

平成24年度研究開発成果概要書
「光トランスペアレント伝送技術の研究開発」

(1) 研究開発の目的

本研究開発課題では、バースト信号を含むアクセス網のユーザトラフィックを効率的に収容し、オール光で伝送できるトランスペアレント領域（帯域 x 伝送エリア）をアクセス—メトロコア網全体で10~100倍に拡大し、4Pビット/秒 x kmの領域において100Gビット/秒を超える容量の情報をユーザへ直接伝送可能とする技術の研究開発を行う。具体的には、異なる粒度・信号レートのバースト回線や point-to-point の回線の適応収容技術、誤り訂正/線形等化技術の研究開発を行う。これにより、アクセス網エンドユーザに対して多様なサービスの提供を可能にしてICTの利活用を積極的に促進する。さらに、サブ波長/波長変換によるアクセス網からの一気通貫伝送を実現することで、ネットワーク全体として2025年の消費電力25%削減を可能とする技術の確立を目的とする。

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成27年度（5年間）

(3) 委託先企業

三菱電機（株）＜幹事＞、日本電気（株）

(4) 研究開発予算（百万円）

平成23年度	200（契約金額）
平成24年度	188（ 〃 ）
平成25年度	174（ 〃 ）
平成26年度	164（ 〃 ）
平成27年度	154（ 〃 ）

(5) 研究開発課題と担当

課題イ：波長/サブ波長適応制御技術に関する研究開発

1. 課題イ-1 バースト適応収容技術
 - 課題イ-1-1 可変粒度バースト信号収容技術（三菱電機株）
 - 課題イ-1-2 可変適応収容技術（三菱電機株）
2. 課題イ-2 誤り訂正/線形適応等化技術
 - 課題イ-2-1 誤り訂正適応等化技術（三菱電機株）
 - 課題イ-2-2 適応線形等化技術（日本電気株）

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	12	8
	外国出願	7	6
外部発表	研究論文	8	1
	その他研究発表	23	18
	プレスリリース	1	1
	展示会	2	2
	標準化提案	0	0

具体的な成果

(1) バースト適応收容技術

粒度の異なるバースト信号等を効率的に收容する可変粒度バースト信号收容技術に関して100GbpsのOTN 転送フレームに適応的に收容を行う基本アルゴリズムを選定した。平成23年度に候補として選定したGMP スタッフ領域可変方式とODTUタイムスロット領域可変方式に対して、回路実装の観点からODTUタイムスロット領域可変方式を基本アルゴリズムに採用し、誤り訂正性能、回路規模の観点から実装するOTN転送フレーム構造可変方式検討を実施した。

また、上記のOTN 転送フレーム構造可変方式を適用し、誤り訂正のパリティ帯域を可変とする可変適応收容技術に関して基本アルゴリズムを選定、課題イ-1-1と課題イ-1-2の接続性の検討を行った。具体的には、誤り訂正のパリティ帯域を可変とする可変適応收容技術に関して、前年度候補として選定したレートコンパチブル方式、パンクチャ方式、行分割方式に対して、誤り訂正能力および回路実装の観点から、情報長を変動させる場合と符号長を変動させる場合、それぞれに優位な誤り訂正方式の検討をおこなった。

