

ECOC 2010 ショート速報 [光ネットワーク]

関屋 元義 (Fujitsu Laboratories of America)

会議名 : 36th EUROPEAN CONFERENCE and EXHIBITION ON OPTICAL COMMUNICATION

開催期間 : 2010年9月19日-23日

開催場所 : Torino (Italy)

*****要約*****

36th ECOC2010 がイタリアTorinoで開催された。日本からの出席者 200 人を含む 1111 人が参加する大規模なものであった。増大するトラフィックに対応し、単に伝送容量の拡大ではなく、帯域やエネルギーをいかに有効に活用することができるかという観点で光ネットワークに注目が集まっている。伝送特性を考慮した光パス計算を用いたネットワークの動的な制御など本年も数多く報告された。

1. はじめに

36th EUROPEAN CONFERENCE and EXHIBITION ON OPTICAL COMMUNICATION は 9 月 19 日から 23 日の間、イタリアの Torino で開催された。本会議は、米国で開催される OFC(Optical Fiber Communication Conference and Exhibition) アジア・オセアニア地区で開催される OECC (OptElectronics and Communications Conference) と並び、ヨーロッパで開催される光通信関連の国際会議である。本年は例年なみの 1111 名の参加者が集まり、地域別ではヨーロッパからの参加者が全体の 54% と中心となつてはいるが、国別参加者では日本が 200 名とトップであり、日本のアクティビティが広く示された。

本会議では 3 件のプレナリートークのほか一般口頭発表 245 件・ポスター発表 131 件 (739 件の投稿、採択率約 50%) 招待講演 38 件, Tutorial 講演 6 件そしてポストデッドライン 18 件 (66 件投稿、採択率 30% 弱) の発表があった。

初日のワークショップでは、Slow and Fast Light から Petabit Routing という広範囲な 11 のホットなトピックを、シンポジウムでは Laser の過去から未来、そして 1000Gb/s 伝送まで 6 つのトピックがあり、過去から未来、部品からシステムという幅広さと奥深さが特徴となっていた。本報告では光ネットワークに関連するトピックを取り上げ、セッションに対応する形で報告する。

2. 技術動向

光ネットワーク関連では、ここ 2, 3 年の傾向である、“効率的でグリーンなネットワークの実現” という課題に関連する発表が多かった。トラフィックの増加を背景に、大容量化と同時に、帯域やエネルギーを有効に活用するネットワークの実現が重要課題となっており、電氣的な処理が少ない光ネットワークへの期待が高く、注目が集まっている。“Flexible”, ”Dynamic”, ”Adaptive” というキーワードで象徴される機能を光ネットワークを実現するためのアーキテクチャーや、制御はどのような姿になるのか? 様々な検討および実験の報告、そして議論が交わされた。

Plenary Talk におけるMenahem Kaplan (前Alcatel-Lucent Optics CTO) の発表はこのような観点で現状と将来の課題をわかり易く整理し伝えており秀逸であった。OSIモデルを縦軸、アクセスからバックプレーンの領域を横軸にネットワーク全体を俯瞰し、Lower Cost/Powerを実現するためには上位レイヤーから下位へ機能のシフトが期待されている一方、上位レイヤーのもつDynamic あるいはStatisticalな特性をどこまで下位の物理レイヤーで実現できるかが課題であること、そしてPhotonic Resiliencyを実現するためには光の技術のスピードアップが必要であることなどわかり易く説明された。

以下に光ネットワークに関連する発表をキーワード毎にセッションにそって紹介する。

2. 1 Energy Efficient なネットワーク

1) Session1D (Energy Efficient Optical Networks)

T.Zamiら(Alcatel-Lucent, Bell Labs)は、波長帯域を固定波長間隔の領域と可変な領域に分けることで効率よく帯域を利用するネットワークを実現するモデルを提案し、欧州のネットワークを例に容量を最大化し電力消費を押さえるという結果を定量的に示した。既存のシステムのもつ固定波長間隔との混在は既存のネットワークとの親和性もよく新しい着眼点である。Shenら(NTT)はTDM-XC, O-XC, Routerが適切にスイッチング機能を分担してもつことによりネットワークの電力削減ができる可能性があることを日本のネットワークを例にシミュレーションで定量的に示した。

2) Session 3D (Energy and Impairment-Aware Optical Networks)

Kilper (Alcatel-Lucent, Bell Labs) から、コミュニケーションシステムにおけるエネルギーの最小限界が議論が展開された。まず、TransmissionとSwitchingに分け、前者はアンプシステムに依存し、例えば、1000kmの大容量システムでは 21fJ/bitになる。後者においては現実的な想定としてCMOSゲートの消費エネルギーから 0.5fJ、そして将来の技術進歩を考慮し 10⁻³fJという量を示した。さらにネットワークとしては、利用率を上げると一般にバッファのエネルギーがより必要となることから、ビットあたりのエネルギーが増えるため、結果としてネットワークの利用率が多くても少なくともエネルギー効率は悪くなることを示した。これらの考え方は今後のネットワークのエネルギー効率を考える上での一つのレファレンスになる興味深い内容であった。

Escalnaら(Esex Univ)からはGMPLS をサポートするネットワークでのマルチレート伝送をPhysicalな特性をもとにQoT(Quality of Transmission)を類推してパスを張るダイナミックな光ネットワークの実験例が報告された。ダイナミックな光特性を考慮した制御のリアリティを感じさせる内容である。

