

ECOC2009 ショート速報[アーキテクチャ・ネットワーク制御]

曾根由明 (NTT)

会議名 : The 35th European Conference on Optical Communication (ECOC2009)

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*****

本研究分野では、電気再生中継を行わない光ネットワークであるトランスペアラント光網において、伝送劣化要素を考慮したネットワーク制御を行うネットワーク制御技術 (impairment aware ネットワーク制御) について多くの発表があった。本技術はテストベッドでの物理レイヤを含めた動作確認結果が報告され、プロトコル、アルゴリズム単体の研究フェーズから、プロトタイプ検証とネットワーク全体のインテグレーションを行うフェーズに移っている。その他、新しいアーキテクチャとして物理レイヤの特性を適応的に動的制御するチューナブルな光ネットワークの検討が活発化しつつある。

1. はじめに

35th European Conference on Optical Communication (ECOC2009)は毎年9月~10月にヨーロッパにて開催される光通信技術に関する世界最大規模の国際会議である。本年はオーストリアのウィーンにて、9月20日から9月24日まで開催された。本稿はECOCのTPCカテゴリの内、"Backbone and Core Network"における光ネットワーク技術についての発表概要について報告する。本技術領域における今年の発表件数は約80件であり、2007年(約110)、2008年(約100件)に比べ減少傾向にある。本稿では光ネットワーク関連 (Backbone and Core Network) のトピックを、ネットワーク制御技術、ネットワーク消費電力低減、ネットワークアーキテクチャ、の三つに分類して紹介する。

2. ネットワーク制御技術

ネットワーク制御技術の領域では、電気再生中継無しで end-to-end の光回線を提供するトランスペアラント光網を対象とした、ネットワーク制御の検討が多く報告された。この検討は、回線を設定する際に自動で光信号品質 (OSNR) の劣化度合を推定し、伝送制約が満たされる経路の自動計算、パスの設定等を行う技術で、近年ネットワーク制御技術の一大分野 (impairment aware 制御技術) となっている。従来、経路計算アルゴリズムや制御のプロトコルの単体の検討が主流であったが、本年はテストベッドにおける物理レイヤを含めたデモンストレーションの実施報告があり (3.2.1, 3.2.4, 7.7.3)、ネットワーク全体での実証の段階に進んでいる。Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC)からは、複数のネットワーク管理ドメインからなるマルチドメイン環境における検討の報告があった(3.2.1)。この報告の実験では、経路計算サーバ (Path Computation Element) をドメイン毎に備え、それぞれのドメインの計算サーバが、標準プロトコルをベースにパス設定時に考慮すべき互いのドメイン内の OSNR 情報を交換し、全体の OSNR の制約を考慮して経路計算を行うことができる。さらにこの経路計算結果に基づき光パスを自動でプロビジ

ョニングすることもできる。このような機能をテストベッドとして構築し、プロトコル拡張と動作確認を行った結果が報告された。また、KDDI 研究所から、三菱電機、NEC と共同で、IETF (Internet Engineering Task Force) にて標準化が進んでいる波長情報のプロトコルメッセージのエンコード方法 (Lambda label) について、マルチベンダ環境で相互接続に成功した結果について報告された(3.2.4)。この検討ではベンダ単位の二つのドメインから構成されるトランスペアラント網内において、Lambda-label により波長情報を交換することで物理レイヤを含めた相互接続を実現した。この際、マルチベンダ環境での伝送距離 880km の光パス設定を成功させている。一方、impairment 制御技術の別のアプローチが NTT から報告された(P.5.14)。この方法では予め伝送設計されたルートに予約状態のパスをスタティックに設定し、この予約状態のパスに伝送到達性が保証された仮想トポロジを生成する。この仮想トポロジ上で光パスの開通・削除等の運用を行うことで、伝送可能な経路だけを運用することができる。従って、トランスペアラント光網の伝送制約をオペレータが直接考慮することなく、確実性の高い運用を実現することができる。

他の発表では、Workshop 8 で Optical Internetworking Forum(OIF)が本年実施した相互接続デモの活動について報告された。このデモでは VLAN 単位にクライアントを収容する Ethernet トランスポートサービスのキャリア間接続が実施された。最初にオーガナイザでもある OIF President により OIF の活動方針が示された。マルチベンダ、マルチレイヤといった heterogeneous なネットワーク環境でのネットワーク技術のインテグレーションを進め、技術発展を促進する目標が説明された。その上で、2009 年 6 月に実施された、相互接続デモ結果が報告された。このデモでは、VLAN 単位の Ethernet トランスポートサービスに OTN, SDH, MPLS-TP, PBB-TE といった様々なトランスポート技術が活用されている。このイベントには世界の 7 キャリア、10 ベンダが参加し日本からも KDDI 研究所、NTT が参画していることが報告された。

3. ネットワーク消費電力低減

光ネットワーク関連のセッションでは消費電力の問題を取り扱った発表もあった。消費電力に関するテーマを専門に扱うワークショップ(Workshop 4)および技術セッション (Session 5.5) が設けられた他、このセッション以外のその他の多くの検討において消費電力削減の課題が言及されることが多かった。Workshop 4 では、キャリア、ベンダにより消費電力削減のための問題分析とその対策について議論された。Verizon は、ルータの消費電力は全体消費量の多くを占め、Ethernet スイッチ、レイヤ 1 の transport 装置それぞれの 5 倍程度であるとの分析結果を示した。消費電力を低減する対策として、パケットトランスポート機能とレイヤ 1 トランスポート機能を単一の装置で実現する packet-optical transport 装置を活用する方針が示された。パケットレイヤでの光レイヤの収容の仕方を最適化し波長リソースの使用効率を高め、さらに光レイヤでルータをカットスルーしてパスを設定することで、ルータ設備量を削減することが狙いである。AT&T から同様に今後はルータの消費電力が、消費電力増加の支配的要因となって行くという分析が示された。一方、ルータベンダのシスコからは、ルータに WDM のトランスポンダーを実装するアーキテクチャがネットワークレイヤ構造をシンプル化し、消費電力低減にも繋がるとの主張がなされた。

