

OFC/NFOEC 2011 ショート速報 [光アクセス]

鈴木 巨生 (三菱電機株式会社)

会議名 : The 2011 Optical Fiber Communication Conference and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC 2011)

開催期間 : 2011 年 3 月 6 日ー10 日

開催場所 : Los Angeles Convention Center (Los Angeles, CA, 米国)

*****要 約*****
 2011 年 3 月 6 日~10 日(米国)にて開催された OFC/NFOEC2011 における光アクセス関連技術の注目トピックスを紹介する。光アクセスの主流である PON 関連技術では、次世代 PON の国際標準仕様 (ITU-T/FSAN NG-PON2) の獲得を指向した OFDMA-PON、Coherent-PON、WDM-PON、OCDMA-PON 技術等が台頭し、これまでの中心であった高速 TDM-PON 技術 (10G-PON/EPON) に匹敵する勢いとなった。特に近年急速に進展するデジタルコヒーレント技術を用いた OFDMA-PON システムでは、上り/下り 1.2Tbps の超大容量 PON システムが世界で初めて報告され、光アクセス系においてもテラビット級システムが登場した。

1. はじめに

昨今の世界的な FTTH (Fiber-to-the-home) 市場の急速な拡大を反映し、光アクセス関連技術は本学会においても主要技術分野の一つを占めている。特に、光アクセス技術の主役である PON(Passive Optical Networks)関連技術には着目すべき新技術の報告が数多くなされた。これまで、ギガビット級 FTTH システムの実現に大きく貢献する G-PON/EPON (Gigabit-PON/Ethernet PON) 技術、次世代 10G-PON/EPON (10Gigabit-PON/EPON) 技術等の高速 TDM-PON (Time Division Multiplexing PON : 時分割多重方式 PON) 技術が、学会においても中心的なトピックスを提供してきた。一方、近年の FTTH 市場の成熟に加え、10G-EPON に関する国際標準化が既に完了 (2009 年 9 月) したことを受け、学会レベルでは更なる次世代 PON 技術の研究が活発となってきている。本学会では、2015 年頃の実用化を目的とした国際標準化会議である ITU-T/FSAN (Full Service Access Network) にて議論中の NG-PON2(Next Generation PON2) を指向した報告が顕著となった。NG-PON2 は、従来の光アクセス網とは別の新規敷設を前提とするため、システム構成の柔軟さから様々な PON 方式が提案されている。その代表として、OFDMA-PON(Optical Orthogonal Frequency Division Multiple Access : 直交周波数多元接続方式)、Coherent-PON(コヒーレント光送受信方式)、WDM-PON(Wavelength Division Multiplexing : 波長多重方式)、OCDMA-PON (Optical Code Division Multiple Access : 符号多元接続方式) 等に関する報告が相次いだ。これらの新技術は、近年急速に進展するデジタルコヒーレント技術を適用することで、伝送容量 40Gb/s 以上、ONU (Optical Network Unit: 加入者装置) 分岐数 1000 分岐といった NG-PON2 に要求される技術目標を実現しつつあり、今後、より研究開発が加速されると推測される。本学会のハイライトの一つとして、デジタルコヒーレント技術を適用した OFDMA-PON システムにて、上り/下り 1.2Tbps のテラビット級 PON システムが世界で初めて報告された。本稿ではこれら次世代技術を中心に各 PON 方式における最新の注目トピックスを紹介す

る。

2. OFDMA-PON 関連技術

OFDMA-PON 関連技術は、無線分野にて従来から提案されている OFDM 信号の高い周波数利用効率による大容量化を利点とし、ここ数年来大きな注目を集めている分野である。本学会のハイライトの一つとして、直接検波型 OFDMA-PON システムで先行する NEC アメリカ研究所より、上り/下り 1.2Tbps の超大伝送容量を持つテラビット級 PON システムが世界で初めて報告された。本方式は OLT からの下り OFDM 信号を複数の周波数サブバンドに分割し、各 ONU では所要の周波数バンド・サブキャリアのみ信号処理回路にて選択し受信する。実験では、単一波長辺り 19.625GHz の周波数帯域を 4 つに分割した 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation : 振幅位相変調) マルチサブキャリア OFDM 信号を用いて、SMF 90km、1.2Tb/s (48Gb/s/λ x 25λ) の双方向伝送を達成した。フランステレコムからは、送信レーザチャープの伝送後周波数特性を補償する手法として、OFDM 信号の各周波数サブキャリアにおける強度、多値変調の最適マッピングを行う独自の適応変調方式 : AMOOFDM(Adaptively Modulated Optical OFDM)が提案され、直接変調レーザを用いた 12Gb/s の伝送容量と、100km の長距離伝送を実現した。他に OFDM 周波数サブバンド信号の多重化による 2.5G/10G ONU 混在システム、シングルキャリアによる低 PAPR (Peak-to-average-ratio) 化効果を検討した SC-FDMA-PON(Single Carrier FDMA-PON)なども提案された。本分野は、無線技術の発展とともに、今後も様々な技術提案が期待される分野である。

