

# フォトニックインターネット実現に向けた活動の取り組み ーフォトニックインターネットラボー

山中 直明

フォトニックインターネットラボ(PIL)代表 NTT 未来ねっと研究所

〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

E-mail: Yamanaka.Naoaki@lab.ntt.co.jp

URL: <http://www.jk.ws32.arena.ne.jp/>

**あらまし** デファクトスタンダード時代に、光とマネージドネットワーク技術をコアコンピタンスとした日本発の技術を目指したフォトニックインターネットラボ(PIL)の活動とその取り組みについてのべる。PIL は、GMPLS のリーディングエッジコードを実装し、検証し、プロトコルの完成度を上げること、及び、Running Code をベースとした標準化やデファクト化を目指し、総務省国際技術獲得型研究開発により一部運営をサポートされている団体である。

**キーワード** GMPLS, フォトニックネットワーク, IETF, 光ネットワーク

## Photonic Internet Laboratory: New challenges for future photonic network

Naoaki YAMANAKA

Photonic Internet Laboratory, NTT Network Innovation Laboratories.

3-9-11 Midori-cho, Musashino-shi, Tokyo, 180-8585 Japan

E-mail: Yamanaka.Naoaki@lab.ntt.co.jp

**Abstract** The Photonic Internet Lab. (PIL) was founded last autumn for realizing new photonic network control protocols based on photonic technologies for managed networks. PIL has two activity streams; one is leading edge-code testing for optimizing new GMPLS protocols. The other is standardization efforts with running code. This paper describes how PIL intends to realize the future photonic Internet.

**Keyword** GMPLS, Photonic network, IETF, HIKARI network

### 1. はじめに

急速に進む加入者のブロードバンドサービス化とコンテンツの動画像化により、バックボーンネットワークは、2002年以降、想像以上にトラヒックを増している。また、MPLS (Multi-Protocol Label Switching)は、すでにマネージドネットワークの基本技術として、NTTでもマルチ QoS (Quality of Service)を実現したサービス網を提供している。[1]

一方、従来の ITU (International Telecommunications Union)を中心とした標準化のプロセスは、フォーラムや IETF (Internet Engineering Task Force)を主軸としたデファクトの標準へと変化している。

PIL (Photonic Internet Lab)は、光と、マネージドネットワークの技術を自らのコアコンピタンスとして、デファクト時代に対応した日本発の技術を完成させることを目的として設立された任意団体である。

PIL は、ボードとオペレーションを行う運営委員会

と、2つの Working Group (WG)より構成されている。WG は、技術検証 WG、標準化戦略 WG であり、現在は、武蔵野 NTT 研究所内の検証サイトを利用しているが、今後は、通信総合研究所のけいはんなオープンラボ[2]等も活用していく予定である。

本報告では、PIL を通じて行っているフォトニックインターネット実現への活動の一部を紹介する。

### 2. 背景と GMPLS のねらい

図1にバックボーンネットワークのトラヒックの伸びを示す。ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)の普及と光ファイバ加入者数、FTTH (Fiber to the Home)のサービスの開始により、ブロードバンドユーザ数はすでに1,000万人に達しようとしている。また、ブロードバンド加入者数の伸びもさることながら、ユーザ当たりの、アクセス系の広帯域化も進み、電子メールやテキストの WWW ではなく、静止画や、音楽

