

# 平成22年度「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発 課題イ」の開発成果について

## 1. 施策の目標

- ①加入者の増減・サービス内容の変化に応じ、サービス提供エリア（敷設地域）及び伝送容量等の変化へ対応可能な適応ネットワーク構成技術を確立する。
- ②本研究開発の課題技術の優位性並びに今後の課題を明らかにし、更に研究開発成果の産業面での活用の方向を示すことも考慮し、広域加入者系光ネットワークを構築することにより本研究開発の成果の有効性を実証する。

## 2. 研究開発の背景

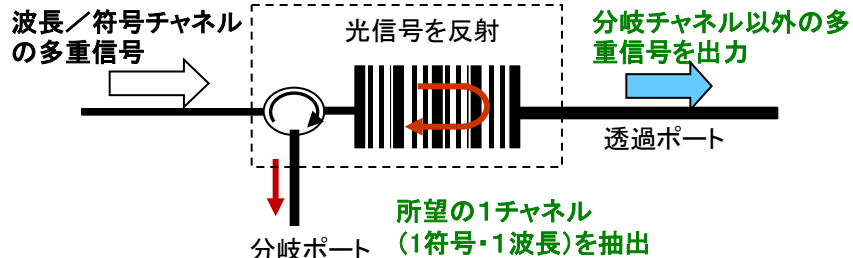
世界に先駆け2001年より始まったわが国のFTTHサービスは、2004年からのGE-PON導入を契機に本格的な普及を遂げ、2008年6月にはその契約者数がADSLを超え、ブロードバンドサービスを担う加入者系光ネットワークの主役となった。また、2008年3月より商用化が開始されたNGNによるインターネット、IP電話、映像配信などの広帯域で品質保証が要求されるサービス可能となり、加入者系光ネットワークに対する今後の需要を一層喚起すると期待される。このような需要増大に応えるため、PONシステムの大容量化の研究開発・標準化活動が活発化している。10Gbps級の伝送容量を持つものとして、既存PONシステムの基本多重技術である時間分割多重技術をベースとした10G-EPONやG-PONの後継システムであるXG-PONがある。特に、10G-EPONは、世界的に最も普及しているGE-PONとの親和性が高いため、精力的な研究開発、標準化作業が進められており、2009年9月の標準化完了の予定となっている。今後は単なるネットワークの高速化、広帯域化だけでなく、従来網を収容しつつ、サービスの容易な追加やシステム容量のスケラビリティの実現を求めて、波長多重技術や光符号多重技術を活用したPON技術の研究開発が盛んになると考えられる。

## 3. 研究開発の概要と期待される効果

本研究は、光ハイブリッドフィルタ技術の開発と適応ネットワーク技術の開発に大別され、新世代のアクセスシステム実現に向けて、柔軟なネットワーク形態（OLT/OHFの追加によるネットワークの変更）、サービスに対応した伝送容量の柔軟な変更、既存システムから新システムへの効率的なマイグレーションが実現でき、さらなるアクセスネットワークの品質向上（ロバスト性の向上）に期待される

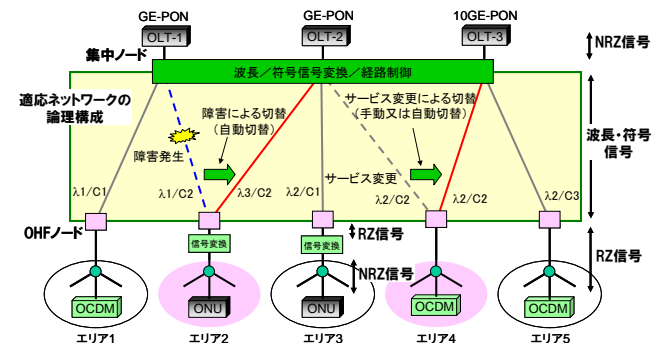
### ①光ハイブリッドフィルタ技術

光ハイブリッドフィルタ技術とは、波長と符号による多重信号から特定の1チャンネルを抽出するフィルタ技術である。



### ②適応ネットワーク技術

適応ネットワーク技術とは、パシブなアクセスネットワークにおいて、トラヒック、サービス及び障害に対応して、経路を切替える技術である



## 4. 研究開発の期間及び体制

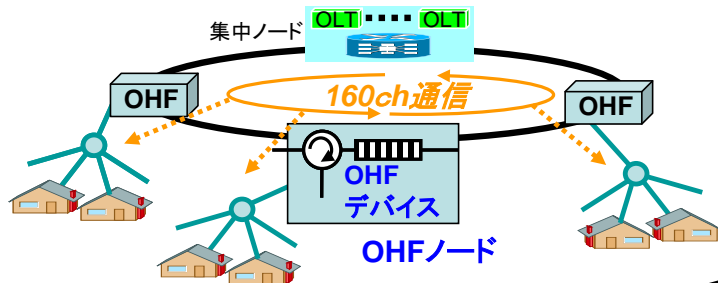
平成21年度～平成23年度（3年間）  
NICT委託研究（沖電気工業株式会社）