(2) 誤り訂正適応等化技術

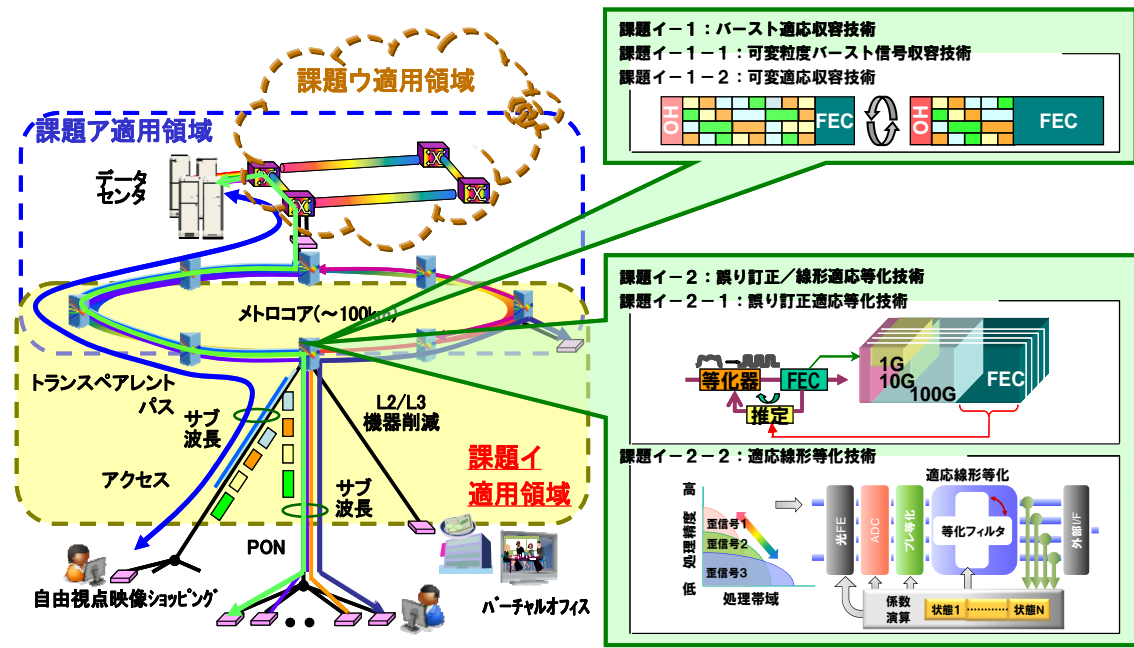
軟判定誤り訂正符号化／復号化技術および誤り訂正復号部と連携したターボMAP等化技術に関して、100Gbps超の伝送で用いられる多次元のパラメータから抽出した、性能に影響を与える基本パラメータを元に基本アルゴリズムを選定した。具体的には、軟判定誤り訂正符号化／復号化技術および誤り訂正復号部と連携したターボMAP等化技術に関して、ターボループ構成時のMAP推定部の性能検証を実施し、0.1～0.75dBの性

能改善の効果を確認した。また、軟判定誤り訂正技術として、LDPC符号を定義するパリティ検査行列に、規則的構造で構成する多重空間結合法を適用することで、誤り訂正性能の劣化要因を回避する手法を開発し、計算機検証により、符号化利得 (NCG:Net Coding Gain) = 12.0 dB @ BER=1E-15 を達成できる見込みを得た。

(3) 適応線形等化技術

適応線形等化技術に関して、複数の波形歪みを適応的に等化・切替制御可能な係数制御方式として、回路規模低減に有利な周波数領域線形等化(FDE)回路を用いて統合に制御する方式を選定した。選定した係数制御方式について、適応制御の簡便化の観点から、FDE フィルタにおいて、FIR フィルタのタップ係数に相当する数十個のパラメータのみで全フィルタ係数制御が可能なインターフェースを配備する方式を提案・策定した。さらに、適応的に FDE のオーバーラップデータサイズを最適化し、信号処理効率を最大化する方式を提案した。本方式の基本パラメータとなる波長分散補償量とオーバーラップデータサイズの関係性を明確化し、FDE フィルタを用いた切替制御の指針を得た。また、2種の異なる変調方式に対応して、電力効率の観点で最適とする全体回路構成方式を提案した。本構成に基づき、変調方式に対してパイプライン動作を適応的に制御する回路を論理レベルで設計し、固定線形等化方式に対して最大30%の電力削減効果があることを確認した。プリプロセッシング方式に関しては、昨年度提案した I-Q 個別処理が可能な周波数領域プリプロセッシング方式を適用し、フロントエンド特性補償機能を、FDE を用いた適応線形等化に統合する方式を選定した。

(7) 研究開発イメージ図



平成24年度「光トランスペアレント伝送技術(入リーチ)に関する研究開発」 課題Ⅰ「波長／サブ波長適応制御技術に関する研究」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