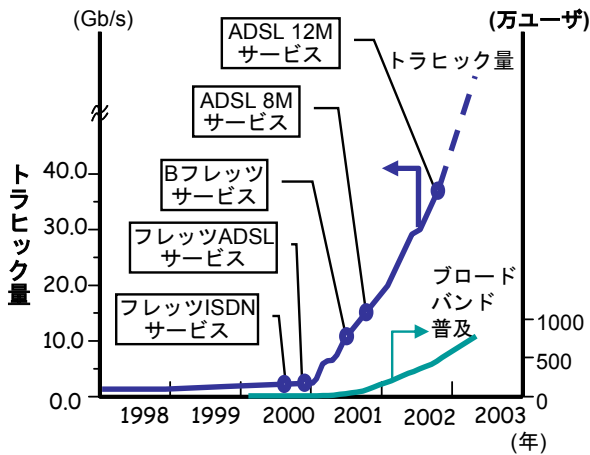


図1 国内バックボーントラフィック

コンテンツ、さらには、動画コンテンツを享受していることで、バックボーンのトラフィック量が爆発的に増大している。このことは、図を見ても明らかである。一方、電気技術をベースとする IP ルータは、確実にスループットを伸ばしているが、ムーアの法則が今までのようには当てはまらなくなりつつあること、それ以上に実装上の制限が厳しいことにより、世の中は、光によるブレークスルーを期待している。1999年の IETF に MPLS が提案され[3]、PLC (Planer Lightwave Circuit) 技術や MEMS (Micromachine Electro Mechanical System) 技術による光スイッチデバイスの誕生、WDM (Wavelength Division Multiplex) リンクの経済的な導入により光 GMPLS の導入のシナリオは確保された。

そこで、我々は GMPLS と光をコア技術として、2005年、本格的なフォトニックネットワーク実現に向けて、PIL を組織し、研究を加速させた。我々が GMPLS に戦略的に期待しているものを表1に示す。

①オペレーションの合理化であり、IP、ATM (Asynchronous Transfer Mode)、Ethernet、SDH (Synchronous Digital Hierarchy)、WDM さらにファイバのリソースを統一的に扱うことにより、コス

トダウンを図る。

現在は、マルチレイヤスイッチと呼ばれる複数のレイヤのスイッチが一架に実装された装置が開発されており、従来のメガキャリアがレイヤ毎のネットワークを別々に管理することから、中小規模ネットワークのインタワーキングが中心となってきた (図2)。

- ②マルチレイヤ(リージョン)のリソース制御であり、これは、GMPLSにより高度化され、また、統一化されたシグナリングやルーティングの protocols を積極的に応用するものである[4]。従来別々に管理運用されていたレイヤの装置を、例えばルータがインシエータになり、クロスコネクタやファイバのスイッチをコントロールして、リソースを有効にかつ、よりダイナミックに運用するものである (図3)
- ③光のトランスペアレントパスに関するものであり、従来の電気ネットワークでは、実現できなかった大幅なコストダウンを図ることができる (図4)。

表1 GMPLS って何ができるの？

キャリアの視点から ① 統一のコントロール → オペレーションの合理化 ② マルチレイヤ (リージョン制御) → リソースの効率化 ③ カットスルー & トランスペアレント → トランスポートコストの大幅低減 ⇒ Easy マイグレーション
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

