

OFC/NFOEC 2010 ショート速報[光アクセス関連]

縣 亮 (KDDI 研究所)

会議名 : The 2010 Optical Fiber Communication Conference and the National Fiber Optic Engineers Convergence (OFC/NFOEC 2010)

開催期間 : 2010 年 3 月 21 日 - 25 日

開催場所 : San Diego Convention Center (San Diego, CA, 米国)

*****要 約*****

TDM ベースの 10G PON に関しては、学術的側面より実用化を意識した報告が相次ぎ、標準化とあわせて各社とも商用化に向けた装置開発が着実に進んでいることが窺えた。一方、次世代 PON 方式としては、昨年の ECOC に引き続き WDM-PON 技術に関する報告が目立った。ユーザあたり 10G 化をターゲットとした報告が、韓国勢のみならず欧州からも相次いだ。その他、PON の低消費電力化や長距離化を指向する流れがある一方、OFDM や CDMA 技術を用いた PON 方式については昨年と比べ報告数が減少し、10G TDM-PON の次にターゲットとするテーマを各社模索している印象であった。

1. はじめに

OFC/NFOEC2010 では、光アクセスシステム関連では7つのセッションが開催され、昨年 IEEE802.3av で標準化が完了した 10G-EPON や ITU-T で標準化が進められる XG-PON を含む高速 TDM-PON 技術や、WDM-PON, OFDMA-PON, CDMA-PON など、さらなる帯域拡大を睨んだ次世代 PON 方式の報告も多数行われ、研究開発の進展が窺われた。本速報では以下、光アクセスネットワーク関連技術に関するトピックについて報告する。

2. トピックス

2. 1 TDM-PON / 10G-EPON 関連

TDM-PON 関連では、IEEE802.3av で標準化が完了した 10G-EPON や、ITU-T で標準化が進められる XG-PON について商用化を意識した報告が相次いだ。三菱電機は、ポストデッドラインペーパーにて、10G-EPON 用のデュアルレートに対応したバースト光トランシーバの発表を行った[PDPD10]。受信感度は -31.2dBm (10G バースト信号受信時) および -35.6dBm (1G バースト信号受信時)。PR30 で規定されたロスバジェットを満足。三菱電機からはこの他にもテクニカルセッションにおいて、0.13μm プロセスの SiGe BiCMOS 技術で作成された光バースト信号生成用のプリバイアスタイミング制御 IC を用いた ONU 光トランシーバ[NMC1]や、82.5GS/s で動作するサンプリング IC を用いたデュアルレート CDR[OWX3]が報告された。一方、ITU-T で標準化が進められている XG-PON に関しては、Verizon と Huawei がポストデッドラインペーパーにて、既存の G-PON とのマイグレーションを前提としたフィールドトライアル試験の結果を報告した[PDPD6]。これらの報告からは、標準化の進展とあわせて 10G TDM-PON システムの商用化に向けた装置開発を各社とも着実に進めていることが強く印象付けられた。

また、今回の OFC/NFOEC では TDM-PON の省電力化に関する報告も複数見られた。NTT から、ITU-T におけるグリーン ICT に関する標準化動向とあわせて、PON 型の光アクセス方式を用いることで、SS (Single Star) 型と比べ CO₂ 排出量を 57%削減できるとの報告があった[OTuO6]。Ericsson からは、PON の消費電力を見積もるための計算モデルが提案され、分岐数が増加するほどユーザあたりに換算したシステム全体の消費電力が低減できること、TDM-PON と TDM/WDM ハイブリッド PON では消費電力に差がないこと、などが報告された[OTuO5]。Stanford 大学からは、上りデータが無い時の光出力を OFF にするスリープモードを実装した ONU を試作し、上り信号の packets 間隔と消費電力との関係性を評価することでスリープモードの効果が得られる条件を明らかにした[OThW7]。

2. 2 WDM-PON 関連

WDM-PON に関しては、ここ数年の OFC/NFOEC, ECOC などの国際学会で、機器コスト上 ONU を単一品種化するカラーレス技術が前提となりつつある。カラーレス化を実現する方式として、反射型半導体光増幅器 (RSOA) やファブリペロレーザ (FP-LD) を用いたリモート変調方式などが提案されている。今回の OFC/NFOEC では、これらカラーレス技術を前提に、10G 化を指向した報告や、伝送線路のレイリー散乱による影響の低減手法など、10G WDM-PON 方式の実用化を睨んだ報告が相次いだ。

10G 化を指向した報告として、KDDI 研から、RSOA を用いた WDM-PON の 10G 化に向けた研究動向の報告があった[OWG3]。各種方式が提案されているなかで、MLSE による波形等化とリードソロモン (RS) 符号などのバースト誤り訂正符号の組合せが適しているとした。OptCom からは、同組合せとして 8-state MLSE と RS(255,223)符号と用いることで、変調帯域 2.5GHz の RSOA でシステム長 20km の 10G WDM-PON が可能であることを報告した[OWG2]。

