

平成26年度「光トランスペアレント伝送技術(λ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

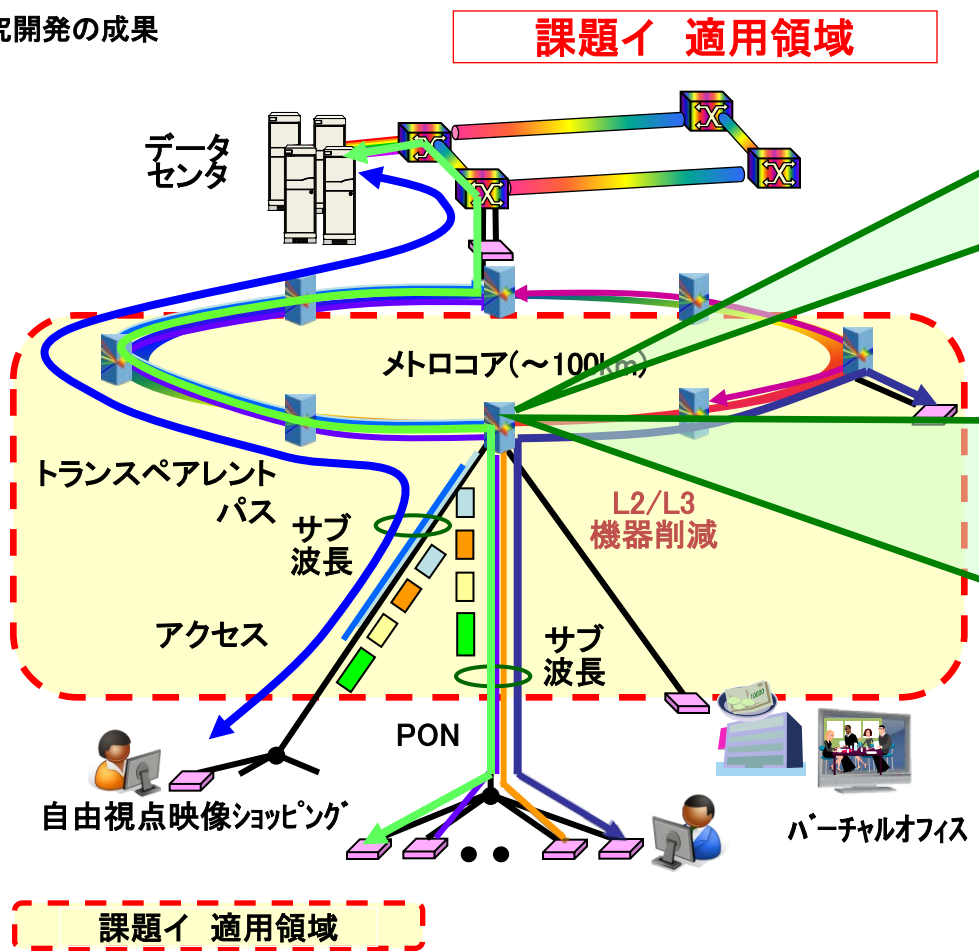
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 三菱電機株式会社(代表研究者)、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883百万円(平成26年度165百万円)

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x伝送エリア)をアクセスーメトロコア網全体で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%削減を可能と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

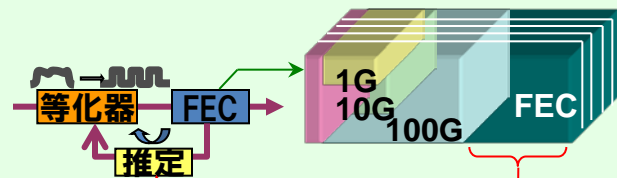
課題Ⅰ-1-1: 可変粒度バースト信号收容技術 (三菱電機)

課題Ⅰ-1-2: 可変適応收容技術 (三菱電機)

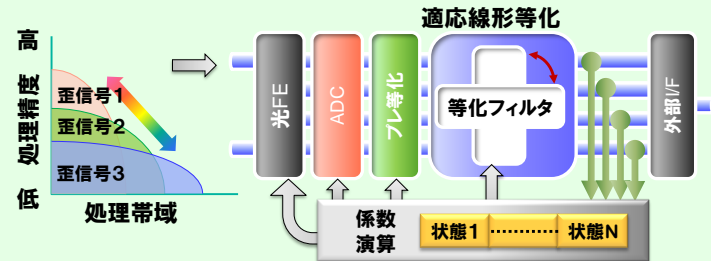


課題Ⅰ-2: 誤り訂正/線形適応等化技術

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26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