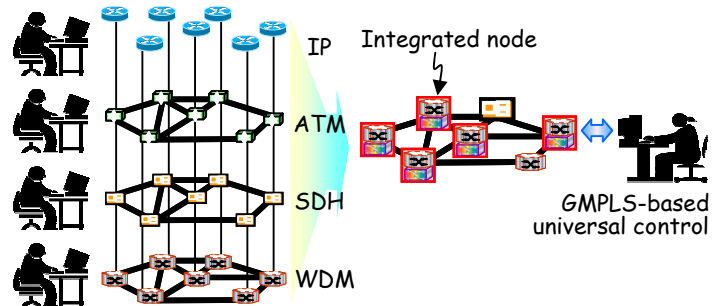


図2 オペレーションの合理化

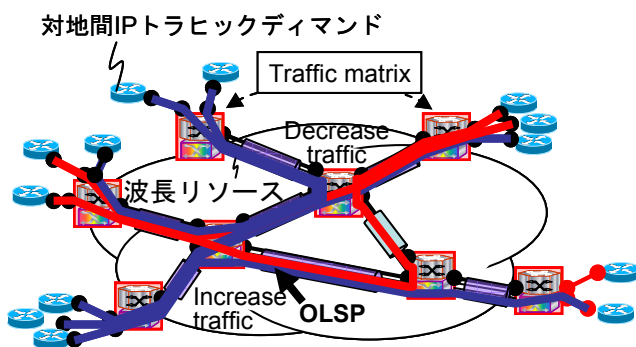
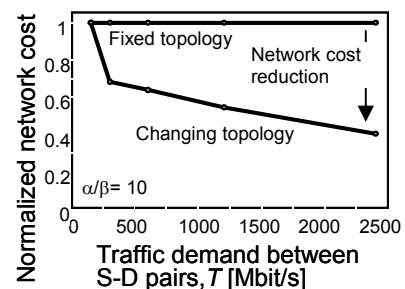


図3 マルチレイヤ(リージョン)リソースの効率



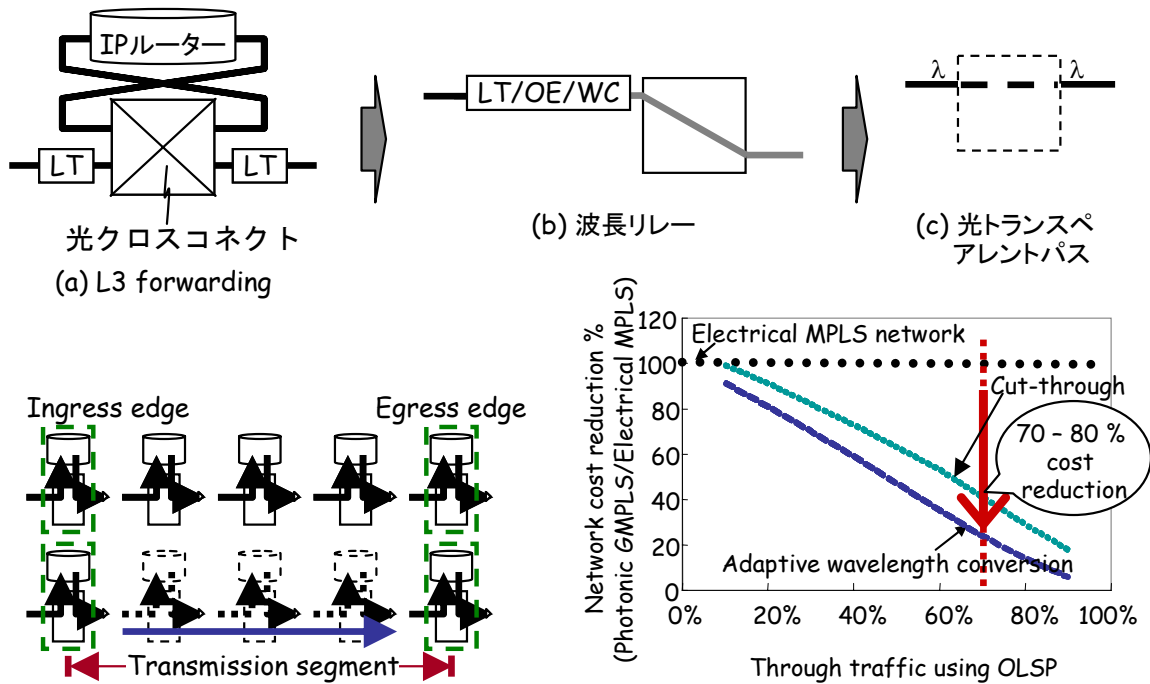


図4 ダイナミックカットスルー&トランスペアレント光パス

PIL では、上記3つの GMPLS の技術を中心に、総務省の国際技術獲得型研究開発（研究開発課題名：全光網における網制御プロトコル標準化に関する研究）[5]として、一部のサポートを受けて活動している。

### 3. PIL の体制と活動

PIL の体制と運用を図5に示す。PIL は、正式には2002年9月に6社で発足し、2003年3月に日立製作所が加わり7社となって活動を行っている。概要は後述するが、先に述べた2つのWG構成で、PILの運営は総務省からNTTが受託している「戦略的情報通信研究開発推進制度」プログラム[6]をファンドにして行われている。

