

OFC/NFOEC2008ショート速報[アクセスネットワーク関連]

氏名(所属) 田島 章雄(NEC システムプラットフォーム研究所)

会議名 : Optical Fiber Communication Conference and Exposition National Fiber Optic Engineers Conference 2008

開催期間 : 2008年2月24日-28日

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

*****要約*****

OFC2008では、光アクセス技術に関するセッションが5つ設けられた。これは、07年、06年のセッション数と同じであり、依然本領域が注目領域であることに変わりはない。昨年は、Colorless ONUによるWDM-PONに関する発表が多かったが、今回はそれらに加え、IEEE802.3av 10GEPONやFSAN/ITU-Tでの標準化を背景とした発表が増えた。

1. はじめに

国内では、光アクセスネットワークの整備が進められ、2007年9月末時点でのFTTH契約数が1,000万件を超えたとの発表があった。一方、次世代の光アクセス技術の標準化に向けた活動が、IEEE、FSAN/ITU-T二つの団体で行われている。特にIEEE802.3av 10GEPONは2009年9月標準化完了を目指し、昨年11月にDraft 1.0が承認された。これら次世代光アクセス技術の標準化における課題として、高速化、ロスバジェット拡大をはじめとする高性能化だけではなく、現在整備が進められているG/GE-PONが普及した後に導入されることを考慮し、整備された光ファイバネットワーク(ODN)を活用すること、導入されていたG/GE-PONと共存すること、が挙げられている。本分野においては、日本、韓国を中心とする東アジア勢の発表が活発であるが、特に光アクセスネットワークの整備が進んでいる日本からは、上記課題に関する発表が多い。一方、韓国はWDM-PONが発表の中心であり、展示会での動態展示まで行っていた。

本速報では、OFC/NFOECにおけるアクセスネットワーク関連技術について、PON技術に関するトピックを中心に、次世代アクセス標準化の動向を交えて報告する。

2. トピックス

2.1 10Gigabit PON 技術

昨年11月にIEEE802.3av 10GEPON Draft 1.0が承認されたことを受け、10GEPON標準化におけるこれまでの議論、動向についての報告があった(NMD4、5)。10GEPONの規格の一つは、GEPON用に敷設されたODNを活用できるように、29 dBのロスバジェットを要求している。そのため、高出力の光送信器と、高感度の光受信器技術が重要である。昨年のOFC2007 PDやECOC2007では、NTTより上りバースト受信器に関する発表があったが、今回は上りバースト光送信器について、NTT(PDP26)と三菱電機(OWL4)より発表された。NTTは、LDドライバIC-LD間をAC結合とし、Ton/Toff共500 ps、光出力+4.4 dBm、消光比7.9 dBを実現した。三菱電機はフィードフォワード制御LDドライバにより、0-70度の温度範囲でTon/Toff共6 ns以

下、消光比8 dB以上、光出力+8.1 dBm以上(当日発表値、予稿は+3.3 dBm)を報告している。どちらの性能も現在のIEEE802.3av 10GEPONでの標準化議論からみても十分な値であり、商用化につながる事が期待される。その他に、10 GbpsバーストCLK Recoveryを連続信号用で実現する報告が、Georgia大のグループ(OWh5)やFrance Telecomのグループ(JWA112)から行われたが、こちらに関してはまだ検討の余地があると思われる。

2. 2 ロスバジェット拡大技術

PON システムでは、長距離化および分岐数増大のために、ロスバジェットの拡大が望まれている。特に、ITU-T では、Long Reach PON を実現するための Extender BOX として標準化が進められている。バジェット拡大の施策として、光増幅器、3R 中継の方式があるが、今回両方式に関する報告があった。光増幅器については、NTT より上り 1300 nm 帯のバースト光信号を増幅する、バーストモード光増幅器の発表(OThL3)が行われた。利得クランプ制御された 0.98 μm ポンプ Pr ドープ光ファイバ増幅器(PDFA)の利得 17 dB が得られる入力範囲は、-30 dBm から-10 dBm であり、本増幅器と 10 Gbps バースト送受信器を用いて特性評価を行ったところ、15.0 dB の利得、ロスバジェット 42.8 dB を実現している。さらに、同グループより、利得クランプ光の利得 G_c を一定となるようにポンプ光を制御することで、光信号利得 $G(\sim G_c)$ をバースト光信号が入力する前に決定する利得クランプ自動レベル制御技術について(OThT5)の報告が行われている。PDFA に比べて、小型低コスト化が期待できる半導体光増幅器については、British Telecom のグループより 1300-1320 nm 帯において利得 27 dB 以上のと、NF 7dB 以下、PDG 0.7dB 以下の報告があった(JWA107)。3R 中継については、KDDI 研より 4 つの GEAPON を 10 Gbps に TDM したものを、さらに 4 波 WDM することで 16 の EPON を多重化する報告があった(NMD2)。本中継器により、20 dB のバジェットを追加することができる。

