

次世代適応制御型光トランスポートネットワーク技術に関する研究開発 (043103004)

The study of novel optical transport technologies for adaptive optical transport networks

研究代表者

宮本 裕 日本電信電話株式会社 先端技術総合研究所 NTT 未来ねっと研究所
Yutaka Miyamoto NTT Network Innovation Laboratories, NTT Corporation

研究分担者

吉田 英二[†] 山田 英一[†] 平野 章[†] 木坂 由明[†]
Eiji Yoshida[†] Eiichi Yamada[†] Akira Hirano[†] Yoshiaki Kisaka[†]
[†]日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所
[†]NTT Network Innovation Laboratories, NTT Corporation

研究期間 平成 16 年度～平成 18 年度

本研究開発の概要

今後の基幹光ネットワークでは、多様な大容量サービス信号の柔軟な収容や、光信号経路の高速設定など運用性向上が要求される。このような光ネットワークでは、高ダイナミックレンジ適応制御を経済的に実現する適応制御型光トランスポートネットワーク技術が必須となる。本研究では、(1)光位相・周波数情報を駆使した新符号化技術、(2)多様な光信号形式に柔軟に対応可能な信号品質監視技術、(3) 適応制御システム設計技術を確立し、学術的貢献を通じて日本技術の COE(Center Of Excellence)を確保するとともに、本技術分野での日本発の新国際標準を先導する。具体的には、国内外の学会活動の参加のみならず、会議・ワークショップの企画立案から積極的に参画し、本分野での我が国の貢献をプロモートし、ITU-T SG15 を中心に、適応制御型光トランスポートネットワークの新概念、リファレンスモデル、物理インターフェースパラメータリストについての提案し、本分野での我が国発の国際標準化活動を推進する。

Abstract

The novel optical transport technologies for adaptive optical transport network are studied. We propose the new concept, the reference models, and the physical interface parameter lists for the adaptive optical transport network and obtain an international consensus for international standard at ITU-T SG15. In this research we have established (1) novel line coding technology using optical phase or frequency division, (2) signal quality monitoring technology which can flexibly correspond to various optical signal formats and (3) adaptive-control system design technology.

1. まえがき

今後の基幹光ネットワークでは、収容サービスの大容量化に対応するために、チャンネル速度の高速化、波長数の増大が進む。これらの急激なトラフィックの変動に柔軟な対応を目的として、OADM (Optical Add Drop Multiplexer)や OXC (Optical Cross Connector)等の高機能光ノードを用いた超高速光ネットワークが検討されている。これらの光ネットワークでは波長数や信号経路長が動的に変化し、チャンネル速度も高速化するため、各物理パラメータ(光リンクパラメータ)を従来の静的な量から、ダイナミックな変動量として取り扱う必要がある。このため、様々な変動に対して許容度の高い伝送方式が重要である。更には、上記の高機能光ノードでは、電気的信号処理を介さないトランスペアレント化が進むため、ネットワークの信頼性を保証する信号品質監視・制御・設計技術が重要となってきた。すなわち、今後の新しい光ネットワークのダイナミックな特性に対応可能な**適応制御型光トランスポートネットワーク技術**が必要不可欠である。

一方、物理パラメータの国際標準を勧告化する ITU-T SG15 では、光ネットワークの高信頼化、低コスト化を実現するために、光トランスポートネットワーク(OTN)の国際標準化が推進されている。特に本研究開始時点で、図1の ITU-T SG15 WP2 においては、次世代ネットワークの新ラインレートの 40G 超高速光物理インターフェース勧告、光ファイバの統計的変動を考慮した設計勧告、さらには、OADM 等を含む高機能光ノード間インターフェースの国際標準

