

# 「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発 課題Ⅰ 適応ネットワーク構成技術」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

## 1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

実施機関 沖電気工業株式会社  
 研究開発期間 平成21年度から平成23年度(3年間)  
 研究開発費 総額226百万円(平成23年度 71百万円)

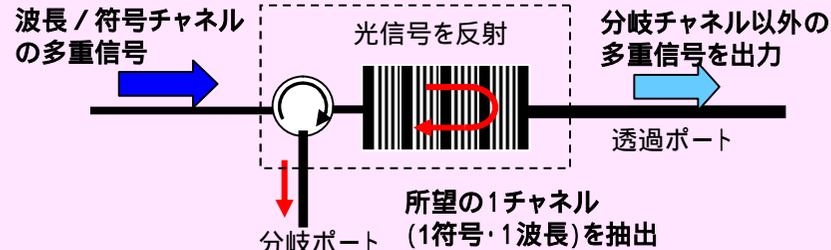
## 2. 研究開発の目標

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し、更に、これらの技術に基づく広域加入者系光ネットワークを実証することで、本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を目的とする。10Gbps級の総システム容量を有し、光ファイバ網で1.25Gbpsの光信号の分岐・挿入をフレキシブルに行え、160チャンネル以上の多重性能を有した広域加入者系光ネットワーク技術を用いた実証実験を行う。さらに、加入者の増加を含めたサービス提供エリア変更、及び伝送容量等の変化への対応できる柔軟なシステムの実現性を示す。

## 3. 研究開発の成果

### 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。



\*OHF: Optical Hybrid Filter

### 研究開発成果: 光ハイブリッドフィルタ(OHF\*)技術

チャンネル数160を実現するには、WDM(波長)×OCDM(符号)の同時識別処理が可能なOHFデバイスが不可欠。パッシブノードの実現には、OHFデバイスの波長変動を抑制するアサーマル化による実用温度範囲の拡大が課題。

- チャンネル間クロストークを抑制するOHFデバイス構造の設計値を取得し、**チャンネル数160のWDM×OCDMの帯域レイアウトを設計。**
- 相関信号解析に基いたシミュレーションと試作OHFデバイスの多重実験により、**160チャンネルの実現性を確認。**
- OHFデバイスのパッシブアサーマル実装により、**電力を用いずに実用に十分な分岐特性(BER<10<sup>-9</sup> @環境温度0 ~+60 )を達成。**

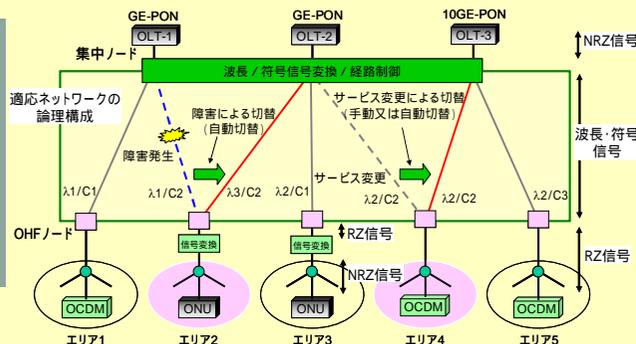
### 研究開発成果: 適応ネットワーク技術

適応ネットワークポロジの構成条件の検討、伝送路SN設計条件の抽出、レベルダイアグラムの計算を行い、ネットワーク構成技術を確立した。

- **リング接続および数珠繋ぎ接続の適応ネットワークにおいてそれぞれOHFノード構成を検討し、損失条件を抽出した。**
- 中継アンプを使用しない場合のパッシブノードの**接続可能数と最大収容ユーザ数**を抽出し、**ネットワーク規模を確認した。**

### 適応ネットワーク技術

適応ネットワーク技術とは、パッシブなアクセスネットワークにおいて、トラフィック、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。



