

アクセス技術の研究開発

(1) 研究の目的

1 波長もしくは複数波長を用いる 100Gb/s 級光アクセス基本技術を確立し、10 地点以上を結んだテラビットクラスの広域 LAN 環境を実証するとともに、国際標準の獲得を目指した提案を行う。

(2) 研究期間

平成 18 年度から平成 22 年度 (5 年間)

(3) 委託先企業

日本電信電話株式会社 < 幹事 >、日本電気株式会社、国立大学法人東京大学、NTT コミュニケーションズ株式会社、三菱電機株式会社、株式会社日立製作所、株式会社 KDDI 研究所、学校法人慶應義塾

(4) 研究予算 (百万円)

平成 18 年度	419
平成 19 年度	405
平成 20 年度	380
平成 21 年度	312

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：波長多重シームレスアクセス技術

- ア - 1 多波長並列高速伝送技術 (日本電信電話株式会社)
- ア - 2 超高速 MAC 技術 (日本電気株式会社)
- ア - 3 テラビット級 LAN 多重アクセス技術 (東京大学)
- ア - 4 広域アクセスプロトコル技術の開発 (NTT コミュニケーションズ (株))

課題イ：フレーム多重超高速アクセス技術

- イ - 1 超高速フレームアグリゲーション技術 (三菱電機株式会社)
- イ - 2 超高速物理層制御技術 (株式会社日立製作所)
- イ - 3 超高速フレーム伝送技術 (株式会社 KDDI 研究所)
- イ - 4 広域系 LAN シームレスプロトコル技術 (慶應義塾大学)

(6) 主な研究成果

特許出願：国内出願 22件 外国出願 5件
外部発表：研究論文 77件 その他研究発表 123件
報道発表 12件 展示会 60件 標準化提案 21件

具体的な成果

連携実験

「高機能フォトニックノード」「ユーティリティ」と連携し、小金井と大手町を結ぶ JGN2plus 光テストベッドを用いて、複数波長を束ねて最大 40Gbps でユーザ間を結ぶ「広域テラビット LAN」実証実験に成功（参加メンバ：NTT、NTT コミュニケーションズ）。また、光通信関連で日本最大の研究会 OCS シンポジウム（2009年12月10-11日：静岡県三島市）に出展、連携実験模様を映像紹介するとともに、アクセス研究成果を展示。

標準化提案

策定した標準化戦略に沿って ITU-T で提案実績を積み、IEEE で検討が進む 40GbE を光転送網 OTN で運ぶ際のビット誤り監視方式の標準化に成功。昨年度の符号変換方式とあわせ、国際標準 G.709 改訂版として発効(12月)。

課題ア：波長多重シームレスアクセス技術

ア-1 多波長並列高速伝送技術（日本電信電話株式会社）

- ・（ア-4）や他プロジェクトとの連携実験を行い、3 拠点の TLAN NIC 間に 40Gbps の光パスをオンデマンド設定し、4K60P 非圧縮映像（12Gbps）の広域配信（世界初）など T-LAN 環境の実演に成功
- ・ 100Gbps 級の光パス容量可変機能を実装し基本機能検証を完了（ア-2）（イ-2）や（ア-3）との連携に必要な 100G 接続インタフェース(IF)回路およびバースト接続電気 IF の基本機能検証を完了

ア-2 超高速 MAC 技術（日本電気株式会社）

- ・ 100G 動作が可能な広帯域・低遅延型 CRC 演算処理を適用した、100Gbps 帯域のメガバイト級フレーム送受信処理回路を試作完了。
- ・ 平成 20 年度に課題ア-1 と連携して試作した符号処理ボードを用いて、MAC-PHY 間に相当する 100G インタフェースの接続動作に成功。また、ボード内の並列信号の自動スキュー調整技術を確立。
- ・ 試作したメガバイト級フレーム送信/受信回路を用いて、2 台の符号処理ボード間で転送を確認し、メガバイトフレーム送受信動作を実現。

- ・ MAC 高機能化として提案中の MAC 再送制御を 9KB フレームに適用した計算機 Sim を実施。距離 1000km で、98Gbps 超の TCP スループットにより、提案方式とユーザトラヒックの親和性を明らかにした。

ア - 3 テラビット級 LAN 多重アクセス技術 (東京大学)

- ・ 光パス交換と多波長光バースト交換を組み合わせたハイブリッド型 Add/Drop リングネットワークアーキテクチャの提案・特許申請
- ・ ハイブリッド型 Add/Drop リングネットワーク交換ノードの設計
- ・ 10Gbps x 12 波長の環境でハイブリッド型 Add/Drop リングネットワーク交換ノードの検証成功
- ・ 連携実験に向けた基礎検証完了

