 2004@東京)
 - DIX-IE接続、冗長性試験

ルータ相互接続試験の結果

- 多くのルータベンダが MPLS - IX に対応
 - 基本機能
 - Inter - AS MPLS with static routes
 - BGP / LSP interaction
 - TTL support for BGP / LSP
 - ほか
 - パフォーマンス試験
 - ハードウェアルータはほぼ問題なし
- 一部のルータが拡張機能にも対応
 - 6PE
 - CsC or LDP over RSVP - TE
 - Protection in Core LSR
 - L2 - VPN / IP - VPN with MPLS - IX
 - etc, ...

Result is here!!

<http://www.distix.net/router-wg>

cf. Major Press releases

[from Cisco Systems](#)

- http://newsroom.cisco.com/dlls/prod_012003b.html

[from Juniper Networks](#)

- <http://www.juniper.net/company/presscenter/pr/2002/pr-021202.html>

ルータ相互接続試験の様子

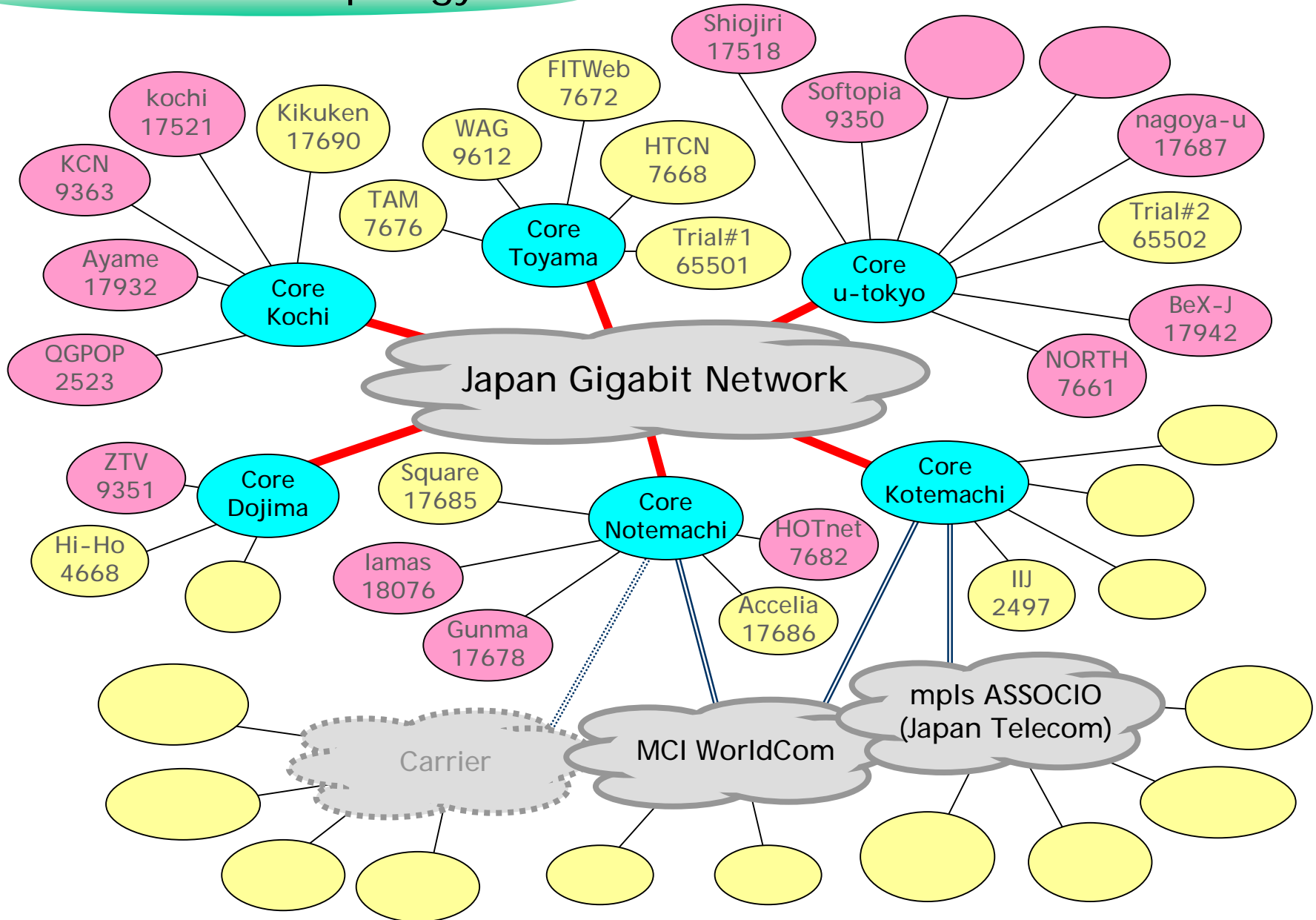


Core routers (Juniper M20),
And Router testers

Developers / engineers from
Router vendors joined the test



distix: current topology



研究会の活動報告(経過)

- MPLS-IX の基本アーキテクチャの設計
 - white paper にて基本アーキテクチャを記述
 - 仮想的なパス(LSP)による相互接続の実現手段を提唱
 - RSVP-TE、LDP 両方を設計、検証
 - 相互接続のため BGP4 の機能を拡張
 - LSR(Core)、LER(Edge)の両方の機能を定義
- MPLS ルータへの実装を推進
 - 実装への Requirements を提示(white paper も)
 - 定期的な相互接続試験による、ルータ間の相互接続性の検証
 - 基本機能(MPLS機能、相互接続機能、性能試験、監視運用)
 - 拡張機能(6PE、L2-VPN、プロテクション、etc)
- MPLS-IX の実用性を検証
 - プロバイダ間の経路制御～トラフィック交換を検証
 - 機能、性能面の検証
 - MPLS-IX の特徴、運用上の課題などを検討
 - 運用・設定のノウハウを蓄積
 - MPLS-IX の拡張機能の検討・実験
 - 6PE、優先制御、プロテクション

商用サービス化の動き!!

- 日本テレコムが商用でMPLS-IXをサービス化
 - 次世代IX研究会との共同実験の結果を商用化
 - mplsASSOCIO
 - native MPLSのサービス