課題Ⅰ-1 パースト適応収容技術

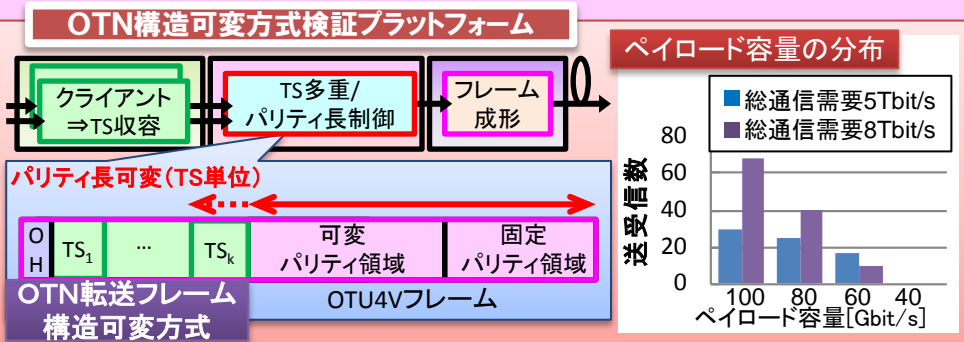
研究開発成果

Ⅰ-1-1 可変粒度パースト信号収容技術

多様な粒度の信号を効率的に収容するOTN転送フレーム構造可変方式に関し、H25年度までに得た方式/パラメータの検証に向けた部分試作を実施した。

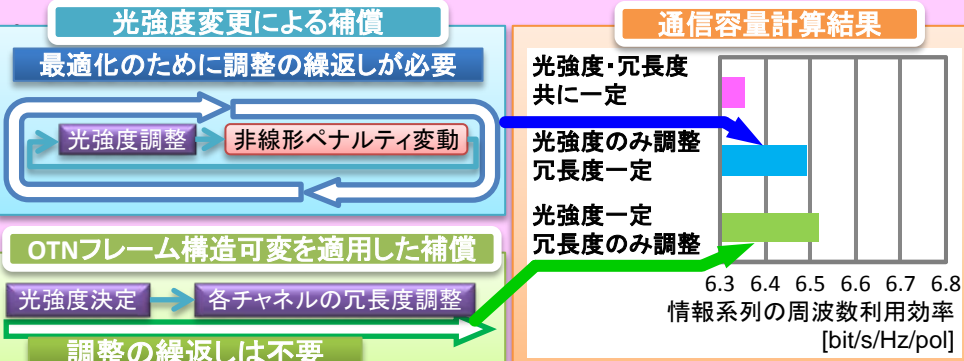
① OTN構造可変方式検証プラットフォーム

OTN転送フレーム構造可変方式検証のための光送受信器プラットフォームを部分試作。5ノードの光通信網構築に対する最適化を検討し、ペイロード容量の分布から、本方式が妥当であることを確認した。



② 多波長伝送への適用検討

多波長伝送において、光強度変更に対する予期が難しい非線形ペナルティを冗長さの変更で吸収する方式の検討を実施。本方式により周波数利用効率が0.2bit/s/Hz/pol向上する目的を得られた。



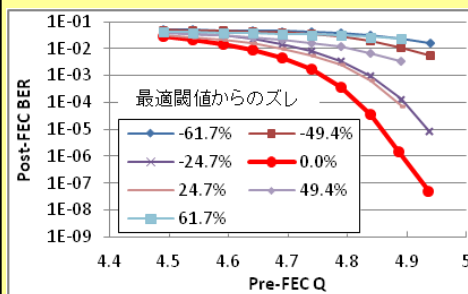
OTN: Optical Transport Network, OTU: Optical channel Data Tributary Unit, ODU: Optical-channel Data Unit, TS: Time slot

Ⅰ-1-2 可変適応収容技術

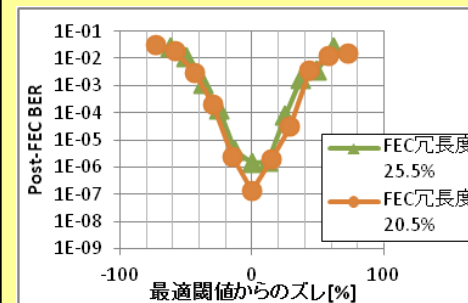
伝送路に対して変動する変調方式やパリティ帯域を適応的に収容する誤り訂正符号方式について、これまでに選定したアルゴリズムに基づいた検証環境の構築を行い、課題Ⅰ-2-1/Ⅰ-2-2との連携実験を実施した。

① 誤り訂正軟判定閾値の最適化

レート可変、適応変調方式に対応する誤り訂正符号は、変調方式やパリティ帯域に応じて軟判定閾値がそれぞれ異なるため、各変調方式・パリティ帯域に対する最適閾値を導出し、誤り訂正性能の最適化を行った。

