

OFC/NFOEC 2009 ショート速報[光アクセス関連]

中川 潤一 (三菱電機株式会社)

会議名 : The 2009 Optical Fiber Communication Conference and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC 2009)

開催期間 : 2009年3月22日-26日

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

*****要 約*****

2009年3月22日~26日に米国サンディエゴにて開催された OFC/NFOEC 2009 の概要のうち、光アクセス関連のトピックスを紹介する。IEEE802.3avにて標準化が進められている 10G-EPON はキーデバイス開発からシステム検証まで幅広い報告が行われ大きな注目を集めた。大容量化、長距離化を狙う次世代光アクセスシステムとして WDM-PON, OFDMA-PON, Extended reach PON の報告も多数行われ研究開発の堅調さが窺えた。また、光無線融合分野では RoF によるミリ波帯信号伝送技術の発表が盛んであり、今後のさらなる成長・拡大を予感させるものであった。

1. はじめに

OFC/NFOEC 2009 は、2009年3月22日~26日に米国サンディエゴにて開催された。期間中の学会と併設展示会を併せた参加者は昨年より約 27%減の約 9500 人程度であったのに対して、学会参加者数は約 1000 人程度と昨年の約 15%の減少に踏みとどまり、光通信業界の R&D 意欲は堅調であると感じられた。展示会に関しても、大手企業の出展取り止めなども伝えられたが、昨年とほぼ同数の約 550 社がブースを構えるなど、光通信関連ビジネスの旺盛さが窺えた展示会でもあった。この様な中、OFC/NFOEC2009 では、光アクセスシステム関連では 12 のセッションが開催され、IEEE802.3av で標準化が進められる 10G-EPON を含む高速 TDM PON や、さらなる大容量化に向けた次世代光アクセスシステムとして WDM-PON, OFDM-PON などをはじめとして、光アクセス分野に関して多数の報告が行われた。以下、光アクセスシステム関連の主要な最新技術動向について報告する。

2. TDM-PON / 10G-EPON 関連

TDM-PON 関連では、IEEE802.3avにて標準化の進む 10G-EPON(10Gigabit Ethernet Passive Optical Network)の開発動向が学会トピックスの中心であった。KDDI 研[NThC4]によって、これまでの 10G-EPON 標準化動向と最新の開発動向をまとめたチュートリアル講演が行われ多くの注目を集めた。10G-EPON が標準化委員会での技術検討フェーズから実用化開発フェーズへ移行したことを強く印象付けられる講演であった。この様な中、10G-EPON 用のデバイス開発からシステム検証レベルの報告まで幅広い発表が行われた。NTT[OWH2]は、10G-EPON における上り 10G/1G のデュアルレート伝送に対応したビットレート判別回路の開発に成功した。10G-EPON では GE-PON からのマイグレーションとして GE-PON と 10G-EPON の混在収容が必要となるが、混在収容の実現に向けては上り方向の時分割多重方式を適用したデュアルレート伝

送の実現が鍵となる。本発表では、バースト光信号のプリアンプル信号のビット並びに着目し、10G と 1G の伝送速度を自動判別しバースト受信回路を切り変える機能を実現した。データ受信後 50ns 以下で 10G, 1G 信号の自動判別を実現している。また、10G クラスのバースト光受信器回路として、ゲント大学[OWH3]からは長距離 PON システム用に開発を行った自己リセット生成型バースト光受信回路、NEC[NME2]からは 10G/1G デュアルレート型バースト光受信回路が報告された。10G/1G デュアルレート型バースト光受信回路[NME2]では、光入力耐力の高いメサ型構造の APD を用いた APD-TIA の出力を二分岐し、後段に AC 結合型の 10G 受信回路と 1G 受信回路を並列接続することで、10G/1G デュアルレート動作を実現した。10G 時、1G 時の受信ダイナミックレンジとして 25.6dB (@BER=1E-3), 28.0dB (@BER=1E-12)を達成した。一方、三菱電機[OWH4]は、10G-EPON と GE-PON を混在させたシステム検証結果を報告した。IEEE802.3av に準拠し、下りは波長多重方式を、上りは時分割多重方式を適用した混在システムを実現している。MAC レイヤとしては、上りの 10G/1G デュアルレート伝送に対応した Discovery, RTT compensation, Timeslot Scheduler を新たに組み込んだ。デュアルレート型 OLT 1 台に対して、10G 用 ONU 2 台+1G 用 ONU 2 台の構成にて混在システムの検証に成功し、10G-EPON の上りスループットとして 8.46Gb/s を実現した。

今後の PON システムの方向に関する発表が招待講演として 2 件行われたことも注目される。フランステレコム[OWH1]は、G-PON システム商用展開時の OLT 配置と PON システムに求められる長距離化について報告を行った。例えば、フランス・ブリターニュ地方にておいは、伝送距離 20km の G-PON では親局が 820 局必要であるが、約 200km 程度まで長延化できれば親局を 2 局にまで集約でき経済化が図れることを報告し、PON システムの長距離化へのニーズを明確化した。NTT[OWH6]は、10G-PON の次の世代の PON システムとして、40Gb/s 以上の伝送容量を有する WDM/TDM-PON の提案を行った。