<http://www.associo.jp> より抜粋

2001年10月～2002年8月

- ・ 実証実験を実施
- ・ 10社が参加
- 「世界初」！*1の商用サービス
- ・ 2002年11月1日 提供開始

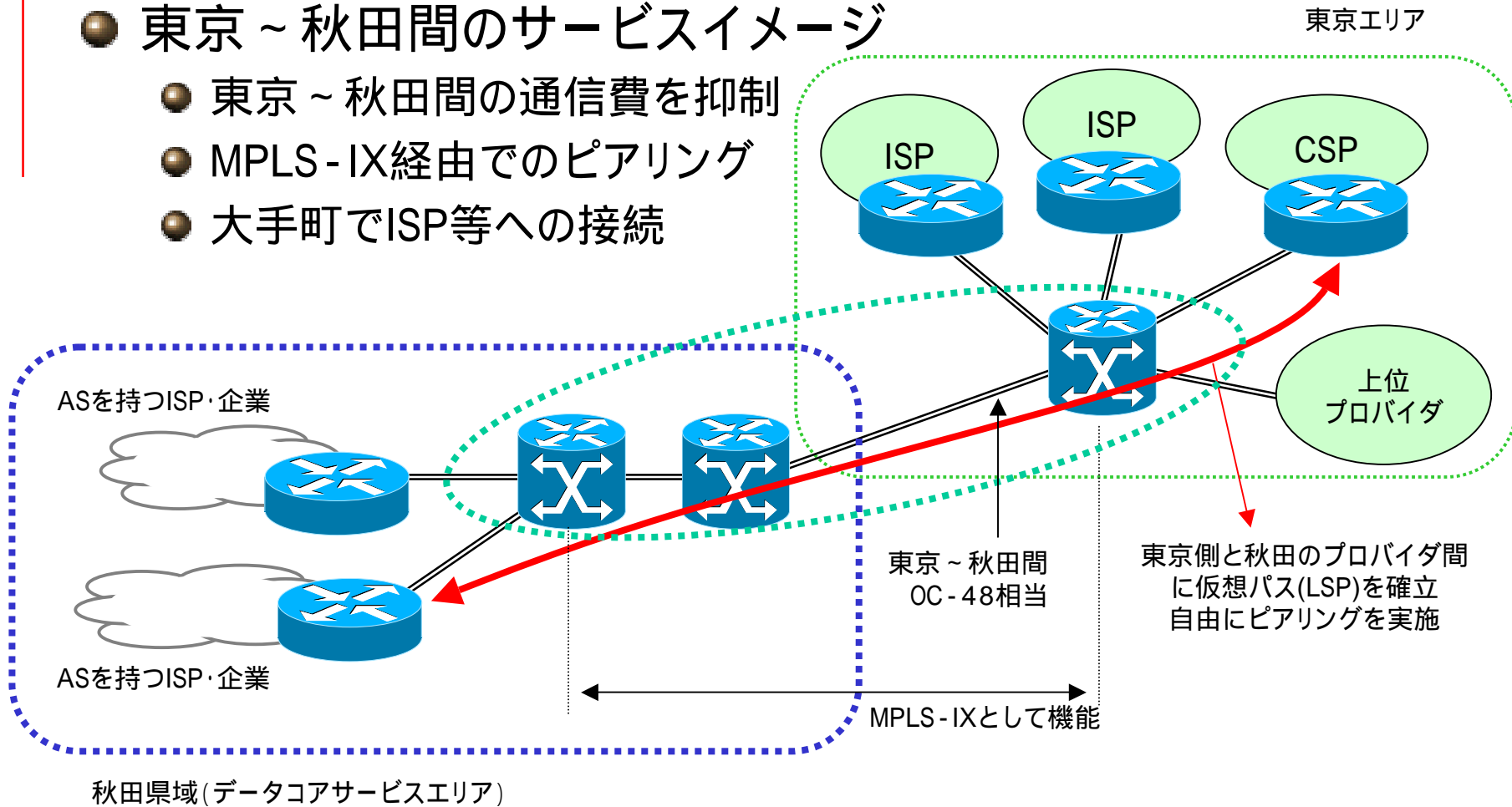
IPデータをアクセス回線1本で
複数の接続先を確保可能
MPLS技術でIX機能を実現
東京集中から広域分散型へ
公平で特色ある料金



*1: MPLSをユーザインタフェースとする商用通信サービスとして世界初

秋田地域IXとMPLS-IX

- 秋田県内に競争力ある環境を整備
 - MPLS-IXを利用して東京と同じ環境を実現
- 東京～秋田間のサービスイメージ
 - 東京～秋田間の通信費を抑制
 - MPLS-IX経由でのピアリング
 - 大手町でISP等への接続



おわりに

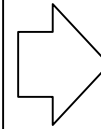
MPLS-IX の技術的な特徴

- 広域分散環境での相互接続を実現
 - フラットなインターネットアーキテクチャを実現する相互接続網
 - 広域分散環境での仮想的な回線でのトラフィック交換
 - スケーラブルで柔軟な相互接続網が実現可能
 - 接続回線を延ばすことも可能
- データリンクメディア非依存な相互接続網
 - 仮想的なパス(LSP)を提供するモデル
 - POS による信頼性の高い相互接続網の構築が可能
 - ユーザは任意のインターフェースを利用
- MPLSの機能による高い信頼性と柔軟性を持つIXを実現
 - LSP 毎でセキュリティを確保
 - プロテクションによる冗長性の確保と高速な経路の切り替え
 - RSVP-TE によるトラフィック制御
 - IX = MPLS網は IP と同等の拡張性
 - DS-TE への対応

MPLS - IXの展望

IX事業者向け: 次世代IX技術

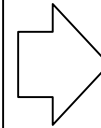
超高速、高機能なIXサービスの提供
信頼性、拡張性の高いIXの実現



数社がトライアルへ
NYIIX, PAIX, MAE, etc

キャリア向け: フラットな通信サービス

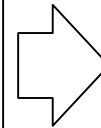
新種のフラットな相互接続網サービス
距離、場所に依存しない通信モデル



ビジネスとしてスタート
分散IXを商用化

地域向け: 階層型分散IX技術

地域内のIXを実現しながら
階層構造への拡張性を見据えた選択



IX間接続、階層型IX
として続々、実用化