Yonezu ら(Keio Univ)は PCE(Path Computation Engine)を利用し動的にネットワークを制御するMiDORi と名づけられたフレームワークを報告した。トラフィックをモニターし、エネルギー効率の高いトポロジーを計算しネットワークを構成するというものである。IP/Ethernet スイッチ網への適用であるが、現実的な時間内でよい解を得るためのアルゴリズムの工夫とプロトタイプでの実証は将来性を感じさせた。このセッションは原理から応用まで実に幅広い報告がなされた。

2. 2 Flexible ・ Dynamic なネットワーク

Session 8D (Flexible and Adaptive Optical Network Technologies)

Winzer ら(Alcatel-Lucent Bell Labs)による光ネットワークの将来動向についての報告があった。60%/year の traffic の増加と伝送容量の増加の傾向からいずれ Capacity Crunch が訪れ、ここ 10 年の間に spatial

multiplexing に突入すると同時に、**Efficient/Dynamic** な光ネットワークが必要となるだろうということを報告した)。Takaraら(NTT)からは距離に応じて帯域を割り当てる **super-wavelength routing** の実験検証報告、Takagiら(Nagoya Univ)からは **Routing Frequency slot** の割り当てアルゴリズムの報告と NTT が推進する **SLICE(Spectrum-sliced elastic optical path network)**をベースにした報告が2件なされた。Zervas(Essex Univ)からは光パスの物理的パラメータを用いて **Lightpath Quality Estimation (LQE)** がパスのQ値を推定し最適な経路を設定していく自己最適化光ネットワークアーキテクチャの提案と実験検証報告が行われた。これらは光パスの特性をより積極的に用いて、最適に光ネットワークを構築しようというアプローチであり、今後も研究が進んでいくものと思われる。

2. 3 Network Planning/Management

1) Session 10F (Network Design and Planning)

Palkopoulouら(Chemnitz Univ of Tech) **Multi layer** で時間的な変化を考慮したネットワークの設計手法について、14nodeのNSF-NETをモデルに解析を行い、20%のCapex削減という結果を報告した。

Morea(Alcatel-Lucent Bell Labs)は全ヨーロッパネットワークモデルを用いて、複数データレートを運ぶ場合の帯域可変機能の効果を評価し、障害に備えたスペアリソースを大幅(20-70%)に削減できるという計算を報告した。効果の数値例として興味深い結果である。

2) Session 4B (Network Control and Management)

Kudoh(AIST)はCloud ComputingやIaaSの中で動的に構成されるVirtual Infrastructureに対応するため動的な光Pathの実現が重要であると報告、NetworkはUserによって動的に割り当てられ、InterfaceはComputer/Storageと同じであるべきというメッセージは明確であった。

Agraz(UPC)からはGMPLSをサポートしたネットワーク上でのQoTを考慮したimpairment-aware path restorationをDICONETのテストベッドで原理確認した評価が報告された。今後の光ネットワークの方向性の一つを示すものである。その他Cassellasら(CTTC、KDDI)からはPCEを使ったマルチドメインでのOSNR-aware Path設定の評価報告があった。このように前に述べたSessionも含めてImpairment-Awareな光ネットワーク制御に関する実験的評価の発表が目をつけた。

2. 4 その他

1) ワークショップ WS10 Operationalizing Dynamic Transport Networks

ROADM,WSS,Tunable Opticsなどの技術の進歩に伴い、ネットワークの制御が重要になる中で、Control Plane/Management Planeの役割、実験検証などについてキャリア、ベンダのプレゼンターによる議論がなされた。Impairment-Aware networkingへのDICONETの取り組み、Distance AdaptiveなネットワークへのNTTによるSLICEの取り組み Verizonによるベンダー間を跨るインターオペラビリティの報告など将来の光ネットワークにおけるマネジメントの重要性と課題が様々な視点で議論された。既存のネットワークから新しい光ネットワークにどのような道筋が描けるのかは大きな課題である。

2) ポストデッドライン

3.5 Chiaronら(Alcatel-Lucent Bell Lab, NTT)によりHOPR(Hybrid Optoelectronic Packet Router)を用いた2つの光パケットリングのインターコネクションの実験報告がなされた。リングのインターコネクトに用いられるHOPRと制御が鍵である。HOPRは効率よく光パケットを処理するため要所にOEICを適

用した光電気ハイブリッドノードである。スイッチングはできるだけ光で行い、パケットが競合した場合に備えて必要最小限の電気バッファをもつというアーキテクチャーは、光と電気の分担について一つの方向性を示唆している。展示会場においてデモンストレーションを行っていたが、会場でも非常にインパクトのある展示であった。

4. おわりに

増大するトラフィックに対して、光パスの大容量化と同時にグリーンでコストエフェクティブな光ネットワークを実現するため、動的で柔軟に物理リソースの制御をいかにして実現するかという課題について、様々な視点での議論が展開された。Elastic な伝送技術を使ってどのように光ネットワークを構築するのか？ダイナミックな光ネットワークは今までのネットワークを置き換えていくものになるのか？ 今後も理論、実験の両面から、経済性も含めた検討が続くだろう。

また、DataCenter の InterConnect や Server/Storage も含めたネットワークなど、コアの光ネットワークの制御技術は幅広い適応を考える必要があるだろう。これらは今後のトピックになるものとする。