

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～令和3年度(4年間)
- ◆研究開発予算：総額480百万円(令和元年度160百万円)

2. 研究開発の目標

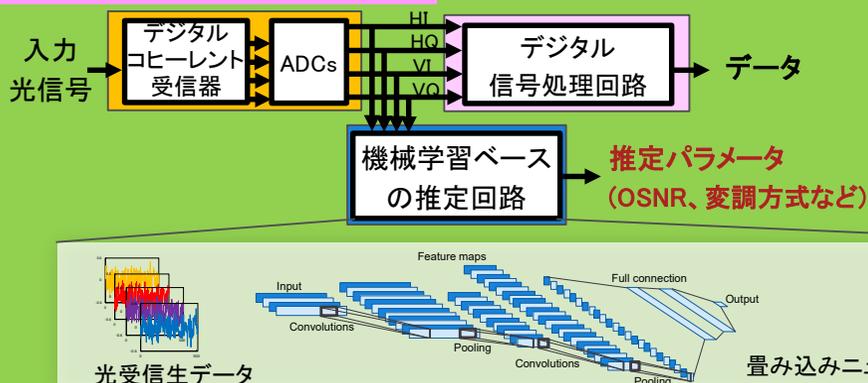
機械学習とコヒーレント受信技術を融合して光物理層のモニタリング範囲を革新的に拡大し、変化や変動に対する対応を超迅速化(最大で従来比1000倍)する。またモニタリング結果と学習に基づき、従来の最悪値設計で見込んでいたマージンを順応的にゼロに近づけること(ゼロマージン化)によるスループット向上(従来比30%以上)と、時間的に変動する環境下でも高可用性が維持できることを両立する。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

研究開発成果

①光物理層モニタリング技術

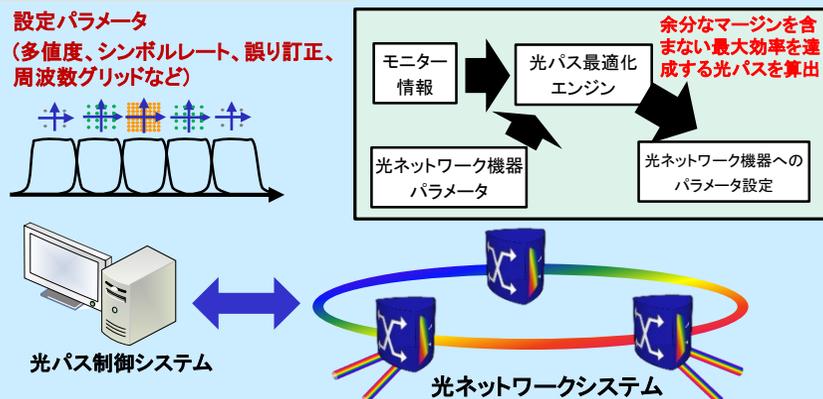


コヒーレント受信技術と機械学習技術を融合させ、コヒーレント受信で得られる光電場の全物理量情報を包含する生データを学習データとして、所望のモニタリング量を引き出す光物理層モニタリング技術を開発する。それによりモニタリング範囲の飛躍的な拡大を実現する。

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コヒーレント受信した信号から、マルチスパン光ファイバ伝送路の長手方向特徴量(パワープロファイル)を抽出する新規アルゴリズムを開発した。
- ②上記アルゴリズムについて、数値計算をベースに性能・距離分解能など、特性を詳細に検討した。
- ③上記アルゴリズムに適したデータを収集するため、データ収集実験系を改良した。

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の設定を決定するアルゴリズムを開発した。
- ②推定精度を上げるネットワーク状態収集手法を開発した。

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論理アーキテクチャと物理アーキテクチャを定義した。
- ②ベースプラットフォームへのパス收容設計機能を追加
- ③ベースプラットフォームとネットワーク制御用ソフトウェアの相互連携機能を追加

主な成果(研究開発項目1)

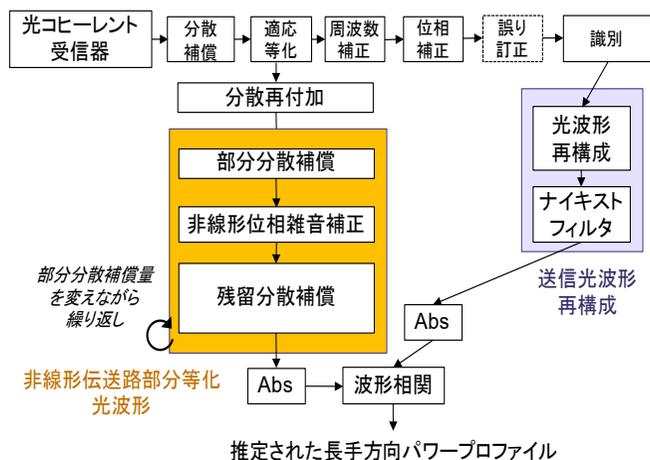
研究開発項目1 光物理層モニタリング技術

令和元年度成果概要 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 コヒーレント受信した信号から、マルチスパン光ファイバ伝送路の長手方向特徴量(パワープロファイル)を抽出する新規アルゴリズムを開発した。
- ② 上記アルゴリズムについて、数値計算をベースに性能・距離分解能など、特性を詳細に検討した。
- ③ 上記アルゴリズムに適したデータを収集するため、データ収集実験系を改良した。

