

ECOC2009 ショート速報[アクセス関連]

田島 章雄(NEC システムプラットフォーム研究所)

会議名：35th European Conference and Exhibition on Optical Communication

開催期間：2009年9月20日～24日

開催場所：Austria Center Vienna (Vienna、オーストリア)

*****要 約*****

ECOC2009 で発表された光アクセスシステム関連の概要について報告する。TDM-PON では、10G-EPON の標準化完了を背景にした 10Gbps PON 向け LSI 関連の報告が行われた。WDM-PON 関連では、新規デバイス開発やデバイスの特性改善によるシステム特性改善、新規アーキテクチャに関する報告が行われた。また、本領域においても、電気信号処理技術を活用した OFDM や DMT 技術の報告が目立ち始めた。

1. はじめに

ECOC(European Conference and Exhibition on Optical Communication)は、欧州最大の光ネットワークシステム関連の学会である。今年は、9月20日～24日の5日間、オーストリア ウィーンにて開催された。参加者数 1031 人は、前年 1240 人から約 20%減、レギュラー投稿数 717 件は、前年 781 件から約 10%減であった。717 件の投稿論文のうち Oral 228 件、Poster 145 件が採択され、採択率は 52%であった。ポストデッドラインペーパーは、投稿数 67 うち 22 件が採択された。筆頭著者数は、日本約 120、米国 50 弱、ドイツ 40 強、フランス約 30、英国約 20、中国 20 件弱の順であり、中国からの発表件数が着実に伸びてきていると感じた。PON、Access と名の付く光アクセス関連のセッションとしては、ホームネットワーク、関連デバイス領域を含め、9セッション(シンポジウム含む)が開催された。

以下、光アクセスシステム関連の主要技術動向について報告する。なお、発表数が多く、技術領域が多岐にわたるため全てをカバーしきれない点があることをご容赦願いたい。

2. TDM-PON 関連

シンポジウム講演 Next Generation Optical Access Technologies において、IEEE802.3av 議長である Teknovus の Glen Kramer 氏より 10G-EPON の技術概要と、本標準が 9月11日に IEEE において承認されたことが報告された(5.7.2)。今後、本標準を含めた 10Gbps クラスの PON システムが普及していくことが期待される。このような背景において 10Gbps PON 技術とその拡張技術に関連し、バースト光受信器及び受信用 LSI(7.5.1、7.5.3、P6.06、P6.29)、バースト光増幅技術(9.5.3)、光送信器に用いる LD(PD3.5)をはじめとするキーデバイスの発表が行われた。ここでは、バースト受信器関連について報告する。

三菱電機より、10G-EPONに向けたAutomatic Gain Control (AGC)機能付きTrans Impedance Amplifier (TIA) ICとAutomatic Threshold Control (ATC)機能内蔵のLimiter Amplifier (LA) IC、8位相 82.5GS/s sampling (8位相x10.3GHz) Clock Data Recovery (CDR)回路を用いた 3Rバースト光受信器(7.5.3)の発表が行われた。TIA、LA、CDR回路のサンプリング回路は 0.13um SiGe BiCMOS、位相判定回路はFPGAによって実現されている。CDR回路については、別途ポスターセッション(P6.06)でも発表されている。20km伝

送評価により、受信感度-30.1dBm、37.6dB以上のダイナミックレンジ(BER@10⁻³)を達成し、IEEEスペックを十分満たす特性を実現した。

3. WDM-PON 関連

WDM-PON 関連では、新規デバイス開発やデバイスの特性改善によるシステム特性改善、新規アーキテクチャに関する報告、帯域等化に関する報告が行われた。波長供給型の WDM-PON 技術に関しては、カラーレス ONU を実現するためのキーデバイスである Injection-Locked Fabry-Perot Laser (IL-FP) の偏波無依存化(6.5.1)や Reflective Semiconductor Optical Amplifier (RSOA) の特性改善(9.5.2)、波長供給デバイスとしての集積光コム光源(9.5.4)、モードロックレーザ(6.5.1)、そしてそれらを用いたシステムによる 2.5Gbps 伝送特性についての発表が行われた。また、Remote Node(RN)に動的波長ルーティング機能を持たせるための光デバイスとそれを用いたフレキシブルなシステムアーキテクチャや、波長掃引型送信器を用いた超高密度 WDM/TDM アクセス構成の提案が発表された。

Amplified Spontaneous Emission (ASE)光に代表されるインコヒーレント光を光フィルタでスライスして用いる場合、相対強度雑音が大きいこと、スペクトラムが広く RSOA で折り返して伝送した場合、Chromatic dispersion の影響があること、により伝送特性が制限される。そこで、Renne 大による 6.5.1 の報告では、Quantum-Dash passively mode-locked laser (QD-MLL) を波長供給光源として用いることで波長帯域が広くかつ平坦、mode-to-noise 比が高い、42.7GHz 間隔の波長源を実現。さらに ONU には、偏波無依存の IL-FP LD を開発し、速度 2.5Gbps で上下各 8 波長を 20km 伝送し、20dB 以上(BER@10⁻⁹)のロスバジェットを実現した。

KDDI 研からは、RSOA を用いた 10Gbps WDM-PON での Maximum Likelihood Sequence Estimation (MLSE) 受信器の性能検討が報告された(9.5.5)。実験により RSOA での Inter Symbol Interference (ISI) 特性を評価し、解析を行った結果、帯域が 2.2GHz の RSOA でも 8-state の MLSE を用いることで ISI を補償し、10Gbps 10km 伝送が可能であることが示された。

