

# 超多分岐 PON 実現に向けた非等距離二芯化 10G-EPON の動作実験 Evaluation of Non-Equidistant Two Fiber Passive Optical Network for realizing Massive Splitting Passive Optical Network using Hollow-Core Fiber

岡本 聡<sup>\*1</sup> 石山 貴大<sup>\*2</sup> 山中 直明<sup>\*1</sup>  
Satoru Okamoto Takahiro Ishiyama Naoaki Yamanaka

<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学 新川崎先端研究教育連携スクエア <sup>\*2</sup> 慶應義塾大学 大学院 理工学研究科

<sup>\*1</sup> Keio Frontier Research & Education Collaborative Square at Shin-Kawasaki

<sup>\*2</sup> Keio University

## 1. まえがき

空孔コアファイバ(HCF)を適用することで、数 1,000 ユーザを収容可能とする超多分岐 PON が提案されている[1]. 超多分岐 PON においては、上り信号を、別ファイバの SMF で送信する二芯化が要求されており、ファイバ長差及び HCF と SMF のレイテンシ差とに対応することが必要となる。これまで、市販の 10G-EPON による、500 m の HCF と SMF を用いた二芯伝送の成功を報告した[2]. 本稿では、HCF 区間の最大距離を 30 km と想定し、上り下りの距離差 11 km までの動作確認を行った結果を報告する。

## 2. 超多分岐 PON

超多分岐 PON は、従来のオフィスやユーザ宅のインターネット回線として利用だけではなく、多数の IoT 機器を収容することを狙いとしている[1]. 収容可能なユーザ数を大幅に増大させるために PON の分岐数を増加させるため、図 1 に示すように、OLT とスプリッタの間に HCF を利用することにより、大電力の信号を利用して PON の分岐数を増大させる。文献[1]では、下りの分岐数 5,000 程度以上が可能と報告されている。上りに対しては、ONU の光出力を大きくできないため、利用可能速度が低下する課題がある。そのため、光給電を用いてスプリッタ近傍に中継用 EDFA を配備し 32 Gbps の実現が可能であると報告されている。

図 1 に示すように、OLT から分岐装置までの区間 1 は二芯伝送が、スプリッタから ONU までの区間 2 は一芯双方向伝送が適用される。区間 1 の上り伝送に EDFA を適用することから、上り波長にも 1,550 nm 帯を適用することが想定されている。区間 1 は、上り SMF、下り HCF の二芯化であり等距離配線を行ったとして、SMF の屈折率 1.47、HCF の屈折率 1.0004 の差に起因するレイテンシ差が発生する。区間 1 の長さは、分岐装置の配置や伝送品質から設計する必要があるが、PON の適用範囲が最大 20 km~40 km 程度であることから、最大 30 km と仮定して評価を行った。

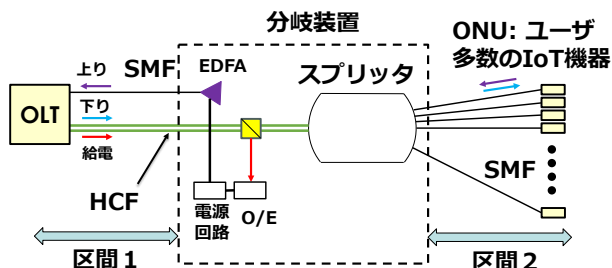


図 1. 超多分岐 PON の構成 [1]

## 3. 二芯化 10G-EPON による非等距離伝送

文献[2]では、区間 1 相当部に 500 m HCF を適用し、市販の 10G-EPON を二芯化し、レイテンシ差 0.78  $\mu$ s に対して PON 管理システムが一芯双方向を前提で設計されているものの PON の動作としては許容できることを示した。30 km の HCF は、SMF に換算すると約 20 km 程度となるため、二芯化 PON において、下り 1 m SMF、上り 1 m ~ 11 km SMF の環境を構築 (図 2) し、10G-EPON の運用評価を実施した。

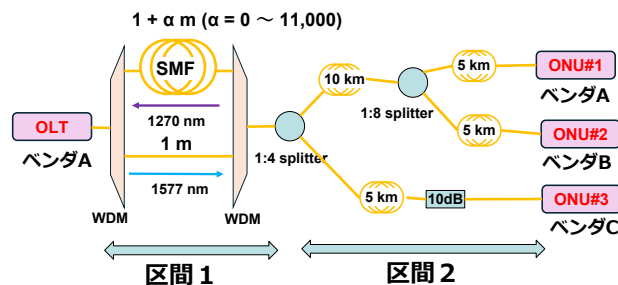


図 2. 二芯化 10G-EPON による非等距離伝送運用実験

PON 管理システムより、3 ペンダの ONU に対するリンク情報を取得し、レイテンシと距離を評価した。結果的に経路差 11 km まで問題無く運用可能であることが判明した。

表 1. ONU#3 の PON 往復レイテンシ評価結果

追加長 ( $\alpha$ )	0 m	1 km	5 km	10 km	11 km
レイテンシ ( $\mu$ s)	27.208	29.688	39.592	51.968	54.432
測定距離 (km)	5.553	6.059	8.080	10.606	11.109

\*レイテンシ、測定距離は、往復/2 を管理システムが表示

## 4. まとめ

市販 10G-EPON システムで、距離差 11 km の上下非等距離での運用が可能となることを確認した。

## 謝辞

本研究の成果は、総務省の委託研究 (JPMI00316) により得られたものです。本研究は、慶應義塾未来光ネットワークオープン研究センターで実施しました。

## 参考文献

- [1] 津田裕之, “空孔コアファイバの光伝送システムへの応用と将来展望,” 信学技報, OFT2024-2, 2024年3月.
- [2] 岡本聡, 石山貴大, 山中直明, “敷設空孔コアファイバを用いた二芯化10G-EPONの動作実験,” 2024年信学ソ大会, B-12-8, 2024年9月.