

フットニックインターネット への展望



大阪大学サイバーメディアセンター
先端ネットワーク環境研究部門
村田正幸

e-mail: murata@cmc.osaka-u.ac.jp
http://www.anarg.jp/



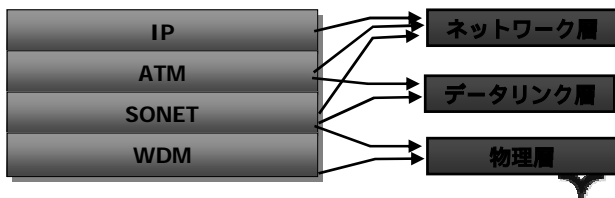
内容

- IP over WDMの必要性
- IP over WDMへのロードマップ
- IP over WDMにおける課題
- 波長の開放による新しいネットワークアーキテクチャの可能性



フットニックネットワークに 対するいくつかのビュー

- IP over ATM over SONET over WDM
- IP over SONET over WDM
- IP over (PPP or HDLC over) WDM



マルチレイヤプロトコルスタック の問題点

- 機能の重複
 - 屋上屋を重ねる危険性
 - 複数レイヤにまたがった機能の最適化は容易ではない
 - ただし、機能分担の可能性はある
 - 経路制御、信頼性制御
- 非効率性
 - IP over ATM over SONET over WDM network
40バイトIPパケット / 2セル (106バイト)



制御プレーンの切り離し: GMPLS

- GMPLS: Generalized MultiProtocol Label Switching
 - パケット交換 over 回線交換
- Cf. MPLS
 - Traffic Engineering, QoS Routing



レイヤ3スイッチングの実現

- レガシーモデル
 - ルーティングテーブル参照 (Longest prefix matching) の高速化
 - ルータ処理の並列化・パイプライン化
- (G)MPLSによるパケットフォワーディングとスイッチングの切り離し
 - ATM, WDMによるパケットネットワークの提供



フォトニックインターネット アーキテクチャ

4つのアーキテクチャ

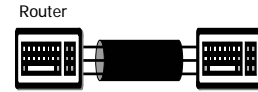
1. WDM link network
 - ルータ間リンクをWDMで接続
2. WDM lightpath network
 - エッジノード間を波長で接続
3. Optical Burst Switching
 - パースト単位でエッジノード間を波長で接続しながら転送
4. Optical Packet Switching



フォトニックインターネット アーキテクチャ(1)

WDM link network

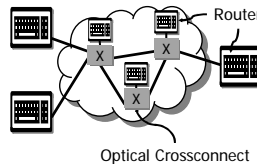
- 隣接ルータ間を複数波長で接続
複数リンクの提供：波長数分の帯域
- × 電気ルータへのボトルネック移行



フォトニックインターネット アーキテクチャ(2)

WDM lightpath network

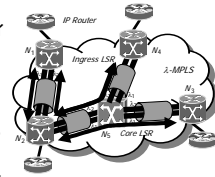
- 波長ルーティングに基いた論理トポロジー形成
 - IPルータはファイバを接続するのではなく、lightpathを接続する
 - オプション：ネットワーク内部のルーティング機能
 - RWA (Routing and Wavelength Assignment) 問題
- GMPLSに基づくパス設定
- × Ingress LSRにおけるボトルネック
- ただし、WDM Ringなどによる処理分散は可能
- × Labelの粒度：波長
 - Label Merging/Splitting、4層スイッチングが困難



Lightpath Networkの実現に向けた課題

機能分割の実現方法

- IPルーティングとWDM波長ルーティングのマッチング
- Quality of Protectionの実現
- 論理パストポロジー設計問題
 - トラヒック量既知としたトポロジー最適化問題
 - トラヒックエンジニアリングの観点に基づく段階的波長パス設定の必要性

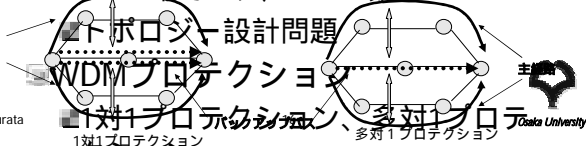


IP&WDM Integration

WDM技術による高信頼化：IP & WDM Integration (or, Functional Partitioning)

障害回復時間のギャップを埋める

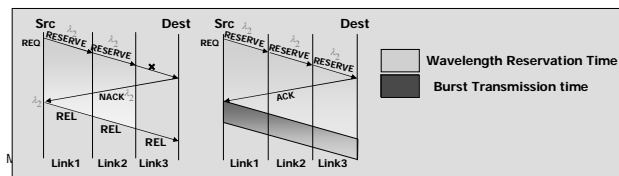
IP：秒オーダー、WDM：数十ms



フォトニックインターネット アーキテクチャ(3)

