

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名: 高スループット・高稼働な通信を提供する順応型光ネットワーク技術の研究開発
- ◆副題: 順応的に高スループット・高可用性を提供する光ネットワーク技術の開発
- ◆実施機関: 富士通株式会社、日本電気株式会社
- ◆研究開発期間: 平成30年度～平成33年度(4年間)
- ◆研究開発予算: 総額480百万円(平成30年度160百万円)

2. 研究開発の目標

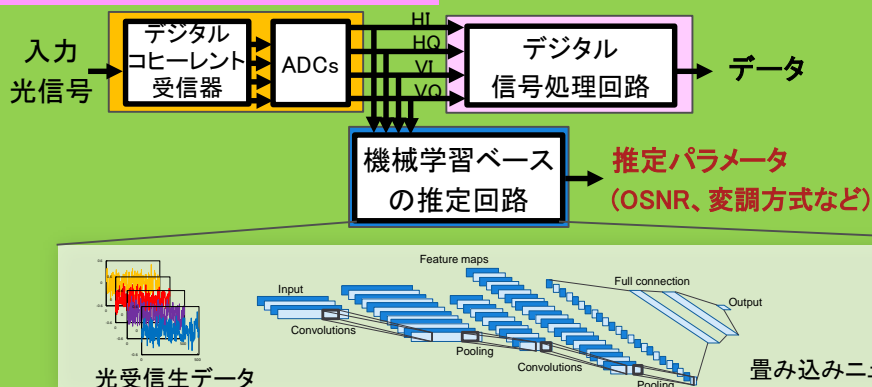
機械学習とコヒーレント受信技術を融合して光物理層のモニタリング範囲を革新的に拡大し、変化や変動に対する対応を超迅速化(最大で従来比1000倍)する。またモニタリング結果と学習に基づき、従来の最悪値設計で見込んでいたマージンを順応的にゼロに近づけること(ゼロマージン化)によるスループット向上(従来比30%以上)と、時間的に変動する環境下でも高可用性が維持できることを両立する。

3. 研究開発の成果

① 光物理層モニタリング技術

研究開発目標

研究開発成果

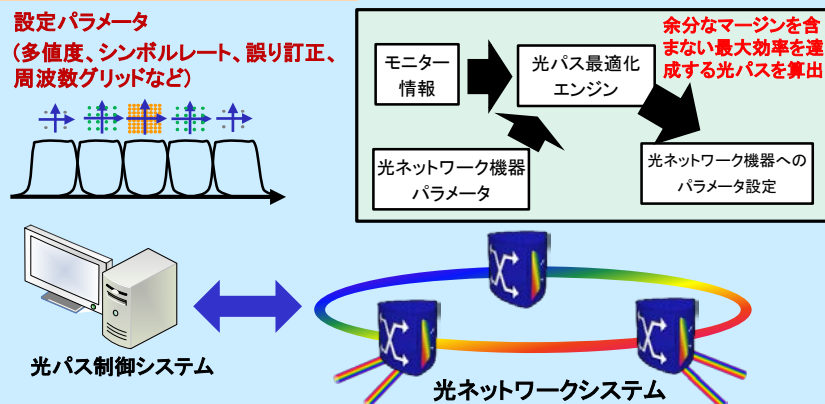


コヒーレント受信技術と機械学習技術を融合させ、コヒーレント受信で得られる光電場の全物理量情報を包含する生データを学習データとして、所望のモニタリング量を引き出す光物理層モニタリング技術を開発する。それによりモニタリング範囲の飛躍的な拡大を実現する。

項目1-1 機械学習を応用した光物理層モニタリング技術

- ① 高スループット・高稼働な通信を提供する光ネットワークを実現する上で必要となる物理モニタ項目を明確化した。
- ② 機械学習とコヒーレント受信技術を組み合わせる際の光受信器アーキテクチャについて明確化した。

② 順応型光パス制御技術



超100Gbpsの通信チャネルを收容する光ネットワークにおいて、ゼロマージン化によるスループット向上を可能にするために、経時変化を含むネットワークの最新状況を収集し、高速・高精度な機械学習などにより、余分なマージンを含まず最大の効率を達成する光パスを自動で算出し、最適制御を可能にする。

研究開発項目2-1 順応型光パス最適化技術と研究開発項目2-2 順応型光パス自動生成技術に取り組む。両者を組み合わせることによって、従来比30%以上のスループット向上を実証する。

項目2-1 順応型光パス最適化技術

- ① スループット向上のために必要となる測定項目を明確化した。
- ② 光ネットワーク最適化に必要な設定項目を明確化した。

項目2-2 順応型光パス自動制御技術

- ① 光パス自動制御のアーキテクチャの要件、論理構成を定義した。
- ② ネットワーク機器制御用FPGAの試作
- ③ ネットワーク制御用ソフトウェアの試作
- ④ 従来設計をベースとした設計エンジンおよびベースプラットフォームの試作

主な成果(研究開発項目1)