また、技術セッションにおいてドイツテレコムからはキャリアネットワークの消費電力の内訳と増加予測、及び増加要因が報告された (5.5.3)。現状ではアクセス系の消費電力の割合が大きいが、将来的にはバックボーン系の消費電力が支配的になることが示された。この理由は、アクセス系の消費電力は加入者数に依存し、バックボーン系はトラフィック量に依存するため、加入者数が飽和状態となる今後は、増大するトラフィック量によりバックボーンネットワークを中心に必要電力が増加するためと説明された。

4. ネットワークアーキテクチャ

ネットワークアーキテクチャ関連では、複数波長の光パスを束ねて一括で制御する波長群パスを採用したアーキテクチャについての検討(4.6.2, 2.5.5), 光レイヤでの統計多重効果を狙った光パケットネットワーク(P.D.3.2), 複数のレイヤを統合的に管理・制御するマルチレイヤネットワーク制御技術(7.7.2, 7.7.4), 帯域可変光パスネットワークアーキテクチャに基づくテラビット級パスアグリゲーション技術の提案(8.3.5)等があった。

波長群パスを利用したアーキテクチャの検討では、名古屋大学からマルチリング構成のROADM網において、リング間を接続するノードを波長パスと波長群パスのクロスコネクション機能を備えた階層化クロスコネクトを用いて構成するアーキテクチャの提案があった(4.6.2)。さらにこのアーキテクチャ上で効率的に波長群パスを利用可能な新しい計算アルゴリズムが提案された。これにより計算コストの極めて高い波長群パス収容問題を、提案アルゴリズムにより少ない計算コストで効率的に解くことが可能となる。また、波長群パスアーキテクチャを想定した他の報告では、NTTから波長クロスコネクトと、波長群クロスコネクトの両方のクロスコネクト粒度を備えたノードシステムのデモンストレーションの報告があった(2.5.5)。この検討により10Tbpsのスループットがエラーフリーで始めて実現された。光パケットネットワークに関する検討では、NTTから、トータルで160Gbpsのスループットを持つ非同期パケットスイッチについて、プロトタイプの実験を実施した報告があった(PD. 3.2)。この検討では8×8のスイッチ機能を、各ポート10Gbpsで任意の packets 長の容量を実現した。任意のサイズの packets を10Gbps、かつエラーフリーで実現した初の報告となる。

マルチレイヤネットワークについては、シンポジウムにおいて今後の展望が議論された。その中で、Nokia-Siemens Networkから、動的なマルチレイヤネットワークに必要となる三つのキーは、Network planning, Service provisioning & restoration, Network managementであることが示された。Planningでは、QoSと信頼性に加え、新しい技術へのマイグレーションを考慮することが重要であり、Service provisioning&Restorationでは制御プレーンを利用することが重要であることが述べられた(7.7.2)。NTTからの発表では、ダイナミックなマルチレイヤネットワーク導入のドライバと実現技術のオーバービューの後、2020年のポスト100GE時代のトラフィック需要に応えるためには、継続的な伝送技術の革新に加えて、光周波数利用効率を意識した高効率光ネットワーク技術の開拓が重要であることが指摘された。そのような技術の候補としてエラスティック光パスの概念に基づく帯域可変光ネットワークSLICE(Spectrum-sliced elastic optical path network)が紹介された(7.7.4)。

また、本年は物理レイヤの特性を適応的に動的に変化させる光ネットワークアーキテクチャに関するトピックを集めたセッション(Session 8.3 Dynamic and Tunable Networking)が新しく設けられた。このセッションでは、NTTから、前記7.7.4で紹介されたSLICEアーキテクチャを利用した、光領域での周波数利用効率の良いリンクアグリゲーション技術が提案された(8.3.5)。実験により、1Tbpsの帯域を持つ光パスを実現する光領域でのリンクアグリゲーションが実証されている。またAlcatel-Lucentより5Gbpsから15Gbpsの可変レートIFを想定して網設計することで、光ネットワークの再生中継のコストを21%程度削減できるとの発表があった(8.3.4)。OSNRに対するセンシティブリティはビットレートに比例することを根拠に、OSNR制約によるビットレート依存の伝送可否($R(B)$)は伝送距離(D)とビットレート逆数(1/B)の積($R(B)=D/B \times$ 定数)を基に近似的に見積もることができるという考えを採用している点が特徴的である。

5. おわりに

impairment Aware ネットワーク制御技術が検討され、既存のプロトコルをベースとして DB 構築から経路計算、パス設定までのトランスペアラント光網のオペレーションを自動で行う技術が、テストベッドにおける簡易的な運用の範囲では発展しつつある。今後、より高い確実性が要求されるキャリア網での運用において、この技術がどのように発展し、使われていくのかを見守りたい。また新しいトピックである **Dynamic and Tunable Networking** では、物理レイヤ特性を適応的に変化させるアーキテクチャが提案されている。この物理レイヤのアーキテクチャの革新に対応した、制御技術の検討はまだこれからであり、制御技術検討活発化の引き金となることを期待したい。