

超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発

課題II 基幹ネットワーク高速大容量化・低消費電力化技術

担当課室名：国際戦略局 技術政策課 研究推進室

実施研究機関：日本電信電話(株)、日本電気(株)、富士通(株)

研究開発期間：H24年度～H26年度

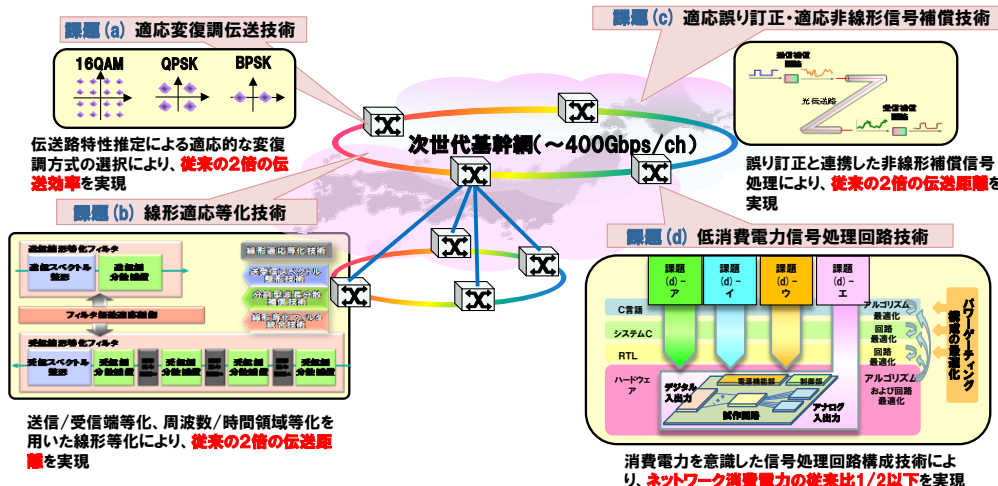
研究開発費：H24年20.0億円、H25年18.5億円、H26年2.1億円 計40.6億円

1. 研究開発概要

・ **目的**： ICT利活用の拡大に伴う通信量及び消費電力の急激な増大に対応するため、伝送方式の高性能化や新型ファイバの導入等により、ネットワーク全体の超高速化、低消費電力化、耐災害性の強化を同時に実現する技術を確認し、国民生活の利便向上と地球温暖化対策に貢献する。

・ **政策的位置づけ**： 「新成長戦略」(平成22年6月 閣議決定)、「科学技術基本計画」(平成23年8月 閣議決定)、「新たな情報通信技術戦略」(平成22年5月 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定)において、情報通信システムの低消費電力化を実現する新技術の開発を促進すること、世界的な成長が期待され、我が国の強みを有する技術分野として新世代・光ネットワーク技術が掲げられた。

・ **目標**： 基幹ネットワークの長距離伝送に適したデジタルコヒーレント方式において、伝送距離・伝送路の特性に応じ、変調時の多値度を適応的に変化させる技術、1チャンネルあたり400Gbps級の伝送速度を実現する技術の実現を目標とした。更に、国際的な検討フェーズや市場の必要時期を勘案しつつ、状況に応じて国際標準化機関への提案を行うこととした。



2. 研究開発成果概要

■ 本研究開発では、1チャンネルあたり400Gbps級(従来の商用システムの10倍)の高速大容量伝送技術等を有する将来の超大容量光伝送システムを低消費電力で実現するため、以下の技術を確認。

- ・ 課題(a) **適応変復調伝送技術**： 伝送距離・伝送路の特性に応じ、多値度(BPSK/QPSK/8QAM/16QAM)を適応的に変化させること等により、従来の2倍の伝送効率を実現する技術
- ・ 課題(b) **線形適応等化技術**： 光信号の劣化を回復し、信号の伝送品質を維持する技術
- ・ 課題(c) **適応誤り訂正・適応非線形信号補償技術**： 受信信号を適応的に補償し伝送距離を拡大する技術
- ・ 課題(d) **低消費電力信号処理回路技術**： 基幹ネットワークの消費電力を従来の1/2以下に低減する技術

■ LSIに実装可能なアルゴリズムを用いた長距離・大容量伝送実験及びフィールドトライアルに成功。

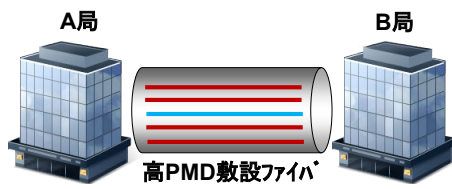
- ・ 伝送距離3,000km(DP-QPSK)を達成
(海底用特殊ファイバでは最長距離10,000km(DP-QPSK)を実証)
- ・ 敷設ファイバによる400Gbps(DP-16QAM)/100Gbps混在伝送

