

# 1G- 4 パイロットトーンによる光ラベルネットワーク構築に関する研究

蔡 晟蔚, 森野博章, 多久島裕一, 相田仁, 齊藤忠夫  
東京大学 工学部

## 1 はじめに

インターネットを利用する個人ユーザや企業は驚異的なペースで増えつつけている。ネットワークの混雑を解消するためにFTTH(fiber to the home)は将来のアクセス網として期待されている。しかし、効率よい光IPパケットスイッチング技術はまだ確立されていない。本稿はパイロットトーンを光ラベルに用いて、光ラベルネットワークの実現可能性について検討する。

## 2 光ラベルネットワーク

### 2.1 光ネットワーク

今までの研究された光ネットワークは以下のようなものがある。

**光パスネットワーク** ネットワークのリンクを全部光ファイバで繋いで特定な波長を割り当てる。拡張性に欠けている。ノードやリンクの増設の時に再構築が必要になる。また、波長リソースの使用率が悪く、ノード数が増えると対応できなくなる。さらに、トラフィックが不均衡な時に、ネットワークの負荷が場所によって違ってくるのでバランスが悪くなる。

**光パケットスイッチ** 基本的に今までのネットワーク上の電気ルータを光スイッチに置き換えただけ。電気信号の利点を生かして、スイッチの切り替えだけ光スイッチを採用して、制御部分は電気信号を扱う。バッファは光スイッチ部の外に用意される。現在のインターネットに適用した設計であるが、将来性に欠けている。光電気、電気光の変換が何回も必要になり、効率が悪い。

電気ネットワーク(電気ルータ)の場合、IPパケットのヘッダを解析してパケットを転送するが、光ネットワークの場合、パケット単位でデータを扱うことはとても難しい。

もし、電気ネットワークのIPヘッダに対応するものが光ネットワークの世界で見つけることができれば、問題は解決できる。現在のWDM技術では1本のファイバにせいぜい300波長しか多重できず、IPヘッダのビット数と比べて少なすぎる。電気のラベルネットワークのラベル数に比べてもまだ足りない。そこで、光伝送路に流れているデータに変調をかけて、その変調周波数を光ラベルとして使えないかを検討してみる。いわゆるパイロットトーンを光ラベルに使う。

### 2.2 光ラベルネットワーク

上の「光パスネットワーク」はすべてのリンクに波長を割り当てるため、波長リソースをすぐ使い果たし、ノード数の多いネットワーク構築に向かない。しかし、もしワンホップごとに波長を割り当てることができれば、波長リソースを効率よく使うことができ、大きいネットワークの構築も簡単になる。これを実現するために波長変換技術が必要になり、さらにコアノードの転送スピードを上げるためにラベルを使う光ラベルネットワークは有力な候補になる。図1に概念図を示す。

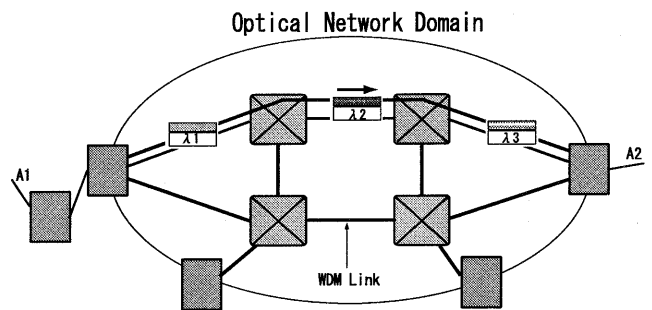


図1: Optical label switching network

この光ラベルネットワークは以下のような電気MPLSネットワークの利点を受け継ぐ。

- 1、大容量伝送、拡張性が良い。伝送帯域の高速化、ノードの大容量化、多様なアクセス回線の収容。
- 2、通信品質の保証。通信品質の区分化、帯域制御、優先制御。
- 3、セキュリティ、閉域性。通信の秘匿性、仮想専用線VPNの実現。
- 4、信頼性の向上。障害に対する強さ。トラフィック

”Optical IP Label Switching Network using pilot tone modulation”