標準化戦略WGのフレームワークを図6に示す。標準化戦略WGでは戦略的にテーマを設定し、新たなフォトニックネットワーク・サービス（HIKARI サービス）の創出につながる先端技術を検討し、標準プロトコルを拡張し、各種標準化団体に提案する。また、各社独自の提案についても、議論が行われ、共同できる部分があれば、共同提案する。プロトコル拡張仕様をもとに各社Running Codeを実装して、コード検証・相互接続を行い、プロトコル仕様にフィードバックをかける。付録1に、2002年9月から半年間にPILで議論され、IETF等に提案されたドラフトの一覧を示す。現在は、障害回復技術（リストラクション・プロテクション）、マルチリージョンのフレームワークといった技

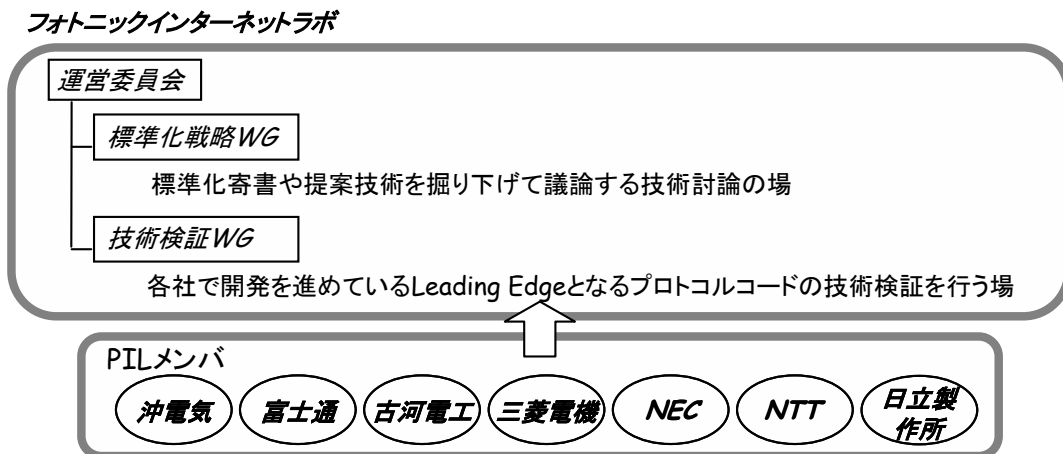


図5 PILの体制と運営

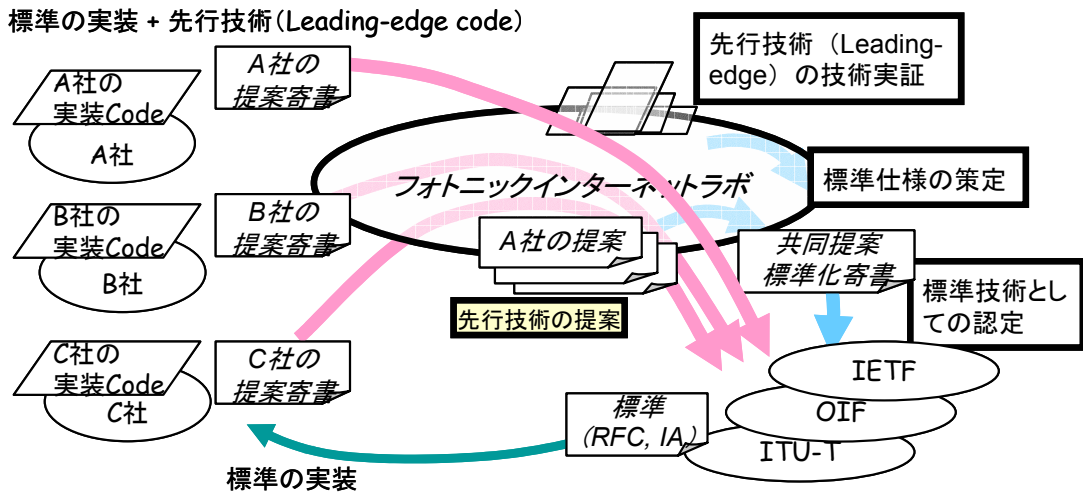


図6 フォトニックインターネットラボ

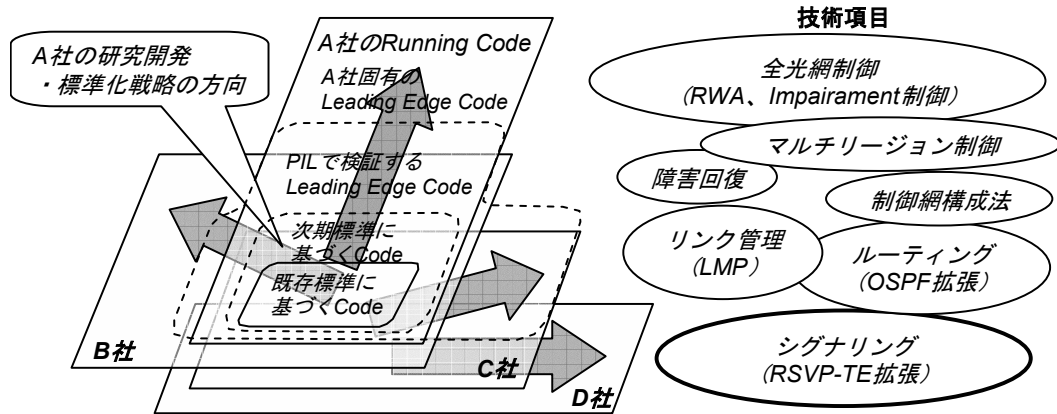


図7 次世代フォトニックNWの核となるLeading Edge Code

術課題と OPVN (Optical Virtual Private Network)[7]といった新 HIKARI サービス創造を中心に検討している。

技術検証 WG は、日本では極めてユニークな存在である。各社の既実装のコードだけでなく、研究開発中の極めて高度な技術のコードまで含めて持ち寄り、サイト内でソフトウェアコードのレベルまで詳細に検証している。守秘管理の観点から、Give & Take の関係が成立する共通の開発ターゲットを持った開発者同士だけで情報を共有し、密に検証を行っている。