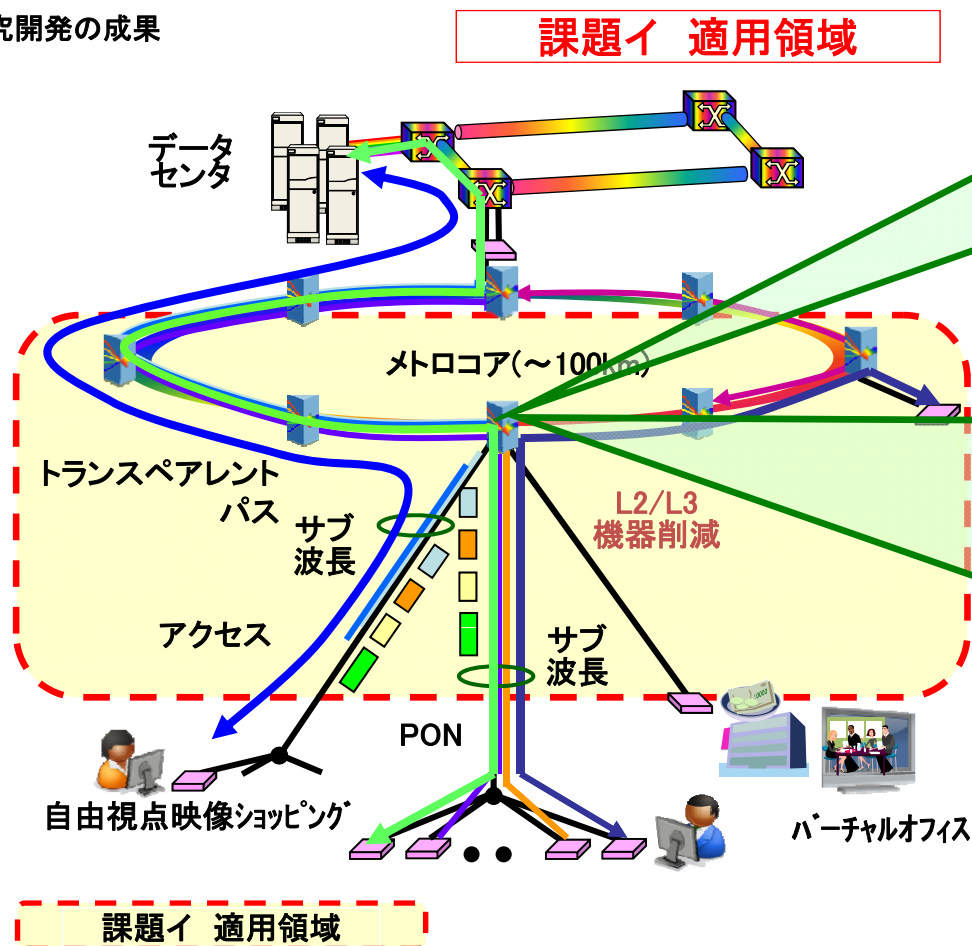
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 三菱電機株式会社(幹事者)、日本電気株式会社
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額882百万円(平成24年度 188百万円)

2. 研究開発の目標

・バースト信号を含むアクセス網のユーザトラフィックを効率的に收容し、オール光で伝送できるトランスペアレント領域(帯域×伝送エリア)をアクセス〜メトロコア全体で10~100倍に拡大し、100Gbpsを超える容量の情報をユーザへ直接伝送可能とする技術の研究開発を行い、3dBに迫る受信Q値の向上と2025年に消費電力25%削減する技術を確立する。

3. 研究開発の成果



課題Ⅰ-1: バースト適応收容技術
トランスペアレント領域 4Pb/s x kmと2025年の消費電力削減25%を実現する

課題Ⅰ-1-1: 可変粒度バースト信号收容技術 (三菱電機)

課題Ⅰ-1-2: 可変適応收容技術 (三菱電機)

課題Ⅰ-2: 誤り訂正／線形適応等化技術
トランスペアレント領域4Pb/s x kmと3dBに迫る受信Q値向上を図る

課題Ⅰ-2-1: 誤り訂正適応等化技術 (三菱電機)

課題Ⅰ-2-2: 適応線形等化技術 (日本電気)