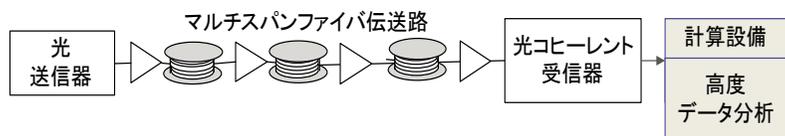
以上により、今年度の目標を達成し、最終目標である変化や変動に対する対応を超迅速化(最大で従来比1000倍)に向け、順調に進捗した。

① マルチスパン光ファイバ伝送路の長手方向特徴量(パワープロファイル)を抽出するアルゴリズム



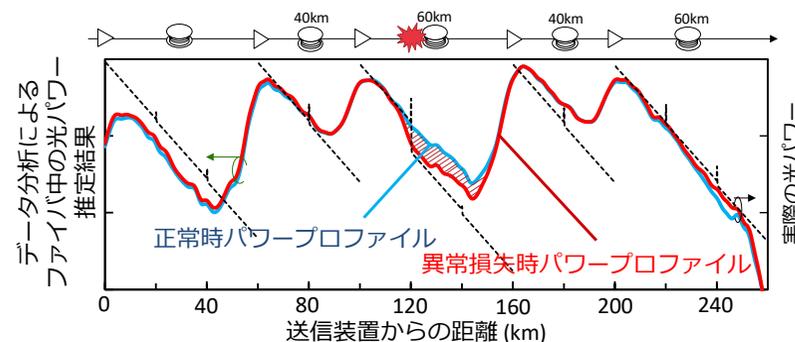
伝送光ファイバ長手方向の物理状態プロフィールを伝送後のデータのみから高度解析を用いて逆推定することに、世界で初めて成功した。

③ データ収集実験系の改良

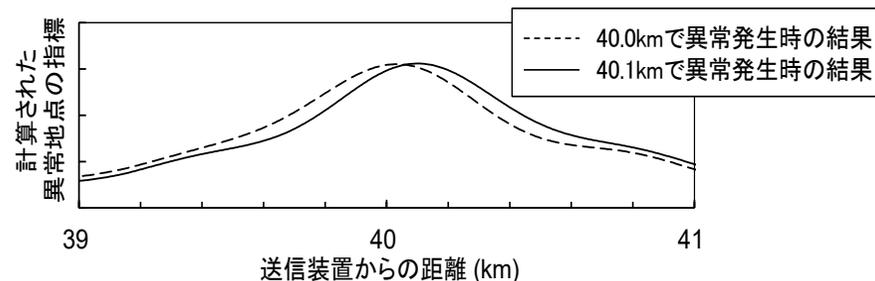


光・電気系では光パワー異常模擬・信号ボーレート高速化を、計算系ではデータ解析高速化を行い、データ収集実験系を改良した。

② 長手方向特徴量抽出するアルゴリズムの特性検討



伝送光ファイバ長手方向のパワープロファイルの推定と、光損失点の異常検出の同定にも成功した。



数値シミュレーションにより、0.1km離れた地点の故障を識別可能なことを検証した。

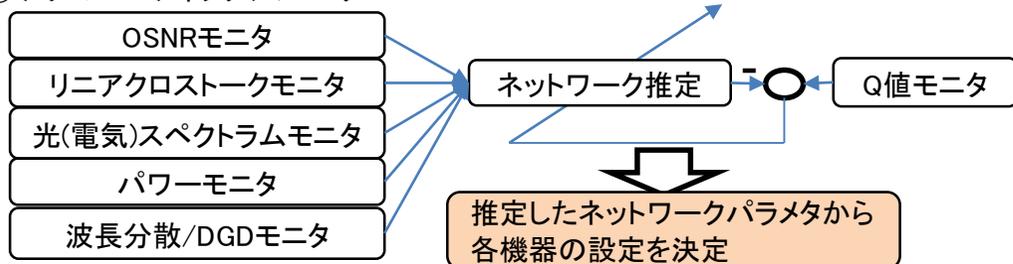
主な成果(研究開発項目2)

