平成２２年度「ユニバーサルリンク技術の研究開発」の開発成果について

１．施策の目標

複数の100ギガビット級信号（ハイビジョン映画2時間相当分を1秒で転送可能なデータ量）を、約1000km級 (直線距離で東京から福岡程度)の範囲内のLAN内/LAN間で、自由に転送が可能となる電気信号基盤処理技術を2011年度までに確立する。

２．研究開発の背景

国内のブロードバンド契約者数は3093万加入（総務省発表：2009年6月現在）となり、世界トップのブロードバンド環境を実現している。 今後の持続的なブロードバンドの普及、発展には、LAN／WAN分野において、100ギガビットイーサネット信号(100GbE)を代表する大容量信号をシームレスにネットワークに収容し、光ネットワークを介して高品質に長距離伝送することが必須となる。

３．研究開発の概要と期待される効果

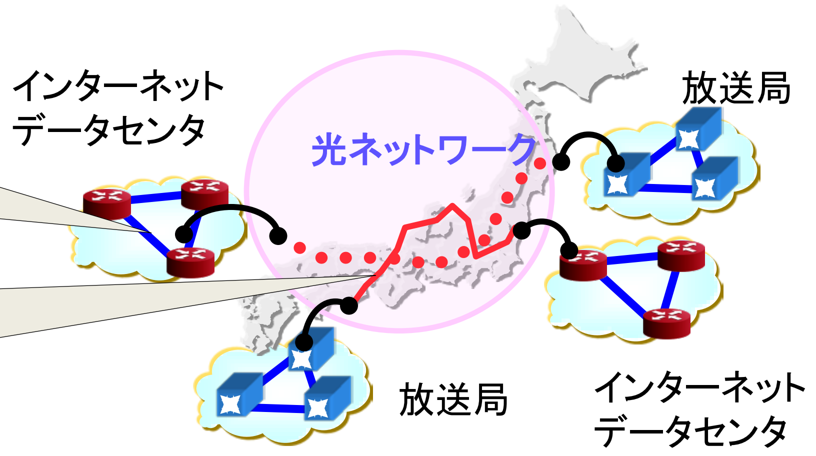
本研究の概要は、以下に示す課題ア・イから構成される上記の100GbE信号転送にかかわる電気信号処理技術の確立である。 本分野における積極的な国際標準化貢献、基盤技術開発の先行的着手を通し、日本の国際競争力強化を図る。

課題ア：LAN向け100GbE対応パラレルリンク技術

- *インターネット・データセンタ内の伝送を10-100倍に高速化し、電力を1/10に低減する100ギガビットイーサネット向け回路技術*
- *毎秒25ギガビットの光信号を4つ多重して 一本の光ファイバに伝送 （最大40km）*
- *イーサネットの国際標準をリード*

課題イ：WAN向け100GbE信号トランスポート対応デジタル信号波形歪補償処理技術

- *長距離ネットワーク内の伝送を10倍に高速化し、高信頼に伝送する100ギガビット光ネットワーク向け回路技術*
- *1波長あたり毎秒100ギガビットの光信号を複数多重して、一本の光ファイバで大容量伝送 （最大1000km）*
- *光ネットワークの国際標準をリード*



４. 研究開発の期間及び体制

・平成20年度～平成23年度（4年間）

・NICT委託研究（日本電信電話株式会社；幹事会社、株式会社日立製作所、三菱電機株式会社、富士通株式会社、日本電気株式会社、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社）

①LAN向け100GbE対応パラレルリンク技術の主な成果

・省電力・高速インタフェース技術

－省電力10Gbpsインタフェース：　10G級では世界で初めて1mW/Gbpsを下回る超低消費電力（0.98mW/Gbps）トランシーバの開発に成功。100GbEの課題である消費電力の削減に寄与。

－100Gギアボックス：　IEEE802.3.ba対応100GbEギアボックスを、世界で初めてCMOSプロセスで開発し、2Wを実現。従来、SiGeプロセス品と比較して、消費電力を75%低減。（ISSCC'11にて発表）