ア - 4 広域アクセスプロトコル技術の開発 (NTT コミュニケーションズ (株))

- ・ アクセス網で GMPLS を利用しないケースでの複数波長パス設定機能開発
- ・ 既存波長パスへのパス追加・削除機能のシグナリング拡張
- ・ ユーティリティとの接続 IF 開発
- ・ 外部アプリケーションとの連携用 IF 開発
- ・ 課題ア - 1、課題ア - 4、ユーティリティの連携実験により、複数の波長パスを 1 本に集約して広域ネットワーク越しに大容量リンクを生成する波長パスアグリゲーション技術を実証

課題イ：フレーム多重超高速アクセス技術

イ - 1 超高速フレームアグリゲーション技術 (三菱電機株式会社)

- ・ (イ - 2) および (イ - 4) との連携実験を行い、100Gbps の CAUI インタフェース接続および制御チャンネルの連携動作を確認。10GE x 10 ポート + 制御チャンネル GbE x 1 ポートの多重分離動作検証を完了。
- ・ 昨年度考案し、論理検証まで行った DS-SWFQe (Delay Sensitive Simplified Weighted Fair Queuing Enhancement) を上記検証装置に実装し、10GE x n (n によらずクロックレートを一定化) の入力を 10GE ポートへ複数データストリームの帯域および遅延を保証して多重する動作の基本検証を完了した。

イ - 2 超高速物理層制御技術 (株式会社日立製作所)

- ・ 物理層制御回路の主信号経路において、DQPSK 光伝送に必要な差動符号化の RTL 論理記述、及び 20Gbps (10Gsps) での動作を確認し、

RTL 論理の正常動作を確認完了

- ・ 100Gbps 課題間共通インタフェースの RTL 論理記述と安定動作のための機能拡張、及び適用先課題（ア - 2 , イ - 1 ）での動作検証を完了
- ・ 100Gbps 級プロトシステム装置（2 ポート分）の設計・製造と、同システム上での物理層制御回路及び課題間共通インタフェース回路の 100Gbps 動作検証を完了
- ・ 課題イ - 1 のフレーム多重装置、課題イ - 3 の DQPSK 光送信機及び受信機、課題イ - 4 の高速故障救済機構とのインタフェースに関し、相互接続実験（各 3 課題との個別接続、及び 4 者統合接続）を行い、主信号系の 100Gbps 級動作、障害発生時の通知機能を確認
- ・ 誤り訂正符号処理（LDPC 符号）のメニーコアプロセッサへの実装を実施

イ - 3 超高速フレーム伝送技術（株式会社 KDDI 研究所）

- ・ 単一波長 100Gbps クラス光信号の 40km 伝送を早期に実現する方式として、DQPSK 方式を用いた 100Gbps 送受信部の試作を完了。
- ・ 100Gbps クラス伝送のさらなる簡略化の可能性を有する光 OFDM 方式について、受信機構成を簡略化可能な直接受信方式による 100Gbps 伝送の実証。
- ・ 光 OFDM 方式による 100Gbps 送信機を実現するための主要部品であるデジタル / アナログ変換器の必要仕様の見極め。

イ - 4 広域系-LAN シームレスプロトコル技術（慶應義塾大学）

- ・ OAM 的な共通アーキテクチャ仕様書案に基づいた高速故障救済機構の課題イ - 2 試作装置との連携動作確認、及び自動設定プロトコルの設計完了
- ・ キャリアグレード制御チャネルの課題イ - 1 試作装置との連携動作確認
- ・ GMPLS VLAN 制御システムに対する P-MP 接続機能拡張の実現
- ・ ユーザサービス・アプリケーション要求書に基づいた、大容量アプリケーションの高度化
- ・ 次世代レイヤ 2 網コアスイッチエミュレータにおける N × N スイッチプロトタイプの開発

(7) 研究開発イメージ図

「λアクセス技術の研究開発」の開発成果について

1. 施策の目標

・2010年度までに100Gbps級の光アクセス基本技術を確認するとともに、波長多重シームレスアクセス技術やフレーム多重超高速アクセス技術の確立(2020年度以降)に資する要素技術を提供する。