2. 3 WDM-PON 技術

展示会場で、韓国 ETRI による WDM-PON の動態展示が行われるなど、本技術領域では韓国勢の発表が目立っている。特に、ONU に反射型半導体光増幅器(RSOA)を用いて下り光信号を反射・折り返し・増幅し、上り信号で再変調して伝送する Colorless ONU 方式に注力している。本方式は、低コスト WDM-PON を実現するものとして期待されているが、素子の温度特性や下り信号の消光比、反射耐力などの改善といった技術課題があった。KAIST と ETRI は、RSOA の利得及び変調帯域の温度依存性を考慮して RSOA のバイアス電流を制御することにより、温度-20 \sim +60 $^{\circ}\text{C}$ での波長帯域 1510-1559 nm での 1.25 Gbps 動作実証(OTuH3)を報告した。KAIST と KDDI 研は、下り信号を 2.5 GHz のサブキャリアにより SCM 変調伝送することで、下り光信号の消光比を下げることなく再変調し、反射耐力も向上させた 1.25 Gbps 伝送の報告(OTuH4)をしている。反射光によるコヒーレントクロストークを低減する手法としては、オランダ Eindhoven 大より、RSOA のバイアスを dithering して、受信器の帯域外にクロストーク成分を移動するのが報告されている(OThT3)。

RSOA は 10 Gbps 伝送を実現するためには帯域不足であるが、下り信号をループバックし外部変調器を用いて再変調することで、10 Gbps 伝送は可能である。このような構成で、上り、下り信号とも DPSK 変調を用いて消光比を高く保ち、10 Gbps 20 km を実現した報告が台湾 Chiao Tung 大のグループから行われた(OThT2)。また、下り信号に Dark Return-to-Zero 信号、上りにその信号を DPSK によって再変調する方式

により消光比を高く保ち、10 Gbps 25 km 伝送を達成した報告が香港中文大より行われた(OWH6)。再変調方式の本来の目的は低コスト化であるので、今後は低コスト化につながっていく技術の発表を期待したい。

一方で、高性能化や反射耐力という点では、反射・再変調タイプよりもチューナブル LD/フィルタを用いた Colorless ONU が有利であることは否めない。NTT は、Tunable LD 及びフィルタを内蔵した SFP トランシーバを用いて、波長設定を plug-and-play で行った(OTuH1)。波長範囲は L 帯であり、既存の GEAPON と共存可能であることも重要なポイントである。

2. 4 CDMA、OFDMA PON 技術、光・無線融合技術

CDMA や OFDMA 技術は、FSAN/ITU-T の Next Generation PON においては、10Gigabit PON や WDM-PON の次の世代技術として分類され、既存 ODN との整合や既存技術との共存は要求されていないが、実際問題としては整合・共存していることが望ましい。沖電気からは、CDM と GPON を同一 PON へ WDM 多重によって共存する技術に関する発表が行われ、両信号のアイソレーション値は 7dB もあれば十分であり、既存技術との共存に適していることが示された(PDP31)。NICT より、速度 10 Gbps、8 ユーザが Duplex 非同期動作する DPSK-OCDMA の 100 km フィールド実証が発表された(PDP27)。本構成の特徴としては、CO 側にはマルチポートの符(復)号器を採用することで符(復)号器数を削減していること、ONU 側に Superstructured fiber Bragg grating による符(復)号器を用いることで低コスト、偏波無依存、符号長に依存しない低挿入損失、小型化を実現していることである。光アクセスにおける OFDM 技術としては、NEC Labs. America より OFDMA-PON 構成において、信号帯域 5 GHz (QPSK フォーマット→10 Gbps、Sub carrier 256 ch.)のうち、40 MHz(Sub carrier 2 ch.)の固定帯域を WiMAX の RF 信号に割り当て、20 km 伝送したとの報告があった(OWH4)。現状、BER 特性が 10^{-6} と FEC が必須であり、今後特性改善を期待する。

無線アクセス帯域の向上はセル半径の縮小を伴い、通信エリアを確保するためにより多くのアンテナ数が必要となる。Radio over Fiber 技術では煩雑なマイクロ波信号発生部及び変調部を各アンテナから基地局に集約することにより導入及び運営コストの低減が見込める。NEC Labs. America は光伝送路の波長分散の影響を低減するため Single Side Band 変調を採用し、16Gbps の OFDM 信号の 20km(有線)+6m(無線)伝送を記録した(OTThP2)。同じく OFDM を利用した実験として、National Chiao-Tung 大より 4Gbps 50km 伝送の報告もあった(OMM5)。一方 COM-DTU は、位相変調の線形性を利用するために基地局でデジタルコヒーレント受信を行う方法を提唱している(OTThH3)。

2. 5 高信頼化技術

光アクセス技術が社会インフラとなりつつある現在、アクセスネットワークの高信頼化への要求は高まると考えられる。特に、PON 構成では、一つの OLT の障害が複数ユーザへ影響を及ぼすため、OLT の冗長化は重要である。KDDI 研より、光スイッチによって OLT 障害時に、予備 OLT に切り替える 1:N 冗長化についての発表(NThB4)が行われた。

3. おわりに

以上、OFC/NFOEC における光アクセスネットワーク技術領域について簡単にまとめた。今後も、IEEE や FSAN/ITU-T での次世代アクセス標準化を背景とした発表が続くと思われるが、さらに次の世代の技術である CDMA や OFDMA をはじめとする技術の高性能化、低コスト化についても期待したい。