Shengwei Cai, Hiroaki Morino, Yuichi Takushima, Hitoshi Aida, Tadao Saito

Faculty of Engineering, The University of Tokyo

の迂回。

### 3 パイロットトーンによる光ラベル

光にラベルを付けることは高度な技術が要求される。最近、パイロットトーンを光ラベルとして用いられることが分かった。パイロットトーンを使うメリットとして以下のようなものが考えられる。

- 1) 制御用の階層が一つである (ラベルネットワーク共通の利点でもある。)
- 2) データ改ざんなどによる悪用が不可能 (中身を見ないから)
- 3) ビットレート無依存 (変調をかけるので)

以下、商用シミュレータによるシミュレーション結果をまとめる。ファイバ入力部にパイロットトーンによる変調を掛けて、そして出力部ではパイロットトーンとデータを検出するという簡単な実験回路を組んでシミュレーションを行った。シミュレーション条件は表1に示す。

データビットレート	10Gbps
最小パケット長	1000bit
変調度	20%
パイロットトーン周波数	4~15GHz
パイロットトーン数	1~

表 1: シミュレーション条件

図2は出力部のパイロットトーンのQ値を示す結果である。図で分かるように周波数10GHzを中心に8GHz~11.5GHzの間はQ値が16以上である。すなわち、パイロットトーンの使える範囲はこの3.5GHzの間である。

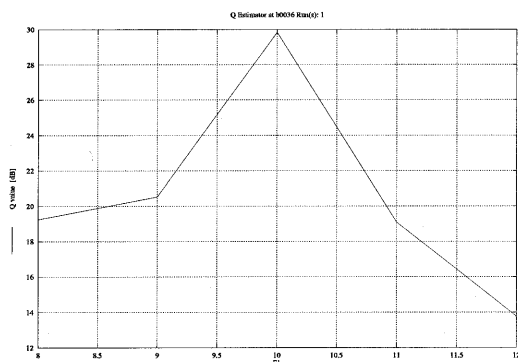


図 2: パイロットトーンの周波数による Q 値の変化

図2の結果を踏まえて、9.5GHz,10GHz,10.5GHzのパイロットトーンをかけてスペクトル図を取った結果図3のような結果を得た。この時のパイロットトーン EYE

パターンは図4になる。パイロットトーンの実現可能性は証明された。

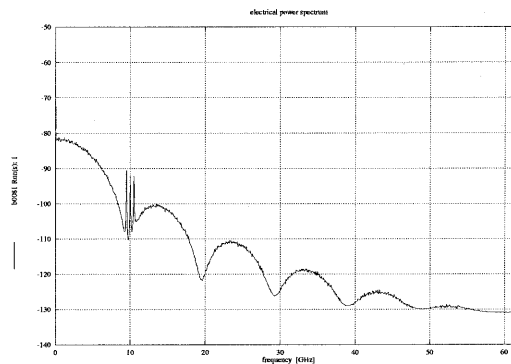


図 3: パイロットトーン (3つ) とデータのスペクトル

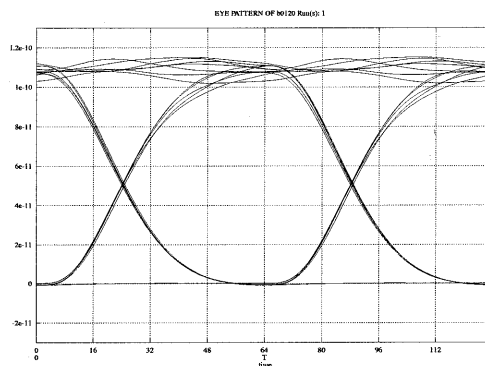


図 4: 3パイロットトーンのエYEパターン

### 4 まとめ

本稿では、パイロットトーンによる光ラベルネットワークの実現可能性について述べた。今後、ネットワークの規模を検討して、コアノード、エッジノードの設計および配置について研究を進める。波長リソースおよびパイロットトーンを効率よく使って、高速かつ高スループット、低エラー率のネットワークを目指す。

#### 参考文献

- [1]E. Rosen, et. al., "Multiprotocol Label Switching Architecture", Internet Draft, draft-ietf-mpls-arch-06.txt, August 1999.
- [2] 田中清; 井上恭; 小口喜美夫 "光ラベルネットワークにおけるノード構成技術" NTT 未来ねっと研究所 信学技報 1999.6 OCS 99-31 pp63-68
- [3] Simulator "Optsim" <http://www.artis-soft.com/>