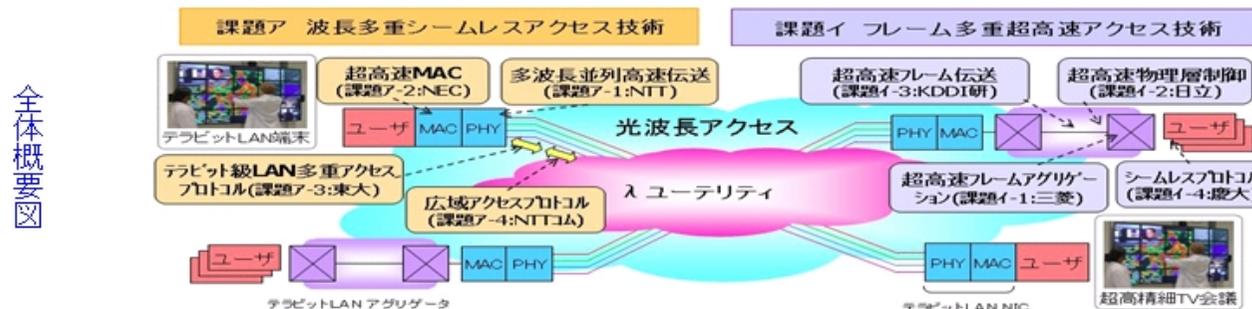
2. 研究開発の背景

・新たな広帯域データ転送サービスへの期待が高まっており、4kデジタルシネマ映像ストリーム(非圧縮:約6Gbps)やスーパーハイビジョン(非圧縮:24Gbps)などが提案として挙がっている。このような大容量映像のストリーム配信や映像ファイルの瞬時転送のためには、100Gbps級の光アクセス技術が必要となる。しかしながら今日では、ユーザ設備であるLANに由来するイーサネット技術が、アクセス系、更には広域系に徐々に浸透しつつある。イーサネット、更にはその上で運ばれるIPプロトコルなど、エンドシステム(ユーザ)由来の通信技術に関する研究開発は米国が先行している。そこで、我が国の先端光通信技術を活かして米国主導のイーサネットLAN研究開発にくさびを打ち込み、一方で、ハイエンドユーザ需要からパラダイムシフトを予見した新たなコンセプトに基づく研究開発を実施して次世代のテラビットLAN(ポスト・イーサネット・ステージ)の国際標準技術を確認するための戦略的開発を早期に進める必要がある。

3. 研究開発の概要と期待される効果

・λアクセス技術は①波長多重シームレスアクセス技術の研究開発と②フレーム多重超高速アクセス技術の研究開発に大別できる。

①ではメガバイトクラスの超ジャンボフレームを用いて、ユーザやアプリケーションあたり1Gbps~10Gbpsを超えるデータストリームを複数波長に分配してネットワークにアクセスする波長多重シームレスアクセス技術の研究開発する。②では100Gbpsを超える速度で、統計的にサービス品質を考慮してフレームを多重し、単一波長で送出するための符号化技術および伝送技術の研究開発する。これらのアプローチによって米国主導のイーサネットLAN研究開発にくさびを打ち込み、一方で次世代のテラビットLAN(ポスト・イーサネット・ステージ)の国際標準技術を確認する。



4. 研究開発の期間及び体制

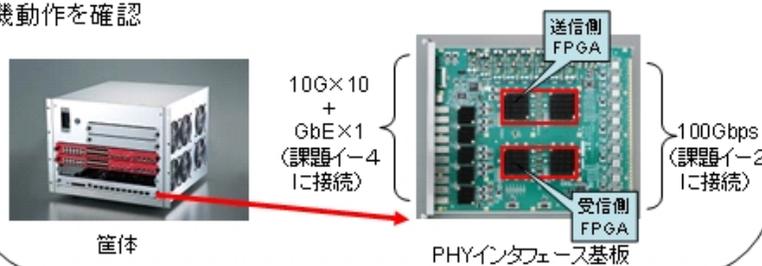
平成18年~平成22年(5年間)

日本電信電話株式会社<<幹事会社>>、
日本電気株式会社、国立大学法人東京大学、NTTコミュニケーションズ株式会社、
三菱電機株式会社、株式会社日立製作所、株式会社KDDI研究所、学校法人慶應義塾

課題イ: フレーム多重超高速アクセス技術

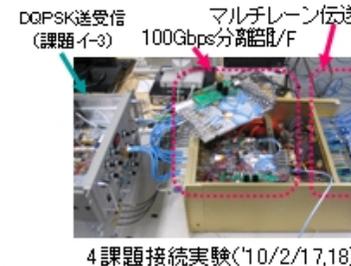
イ-1: 超高速フレームアグリゲーション技術

- 10G×10ポート + GbE×1ポート ⇔ 100Gにフレーム多重/分離する回路を実装し、実機による動作検証を完了し、課題イ-2、課題イ-4との連携動作を確認。
- 多数のトラフィックフロー、多数の高速入力インタフェースに対してフレーム多重が可能であり、クロックレート抑制により低消費電力化が可能なDS-SWFEQ方式をPHYインタフェース基板に実装し、実機動作を確認