### 研究開発成果: 適応ネットワーク構成技術のネットワーク実証実験

適応ネットワーク試験機を開発し、伝送距離約90kmの実フィールド上において、PON装置との接続試験と経路切替試験に成功した。

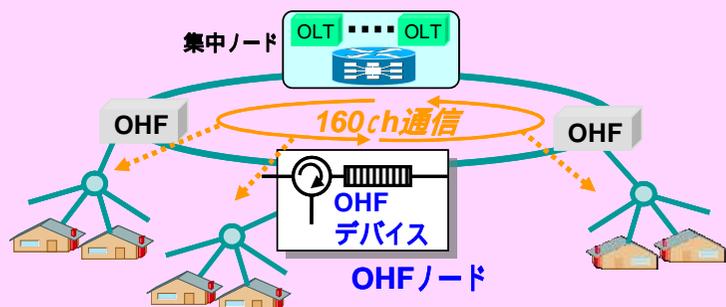
- PON装置のバースト信号の**reportフレームを検知する**モニタ回路基板を作製した。
- **波長変換機能とモード変換機能**を有する回路基板を作製し、**既存PON信号とOCDM信号の変換を実現した。**
- 切替アルゴリズムの開発を行い、**WDM/OCDMハイブリッドシステムにおける面的な冗長化を実現した。**
- **サービス切替機能および冗長切替機能**の動作試験に成功した。

# 光ハイブリッドフィルタ技術の主な成果

## 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を試作を完了



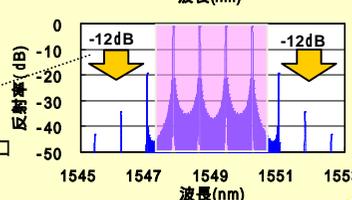
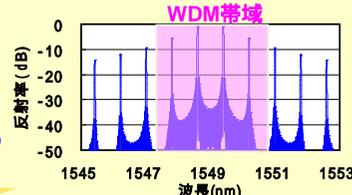
OHFデバイス設計技術  
OHFノードのプロトタイプを試作  
ハイブリッド多重通信技術

### WDM × OCDMのチャンネル数が160のOHFデバイス設計パラメータ取得

- ・FBG構造研究により、WDM間クロストークを抑制したOHFデバイス設計値を取得
- ・チャンネル数が160のWDM × OCDMの帯域レイアウトを設計

### FBG構造による反射スペクトル変化

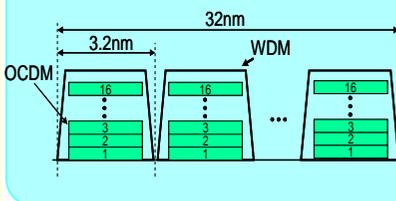
アポダイズ構造の最適設計



WDM帯域外のサイドローブを抑制。隣接チャンネルとのクロストークを低減。

### 160チャンネルの波長帯域レイアウト

16OCDM × 10WDM = 160チャンネル

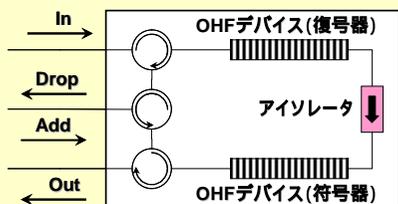


\*FBG:ファイバブラッググレーティング

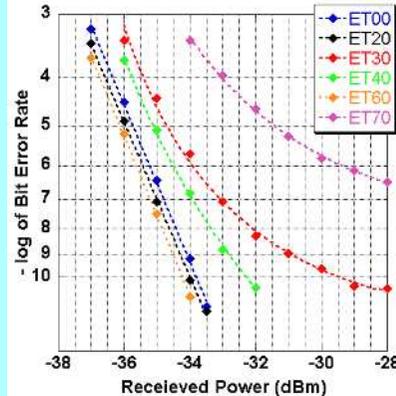
### OHFのアサール化によるパッシブノードの実現

- ・実装構造を検討し、電力を用いずOHFデバイスの反射波長変動を抑制
- ・OHFデバイスとパッシブ光デバイスを集積実装し、パッシブOHFノードを試作
- ・環境温度0 ~ +60 において、実用に十分な分岐特性 (BER < 10<sup>-9</sup>) を達成

