

ECOC2006 ショート速報[基幹伝送方式技術関連]

佐野 明秀 (NTT 未来ねっと研究所)

会議名 : 32nd European Conference on Optical Communication (ECOC) 2006

開催期間 : 2006 年 9 月 24 日 - 28 日

開催場所 : Palais des Festivals et des Congrès de Cannes (Cannes、フランス)

*****要 約*****

毎年 9 月に欧州で開催される、光ファイバ通信関連技術に関する最重要会議のひとつである ECOC について、主に基幹系システム向けの光伝送技術に関して報告する。今回の会議では、DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)方式を適用した総伝送容量 14 Tbit/s、12.3 Tbit/s といった超大容量伝送実験が発表され注目を集めた。また、デジタル信号処理技術を適用したコヒーレント受信や電気分散補償などの報告が目立ち、本技術に対する関心の高さがうかがえた。

1. はじめに

ECOC (European Conference on Optical Communication) は毎年 9 月に欧州で開催される光通信関係の国際会議であり、米国で開催される OFC と並んでこの分野における最大の国際会議である。産学官の研究者やマネージャ達が世界中から集まり、学術成果発表、機器展示、そして主要な EU プロジェクトの成果報告等が行われることで毎年注目を集める。32 回目となる今年は、フランス、カンヌにて開催された。前回に引き続き今回も 1000 名以上という多数の参加者を集めた。論文投稿数は一般論文 955 件、ポストデッドライン (PD) 論文 96 件であり、2004 年以来増加傾向にある。採択数は一般論文 529 件 (口頭発表 319 件、ポスター 210 件)、PD 論文 33 件で、一般論文の採択率は 50%、PD 論文採択率は 36%であった。本稿では主に基幹光伝送関連のトピックスに関して報告する。

2. 大容量伝送技術

大容量伝送に関しては、2001~2002 年にかけて 10 Tbit/s 級の大容量伝送実験が発表されて以来、10T 級の実験はしばらく報告が無かったが、今回久しぶりにこれを超える大容量伝送実験が報告された。筆者ら (Th4.1.1) は、100 Gbit/s の CSRZ-DQPSK (Carrier-Suppressed Return-to-Zero DQPSK) 変調と拡張 L 帯光増幅器を用い、70 波長×2 偏波多重により、14Tbit/s で 160 km の伝送実験に成功した。また、Lucent、NICT、住友大阪セメント (Th4.1.2) は、80 Gbit/s の DQPSK 信号を 77 波長×2 偏波多重することにより、12.3 Tbit/s で 240 km の伝送実験に成功した。これらの報告では、いずれも多値変調方式と偏波多重方式を用いて高い周波数利用効率 (Th4.1.1: 2 bit/s/Hz, Th4.1.2: 3.2 bit/s/Hz) を実現しており、1 種類の光ファイバ増幅器のみで大容量一括光増幅中継伝送に成功している点が特徴である。

3. 高速伝送技術

最近、基幹転送網においてもイーサネットの重要性が増してきており、10GbE の次の世代の伝送速度と想

定される 100 Gbit/s の伝送技術に関する発表が目立ってきている。Lucent (Tu1.5.1) からは 107 Gbit/s×10WDM、1000 km の伝送実験が報告された。この報告では、送信機の帯域不足を補うために PLC (Planar Lightwave Circuit) で構成された光等化器を用いて特性改善を実現している。HHI、Siemens、MICRAM (Tu1.5.5) からは、107 Gbit/s の電気多重分離 (ETDM) 受信器を用いた 480 km の伝送実験が報告された。これらの報告では、Tu1.5.1 では受信側に、Tu1.5.5 では送信側に光時分割多重分離 (OTDM) 技術が用いられている。100 Gbit/s 伝送を実現する別のアプローチとして、DQPSK などの多値変調の適用も有効である。NTT (Tu4.1.1) からは 2 節で述べた 111 Gbit/s/ch の大容量 WDM 伝送実験、ルーセント、NICT、住友大阪セメント (Tu4.1.3) からは 107 Gbit/s/ch の 2000 km 長距離 WDM 伝送実験が報告された。DQPSK 方式を用いることにより、ETDM のみで送受信回路が実現され、さらに受信感度、周波数効率の面でも良好な特性が得られることが実証された。

