

# フォトニックネットワークの技術動向と課題

## 背景

超高速光ファイバ通信ネットワークのノードにおける信号処理において、光/電気・電気/光変換に伴うスループットのボトルネックが問題となっている。フォトニックネットワークはルーチング処理を光領域で行うことで、ネットワークの性能を格段に向上できるとして注目を集めている。また、波長の柔軟な利用を可能とすることからも、さまざまな新しいネットワークサービスが期待され、次世代の光ファイバ通信ネットワークの本命として各所で研究開発が進められている。

## 目的

フォトニックネットワークの研究開発の最新動向を調査し、電気事業における技術課題を明らかにする。

## 主な成果

### 1. フォトニックネットワーク要素技術の最新動向

フォトニックネットワークの技術動向を各要素技術別に比較した結果、表1に示すように、伝送路技術は比較的進展しているのに対し、交換技術や管理・制御技術には課題が残っていることが分かった。また、フォトニックネットワークの高度化ステップに対しては表2に示すようにルーチング方式別に分類でき、その技術動向は以下の状況にある。

- (1) 光波長でルーチングするフォトニックネットワークでは伝送路途中における波長変換や高速スイッチングの必要性が小さい分、実用化が進んできているが、さらに利用可能な波長域の拡大が重要である。
- (2) 光バーストや光パケットでルーチングするネットワークでは伝送路の利用効率をさらに向上させることができるが、実現には低損失・大容量・超高速の光スイッチ実用化がブレイクスルーとなる。

### 2. フォトニックネットワーク実用化の課題

フォトニックネットワークにおける研究開発課題を表3に示す。電気事業としては、既存通信設備の有効利用や信頼性向上の観点から適用効果が期待され、このためには以下の課題に対する研究開発が重要である。

- (1) 既設ファイバを有効利用するための分散や損失の補償・制御技術
- (2) 各ルーチング方式に対する信頼性の高い冗長ネットワーク構成技術
- (3) フォトニックネットワークの伝送品質評価技術
- (4) 波長資源を有効利用できる光バーストルーチングネットワーク設計技術

## 今後の展開

光バーストルーチングネットワークを対象とし、簡易で大規模化が容易な光スイッチング方式およびデバイスを開発する。

表1 フォトニックネットワーク共通要素技術動向

共通要素技術	動向
<b>伝送路（リンク）技術</b>	
新機能光ファイバ	低損失・低分散の波長多重用光ファイバがすでに実用化
分散補償・制御	3,4次の高次波長分散補償デバイスの実現、可変補償デバイスの実用化
光増幅	各種希土類添加ファイバ、ラマン増幅等で1.3 $\mu$ m~1.6 $\mu$ m帯全域の増幅が可能
<b>交換（ノード）技術</b>	
光スイッチング	低速では大規模化進展、高速では各種原理の研究段階、ともに実装・損失に課題
波長フィルタリング	50,25GHzの周波数間隔の実現、AWG <sup>†</sup> を用いて1,000波の一括合分波可能
<b>管理・制御技術</b>	
ルーチング	論理パスの設定技術としてGMPLS <sup>‡</sup> の標準化作業中
障害監視	各波長チャネル個別の信号監視により実現、超多波長時の監視コストに課題

† Arrayed Waveguide Grating : アレー導波路回折格子  
 ‡ Generalized Multi-Protocol Label Switching

表2 ルーチング方式別のフォトニックネットワーク要素技術動向

ルーチング方式	ルート切替時間	重要な要素技術	現状性能（研究レベル）	目標性能
<b>光波長（各伝送経路毎に固定波長の割り当て、回線交換的）</b>				
	分~秒	多波長光源	スーパーコンティニウム光により1,000波	数1,000波
		広帯域波長可変光源	SSG-DBR <sup>††</sup> レーザにより100nm(1.5 $\mu$ m帯)	1.3 $\mu$ m~1.6 $\mu$ m帯全域
<b>光バースト（各ノード間毎に波長を動的予約、伝送終了後に波長解放）</b>				
	秒~ミリ秒	大規模光クロスコネクトスイッチ	MEMS <sup>‡‡</sup> 光スイッチにより256 $\times$ 256(損失大)	1,000 $\times$ 1,000(低損失)
		波長変換	波長による効率差大、低効率	効率差解消、高効率
<b>光パケット（データパケットを直接光化、パケット毎の交換）</b>				
	ミリ秒以下	超高速宛先検索	光相関演算処理等による研究段階	ナノ秒での検索
		光バッファ	光ファイバ遅延線以外の有力技術なし	

†† Super Structure Grating-Distributed Bragg Reflector : 超周期構造回折格子型分布反射鏡  
 ‡‡ Micro Electro Mechanical System : マイクロマシン

表3 フォトニックネットワークにおける研究開発課題

技術項目	研究開発課題
伝送路（リンク）技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存光ファイバ伝送路を有効利用するための各種分散測定と適切な補償技術</li> <li>各信号の伝送経路毎に異なる損失を補償する光増幅器利得制御技術</li> <li>リング、メッシュ構成における冗長ネットワークの最適設計技術</li> </ul>
交換（ノード）技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模、低損失、超高速光スイッチ</li> <li>高効率で波長差の依存性が小さい全光学的な波長変換技術</li> <li>従来のルータを用いたネットワークとの連携技術</li> </ul>
管理・制御技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>所望の帯域または通信品質を確保できる光ルーチングプロトコル</li> <li>トラヒックエンジニアリング技術</li> <li>通信品質シミュレーション技術</li> <li>多数の波長チャネルの効率的な一括監視技術</li> </ul>

調査報告 R03020	キーワード：フォトニックネットワーク、光ファイバ、光通信、光ルーチング、波長分割多重
関連研究報告書	
担当者	森村 俊（情報研究所）
連絡先	（財）電力中央研究所 情報研究所 事務担当 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : cil-rr-ml@criepi.denken.or.jp

[非売品・不許複製] c 財団法人電力中央研究所