OBS (Optical Burst Switching)

- パースト到着時に波長を定める
 - オプション：経路も同時に定める
- Two-way vs. One-way
パーストのパッファリング不要（パケットスイッチングとの本質的な違い）
- Two-way (Forward, Backward型波長予約プロトコル)
 - 波長予約を確定してからパースト送出
 - × 伝播遅延時間がボトルネックになる

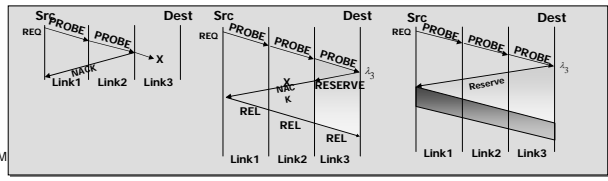


フォトニックインターネット アーキテクチャ(3) (続き)

One-way (JETなど)

- ヘッダの電気処理のために、ヘッダとデータの間を空ける
- パス設定 (波長予約) 処理の高速化がキーテクノロジー

- × パーストは落ちるかも知れない
- × M/G/1/1待ち行列網!



フォトニックインターネット アーキテクチャ(4)

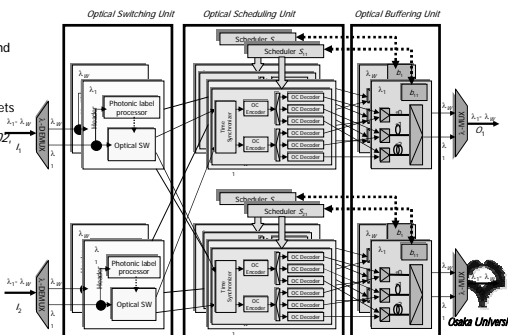
光パケットスイッチング

- IPパケットの直接的なサポート
 - 非同期到着 同期
 - 可変長パケット スロット化
 - FDLによるパケットバッファリング
- ルーティング機能: GMPLSに依存
- スイッチング制御: (現状では) 電気処理
- 多重化効果は大きい
 - 本質的にATMと同じ
 - ただし、余計なことは考えない



光パケットスイッチの例

Masayuki Murata and Ken-ichi Kitayama, "Ultrafast photonic label switch for asynchronous packets of variable length," IEEE INFOCOM 2002, June 2002.



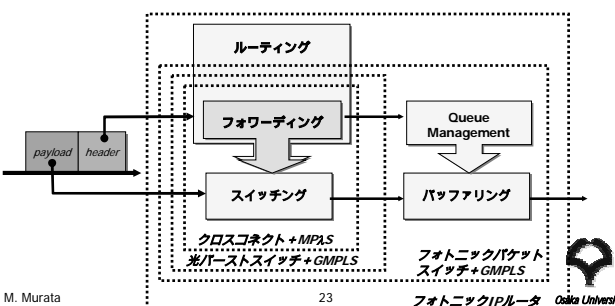
パケット交換 vs. 回線交換

機能	回線交換 (光ノード)	パケット交換 (電気ルータ)
回線効率	決して悪くない	一般に良いとされているが、遅延を小さくするためにはoverprovisioningが必要
エンド間パス可用性	コストをかけることにより維持	経路制御により維持
システム可用性	コストをかけることにより維持	低い
ノードコスト	機能が低い分安い (半分から1/10)	高速化すればするほど多機能実現のためにコスト高
サービス機能の多様性	低い	高い

- パケット・回線交換の融合?
 - アクセス系: パケット交換
 - バックボーン: GMPLS+WDM回線交換
 - その後は、光パケットスイッチ + GMPLS?
 - Deployment?



フォトニックインターネットの ロードマップ Cross-Connect, Switch or Router?



ユーザに対する波長の開放

- IPを乗せることがWDMネットワークの役割か?
- TCPは本質的に
 - パケットロスが発生する
 - 帯域をfair-shareする役割を担う
- ユーザへの波長の開放: オンデマンド波長パス設定
 - 前提: 波長が豊富にある (1,000波長)
 - 適用
 - ユーザ設定によるVPN
 - データグリッド (Tbyte級データ転送)
 - SANの広域ネットワークへの展開
 - Proprietaryなプロトコル展開も可能
 - PhotonicGrid
- 参考: インターネットが目前にあったからこそ、それに適したWebというアプリケーションが生まれた
 - 背景: 画像圧縮技術、GUI、画像表示能力
 - にわとりと卵(?)
 - napster, gnutella