・並列レーン縮退伝送技術

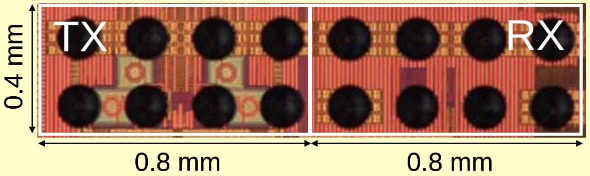
－100GbEのマルチレーン伝送において、レーン障害発生時にもデータ伝送を継続

－レーン単位に障害検出し、正常レーンにのみ符号化データを分配して、データロスを回避

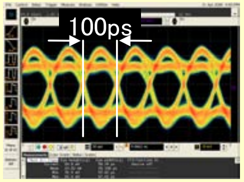
－レーン障害時にも、縮退運転（低容量伝送）により、リンクを維持

－100GbEから40GbE/10GbEへ相互接続可能な速度変換機能を追加

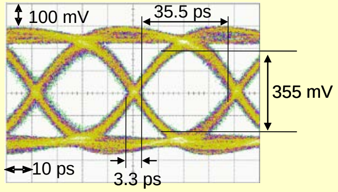
省電力・高速インタフェース技術



25Gbpsインタフェース（1ch）

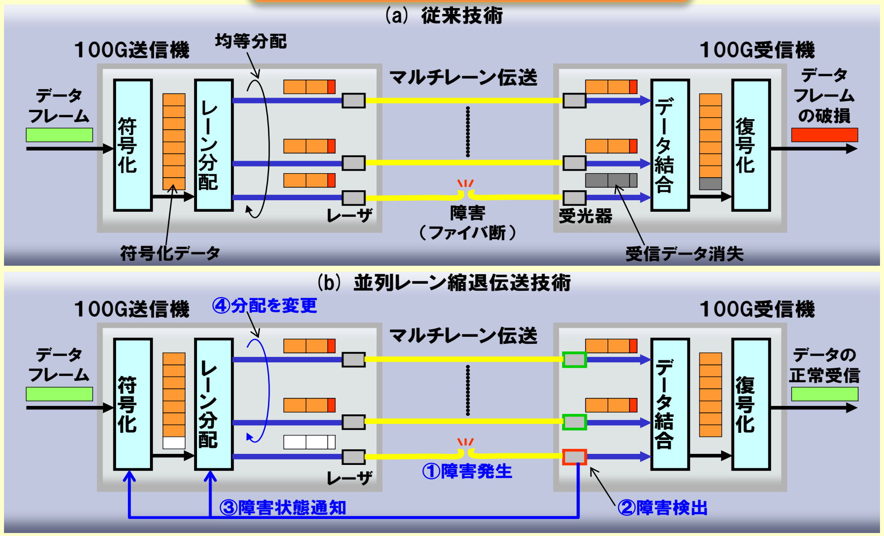


10Gbps信号波形



25Gbps信号波形(2Tap-FFE)

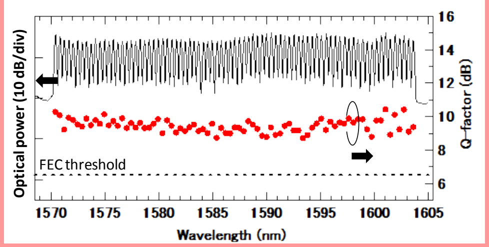
並列レーン縮退伝送技術



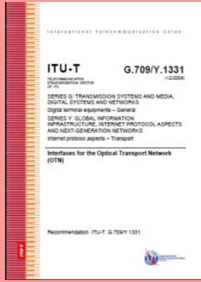
②WAN向け100GbE信号トランスポート対応デジタル信号波形歪補償技術の主な成果

イ-1-1 直交周波数多重分離信号処理アルゴリズム開発
イ-2-1 直交周波数多重分離信号処理回路試作と機能実証およびリアルタイム信号処理評価技術

① OFDM 方式のサブキャリア分離アルゴリズム技術の確立
② 波形歪補償にて周波数領域等化アルゴリズム優位性の明確化
③世界最大容量8Tbpsフィールド実験(オフライン)における提案アルゴリズムの動作実証
④ ITU-T 勧告 G.709、G.696.1 における標準化獲得
⑤ 伝送路分散を推定するアルゴリズム技術の確立と基本検証



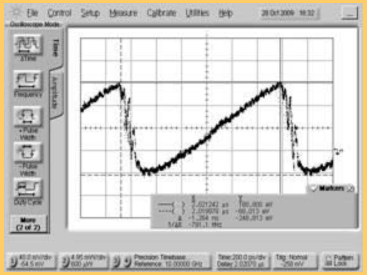
世界最大容量8Tbpsフィールド実験(NTT)
80ch x 127Gbps -457km伝送(オフライン処理)