研究開発項目2 順応型光パス制御技術

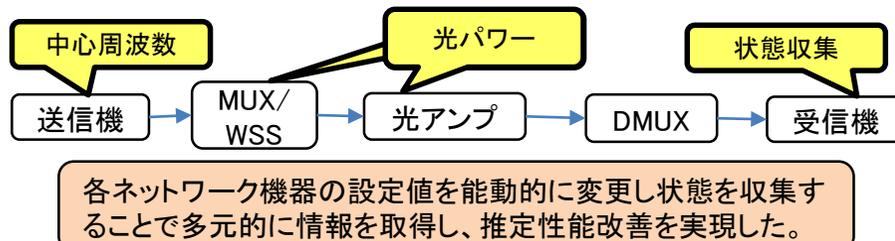
令和元年度成果概要 研究開発項目2-1 順応型光パス最適化技術

- ①各モニタ値からネットワークのパラメータを推定し、スループット向上のための設定を決定するデタミニスティックアルゴリズムを開発した。
- ②推定精度を上げるネットワーク情報収集手法を開発した。

①デタミニスティックアルゴリズム



②能動型ネットワーク状態収集方式



研究開発項目2-2 順応型光パス自動制御技術

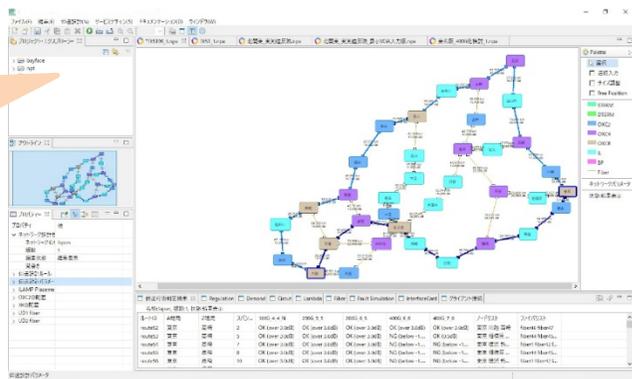
- ①順応型パス自動制御技術のアーキテクチャの論理アーキテクチャと物理アーキテクチャを定義した。
- ②ベースプラットフォームへのEnd-to-endのパス設定を含めたパス收容設計機能を追加
- ③ベースプラットフォームとネットワーク制御用ソフトウェアの相互連携機能を追加

[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。

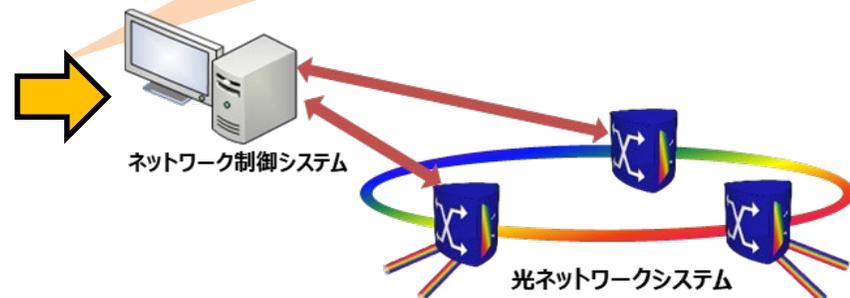
[②ベースプラットフォームの機能追加]

End-to-endのパス設定を含めたパス收容設計機能を追加



[③ネットワーク制御用ソフトウェアとの連携]

ベースプラットフォームとネットワーク制御用ソフトウェアの相互連携機能を追加



研究開発2-1、2-2について、それぞれ、今年度の目標を達成し、最終目標である従来比30%以上のスループット向上および早期社会実装の実現に向け、順調に進捗した。

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	標準化提案	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
5 (5)	0 (0)	0 (0)	12 (11)	1 (0)	0 (0)	1 (1)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1)学会発表

ECOC2019にて“Experimental Demonstration of a Coherent Receiver that Visualizes Longitudinal Signal Power Profile over Multiple Spans out of Its Incoming Signal”が、Post Deadline Paperとして採択された。

(2)展示会出展

第33回光通信システムシンポジウム展示会(2019年12月17、18日)に出展し、研究概要やこれまでの成果についてパネル展示を行った。

(3)ニックネーム、ロゴマークを作成

本プロジェクトのニックネームを、“Auto Opt Net (Autonomous Optical Network)”と決定し、下記ロゴマークを作成した。



(4)その他

受託者間でのプロジェクト推進会議を計7回実施した。

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)

光送受信器への搭載を目指した評価実験を実施する。令和元年度に検討したデータ収集系を基にデータ収集実験系の構築を行う。数値計算を通じて実現可能性が確認できたアルゴリズムに対して、上記実験系で生成された学習用データセットを使い、学習の収束速度、モニタリング精度等について、実験評価を行い、実用化に向けた課題の抽出を実施する。

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)

アルゴリズムの改善と有効性の検証を実施する。前年度検討したアルゴリズムを再精査し、更なる改善を図る。また、アルゴリズムの有効性を確認するため簡易実験系または数値シミュレーションをベースにした検証系の検討/構築および簡易実験系または数値シミュレーションでの基本動作確認と効果検証を実施する。

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)

モニタ情報の収集および装置への最適パラメータを設定する機能などベースプラットフォームの更改および簡易実験系での基本動作確認を実施する。