化が、新会期を境に始まることが予想された。

本研究では、上記を背景とし、我が国における光ネットワークにおける適応制御型光トランスポートネットワーク技術開発を活発化させるとともに、学会ならびに産業界において、日本発の優れた技術的貢献を確立し、国際標準化を先導することを目的とした。具体的には、(1)光位相・周波数情報を駆使した新符号化技術、(2)多様な光信号形式に柔軟に対応可能な信号品質監視技術、(3) 適応制御システム設計技術を柱として、海外キャリアと国際協調しつつ、ITU-T SG15 WP2 を中心とし、本分野の日本発の国際標準化貢献推進を目的とした。

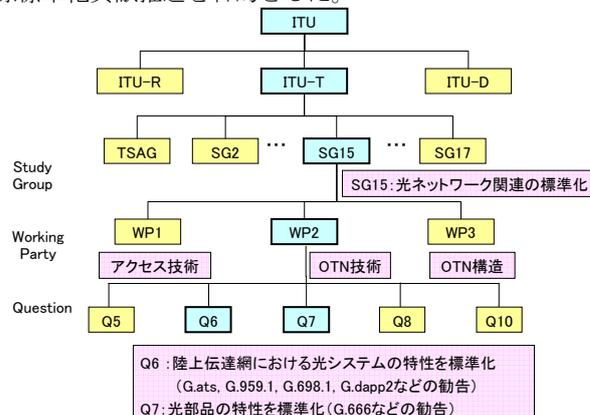


図1 ITU の構成と今回の勧告対象

2. 研究内容及び成果

本分野の研究活動活性化を目的として、国内では、電子情報通信学会において、第2種研究会「光変復調符号化技術に関する研究会」の企画/開催（3回）、シンポジウム、パネル討論の企画・開催・発表を通し、国内の優秀な研究活動を積極的にプロモートした。海外においては、IEEE/LEOS Workshopの企画・開催、IEEE JSTQE 特集号 Editorとして企画・編集に参画した。さらに、様々な国際会議の講演、研究会等において適応制御型光トランスポート技術の有用性を発表し、本分野の研究を活性化させるとともに、我が国の優れた研究活動を招待、推薦し、本分野における日本の貢献を積極的にアピールした。

本分野の国際標準化については、ITU-T SG15 WP2において、今後の新しい光ネットワークのダイナミックな特性に対応可能な適応制御型光トランスポートネットワーク技術のコンセプトとスコープについて、初めて、新勧告 G.ats（適応制御伝達システムの物理特性）として提案した。本概念の有用性が認められ、議論を継続してスコープの具体化を進めることが合意された。G.atsを具体化するため、G.959.1（OTN ドメイン間 IF）において、偏波モード分散（PMD）補償を前提とした光インタフェース規定の提案を行い、その有用性が認識された。また、偏波変動速度を規定する提案を行い、G.959.1と連携し、G.666（PMD補償器）の改版に向け、偏波変動速度を規定する新パラメータ検討を行うことが合意された。さらに、波長数変動、過渡応答などを動的パラメータとして扱う本研究提案の適応制御型光トランスポートネットワーク技術は、「λインタフェース」を規定する新勧告 G.dapp2（単一チャネルインタフェースを有する光増幅 DWDM アプリケーション）などに反映された。更に、差動位相変調方式の有用性の標準化を提案し G.supp39（光システム設計ガイドライン）、G.dapp2において、光インタフェース規定の検討を行うことが合意された。以上の成果について、ITUの構成と我々の提案した勧告の波及効果を図2に示す。研究が終了した現在、ITU-T国際標準において“適応制御型の光トランスポートネットワーク技術”の考え方が取り入れられ勧告化が進んでいる勧告群は、少なくとも4つに及んでいる。

本分野の研究活動については、まず、差動位相変調方式が様々な光リンクパラメータの変動に対して高い耐力を持つことを明らかにし、適応制御型光トランスポートネットワークに適した方式であることを示し、国内外での本方式の有用性と本分野のプロモート活動を推進した。これらの活動が呼び水になり、差動位相変調方式の研究開発が世界的に活発化し、最近、我が国で、世界初の同方式を用いた陸上大容量波長多重伝送方式の実用化がなされた。