3. Coherent-PON 関連技術

Coherent-PON 技術は、デジタル信号処理技術の進展によりその実用可能性が大幅に向上したため、従来から期待されてきた高受信感度特性、狭波長選択特性といった利点を利用した PON システムが提案されつつある。デジタル信号処理で先行するロンドン大学 (UCL) からは、高受信感度特性を利用し伝送容量 10Gb/s (1 波長辺り)にて-53dBm(4 フォトン/bit)の超高感度 PON システムが報告された。本システムは 3.125Gbaud PDM-QPSK (Polarization Division Multiplexing-Quadrature Phase Shift Keying : 偏波多重変調方式 4 位相変調)、光プリアンプ及びデジタルコヒーレントレシーバ (オフライン) から構成された。また狭波長選択性を利用した代表例として、ノキア・シーメンスより波長間隔 2.8GHz の UDWDM-PON (Ultra Dense WDM-PON : 超高密度 WDM-PON) システムが発表された。311Mb/s DBPSK(Differential Binary PSK : 差動 2 相 PSK)変調信号を 2.8GHz 間隔で 64 波長並べ、最小受光感度-53dBm、パワーバジェット 50dB をリアルタイムシステムにより実現した。本システムは、各 ONU ユーザ辺りの伝送容量を現実的な~1Gbps 程度とし、コスト効率の観点で 1000 分岐収容をシステムターゲットとしている。システム適用範囲を劇的に拡大する光送受信端の技術であり、今後もその発展が注目される。

4. WDM-PON 関連技術

WDM-PON は Point-to-Point システムに相当する柔軟性・信頼性といった利点から、従来継続した提案がなされている分野である。NTT からは、WDM-PON の低コスト化に対応した ONU 側カラーレス送信光源として、広帯域 ASE(Amplified Spontaneous Emission : 自然放出雑音)光源と AWG(Arrayed Waveguide Grating : アレイ導波路格型光合分波器)により、スペクトルスライス波長多重信号を生成する方式が提案され、FEC (Forward Error Collection : 誤り訂正) と AWG 帯域の最適化により、伝送速度 1.25Gbps、パワーバジェット 20dB を達成した。反射型 WDM-PON 方式にて著名な KAIST からは、カラーレス光源として

RSOA (Reflective Semiconductor Optical Amplifier : 反射型半導体光増幅器) を用いた 25.78Gb/s システムの実験結果が報告された。本報告では、新たなバタフライパッケージ型 RSOA を、負分散付加、受信電気段イコライザと組み合わせることで 25.78Gb/s の高速直接変調に成功した。反射型 WDM-PON の課題である大容量に着実な進展が見られている。また既存の TDM-PON システムと親和性の高い WDM/TDM ハイブリッド PON 技術も提案されている。NTT からは、独自の DWBA (Dynamic Wavelength and Bandwidth Allocation : 動的波長帯域制御) 制御手法の報告があった。本システムは、OLT (Optical Line Terminal : 親局装置) 側に高速波長切り替え送信光源/フィルタ、ONU 受信器にも高速波長切り替え送信光源、バースト受信器を備え、従来の TDM ベースの DBA に加え波長リソースも加えた DWBA を行うことで、システム全体での帯域利用効率の改善を図ることができる。実験では、2 波長の 10G-EPON システムの高速波長切り替えにより (40ns 以下)、異波長システム間での OLT 共用化を実現した。

5. OCDMA-PON 関連技術

OCDMA-PON 関連技術では、本分野で先行する大阪大学より 10G-EPON システムの多重化に関する実験結果が報告された。4 符号の OCDMA 信号を用いることで、既存の光アクセス網にて 10G-EPON システムの最大 4 多重化、または既存 G-EPON システムとの混在化を可能としている。本システムは簡易な光符号多重化により ONU 収容数の超多分岐化が可能であり (実験では 64 分岐 x 4 システム=256 分岐相当)、NG-PON2 の有力候補として今後も注目される。

6. TDM-PON 関連技術

TDM-PON 関連技術では、10G-EPON に関する報告が中心となった。三菱電機からは、IEEE802.3av 準拠のバースト 3R に関する報告があった。新規 10G-EPON システムと既存の G-EPON システムの混在収容を実現する 10.3Gb/s/1.25Gb/s デュアルレート対応バースト 3R が提案された。また低電圧な(CMOS)上位 MAC (Media Access Control) LSI との接続を容易とする AC 結合型 10G-EPON バースト受信器が NEC より報告された。2R 出力をスクランブル信号により連続信号化とすることでバースト応答速度 400ns 以下のバースト 3R を簡易な AC 結合により実現している。これら光送受信器技術に加え、10G-EPON 用 PON MAC LSI に関する開発結果も NTT より報告された。デュアルレートバースト 3R と PON MAC LSI チップセットによる 10G-EPON システム試作器として、バースト応答速度 400ns 以下にて、最大スループット 8.19Gb/s(16ONU 時)の DBA が実現された。10G-EPON を中心に TDM-PON 関連技術は実用化に近い報告が多数を占めた。

7. その他 PON 関連技術

その他の注目すべきトピックスとして、近年の低炭素化要求を背景としたパワーセービング技術に関する報告が NTT と三菱電機よりあった。データ通信状態に応じて光アクセス系の消費電力の約 60%を占める ONU のアクティブ回路を停止し、低消費電力化を効果的に実現するプロトコル、回路技術が提案された。光アクセスシステムの市場導入の拡大に従い、今後よりその重要度が増すと予想される。

8. おわりに

OFC/NFOEC2011 の主要論文の中から光アクセス技術に関連するトピックスを紹介した。光アクセス技術は次世代の大容量 FTTH サービスを支える主要技術であり、今後もその発展が期待される。