

# 超高速光伝送システム技術の研究開発 (イーサネット向け超高速省電力光伝送技術)

情報通信国際戦略局 技術政策課 研究推進室  
(実施研究機関：株式会社日立製作所、  
日本電信電話株式会社、三菱電機株式会社)  
H21年度予算額11.7億円

## 1. 研究開発概要

### 1. 目的

ネットワークを流通する通信トラフィックの増加に対応するためLAN及び光アクセスネットワークからメトロ・基幹光ネットワークに至る全てのネットワーク要素について更なる大容量化が求められている。また、地球温暖化対策や低炭素社会への移行の観点から、ネットワークの省電力化が同時に求められている。本研究開発では、これらに対応する、高速・高品質な信号伝送を実現するための光通信技術および、ネットワークの省電力化を可能とする技術の開発を行う。

### 2. 政策的位置付け

本研究開発は、「第3期科学技術基本計画分野別推進戦略」(平成18年3月 総合科学技術会議)における、「オール光通信処理技術」の関連施策として取り組まれた。「重点計画2008」(平成20年8月 IT戦略本部)では、「ネットワークの大容量化・高機能化を図るとともに、高い電力効率を目指し、産学官の連携のもと我が国が世界に誇る「光」技術の研究開発を推進し、増大する通信トラフィックに対応した低消費電力で安定したネットワークを実現する」ことが政策目標として掲げられている。総務省の「UNS研究開発戦略プログラムⅡ」(平成20年6月 情報通信審議会答申)や「デジタル日本創生プロジェクト(ICT鳩山プラン)-骨子-」(平成21年3月17日)、「未来開拓戦略」(平成21年4月17日 経済財政諮問会議)においても、次世代光通信技術の研究開発の加速化による国際競争力の強化や、IT を活用した省電力エコ・インターネットの実現などが、政策目標として掲げられている。

### 3. 目標

次世代の100GbイーサネットLANの低消費電力化を実現するための省電力イーサネット方式の研究開発を行う。

電気インターフェースの伝送速度の向上と信号本数の削減により省電力化を実現する(1)パラレル100Gb-LAN向け高速省電力伝送技術、光インターフェースの伝送速度の向上と信号本数の削減により省電力化を実現する(2)シリアル100Gb-LAN/パラレル400Gb-LAN向け高速省電力信号伝送技術、及び100Gbps光通信普及の基礎となる(3)100Gbps光インターフェース技術(LAN向け、25Gbps×4チャンネル)を確立する。

## 2. 研究開発成果概要

### (1)パラレル100Gb-LAN向け高速省電力信号伝送技術

従来方式に比べ消費電力を削減した高速省電力パラレル伝送制御技術の実機検証を行った。伝送距離20cmでビットエラーレート $1 \times 10^{-12}$ の28Gbps電気インターフェース技術、100GbイーサネットLANに要求される信号品質と省電力を両立するサブシステム化方式、及び部品点数削減、省スペース化、省電力化を実現した光・電子融合設計技術を確立した。

### (2)シリアル100Gb-LAN/パラレル400Gb-LAN向け高速省電力信号伝送技術

電力消費を適応的に削減する物理層のシリアル高速省電力信号伝送技術、100Gbps×1チャンネルのLAN向け信号伝送を省電力、かつ低ビットエラーレートで実現する光多値変復調方式及び送受信信号処理技術を確立した。さらに、100Gbps×1チャンネルの信号伝送を省電力、かつ低ビットエラーレートで実現する高速アナログデジタル変換(ADC)技術及び高速デジタルアナログ変換(DAC)技術を確立した。

### (3)100Gbps光インターフェース技術

容積1.3cc、消費電力0.7Wの100Gbps光受信インターフェース技術、及び、容積1.5cc、消費電力0.78Wの100Gbps光送信インターフェース技術を確立し、試作機による動作実証を行った。

## 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>

H22年度以降の自主研究、および総務省委託研究(H24～H26年度)を活用し、高速電気伝送技術、直接検波光多値伝送技術、パラレル/シリアル伝送制御技術の研究を実施した。総務省委託研究においては開発技術の400GbE伝送技術への展開を企図し、400GbE標準化に積極的に寄与することで開発技術の社会展開を図った。

H22年度以降も小型光IF部品の研究を継続し、成果をOFC、ECOC等の主要な国際会議で報告した。総務省委託研究(H24～H26年度)を活用し、次世代400GbE用光IFの研究開発を行った。

H22年度以降の自主研究にて改良試作を継続的に実施し、光インターフェース技術の一部を適用した100Gbpsイーサネット用光インターフェース製品を事業化、成果の社会展開に貢献した。さらにシリアル40Gbps、100Gbpsや次世代の400Gbpsに適用可能な光インターフェース形状の標準化活動に取り組んでいる。

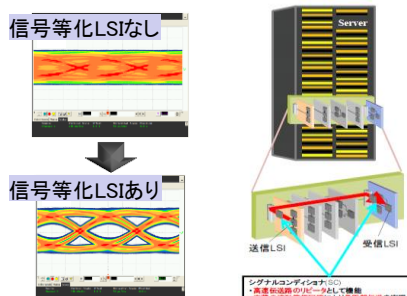


図1: (日立)高速電気IFの信号等化機能(10Gbps)