BT は 9.5.4 において、ハイブリッド集積により、50GHz 間隔、32 チャンネル、出力パワー 0dBm/ch、チャンネル毎に 15dB のチャンネルパワーレベル制御可能な DWDM コム光源を開発し、1.25Gbps x 32ch. 50km の実験を報告した。

Genexis は、RN にマイクロリング共振器による波長ルーティング機能を持たせた構成を提案 (1.6.3)。リング共振器の波長は、熱によって制御され、上りと下りの波長ペアはリング共振器の Free Spectrum Range (FSR) によって決まる。本構成の特徴として、TDM と WDM それぞれの特性を活用し、TDM は、sub-second の時間スケール、WDM は、分単位での時間スケールで動的割り当てが可能なが挙げられる。SiON 基板上に FSR 500GHz、チューニングレンジ 4nm、消光比 20dB の素子を製作し、CO-RN 間 6.6km、RN-ONU 間 1.5km の構成で 1.25Gbps の信号を伝送して伝送特性の評価を行い、BER@10⁻⁹ は達成可能であることが示された。

NTT から波長掃引型の光送信器を用いて時間領域の帯域(bit-rate)と、波長領域の帯域をダイナミックかつフレキシブルに組み合わせることができる超高密度 WDM アクセス技術が提案された(10.5.4)。狭帯域の光フィルタを受信器に用いて、波長 ch 間隔 7.37 GHz で 6ch の掃引動作と、1.25/2.5 Gbps/ch で 4ch までほぼ劣化のない WDM 伝送が示された。

4. OFDM/DMT 関連

アクセス領域においても、電気信号処理技術を活用した Orthogonal Frequency Division Multiplex

(OFDM)や Discrete Multitone modulation (DMT)の報告が目立ってきている。DMT 技術は、DSL 技術や Power Line Communication (PLC)技術において用いられていることで知られている。これら技術による高性能化報告だけではなく、ホーム NW 向けの低コスト光源を用いた Plastic Optical Fibre (POF)伝送における特性改善についても報告された。

OFDMによる高性能化では、NEC北米研より上り速度が、36Gbps/λの OFDMA-PON 100km 伝送(8.5.1)、PDP3.2 では、108Gbps/λの上り信号ロスバジェット 31dB、20km 伝送の報告が行われた。これらを実現するために、ONUでの送信時には Carrier Suppression 技術、OLTでの上り信号受信にコヒーレント受信(8.5.1 では homodyne、PDP3.2 では heterodyne)が用いられている。

また、Melbourne 大より、5-orthogonal-band OFDM により伝送速度 107Gbps を 16.8km の 50/125 Multi Mode Fibre (MMF)伝送することに成功したとの報告(3.5.2)があった。

7.5.4 では、Orange から DSL 技術や Power Line Communication (PLC)技術において用いられている DMT 技術により DFB-LD を直接変調し、19Gbps 25km を達成したとの発表が行われた。用いた DFB-LD はアナログ変調用に開発されたもので、DMT 信号は 5GHz にわたる 255 のサブキャリアを含んでいる。

DMT 技術の適用は、他にホーム NW 向けの POF 伝送においても報告されている。3.5.1 において Eindhoven 工大は、波長 650nm の VCSEL を送信器に用いて、256 のサブキャリアによる DMT 技術により、コア径 900um の GI-POF 50m を速度 4Gbit/s で伝送したとの報告を行った。周波数利用効率は、3-bit/s/Hz である。また、LD よりもさらに低コスト光源である LED を用いた Gb/s クラスの伝送に関する報告もあった。現状の LED を用いた伝送では、100Mbps 100m 伝送程度であるが、Eindhoven 工大は、LED を送信器に用いて、リアルタイム DMT 処理で 1.25Gbit/s SI-POF を 10m 伝送の報告をしている(3.5.4)。

5. OCDMA 関連

OCDM の光アクセスへの応用に関しては、10Gbps クラスの非同期 Full-duplex 伝送の発表(6.5.4、6.5.7)が行われた。NICT からは、8x8 Full-duplex 非同期 10Gbps の報告があった(6.5.4)。このグループでは、これまで8 ユーザ、速度 10.3Gbps の DPSK-OCDMA により、100km のフィールド伝送実験を行ってきたが、上りのパフォーマンスが下りに対して良くなかった。原因は、ONU 側で用いている Encoder の帯域制限。そこで、Encode を変更することで特性改善し、上下とも良好な特性を得たと発表。

また、6.5.7 において Roma Tre 大よりカラーレス、光源レス ONU 構成により、10Gbps 非同期 Full-duplex エラーフリー(BER@10⁻⁹)伝送の報告が行われた。

6. その他

NTT よりサービスを中断することなく、On-Sit で信号をモニタする技術の発表があった。従来は、macro-bending によるモニタリングを行っていたが、ファイバ中の複数の波長の信号毎にモニタすることができなかった。この問題を解決するために、Long period grating (LPG)を外部から伝送路に押しつけ、漏れてくる光をモニタする手法を開発した。この手法により、波長毎に分離して観測可能なことが示された。

7. おわりに

ECOC2009 における光アクセスシステム関連するトピックスを報告した。長距離・大容量通信で進展している電気信号処理技術が、低コスト光デバイス、POF をはじめとするマルチモードファイバを用いた伝送へと広がりつつあるように感じた。今後も本領域の進展を注目し続けたい。ECOC2010 はイタリアトリノで開催予定である。