■ DSP-LSIチップが完成。

100G/400G混在波長多重伝送

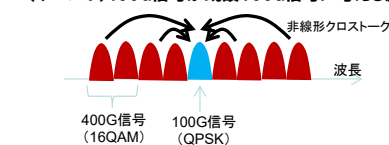


400G DSP-LSI

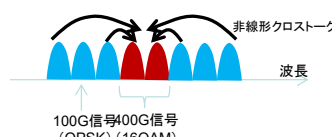


— 16QAM光信号(400G)
— QPSK光信号(100G)

(ケース1)400G信号が既設100G信号に与える影響を評価



(ケース2)既設100G信号が400G信号に与える影響を評価



3. 成果から生み出された経済的・社会的な効果

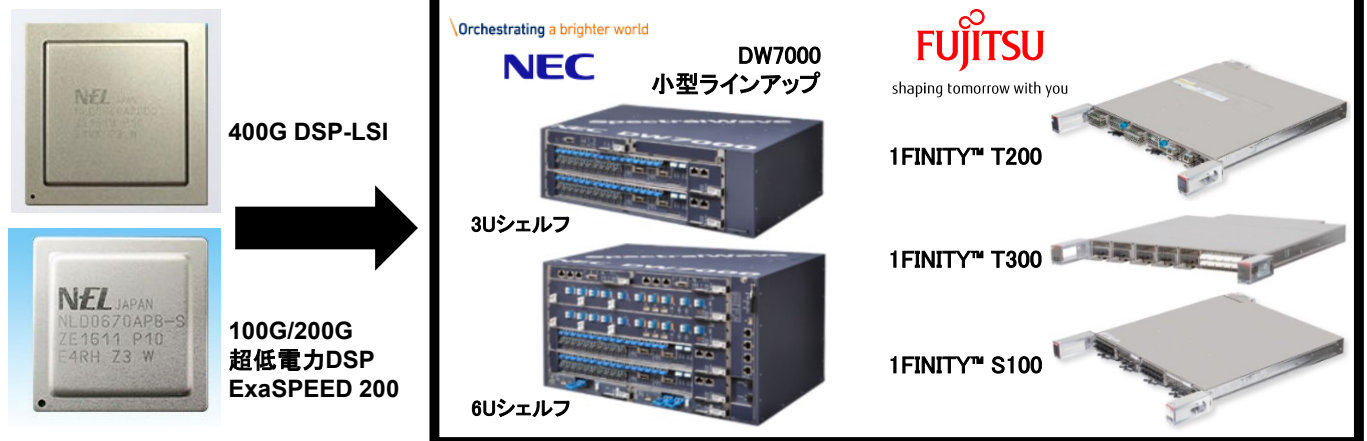
<成果の社会展開に向けた取組状況>

取り組み方針:

国際標準化活動、成果発表会、フォーラム活動、報道発表等を通じて本プロジェクトで得られた成果を積極的に社会展開し、技術トレンドを牽引。本研究開発の成果を更に発展させ、超大容量光ネットワークの一層の高信頼化・経済化に資する基盤技術の開発を推進するとともに、システム実用化、装置製品化にも積極的に取り組むことで、指標(ベンチマーク)として、成果を適用した製品化事例として累計6件、実際の国内外のネットワークへの適用事例として累計6件を本研究開発の終了後5年以内に達成することを目指した。

進捗及び達成状況:

本研究開発成果を適用することで、200Gb/s高性能DSP「ExaSPEED Ultra」並びに100G/200G超低電力DSP「ExaSPEED 200」(NTTエレクトロニクス)、光伝送装置「1FINITY T200、T210、T300、T310、S100」(富士通)、及びパケット光統合トランスポート装置「SpectralWave DW7000」の小型モデル、200Gトランスポンダ、海底システム向け光伝送装置(NEC)が製品化。また、前述の製品はNTT事業網を含む複数の国内外キャリアのネットワークや海底ケーブルシステムへ適用されており、目標の100%以上を達成。



<新たな市場の形成、売上げの発生、国民生活水準の向上>

本研究開発の成果に関連して、本研究開発終了後5年間の国内外の売上は累計で360億円超。本研究開発の成果は、それを活用した製品が高い国際競争力を獲得することにつながるとともに、国内ネットワークに導入されることで国民生活水準の向上等にも貢献。

<知財や国際標準獲得等の推進>

本研究開発の成果に関連して、特許出願84件(うち海外分39件)を実施し、知的財産の獲得を積極的に推進。また、OIF(Optical Internetworking Forum)において、次世代100G コヒーレントモジュール向けリニアドライバに関する寄書提案を行い、平成27年に正式合意・発行。ITU-T(国際電気通信連合・電気通信標準化部門)において、フレキシブルグリッドにおける多様な変調方式(BPSK、QPSK、8QAM、16QAM、32QAM、64QAM)を考慮したB100G-OTNに対する要求条件、ネットワークオペレータの観点でハードウェアモジュールとして考慮すべき要求条件に関する寄書提案等、計4件の提案を行い、本成果の市場展開に向けた国際標準化にも注力。