4. 変復調技術

ここ数年、DQPSK 変調方式は多くの研究機関によって精力的に検討されている。今回の ECOC でも DQPSK 関連の発表が目立っていたが、現場実験の報告、OADM 多段中継伝送や異種伝送速度の混在など、より実用化を意識した発表内容が目立つ傾向がある。Ericsson、Marconi、ドイツテレコム他 (Th4.1.4) からは、ドイツテレコムの敷設 SMF 1047 km を用いた 43 Gbit/s RZ-DQPSK 方式では初めての Field Trial の結果が報告された。この報告では、ROADM (Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexers) の適用や 10G チャンネルとの混在などの検証結果や、5 日間にわたる安定度試験の結果が報告された。NTT (Th1.6.2) からは OADM ノードの多段伝送において、プリチャープさせた RZ-DQPSK 変調を適用することにより伝送特性を改善することが可能であるとの報告があった。KDDI (Tu4.2.3) やアルカテル (Mo3.2.6) 等からは、既存の 10G WDM システムから 40 Gbit/s へのアップグレードを想定して、10G 信号と 40G 信号の混在伝送に関する検証結果が報告された。10G 強度変調信号からの相互位相変調による伝送劣化を考慮したシステム設計が必要であることが示された。

コヒーレント受信方式についても、最近の高速デジタル信号処理技術の進展により実現の期待が高まっており、多くの聴衆の関心を集めていた。東京大学 (Mo4.2.1) からは位相ダイバーシティに加えて偏波ダイバーシティ構成を採用した受信器を用いた 10 Gbit/s PSK 伝送実験が報告された。コヒーレント受信器実現に向けた大きな課題である偏波依存性の解消に向けた検討であり、今後の進展が期待される。また、アルカテル (Th4.3.4) からは QPSK 変調を用いた 40 Gbit/s×80 WDM、3000 km の長距離伝送系において、コヒーレント受信を適用した伝送実験が報告され、良好な伝送特性を得ることに成功した。この実験では、デジタル信号処理による非線形効果の緩和も可能であることが示され、80 波長という本格的な大容量 WDM 伝送実験においてその有効性が初めて確認された。

5. 信号等化技術

デジタル信号処理技術などの適用による電気段での分散補償技術は、最近大いに注目されている分野であり、今回も多数の発表があった。CoreOptics (Th4.3.3) は、偏波多重された 86 Gbit/s の RZ-QPSK 信号に対して、偏波ダイバーシティ型のコヒーレント受信器を用い、さらに FIR フィルタによる等化器を用いることにより、100 km の SMF 伝送に成功した。4 節で述べた Th4.3.4 と並び、20 Gbaud 以上でのデジタル信号処理による波形等化としては初めての報告である。受信側において、電気段での分散補償を実現する

ためには、これまではコヒーレント受信を前提としていたが、日立 (Th4.4.4) はコヒーレント受信器を用いずに光電界を再生し、電気段で分散補償する新しい受信器構成を提案し、5 Gbit/s DPSK 信号に対して 400 km の伝送に成功した。これら以外にも MLSE 受信器を用いた分散補償実験 (Th4.4.6) など、多数の発表があり、デジタル信号処理技術の向上により、光ファイバ通信分野においても急速にこのような等化技術の実現可能性が広がってきている。一方、NTT (Th3.2.3) からは、光ファイバ中での非線形効果による波形歪を光領域で等化する方式が提案された。この方式では、キャリア間の光位相を同期した WDM 信号を用い、送信側で光ファイバ中の非線形クロストークを予等化する。4 光波混合に対する劣化を抑圧可能な方式として、今後の展開が注目される。

4. おわりに

今回の ECOC では、10Tbit/s を大きく上回る大容量伝送実験が報告され、注目を集めた。また、特に目立った傾向として、デジタル信号処理技術の適用が挙げられる。コヒーレント受信、電気分散補償など様々な面での応用が出てきており、今後の発展が期待される。次回の ECOC は、2007 年 9 月 16~20 日にドイツ、ベルリンにおいて開催される予定である。