イ-2: 100Gbps級 超高速物理層制御技術

- 100Gbps級DQPSK光信号伝送に必要な差動符号化と伝送符号化の統合実装方式を提案し、物理層論理部、多重・分離部を簡略化
- マルチレーン伝送回路のマルチベンダ接続に成功し、製品適用も実施
- 100GbE規格準拠の符号化回路と信号多重回路、多値符号変換回路を搭載したプロトシステム装置(2ポート分)を試作し、4課題連携した100Gbps級動作実験に成功

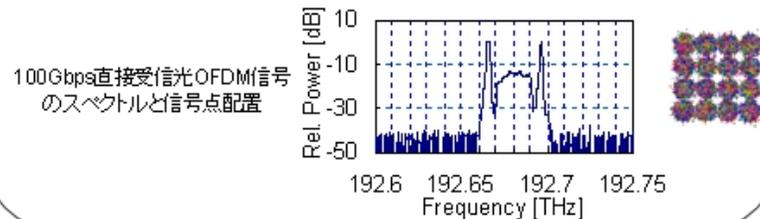


プロトシステム装置(写真右)によるフレーム伝送実験(報道発表: '09/7/15)

イ-3: 超高速フレーム伝送技術

単一波長100 Gbpsクラス光信号伝送

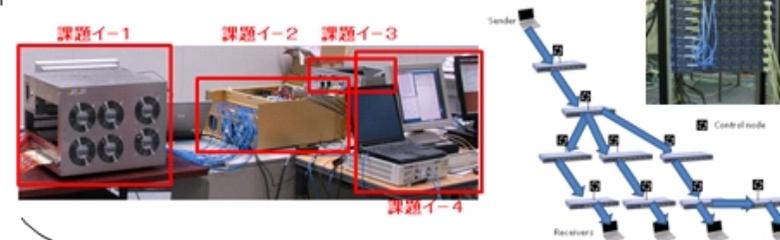
- DQPSK方式による早期実現 → 光送受信部の試作
- 光OFDM方式による大幅な簡略化、高性能化
 - 受信機の簡略化が可能な直接受信方式による100Gbps伝送の実証
 - 送信機の主要構成部品であるデジタル/アナログ変換器の所要仕様の見極め



イ-4: 広域系-LANシームレスプロトコル技術

100 Gbps超リンクによる大容量レイヤ2ネットワークのための管理・制御・アプリケーション技術基盤の構築

- 高速故障救済機構の連携動作確認(左図)
- GMPLSイーサネットパス制御システムのP-MP拡張(右図)
- 次世代レイヤ2スイッチN×Nプロトタイプシステムの開発



1. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
λアクセス技術の研究開発	22	5	77	123	12	60	21

2. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

(1) 標準化提案や報道発表

【課題アー1】:国際標準 改版発効 2009年12月、ITU-T G.709 光転送網(OTN)インタフェース (提案した40GE over OTN 方式を採録)
【課題アー1】:報道発表2009年12月8日、“波長数を変更できるパケット送受信技術を開発、大容量映像のオンデマンド瞬時配信に成功” 日経産業他5紙
【課題イー3】:報道発表2009年7月27日“光ファイバー容量世界最大”、日本経済新聞(一面)
【課題イー2】:2009年7月15日、“マルチベンダー間での100ギガビットイーサネット相互接続実験に成功”、日刊工業新聞、日経産業新聞、電経新聞、電波タイムズ、化学工業日報、Connector Specifier、yahoo finance canada

3. 研究成果発表会等の開催について

(1) 3プロジェクト連携実験(2009年11月27日:NICT小金井)実施、OCSシンポジウム(12月)出展

「λユーティリティ」「高機能ノード」と連携して、小金井と大手町を結ぶJGN2 plus 光テストベッドを用いて、「広域テラビットLAN」の実証実験を実施(参加メンバ:NTT, NTTコミュニケーションズ)。光通信関連で日本最大の研究会OCSシンポジウム(2009年12月10-11日:静岡県三島市)に出展、連携実験模様を映像紹介するとともに、研究成果技術を展示(出展メンバ:NTT, 三菱電機, 日立)。

(2) 光+IP国際会議(iPOP)での共同デモンストレーションを実施

光とIP技術の融合による新伝達網技術の国際会議iPOP(2007年6月・2008年6月・2009年6月)にて、継続的にλアクセス及びλユーティリティ合同で動態展示による研究成果発表を実施(参加メンバ:東京大学、慶應大学、三菱電機、NEC)。

(3) 標準獲得に向けた産官学連携の為の技術討論の場を主催し、All Japan の取り組みを牽引

けいはんな情報通信オープンラボにおいて、複数ワーキンググループをプロモートし、最新の研究成果の紹介や、標準獲得に向けて動向分析と技術的議論を実施。特に標準獲得に向けて、キャリアとベンダが一体となってAll Japanとしての学会ではできない徹底した議論を推進。