4. 成果から生み出された科学的・技術的な効果

<新たな科学技術開発の誘引>

本研究開発の成果は、OFCやECOC等の主要な国際会議、論文誌、国内学会等で多数発表され、学会にも大きなインパクトを与えた。デジタルコヒーレント光伝送技術の更なる高速化・高機能化を目指した400Gbps超級関連のプロジェクト(総務省委託研究「巨大データ流通を支える次世代光ネットワークの研究開発」並びに「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」等)にも本研究開発の成果が活用されており、新たな科学技術開発の誘引に寄与。

5. 副次的な波及効果

<副次的な波及効果>

本研究開発期間中に、地理的に分散した複数のデータセンタを接続するデータセンタ間接続通信(DCI)の需要が急速に増大。本研究開発の成果は、ビットあたりの装置占有スペースを大幅に削減し、スペースにゆとりがないデータセンタでも迅速なネットワーク構築を可能とすることに寄与。映像データやビッグデータの急速な拡大にも迅速、柔軟に対応可能なICTの基盤技術の進展に資することで、我が国の産業競争力の強化にも貢献。

6. その他研究開発終了後に実施した事項等

<周知広報活動の実績>

成果発表会、フォーラム活動、報道発表等を通じて 成果について積極的に発表することで、技術トレンドを牽引。以下の国際会議や展示会、さらにはシンポジウムの開催等により、本研究開発に参画した各社の成果とその意義について積極的に発表。

【成果発表】

FOE 2015、OCS Summer School 2015・2016、電子情報通信学会ソサイエティ大会2015・2017、ECOC2015・2017、フォトニックネットワークシンポジウム2016・2017、2016年電子情報通信学会総合大会、OFC 2016・2017、光通信システム研究会、OECC2016、電子情報通信学会 PN研究会、DAシンポジウム、超高速フォトニクスシンポジウム、Mobile World Congress併設展示会、第17回光通信技術展、OCS研究会11月研にて講演。OECC2016、IEICE Transactions on Communications、ECOC2018、にて論文発表。

【報道発表】

平成24年度に4件、平成26年度に2件、平成27年に1件、平成28年に1件実施。

世界最高水準の400ギガビット級光伝送技術の実用化に目処
～最大10,000kmの長距離・超高速光伝送実験に成功～

- 1) 10,000km (毎秒12.4テラビット(4値信号))
- 2) 5,600km (毎秒18.5テラビット(8値信号))
- 3) 2,000km (毎秒24.8テラビット(16値信号))

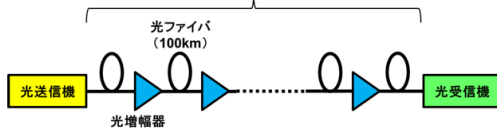


図1 伝送実験系構成



<その他の特記事項に係る履行状況> (研究開発終了後も行うべきものについて)

本成果を発展させる取組として位置付けられる総務省委託研究「巨大データ流通を支える次世代光ネットワークの研究開発」並びに「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」において、学識経験者・有識者によるアドバイザー委員会を複数回開催し、研究開発の方向性や実用化に向けた方針についてアドバイスを受けながら成果展開等を推進。



OECC2016 Best Paper Award



平成31年度情報通信月間推進協議会会長表彰
志田林三郎賞



令和2年度文部科学大臣表彰
科学技術賞

7. 政策へのフィードバック

<国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性>

平成21～23年度に実施した「超高速光伝送システム技術の研究開発」及び「超高速光エッジノード技術の研究開発」の成果を活用し、100Gbps級デジタルコヒーレント光伝送システムの実用化を達成。これを受け、更に増大する通信トラフィックに対応可能な光ネットワークインフラを実現するため、ポスト100Gbpsを見据えた基盤技術の早期実現を目指して本研究開発に取り組んだことは極めて有効であり、テーマ設定や実施時期等からも、本研究開発を国家プロジェクトとして推進したことは妥当。今後、メロ・DCIネットワーク等へ適用領域が急速に拡大することが予想され、更に超大容量かつ低消費電力な光ネットワーク技術が必要となる中、本研究開発の成果も活用しつつ、引き続き、関連する技術開発を継続的に推進していくことが重要。

<プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取組み等に関する今後の政策へのフィードバック>

本プロジェクトは、大規模LSIを試作可能な予算を確保し、タイムリーに400Gbps級の大容量伝送を低消費電力で実現可能な基盤技術を確立できたことが成功要因の一つ。今後もタイムリーな実用化が重要。我が国が世界を先導している光通信分野では、国内外の市場や標準化の動向等を注視しつつ、引き続き関係者が協力して国際競争力を向上させていくことが重要であり、我が国のプレゼンスを維持・向上していくためにも、今後も関連の取組を継続することが必要。