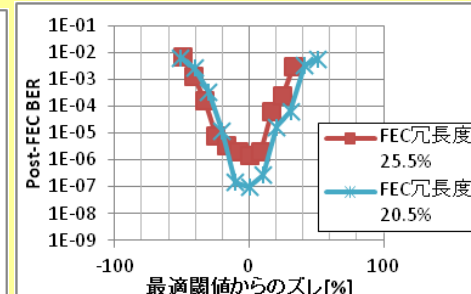


誤り訂正性能検証結果(QPSK)



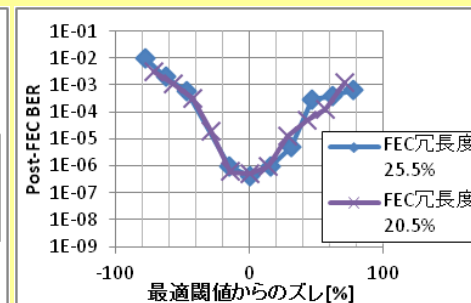
※Pre-FEC Q: 4.89(冗長さ25.5%), 5.43(冗長さ20.5%)

閾値の最適化(QPSK)



※Pre-FEC Q: 4.88(冗長さ25.5%), 5.43(冗長さ20.5%)

閾値の最適化(BPSK)



※Pre-FEC Q: 5.26(冗長さ25.5%), 5.83(冗長さ20.5%)

閾値の最適化(16QAM)

FEC: Forward Error Correction

平成26年度「光トランスペアレント伝送技術(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-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

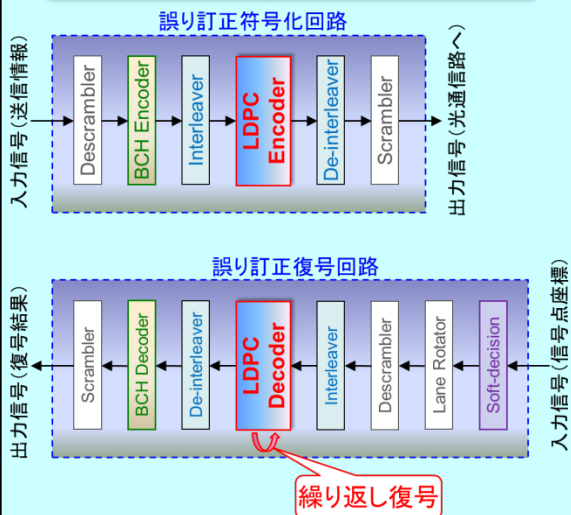
軟判定誤り訂正符号化／復号化技術に関して、適応的に変化する伝送パラメータに対応した軟判定誤り訂正符号化／復号化技術の試作評価を完了した。

○軟判定誤り訂正技術

軟判定誤り訂正符号化／復号化技術に関して、誤り訂正性能と消費電力とのトレードオフおよびそのスケーラビリティを検討した。CMOSプロセスによる集積回路化を想定し、誤り訂正性能に関連する繰り返し復号の繰り返し数(iteration)と、消費電力に関連する動作率との比較検証を行い、動作率を、iteration削減率とほぼ同等の率で低減できることを確認、電力スケールアップが可能であることを確認した。

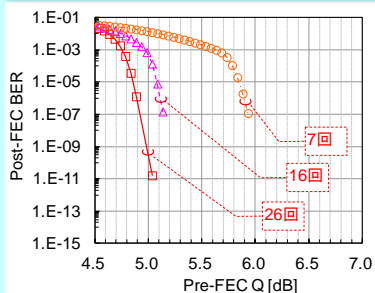
また、軟判定誤り訂正符号化／復号化回路の回路IP化を視野に入れて、ハードウェア記述言語(RTL)による回路試作を行い、評価を完了した。

軟判定誤り訂正符号化／復号化回路構成図

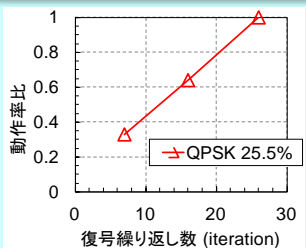


LDPC: Low-Density Parity-Check
BCH: Bose-Chaudhuri-Hocquenghem

iteration対FEC性能の比較



動作率対iteration削減率の比較

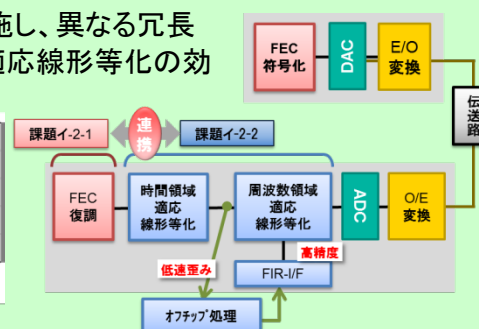
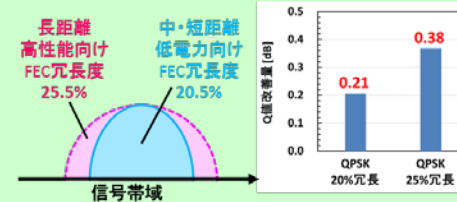