# ①光ハイブリッドフィルタ技術の主な成果

## ①光ハイブリッドフィルタ (OHF) 技術

目標

- ・WDM(波長)×OCDM(符号)のチャンネル数が160以上であること。
- ・チャンネル当り1.25Gbpsの光信号を分岐、挿入ができること。
- ・OHFノードのプロトタイプの試作を完了



OHFデバイス設計技術  
OHFノードのプロトタイプの試作  
ハイブリッド多重通信技術

## WDM×OCDMのチャンネル(ch)数が160のOHFデバイス設計パラメータの取得

- ・使用パルス光源方式に応じたOCDM用\*FBGフィルタデバイス設計値の取得
- ・チャンネル数が160のWDM×OCDMの帯域レイアウト設計
- ・多重通信検証用OHFデバイスの試作完了

光源方式	OHFデバイスの占有帯域	160chの波長帯域レイアウト
**MLLD パルス幅 3ps 自由度が高い		16OCDM × 10WDM = 160ch 
***EML パルス幅 15ps 低コスト		4OCDM × 40WDM = 160ch 

\*FBG:ファイバブラッググレーティング、\*\*MLLD:モードロックレーザー、\*\*\*EML:外部変調器内臓レーザー

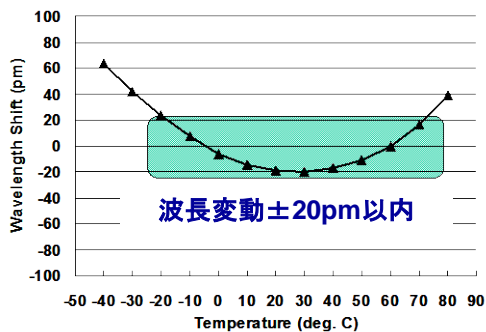
関連発表

OECC2010、電子情報通信学会 ソサエティ大会およびOPE研究会

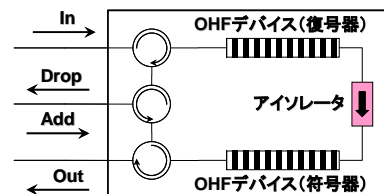
## OHFノードモジュールのプロトタイプを試作

- ・OHFデバイスをパッシブアサermal実装し、低消費電力で波長変動を抑制。
- ・OHFデバイスとパッシブ光デバイスを集積実装。
- ・環境温度-20°C~+70°Cにおいて、波長変動±20pm以内を達成。

### 環境温度によるOHFデバイスの波長変動



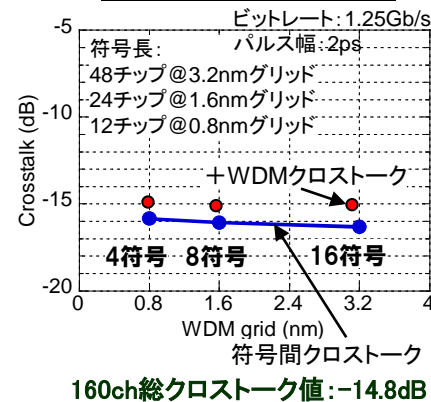
### OHFノードモジュール(プロトタイプ)



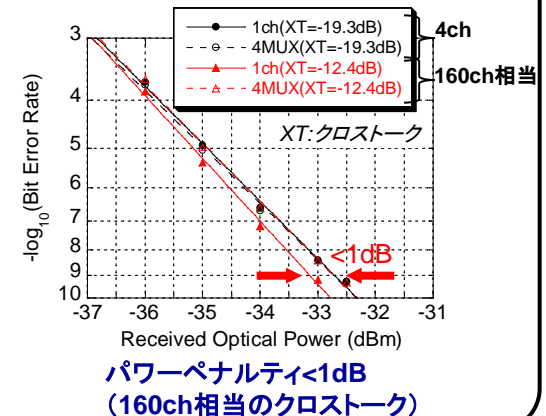
## 160チャンネルハイブリッド多重の実現性検証

- ・相関信号解析によるシミュレーション入力データ抽出
- ・160チャンネルシステムでの総クロストーク値の取得
- ・多重実験による160chを確認

### クロストーク量の計算結果



### 4OCDM送受信での誤り測定結果



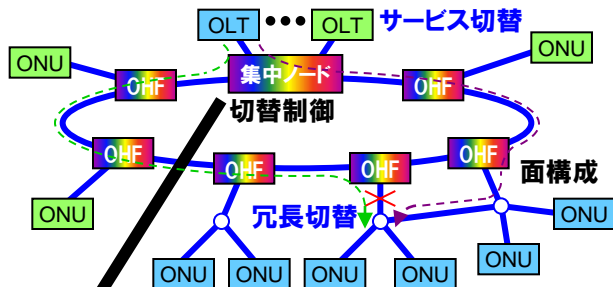
## ②適応ネットワーキング技術の主な成果

### ②適応ネットワーキング技術

目標

チャンネル当り1.25Gbps以上の光信号に対して

- ・伝送特性を考慮したトポロジ設計を完了
  - ✓トポロジ抽出と各トポロジに対応するOHFノードの構成検討
  - ✓パッシブノードの接続可能数と最大収容ユーザ数の算出
- ・切替アルゴリズムを試作し、2ch以上の切替検証を完了
  - ✓PONの上りバースト信号の捕捉によるチャンネル切替検討