### OHFノードの接続構成と外観



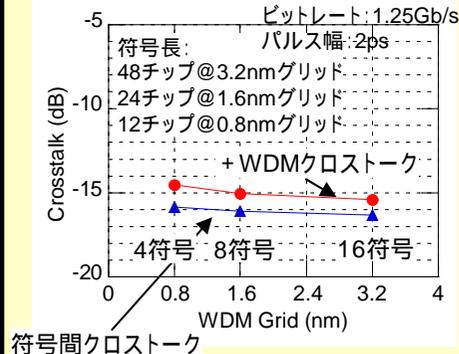
### 環境温度によるBER特性 (16多重)



### 160チャンネルハイブリッド多重の実現性検証

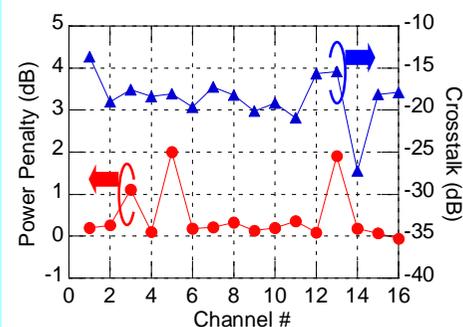
- ・相関信号解析によるシミュレーション入力データ抽出
- ・160チャンネルシステムでの総クロストーク値の取得
- ・多重実験による160chを確認

### クロストーク量の計算結果



160ch総クロストーク値: -14.8dB

### 16OCDMの実験結果



パワーペナルティ < 2dB  
(160ch相当のクロストーク)

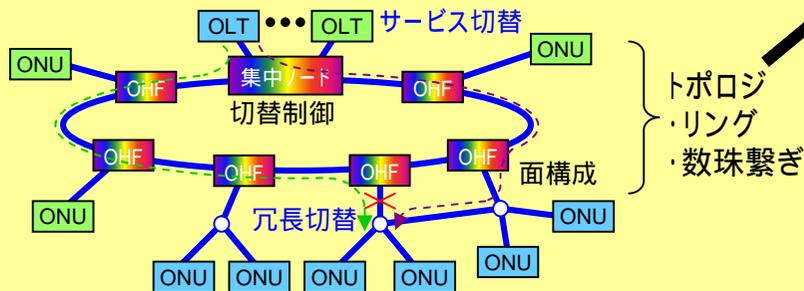
# 適応ネットワーク技術の主な成果

## 適応ネットワーク技術

### 目標

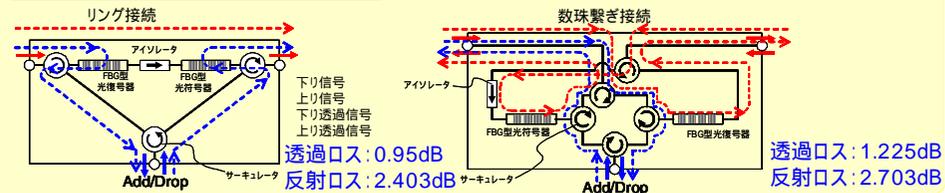
チャンネル当り1.25Gbps以上の光信号に対して

- ・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

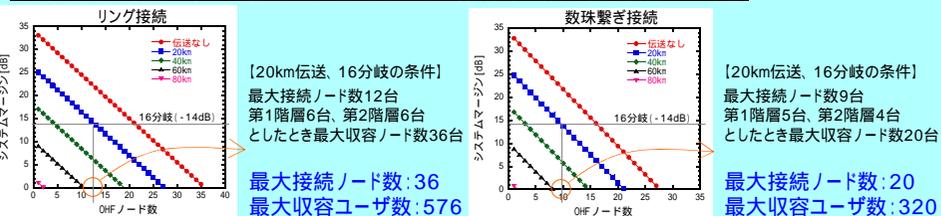


## トポロジの設計

### 各種トポロジに対応するOHFノードの構成



### 中継アンプを使用しない条件でのパッシブノードの接続可能数と最大収容ユーザ数

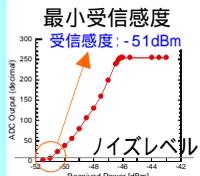
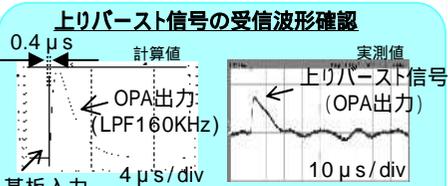