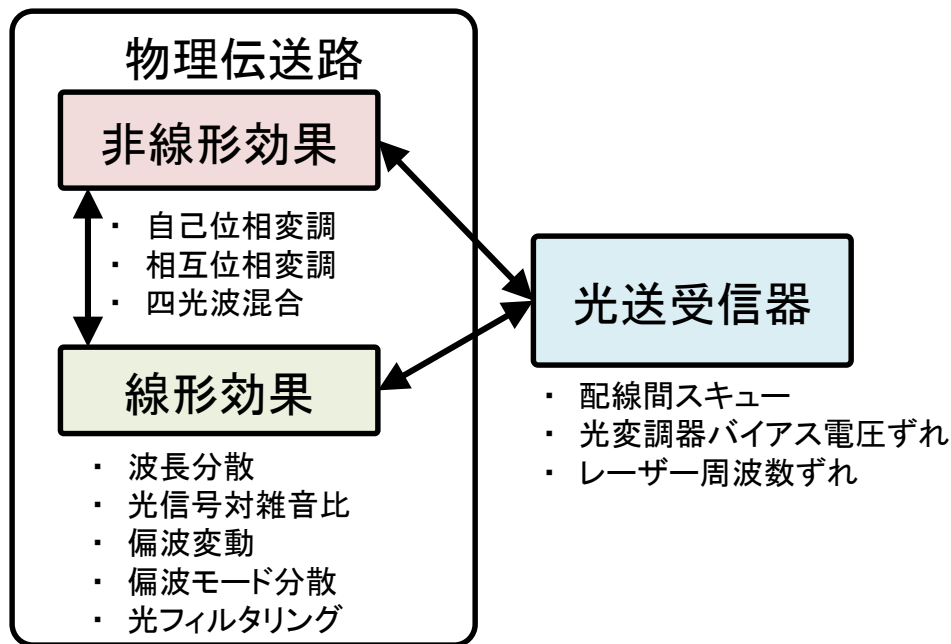
研究開発項目1 光物理層モニタリング技術

平成30年度成果概要

研究開発項目1-1 機械学習を応用した光物理層モニタリング技術

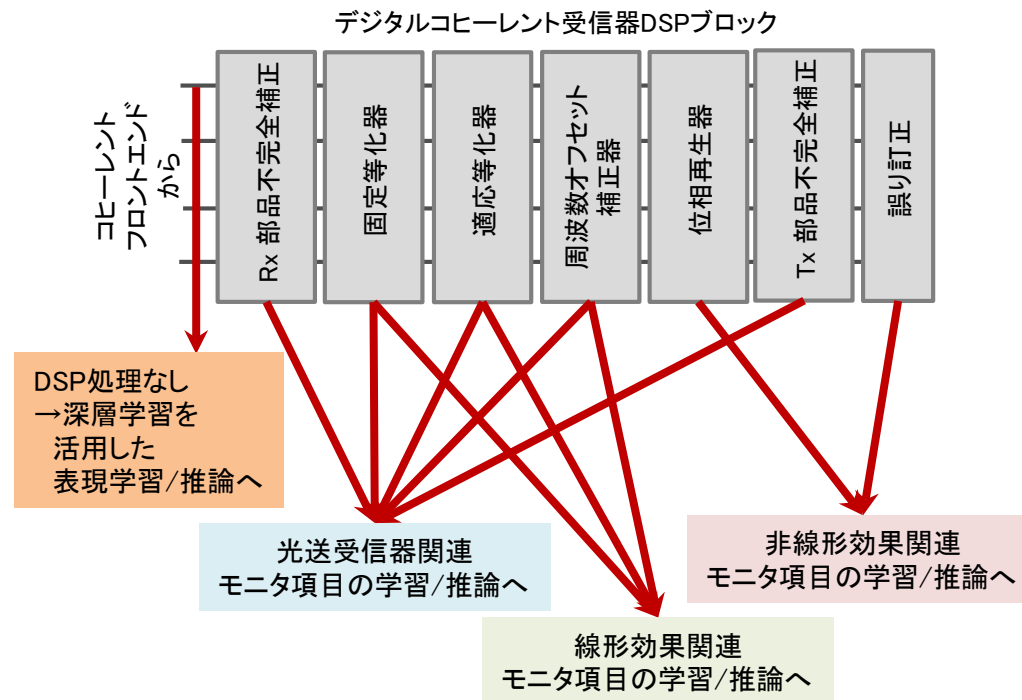
- ① 高スループット・高稼働な通信を提供する光ネットワークを実現する上で必要となる物理モニタ項目を明確化した。
- ② 機械学習とコヒーレント受信技術を組み合わせる際の光受信器アーキテクチャについて明確化した。

① 高スループット・高稼働な通信を提供する光ネットワークを実現する上で必要となる物理モニタ項目



ネットワークのスループットや可用性に関連する種々の劣化要因とそれに対応する物理モニタ項目を分類、整理

② 機械学習とコヒーレント受信技術を組み合わせる際の光受信器アーキテクチャ



機械学習適用を考慮したコヒーレント受信器のDSPブロック構成

主な成果(研究開発項目2)