図7に検証を行っているコードの位置づけと、主な技術項目を示す。ここで検証するコードは、次世代プロトコルを目指して IETF 等の標準化機関へ提案した技術に基づいて開発された Leading Edge Code である。技術検証は、PIL メンバの内で、Leading Edge Code の実装対象が一致した開発者間で実施している。このような技術検証を通じて、Leading Edge Code の機能検証ができるだけでなく、既に標準化提案されている技術項目のコードにおいても、標準化寄書の解釈が不明確な部分や実装者に依存する部分があり、それらの実装方法、実

装課題は貴重な開発ノウハウとなる。これらの検証から得られた知見は、PIL の WWW [8] にホワイトペーパーとして掲載し、IETF などへの標準提案にフィードバックしていく。更に、海外のベンダや、海外の検証サイトとの技術情報交流を実施し、今後は、共同での検証へ発展させる予定である。

#### 4. PIL ワークショップ

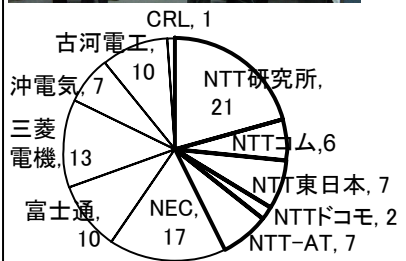
PIL の活動は Give & Take を前提に、詳細なコードやノウハウの交流を行いつつ、国際的なプレゼンスを上げているため、内容の内、ノウハウ性の強いものに関しては、PIL メンバ以外には公開していない。PIL は、2月にメンバ企業内の招待制(約100名)によるワークショップを開催し、今までの活動を総括した。図8に、当日のスケジュールを示す。また、図9には、当日行われた技術検証のデモの構成を示す。検証では、古河電工、三菱電機、NEC、富士通、NTT のそれぞれ Switching Capability の異なる装置を相互接続し、古河