また、適応型ネットワークの重要課題として、光ファイバの統計的変動に起因する光信号劣化要因をモニターし、柔軟に制御する技術の研究を進めた。光ファイバの統計的変動として、偏波モード分散による信号劣化の変動を引き起こす偏波変動の変動速度を定量化した。これにより、適応型偏波モード分散補償器に必要な応答速度の指針を明確化し、実用的な偏波モード分散補償器の実現およびその標準化への指針を得た。更に、複数の EDC（電気分散補償器）を高速選択することにより、PMD変動に対し高速適応制御を可能とする新補償技術を考案し、効果を確認した。本提案は、適応型 PMD 補償技術の高度化に貢献するものである。

3. むすび

本研究では、今後の基幹光ネットワークで収容サービスの大容量化や急激なトラフィックの変動に柔軟に対応するための適応制御型光トランスポートネットワーク技術を

提案し、本研究分野のプロモート、学会活動、国際標準化を先導した。ダイナミックな物理パラメータ変動を高精度に監視し、柔軟に制御するための光信号品質監視技術、光変復調技術、光信号適応制御技術について検討を行い、海外キャリアと国際協調しつつ、国際標準化を進めた。G.atsの基本概念とその発展形態は、上記の技術検討を基に、多様な大容量サービスの収容、光信号経路の高速設定などの運用性向上に対応できるシステムとして、様々な標準化に波及して進展している。

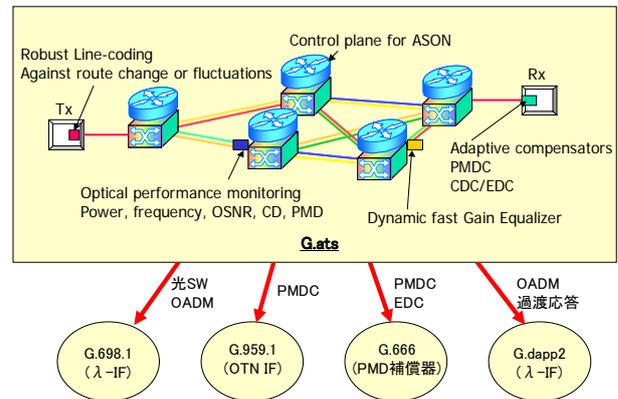


図2 G.atsの基本概念とITU-T勧告への波及効果

【国際標準提案リスト】

- [1] ITU-T SG15 第1回会議、delayed contribution D102、"Physical characteristics of future adaptive transport system (Proposed draft new Recommendation G.ats)"、2004年11月29日
- [2] ITU-T SG15 第3回会議、delayed contribution D536、"New application code in G.959.1 based on adaptive PMD compensation"、2006年2月7日
- [3] ITU-T SG15、Q6 中間会合、contribution WD6-18、"Proposal for 40 Gbit/s modulation format"、2007年2月26日

【参加国際標準会議リスト】

- [1] ITU-T SG15 第1回会議、Geneva、2004年11月29日-12月3日
- [2] ITU-T SG15 第3回会議、Geneva、2006年2月6日-2月17日
- [3] ITU-T SG15、Q6 中間会合、Turin、2007年2月26日-3月3日

【誌上发表リスト】

- [1] 宮本裕、"超高速チャンネルを用いたフォトニックネットワークのための光変調・復調技術"、レーザー研究 33.2号「最新の高速度光通信技術の進展」特集号（2005年2月発行）
- [2] Yutaka Miyamoto、"Advance modulation formats for high-capacity optical transport network"、ECOC2005, paper Th1.2.1, (Glasgow), (2005年9月29日)
- [3] Eiji Yoshida、"High-capacity transport system using differential phase-shift keying format and adaptive compensation"、The joint international conference on optical internet and next generation network (COIN-NGNCON 2006), (Korea), (2006年7月12日)

【申請特許リスト】

- [1] 木坂由明、宮本裕、"受信回路および伝送システム"、日本、2006年3月30日出願