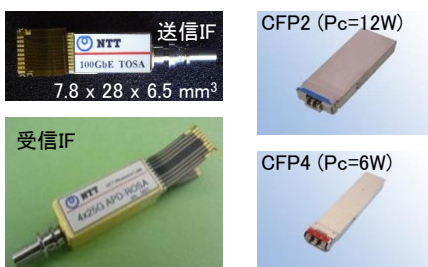


図2: (NTT)小型化した25Gx4送信IF・受信IF(左)と小型Txプロトタイプ(右)



図3: (三菱)製品化した小型波長多重技術を適用した100Gbps光インターフェース

### 3. 成果から生み出された経済的・社会的な効果（続き）

#### <知財や国際標準獲得等の推進>

OIFの電気インターフェース規格CEI(CEI-28G-VSR)を中心に、本成果の高速伝送仕様を提案し、合意を形成(OIF-CEI-03.1発行済(H26.2.18))した。IEEE802.3の100GbE第2世代標準(IEEE P802.3bm)にて、電気伝送25G×4レーン構成でCEI-28G-VSR規格が利用され、「IEEE 802.3bm Std」規格が発行された(H27.2)。1件特許取得。

本研究開発にて確立した技術を活用して、光通信用トランシーバに適用するシリアル40Gbps光インターフェースの標準化規格へ積極的な提案を実施した。国際電気標準会議(IEC)において、IEC 62148-18 ISとして標準化された(H26.11)。現在は100/400GbEに適用可能な光インターフェース規格の提案活動を実施中である。

#### <新たな市場の形成、売上げの発生、国民生活水準の向上>

高速電気インターフェース技術について、信号等化LSIとして製品化し(H23年度)、大型サーバ製品のバックプレーン/ケーブル伝送に適用した。

光トランシーバ・メーカーと協力し、100GbE用小型TRxのプロトタイプをOFC展示会(H23、H24)にて展示し、小型TRxの普及活動を行った。一部の技術は、グループ会社に技術移転を行った。

小型波長多重技術を、100Gbps光インターフェースに適用して製品化を行った(H25年度)。

### 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>

直接検波多値信号を省電力かつ低誤り率で処理する信号処理技術を開発し、今後のLAN向け短距離伝送において多値伝送を活用する技術の基礎を築いた。終了後も多数の研究発表を行い、国際会議(OECC)における100Gシリアル高速省電力信号伝送実験に関する発表はベストペーパーアワードを受賞し、高い評価を得た。

上記成果は、コヒーレント長距離伝送におけるデジタル遅延検波技術への展開や、さらなる実用性の向上と高度な科学技術開発のため、総務省委託研究(H24～26年度)へと継承され、400GbE伝送技術としての昇華と実用化実証を行っており、成果の一部は、IEEE802.3bs 400GbEタスクフォース(100Gx4値)などの標準化活動に展開中である。

100GbE小型光IF技術は、光トランシーバ・メカを通じて、当初予定通りに普及が進んでおり、光送受信装置の低消費電力化・高密度実装化に貢献した。本技術は、400GbE、1TbEなどの研究開発の基礎となっている。

異なる波長の複数の光信号を小型、低損失に合分波する波長多重技術を開発し、今後の数十km程度の中距離通信において中心的な方式であり、400GbEにも展開可能な波長多重伝送技術の基礎を築いた。成果の一部は、小型化や低消費電力化をさらに進めた光インターフェース製品に適用され、光通信事業の拡大に貢献した。上記の製品開発や実装技術に関して、査読付き論文や国際会議など、多数の研究発表を実施した。

### 5. 副次的な波及効果

本研究と自主研究を通じ、日立製作所、日本電信電話会社、三菱電機の連携体制が構築され、総務省委託研究「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発(H24～26年度)」などの研究開発プロジェクトの基礎となった。

### 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> 本研究終了後、積極的な発表活動を継続し、H26年度までに以下の情報発信を実施した。

- |                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| ・査読付き誌上発表論文数: 18件(うち海外15件) | ・その他誌上発表数: 2件(うち海外1) |
| ・口頭発表数: 22件                | ・報道発表数: 1件           |
|                            | ・報道掲載数: 3件           |

<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)

- ・外部学識経験者より成るアドバイザリ委員会を構成し、年度途中(2009年11月)に委員会を開催、研究目標/アプローチ等に対する評価とコメントを頂き、以後の研究遂行においてフィードバックを行った。
- ・超高速光伝送において、より実用化と製品に密着した成果創出を目的とし、LAN向け超高速光部品・モジュールの製品化が可能な共同研究体制を構築、研究開発を推進し、研究成果の早期の社会還元を達成した。
- ・本研究開発成果をもとに、光トランシーバ・メカと協力し、小型TRxの開発を加速することができた。

### 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>

- ・米国企業中心に推進されるイーサネット標準に対し、大規模な投資による国産技術レベルの向上だけでなく、我が国の国際競争力強化に貢献するなどの成果を得られ、国家プロジェクトでの推進、及び計画設定が妥当であったと考える。
- ・小型100GbEトランシーバの普及が当初予定通りに進んでおり、市場が成長するフェーズにある。これに先立ち製品開発を目指したプロジェクトを進めており、最適なタイミングでのテーマ設定であったと考える。

<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>

- ・1年の研究期間の中で、他社連携による相乗効果を成果として得ることは難しい面もあったが、企画立案の段階から、課題の乱立に注意し、期間内で最大の成果が得られる課題設定および連携体制を検討することが重要である。
- ・標準化の進捗や時流などに実用化が依存する研究開発は、一般的な追跡評価のタイミングが適当でない場合がある。本成果も今後の市場動向が注目される分野にあり、引き続き、関連施策と共に成果展開を調査していく必要がある。