平成24年度「光トランスパレント伝送技術(λリーチ)に関する研究開発」

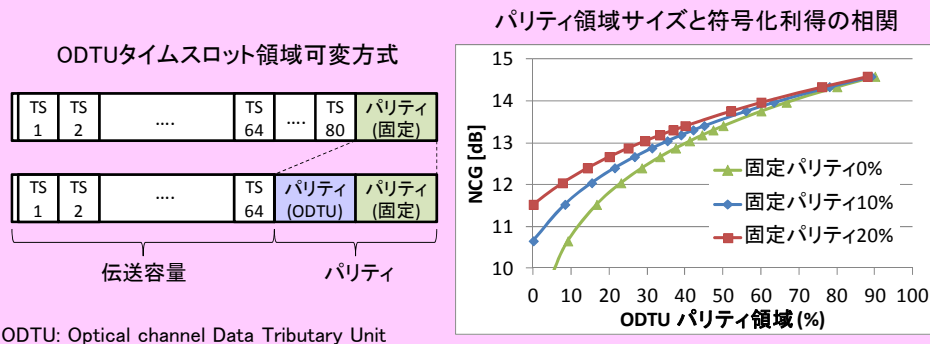
課題イ「波長／サブ波長適応制御技術に関する研究」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

課題イ-1 バースト適応收容技術

研究開発成果

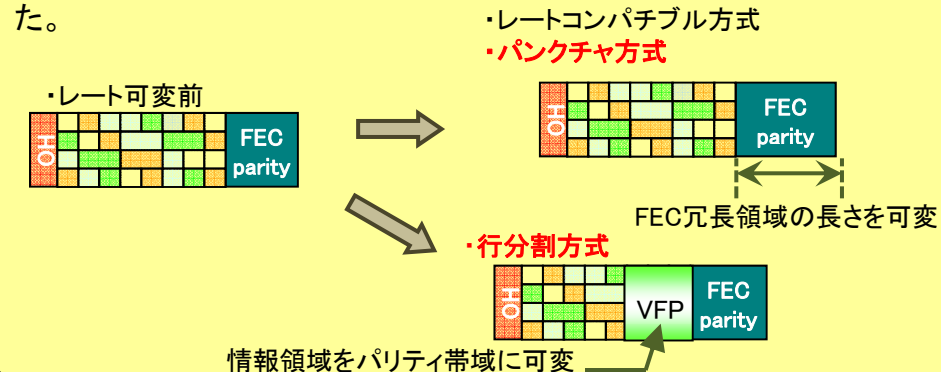
イ-1-1 可変粒度バースト信号收容技術

回路実装および誤り訂正符号のパラメータ設定の観点から、基本アルゴリズムとしてODTUタイムスロット領域可変方式を選定し、パリティ領域のサイズの増減によって得られる符号化利得を検討した。



イ-1-2 可変適応收容技術

これまでに候補として選定したレートコンパチブル方式、パンクチャ方式、行分割方式に対して、誤り訂正能力および回路規模の観点から、優れた誤り訂正方式としてパンクチャ方式、行分割方式を選定した。

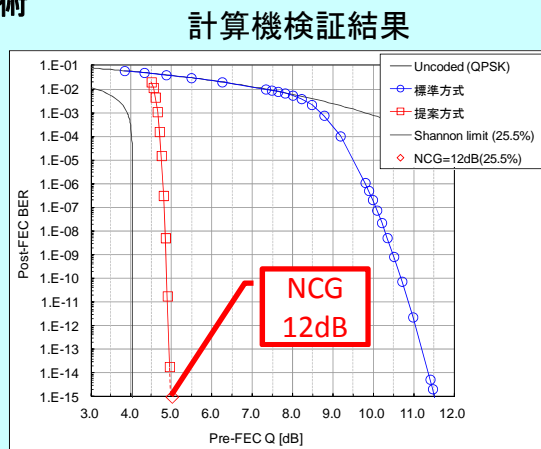


課題イ-2 誤り訂正/線形適応等化技術

研究開発成果

イ-2-1 誤り訂正適応等化技術

軟判定誤り訂正技術として、LDPC符号を定義するパリティ検査行列を、規則的構造で構成(多重空間結合)することで、誤り訂正性能の劣化要因を回避するような手法を開発し、計算機検証結果に示すとおり、 $NCG = 12.0 \text{ dB} @ BER=1E-15$ 達成の見通しを得た。