電工のルータがイニシエータとなり、2つのルートを異なる Capability で接続した。これだけ多くのベンダが最先端コードを実装し、かつ検証を行ったのは世界で初めての実験である。実験は、例えば、トラフィックが少ない場合は PSC (Packet Switch Capable)のパス

(LSP : Label Switched Path)を張る。この際、途中の中継リンクでは、必要に応じて、λ (LSC : Lambda Switch Capable)や SDH (TDM)等の LSP を作り、その中に PSC のLSPを作る。一方、ストリーミングデータのように、トラフィックが多い場合は、ダイレクトなλの LSP など

**PILワークショップ**  
**一次世代フォトニックインターネットの技術と標準化—**  
**講演**

<p><b>MPLS/GMPLSをめぐる標準化と技術の動向</b>          中平 “GMPLSの概要とその周辺” (沖電気)          村上 “現状のMPLSの動向について” (古河電工)</p>
<p><b>標準に向けた技術のトピクス</b>          末村 “マルチCoSを実現するGMPLS障害回復” (NEC)          宗宮 “障害情報のフラッディングによる高速障害復旧技術” (富士通)          塩本 “マルチリージョンNW制御” (NTT)          妹尾 “全光ネットワークに向けた光クロスコネクタ技術” (三菱電機)</p>
<p><b>パネルディスカッション</b>          “日本発のフォトニックインターネットワーキングを実現するには”          山中(NTT), 坂元(沖電気), 荒木(NEC),          中後(富士通), 福富(古河), 秋田(三菱), 岡本(NTT)</p>
<p><b>展示</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PIL参加メンバによるGMPLSシグナリング技術検証 (PIL技術検証WG)</li> <li>2. マルチレイヤネットワークでの最適パス配置検索技術(沖電気)</li> <li>3. 全光ネットワーク制御、マルチレイヤ制御、メッシュ障害回復を実現する Advanced GMPLS(NEC)</li> <li>4. 障害情報のフラッディングによる高速障害復旧技術(富士通)</li> <li>5. ルータから見たGMPLSネットワークでのマルチレイヤ制御技術(古河電工)</li> <li>6. 光・IP統合に向けた高速・大容量スイッチングノードと跳ね橋型光スイッチ (三菱電機)</li> <li>7. マルチリージョンGMPLSネットワーク制御技術 ~トラフィックエンジニアリングとリストレーション~(NTT)</li> </ol>



2003年2月19日コクヨホールにて開催

図 8 PIL ワークショップスケジュール



検証デモ風景

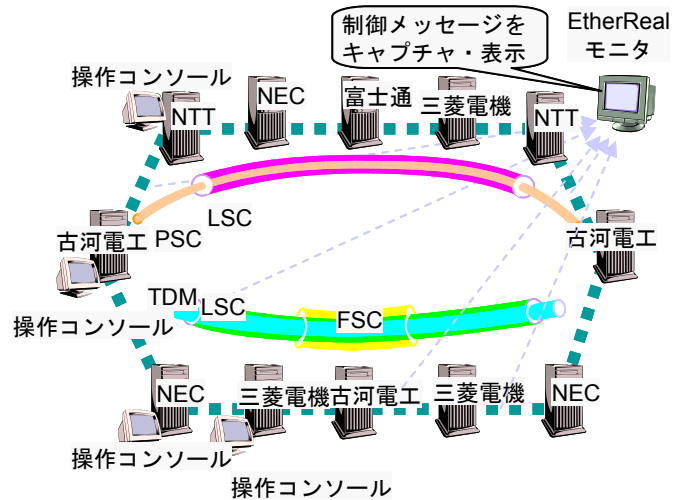


図 9 PIL ワークショップでの技術検証デモ構成

を張ることが可能であり、このような GMPLS マルチリージョンシグナリングを複数ベンダ間で行ったのは、世界初である。

## 5. むすび

光と GMPLS をコア技術として、デファクトをベースとした世界標準の中で、日本発の技術発信を目指した PIL の活動の一部を紹介した。フォトニックインターネットは、もうすぐそこに来た技術であり、光という日本のコアコンピタンスを利用して、世界的なリーダーシップを至急取る必要がある。今後は標準化での活動の強化とさらに先端的なコードの先行開発や検証実験やナショナルワイドでの実験を計画している。