3. WDM-PON 関連

WDM-PON に関しては、これまでの OFC/NFOEC, ECOC などの国際学会では、低コスト化を目指した斬新なシステム構成提案が多く行われてきたが、今回の OFC/NFOEC2009 では新しい波長帯を実現するデバイス開発、伝送線路の反射の影響を低減する手法提案など、WDM-PON の完成度を高める報告が相次いだ。新しい光デバイスとしては、Amphnix[OMN3]は WDM-PON として初めて S 帯(1465-1530nm)の RSOA (Reflective Semiconductor Optical Amplifier)を適用した報告を、FOTON-ENSSAT[OThA3], UC バークレー[OThA4]は、光源としてそれぞれ Quantum-Dash MMFP-LD, VCSEL を適用した WDM-PON を報告した。WDM-PON 性能向上に関しては、KDDI 研[OMN4]は光源にディザーをかけて伝送路の反射の影響を低減する方式を、KAIST[OMN5]は RSOA を適用した 10G-WDM-PON における最適な FEC コードに関して、NTT[OMN6]は QPSK-PON における帯域削減時の適応等化に関する報告を行った。KDDI 研の報告[OMN4]では、1.25G の WDM-PON において、送信光源に約 6GHz のディザーをかけることにより 9~16dB 程度の反射耐力を向上させることに成功している。

一方、WDM-PON のシステム構成としては、延世大学[OThA2]から、反射型 RSOA を用いた WDM-PON システムにおいてブロードキャスト配信を実現する方法として、OLT から ONU へ分配される広帯域光源 (FP レーザ) 自体にブロードキャスト用の信号を変調しておくことにより、WDM-PON の機能とブロードキャスト機能の両方を同時に実現するという新しいシステム構成の提案が行われた。

4. OFDMA-PON 関連

コア系における電気信号処理技術の飛躍的な進展はアクセス系へも急速な広がりを見せており、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術を適用した PON システムは、今回の OFC/NFOEC2009 にて最も注目を集めたトピックスの一つである。

NEC アメリカ[OMV3]は、OFDM-PON に偏波多重を取り入れることにより、40Gb/s (20Gb/s x 2) の OFDM 信号の伝送実験を報告した。この偏波多重のことを無線通信のキーワードを使って“MIMO”と呼んでいる。送信側には 50GHz と 25GHz のインタリーバを用いた独自の OFDM 変調方式を、受信側には直接検波方式を適用することによりアクセス系で求められる低コスト化を図った。PON システムへの適用を想定した SMF20km+32 分岐 (15dB) 伝送後でも BER=4x1E-4 の特性を達成した。さらにポストデッドラインペーパー[PDPD5]では、同じ OFDM 変復調方式を適用して、アクセス系としては最高伝送速度となる 108Gb/s の OFDMA-PON を報告した。14.4Gb/s の OFDM 信号と 40Gb/s の OFDM 信号の電気多重と、光偏波多重により 108Gb/s の伝送容量を実現したもので、SMF20km と 32 分岐分の 15dB の損失を与えた伝送実験にて BER=1.4 x 1E-3 を達成した。

5. その他

5. 1 OCDMA 関連

三菱電機と大阪大学[PDP4]は、ポストデッドラインペーパーにて、OCDMA (Optical Code Division Multiplexing Access) を適用した 10G-PON の多重化に関する報告を行った。PON システムの多重化としては WDM を用いる方式などの検討が行われているが、OCDMA の適用では光ファイバ網の変更なしに PON システムの多重化が行える点が利点である。報告では多重化において特に課題となる上りバースト伝送の多重化検証を、光 CDMA 変復調器として SSFBG 型 OCDMA 変調器, Multiport 型 OCDMA 復調器, 10G-PON 用のバースト光受信器の 3 つのキーデバイスを適用し実施した。4 台の ONU を収容した 10G-PON の 4 システム多重化の実験検証にて、全ての ONU にて BER=1x1E-3 以下の伝送特性を達成し 10G-PON の多重化に成功した。

5. 2 RoF 関連

高速無線信号のバックボーンシステムとして、60GHz 帯のミリ波をアナログ信号のまま伝送する RoF(Radio over Fiber)が注目を集めており、全セッションを通して 10 件近い報告が行われた。ジョージア工科大学[OTuB1]は、RoF に DWDM 技術を適用しファイバ 1 本当りの伝送容量を増加させた。50GHz 間隔で並べた 4 本の DFB レーザに 60GHz 帯のミリ波アナログ信号を乗せて SMF 25km の伝送に成功した。

6. おわりに

OFC/NFOEC2009 の発表の中から、光アクセスシステムに関するトピックスを紹介した。来年の OFC/NFOEC2010 は、2010 年 3 月 21 日～25 日に、今回と同じ場所にて開催される予定である。今後も、光アクセスシステム関連では、装置、光ファイバ、工事・運用から、次世代光アクセスシステム方式まで幅広く活発な研究開発が続くと思われるため、OFC/NFOEC2010 での最新成果報告を期待したい。