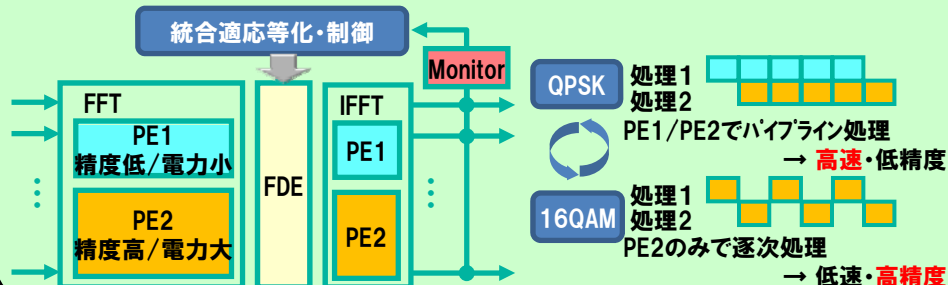


LDPC: Low-Density Parity-Check

NCG: Net Coding Gain

イ-2-2 適応線形等化技術

複数の波形歪みを適応的に等化・切替制御可能な係数制御方式として、回路規模低減に有利な周波数領域線形等化(FDE)回路を用いて統合的に制御する方式を選定した。2種の変調方式に対応して、処理精度や処理速度を適応的に最適化可能な適応線形等化回路の全体構成方式を提案し、最大30%の電力削減効果を確認した。



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
光トランスペアレント伝送技術に関する研究開発課題イ	12 (8)	7 (6)	8 (1)	23 (18)	1 (1)	2 (2)	0

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 国内学会研究会での主な発表

—2013/3/19 電子情報通信学会2013総合大会において、「位相スリップ補償用符号化パイロットシンボル方式」、「光通信用LDPC符号における軟判定閾値設定が訂正性能に与える影響」、「高速光通信用FEC向け空間結合型LDPC符号」、「ODTU領域可変による可変誤り訂正方式の検討」を研究成果として発表。
 -2013/2/14 三菱電機株式会社広報部より「世界最高性能の光通信システム用誤り訂正技術を開発」を広報発表。

(2) 国際学会での主な発表

-2012/7/5 OECC2012において、「Digital Signal Processing for Equalization of Fiber Nonlinearity in Coherent Receivers」を研究成果として発表。
 -2013/3/18 OFC/NFOE2013において、「A Spatially-coupled Type LDPC Code with an NCG of 12dB for Optical Transmission beyond 100Gb/s」、「FEC Technology and Applications in Optical Communications」を研究成果として発表。

6. 今後の研究開発計画

- ・課題イ-1-1 可変粒度バースト信号收容技術
 粒度の異なるバースト信号を効率的に收容する可変粒度バースト信号收容技術に関して、10Gビット/秒～100Gビット/秒のOTN転送フレームに適応的に收容を行う基本方式設計を完了する。
- ・課題イ-1-2 可変適応收容技術
 課題イ-1-1で検討するOTN転送フレーム構造可変方式を適用し、誤り訂正のパリティ帯域を可変とする可変適応收容技術に関して基本方式設計を完了することである。また、課題イ-1-1と組み合わせて、実証に向けての部分試作を開始するための実現可能な回路方式の仕様を制定する。
- ・課題イ-2-1 誤り訂正適応等化技術
 軟判定誤り訂正符号化/復号化技術および誤り訂正復号部と連携したターボMAP等化技術に関して、その基本方式設計を完了することである。また、実証に向けての部分試作を開始するための実現可能な回路方式の仕様を策定する。
- ・課題イ-2-2 適応線形等化技術
 光伝送路で生じる線形歪を適応的に等化することを可能とする適応線形等化方式について、スループットが10～100G超ビット/秒に変化する少なくとも2種以上の異なる処理精度および処理速度が必要な歪信号に対して、適応線形補償を行う処理アルゴリズム方式、回路方式、およびプリプロセッシング方式の仕様を策定する。