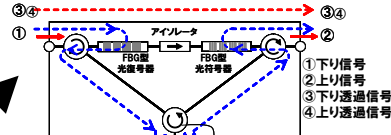


トポロジ  
・リング  
・数珠繋ぎ

### トポロジーの設計

・中継光アンプ無しによる接続可能なノード数を確認

#### リング接続のノード数

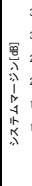


透過ロス: 0.95dB  
反射ロス: 2.403dB

【20km伝送、16分岐の条件】

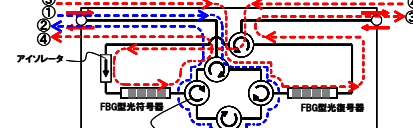
最大接続ノード数12台  
第1階層6台、第2階層6台  
としたとき最大収容ノード数36台

最大接続ノード数: 36  
最大収容ユーザ数: 576



伝送設計条件  
✓非線形現象による波形劣化を抑制するため、集中ノード出力パワー10dBm以下  
✓受信器パラメータ: APD光電変換率1 [A/W]、増倍率10、イオン化率0.9、サマルノイズ $100e^{-24}$  [W/Hz]

#### 数珠繋ぎ接続のノード数

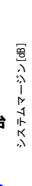


透過ロス: 1.225dB  
反射ロス: 2.703dB

【20km伝送、16分岐の条件】

最大接続ノード数9台  
第1階層5台、第2階層4台  
としたとき最大収容ノード数20台

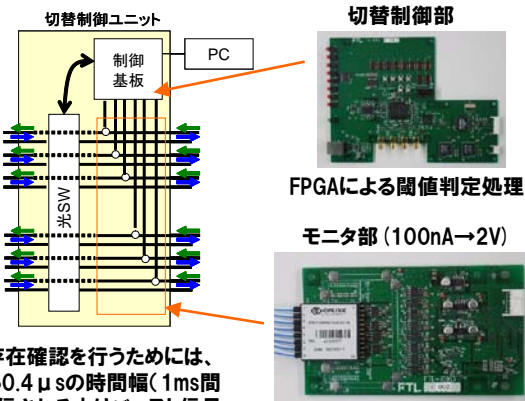
最大接続ノード数: 20  
最大収容ユーザ数: 320



2011電子情報通信学会総合大会にて発表

### 切替制御ユニットの試作

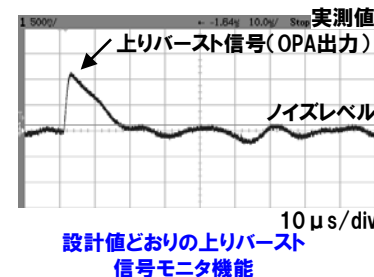
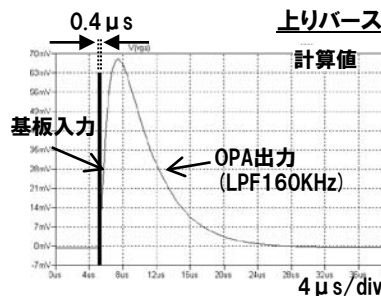
- ・上りバースト信号のモニタを実現
- ・手動および自動によるチャンネル切替が可能



ONUの存在確認を行うためには、ONUから0.4  $\mu$ sの時間幅(1ms間隔)で送信される上りバースト信号を読み取ることが必須である。

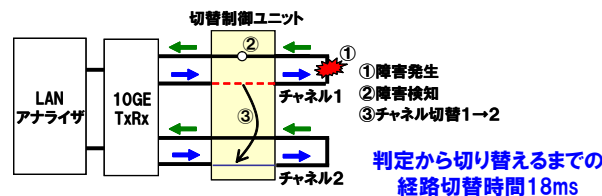
8bitのADCによりONUからの上りバースト信号の有無を判断

### 上りバースト信号の受信波形確認



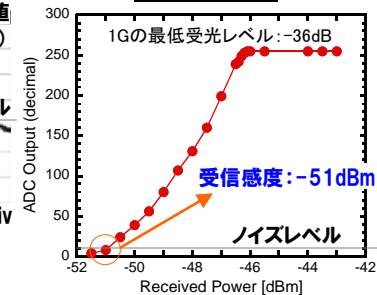
### チャンネル切替動作確認

障害発生時にチャンネルを1から2へ切り替えたときの10GEの復旧時間を測定



判定から切り替えるまでの経路切替時間18ms

### 最大受信感度



最低受光レベルに対し十分なマージン

## 1. これまで得られた研究成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発	4 (2)	1 (1)	1 (1)	4 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

(1) 表彰・受賞  
なし

(2) 研究成果発表会等の開催について  
なし