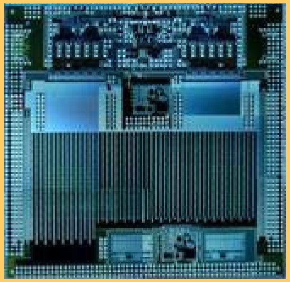
種別	ビットレート
OTU4	111.809Gbps

イ-1-2 送信端デジタル信号処理アルゴリズム開発
イ-2-2 送信端デジタル信号処理回路試作と機能実証

① 送信端デジタル信号処理による大規模波長分散補償アルゴリズムを策定
② 多値伝送の送信部実現のキーコンポーネントとして 50GSample/s 級 D/A 変換回路の試作・評価を実施
③ 40G超スループットを有する波長分散補償用デジタル信号処理回路試作を完了



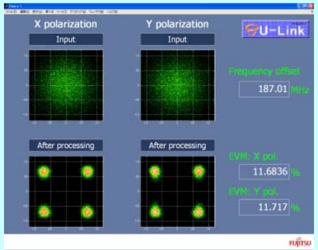
半導体TEGによるD/A 変換回路
出力波形例



デジタル信号処理試作回路

イ-1-3 高安定デジタルコヒーレント検波偏波制御信号処理アルゴリズム開発
イ-2-3 高安定デジタルコヒーレント検波偏波制御信号処理回路試作と機能実証

最大 50ps の偏波モード分散および 20kHz 以上の高速偏波変動条件下であっても、高安定に受信することが可能な偏波制御信号処理アルゴリズムの仕様を策定し、部分的な実験検証を実施



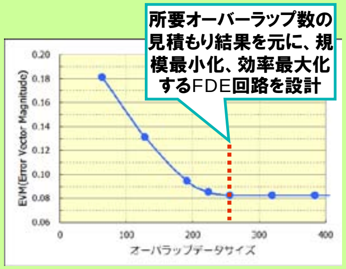
光信号の強度と位相の
状態をビジュアルに
表示可能な光波形モニタ

FPGA ベースのバースト
信号処理回路を搭載した
100Gbps 光受信器

イ-1-4 受信端デジタル信号処理アルゴリズム開発
イ-2-4 受信端デジタル信号処理回路試作と機能実証

受信端における波長分散歪み補償においては、数 100 シンボルに及ぶインパルス応答長に対応可能な巨大フィルタの回路規模増大の課題を解決

① 時間領域等化方式において遅延器配置の最適化により回路規模を削減する並列化方式を提案
② 周波数領域等化方式においてオーバーラップ FDE 回路の回路規模を最小化する設計手法を確立



イ-2-5 フィールド運用・評価技術

上記デジタル信号処理アルゴリズムの検証を目的としたフィールド環境調査を実施し、上記アルゴリズムの動的特性検証を行うためのフィールド環境を選定・構築

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
ﾕﾆﾊﾞｰｻﾙﾘﾝｸ技術 の研究開発	33 （4）	28 （9）	58 （26）	94 （42）	7 （5）	8 （5）	6 （2）

※表内の件数は、1段目：累計、2段目( )内：H22年度件数として記載。

【学会発表・表彰】

－インターネットアーキテクチャ研究会にてユニバーサルリンク技術の研究計画概要を発表。(H20)

－光通信用デジタル信号処理技術特集号の企画・編集・発表。OPTRONICS特集号（2009年1月号）　。(H20)

－ IEEE J-LT特集号　“Trends in signal processing for lightwave　transmission” を企画・編集、一部成果を発表。(H21)

－OECC2010 （2010年7月）ポストデッドライン論文にて世界最大容量8Tbpsフィールド実験に成功。(H22)

【展示会】

－第10回　光通信技術展FOE: 100GbE over OTNに関する国際標準化貢献についてパネル展示。(H21)

－第24回　光通信システム（OCS）シンポジウム（2009年12月16-17日　静岡県三島市）でパネル展示、プロトタイプ出展 (H22)

【報道発表】

－フォトニック3PJ連携実験（2009年12月）:　関係PJとして、ITU-T SG15委員会において、提案100GbE over OTN方式に関する国際標準化 に成功 (H21)

－「100ギガビットイーサネット向け超低消費電力トランシーバ回路を開発」（2010年2月）:　1Gb/sあたりの消費電力が1mW以下のトランシーバ回路の開発。(H21)

－フォトニック3PJ連携実験（2010年12月）:　関係PJとして、100GbE over OTNに関する要素技術の実証実験に成功。(H22)