伝送線路のレイリー散乱による影響について、KAIST から長距離 WDM-PON を想定した理論検討が報告された[OThG1]。また、同影響の低減手法として、National University of Singapore からは 0.58nm の帯域でスライスされた ASE 光をシード光として FP-LD の波長をロックするとともに、変調フォーマットとして RZ 信号を用いる方法が[OWG6]、Scuola Superiore Sant'Anna からは 8B10B 符号と HPF によりレイリー散乱で生じる低周波数のビート雑音成分を削減する手法が[OThG2]、また Universitat Politecnica de Catalunya からは、やや強引ではあるが ONU 側で SOA の非線形効果によりシード光を波長変換することでビート雑音を回避する方法が、それぞれ提案された。

2. 3 OFDMA-PON 関連

信号処理技術の急速な発展により、コア系だけでなくアクセス系においても、さらなる帯域拡大を実現するうえで有効な手法として、変調方式の高度化の検討が進められている。なかでも OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術を用いた PON システムは、ここ数年注目を集めたトピックの一つであったが、今回の OFC/NFOEC においては報告件数が減少した。そのような中で、ここ数年 OFC/NFOEC, ECOC などの国際学会において本分野で常に先端的な研究成果を報告している NEC アメリカは、ポストドラインペーパーにて、今回の会議では OFDMA-PON のリアルタイム受信としては最高伝送速度となる 41.25Gbit/s のシステムを報告した[PDPD9]。リアルタイム受信機は 16 個の FPGA から成り、SMF 20km と 32 分岐の光スプリッタに相当する損失を与えた伝送実験にて FEC リミットである BER<2x10E-3 を達成した。

2. 4 CDMA-PON 関連

NICT らのグループは、OCDMA (Optical Code Division Multiplexing Access) 技術を用いた 10Gbit/s OCDMA-PON に関して、マルチユーザの収容を想定したデモンストレーションの報告を行った[OThW1]. 符号器のチップレートは 200Gchip/s とし、誤り訂正符号として RS(255,239)を用いることを想定したビットレートにて評価を実施. SMF 59km から成る ODN に 4 台の ONU を収容した多重化の実験検証にて、分散補償なしで全ての ONU にて FEC リミットを満足する伝送特性を世界で初めて達成した. 一方、沖電気からは、電気段処理での CDM 信号を用いた CDM-PON の実験結果が報告された[OThW2]. 1.25Gbit/s のデータ信号を 8 チップの Walsh 符号により電気段で符号化し、9 値の光 PAM 信号として送信する. SMF 20km を用いた伝送実験で、ロスバジェット 15dB , BER=1xE-9 以下 (FEC 無し) を達成した. データ速度は低いものの、電気段での CDM 処理のため送受信系がシンプルである点で実用性が感じられる.

2. 5 PON 長延化技術

NTT は、バーストモード光増幅器を用いた 60km の多分岐 GPON システムのデモンストレーションを報告した[NWB3]. バーストモード光増幅器は利得クランプ型 PDFA と可変利得クランプ型 PDFA から成り、トータルで 27dB の利得を持つ. データ速度は下り 1.25Gbit/s / 上り 2.5Gbit/s. 1,024 分岐に相当する損失を付与した伝送路で 12 時間の長期連続試験を実施し、全チャネルで BER=1xE-13 以下であることを確認している. また、BT からは、1240nm 量子ドットレーザを用いたラマン増幅により、商用 G-PON システムの上りロスバジェットを 13.3dB 改善した実験結果が報告された[OThW6]. 一方、コヒーレント受信技術により受信感度を向上し長延化を図る方式に関して、KAIST らのグループから、ポストデッドラインペーパーにて新たな偏波安定化技術が報告された[PDPD7]. ファラデーローテータにより伝送路に起因する偏波変動をキャンセルする方式で、SMF 68km の伝送路で 10 時間の長期連続試験を実施し、安定性を確認した.

3. おわりに

OFC/NFOEC2010 の発表の中から、光アクセスネットワーク関連技術に関するトピックを紹介した. 標準化の進展とあわせて技術開発が進む 10G TDM-PON 方式は、研究段階から既に実用化のフェーズに移行した感があり、10G TDM-PON 以降を睨んだ各種次世代方式の研究成果発表が、今後の学会を賑わすものと思われる. 加えて、PON 長延化技術や中継技術など、運用コスト削減のための技術についても今後活発な研究開発が続くものと思われる. OFC/NFOEC2011 での最新成果報告に期待したい.