イ-2-2 適応線形等化技術

電力効率、動作速度、簡便性の点から最適となる適応等線形化、係数制御、回路方式の試作検証を完了。今後最終実機検証に向けた検証系構築に注力予定。

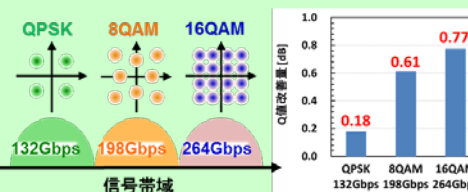
課題イ間連携実験検証評価

課題イ-1-2/イ-2-1との連携実験を実施し、異なる冗長度の誤り訂正アルゴリズムに対して適応線形等化の効果があることを確認した。



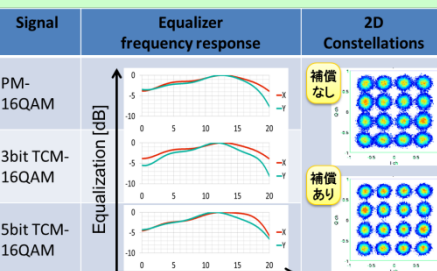
複数波形歪に対する適応線形等化

xQAM、トリス光符号化変調など複数種類の波形歪に対して、適応線形等化フィルタ係数最適化により実験的に性能改善効果を確認した。

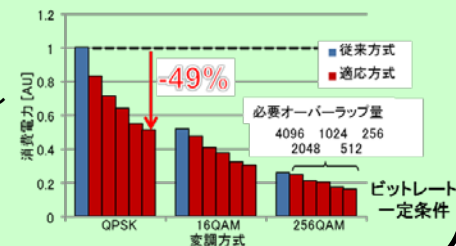


マルチモード回路方式による電力削減効果

単一回路で再構成可能な回路方式に関し、インパルス応答長に応じたオーバーラップ量の制御と、マルチバタフライ回路の統合構成による論理動作検証を行い、最大49%の電力削減が期待できることを確認した。



TCM: Trellis Coded Modulation



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 | 34 (10) | 27 (12) | 3 (1) | 63 (16) | 7 (0) | 11 (3) | 0 (0) |

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 学会発表・表彰

- 2014/9/22 ECOC2014において、“Interference Management with Han-Kobayashi Coding: Dual-Carrier Coherent Optical Communications”など3件を研究成果として発表。
- 2014/9/25 電子情報通信学会2014ソサイエティ大会において、「レート適応型誤り訂正を考慮した光網の構成」など3件を研究成果として発表。
- 2015/3/14 電子情報通信学会2015総合大会にて「適応周波数領域等化における最適係数設定手法の検討」など3件を研究成果として発表。
- 2015/3/25 OFC2015において“Experimental Demonstration of the Improvement of System Sensitivity Using Multiple State Trellis Coded Optical Modulation with QPSK and 16QAM Constellations”を研究成果として発表。

(2) 展示会

- 2014/4/17 東京ビッグサイトで開催されたFiberOpticsExpoにおいて、「次世代光通信向け信号処理技術」を研究成果として発表。また、ブース内オープンセミナーにおいて、「フレキシブルな光ネットワーク技術を支える光通信技術の動向」として研究成果を紹介発表。
- 2015/3/6 フォトニックネットワークシンポジウム2015にて「光トランスペアレント伝送技術の研究開発(λリーチ)」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 H26年度までの研究成果で得られたOTN転送フレーム構造可変方式アルゴリズムおよびパラメータをもとに、検証システムを、他の課題との連携を考慮して試作し、確立した方式の妥当性を検証する。
- ・課題イ-1-2 可変適応收容技術 H26年度までに確立したアルゴリズムおよび基本方式をベースに、誤り訂正のパリティ帯域を可変とする課題イ-1-1のOTN転送フレーム構造可変方式を適用し、適応的に誤り訂正符号の符号化率を可変とする可変適応收容技術に関して方式の妥当性を検証する。
- ・課題イ-2-1 誤り訂正適応等化技術 H26年度までに見出したアルゴリズムに基づき、様々な変復調方式に対応可能な誤り訂正適応等化技術に関して、確立した方式の妥当性を検証する。
- ・課題イ-2-2 適応線形等化技術 H26年度までの研究成果で複数波形歪みに対する最適係数制御により伝送特性改善を実験的に確認完了した方式について、さらに他の課題と連携して動作検証可能な検証系の構築を行い、妥当性検証を進める。