## 文 献

- [1] H. Komura, J. Nishikido, and M. Aihara, “A Multi-QoS Reliable MPLS Network”, Proc. MPLS2002, pp.13-15, October 2002.
- [2] <http://www2.crl.go.jp/pub/whatsnew/press/021030/021030.html>
- [3] Internet Draft “Multi-Protocol Lambda Switching: Combining MPLS Traffic Engineering Control With Optical Crossconnects”, draft-awduche-mpls-te-optical-00.txt, October 1999.
- [4] E. Oki, K. Shiimoto, M. Katayama, W. Imajuku, and N. Yamanaka, “Performance of Dynamic Multi-Layer Routing Schemes in IP+Optical Networks,” to appear in 2003 Workshop on High Performance Switching and Routing (HPSR2003), June 2003.
- [5] [http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/021010\\_1.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/021010_1.html)
- [6] <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h14/html/E3072000.html>
- [7] 三澤、片山、岡本、山中、“Optical VPN サービスの提案”、2002年信学ソ大 SB-6-4、2002年9月
- [8] <http://www.jk.ws32.arena.ne.jp/>

## 参 考

### (付録 1)

#### 議論・提案をした標準化寄書

- [1] draft-shiomoto-ccamp-multiarea-te-01.txt
  - GMPLS ネットワークの階層化パスを用いたマルチエリア・マルチレイヤトラフィックエンジニアリング(Multi-area multi-layer traffic engineering using hierarchical LSPs in GMPLS networks)
- [2] draft-imajuku-ml-routing-02.txt
  - マルチレイヤスイッチケーパブル LSR を用いたマルチレイヤルーティング (Multilayer routing using multilayer switch capable LSRs)
- [3] draft-matsuura-mpls-reverse-lsp-00.txt
  - GMPLS での逆方向シグナリング (Signaling reverse-directional LSP in generalized MPLS)
- [4] draft-vigoureux-ccamp-gmpls-architecture-hpn-00.txt
  - マルチリージョンネットワークの GMPLS アーキテクチャ (Generalized MPLS architecture for multi-region networks)
- [5] draft-oki-ipo-optlink-req-00.txt
  - トラフィックエンジニアリングのための光リンクステートの要求条件 (Requirements of optical link-state information for traffic engineering)
- [6] draft-oki-ccamp-upstream-labelset-00.txt
  - RSVP-TE 拡張におけるアップストリームラベルセット (Upstream label set support in RSVP-TE extensions)
- [7] draft-matsuura-gmpls-rsvp-requirements-01.txt
  - GMPLS シグナリングでの RSVP-TE への要求条件 (Requirements for using RSVP-TE in GMPLS signaling)
- [8] draft-suemura-gmpls-restoration-signaling-00.txt
  - 複数のプロテクション、リストラクションをサポートするための RSVP-TE 拡張 (Extensions to RSVP-TE for Supporting Multiple Protection and Restoration Types)
- [9] draft-czezowski-optical-recovery-reqs-00.txt
  - リストラクション要求条件 (Optical Network Failure Recovery Requirements)
- [10] draft-seno-path-quality-verification-00.txt
  - 光パスの正常性確認プロトコル (Path Quality Verification over an All-Optical Network)
- [11] draft-vigoureux-shiomoto-ccamp-gmpls-mrn-00.txt
  - マルチリージョン (マルチレイヤ) フレームワーク (Generalized MPLS Architecture for Multi-Region Networks)
- [12] draft-matsuura-reverse-lsp-01.txt
  - GMPLS での逆方向シグナリング (Signaling