研究開発項目2 順応型光パス制御技術

平成30年度成果概要

研究開発項目2-1 順応型光パス最適化技術

- ①スループット向上のために必要となる測定項目を明確化した。
- ②光ネットワーク最適化に必要な設定項目を明確化した。

光パス最適化エンジンの入出力である測定項目と設定項目を明確化した。
測定項目をリンク設計の観点から関連するリンクパラメータに分類・整理し、最適化する設定項目へ関連付けを行った。

①測定項目

OSNR
リニアクロストーク
光(電気)スペクトラム
非線形効果
波長分散/PMD

②最適化に必要な設定項目

多値度
誤り訂正
中心波長
周波数帯域
光パス

研究開発項目2-2 順応型光パス自動制御技術

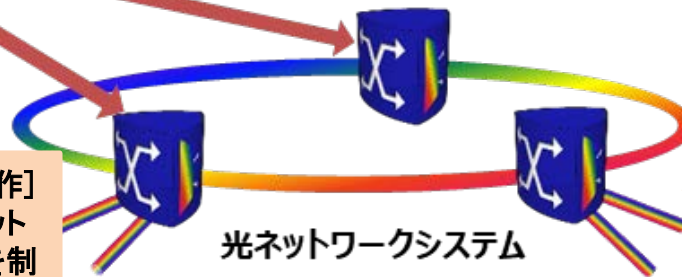
- ①順応型パス自動制御技術のアーキテクチャの要件、論理構成を定義した。
- ②ネットワーク機器制御用FPGAの試作
- ③ネットワーク制御用ソフトウェアの試作
- ④従来設計をベースとした設計エンジンおよびベースプラットフォームの試作



ネットワーク制御システム

[①アーキテクチャの検討]

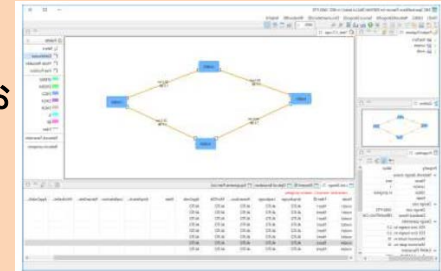
順応型光パス自動制御のアーキテクチャについて、要件定義、論理構成を定義した。



光ネットワークシステム

[④ベースプラットフォームの試作]

ゼロマージン化の前段階として、従来設計をベースとした設計エンジンおよびベースプラットフォームを試作した。



[②ネットワーク機器制御用FPGAの試作]

レベル調整や光帯域のフレキシブルな設定を可能とする、光増幅器や光多重分離機器などの制御用FPGAを試作し、動作検証を行った。

[③ネットワーク制御用ソフトウェアの試作]

End-to-endのパス設定を含め、光ネットワーク全体として、柔軟にネットワークを制御するソフトウェアを試作し、動作検証を行った。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

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 報道	展示会	標準化提案
0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

トピックス

- (1)学会発表
OFC2019のワークショップ“Artificial Intelligence for Data Centers Operators and Optical Network Providers - Why and When?”にて、以下を発表
 - ・Visualizing Optical Layer Information toward Efficient Network Operation
- (2)標準化提案
現時点でこの分野が、海外を含む他の機関が興味を持っているか様子見のため、ITU-T SG15 Q6に、NTTと連名の形で、受託者の富士通、NECの3機関共同で、下記の寄書を入力。
 - ・Proposal to start discussion on detailed and advanced optical performance monitoring considering high-speed digital signal processing and future advanced data analytical methods for intelligent optical network operation
- (3)その他
受託者間でのプロジェクト推進会議を準備のためのもも含め計4回実施。

5. 今後の研究開発計画

- 研究開発項目1: 光物理層モニタリング技術**
 - 研究開発項目1-1: 機械学習を応用した光物理層モニタリング技術(富士通株式会社)**
平成30年度に検討したモニタ項目に関して、光物理層のモニタリングに適した機械学習のアルゴリズム検討を実施する。アルゴリズム検討においては、数値計算によって生成された学習用データセットを用いて原理検証を実施する。また数値シミュレーションと並行して、機械学習では質の良い学習データを効率良く取得することが非常に重要であることを鑑み、データ収集実験系の検討を実施する。
- 研究開発項目2: 順応型光パス制御技術**
 - 研究開発項目2-1: 順応型光パス最適化技術(日本電気株式会社)**
平成30年度に検討した設定項目に対して、機械学習などによる光パス最適化アルゴリズムの検討およびアルゴリズムの検証用シミュレータを試作する。アルゴリズム検討においては、機械学習およびデタミニスティックアルゴリズムなどにより、最悪値設計時のオーバーマージンを算出する手法を確立する。
 - 研究開発項目2-2: 順応型光パス自動制御技術(日本電気株式会社)**
平成30年度に試作したベースプラットフォームへの機能追加と、ベースプラットフォームの運用上の課題抽出と実システム上への搭載を考慮したシステム設計を実施する。