伝送設計条件  
 ✓非線形現象による波形劣化を抑制するため、集中ノード出力パワー10dBm以下  
 ✓受信器パラメータ: APD光電変換率1[A/W]、増倍率10、イオン化率0.9、サマルナイズ $1.00e^{-24}$ [W/Hz]

## 切替検証用試験機の開発

### 上りバースト信号の検知が必要

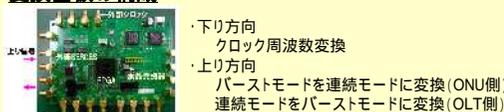
- ・ONUから0.4  $\mu$ sの時間幅(1ms間隔)で送信されるreport フレームを検知
- ・G-EPONトランシーバの最小受光感度-36dBm以下の信号識別を達成



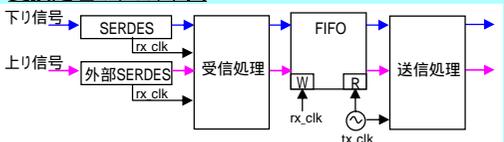
### 既存PONからのマイグレーションのため信号変換器が必要

- ・波長変換機能 + モード変換機能を有する基板を試作
- ・既存PON信号/OCDM信号の変換を実現

### 変換基板の構成



### 変換処理のブロック図



受信処理  
データ信号を除いた信号を間引きする

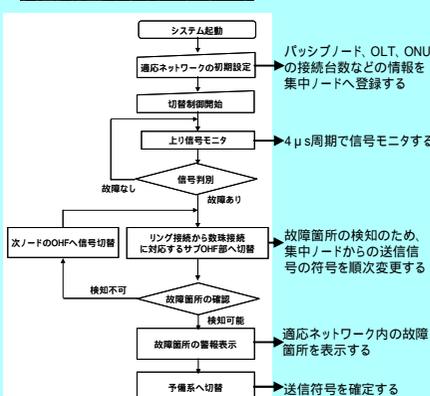
送信処理  
・下り信号: Ethernet信号のクロックをOCDM信号用のクロックに変換  
・上り信号: ダミーアイドル信号の挿入を行う

## 切替アルゴリズムの検証

### 切替アルゴリズムの作成

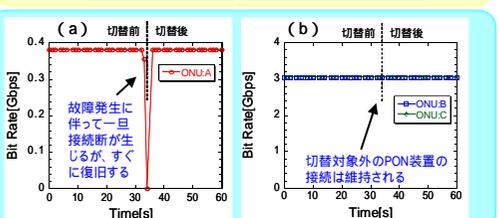
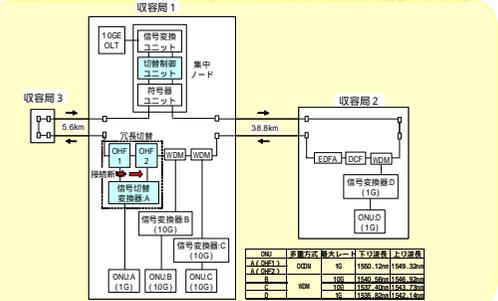
WDM/OCDMハイブリッドシステムにおける面的な冗長化を実現

### 自動切替のフローチャート



## 実フィールド上における冗長切替実験の実施

他チャンネルに影響を与えない冗長切替機能の実現



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) \* 成果数は、累計件数と( )内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	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	11 (7)	1 (0)	3 (2)	9 (5)	1 (1)	1 (1)	1 (1)

5. 研究成果発表会等の開催について

特に無し

6. 今後の研究開発計画

この成果により、今後、どのような研究を行うのかを例示を上げながら、具体的、かつ簡潔に記載して下さい。

本成果を活用し、次世代光アクセスシステムの実用化における低消費電力化実現の研究開発を行う。

具体的には、

- ・マルチチャネルの帯域制御技術
- ・QoSに応じた帯域制御技術
- ・OLTスリープ制御技術

の開発を行い、集約したOLTの駆動及び適応ネットワークのルーティングと連動することで、トラフィックに応じた効率的な装置の駆動が実現できる。