- reverse-directional LSP in generalized MPLS)
- [13] draft-ietf-gsmp-reqs-04.txt
  - 光対応のための GSMP への要求条件 (Requirements for adding optical support to GSMPv3)
- [14] draft-czezowski-optical-recovery-reqs-01.txt
  - リストラクション要求条件 (Optical Network Failure Recovery Requirements)
- [15] draft-rabbat-fault-notification-protocol-02.txt
  - Fault Notification Protocol for GMPLS-Based Recovery
- [16] draft-soumiya-lmp-fault-notification-ext-00.txt
  - Extensions to LMP for Flooding-based Fault Notification
- [17] draft-shimano-imajuku-gmpls-restoration-00.txt
  - RSVP extensions for gmpls restoration signaling
- [18] draft-matsuura-reverse-lsp-02.txt
  - GMPLS での逆方向シグナリング (Signaling reverse-directional LSP in generalized MPLS)
- [19] draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-terminology-01
  - Recovery (Protection and Restoration) Terminology for GMPLS
- [20] draft-papadimitriou-ccamp-gmpls-recovery-analysis-03
  - Analysis of Generalized MPLS-based Recovery Mechanisms (including Protection and Restoration)
- [21] draft-bala-gmpls-recovery-functional-01
  - Generalized MPLS Recovery Functional Specification

### (付録 2)

#### PIL (フォトニックインターネットラボ)

[<http://www.jk.ws32.arena.ne.jp/index/>]

#### 設立の概要 (要略)

光通信技術の研究開発の黎明期には、日本の産業界・学会から多くの技術が生まれ、世界の研究をリードしてきた。近年、インターネットの利用はめざましく進み、高速大容量の光通信技術の重要性が高まる中、日本発の技術を標準化団体に積極的に提案するなど、世界へ向けたさらなる貢献が必要である。

(中略)

次世代フォトニックネットワークによって、新しいインターネットの時代を切り拓くことを目標とし、世界標準を目指したフォトニックネットワーク制御技術の研究開発を推進することを目的として、フォトニックインターネットラボ (PIL) を創設する。

PIL は、このようなグローバルなデファクト標準化の活動に対応すべく、研究開発を進める上で相補的な

Give & Take の関係を築くための場を提供し、新しいネットワーク技術を開拓し、実際に利用できるプロトコルの研究開発を推進する。

#### 1. フォトニックインターネットラボ目的

- (ア) 日本がコアコンピタンスとしてもつ光技術をベースに、電気処理の限界を超える次世代フォトニックネットワークを実現するため、新たなプロトコルを世界に先行して開発することを推進し、開発した技術の実証研究を行うこと。
- (イ) 日本を中心とした研究開発機関でそれぞれ開発を進めているプロトコルのコードを実装し動作検証を行うことで、日本発のデファクト標準を推進し、ITU-T, IETF, OIF 等の標準化団体への貢献度を高めること。

2. 略

3. 略

#### 4. フォトニックインターネットラボの組織

(ア) 運営委員会

- 1. 参加組織の代表から構成し、PIL の活動方針を決定する。

(イ) ワーキンググループ

- 1. PIL 活動を具体化するワーキンググループ (WG) を設置する。

WG1. 標準化戦略 WG (略称：標準化 WG)

メンバーの標準化寄書や提案技術テーマを掘り下げて議論する技術討論の場

WG2. 技術検証 WG (略称：検証 WG)

各企業で開発を進めている Leading Edge となるプロトコルコードの技術検証を行う場

- 2. WG の新設/廃止は、運営委員会の承認を必要とする。

#### 参加企業

沖電気工業株式会社

日本電気株式会社

富士通株式会社

古河電気工業株式会社

三菱電機株式会社

日本電信電話株式会社

株式会社日立製作所 (2003.3.25 加入)

(順不同)