

平成 26 年度研究開発成果概要書

課題名 : 脳や生体の動作原理に基づく光通信ネットワーク制御基盤に関する研究開発
採択番号 : 166
個別課題名 : 課題ア 脳や生体の環境適応性に学ぶ光パストポロジー制御技術の研究開発
 課題イ 大規模光パストポロジー制御を実現するネットワーク制御プラットフォームの研究開発
副題 : 省エネで高信頼な自己組織型の光通信ネットワーク制御技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

大局的な情報集約による全体最適化を行わず、脳や生体に見られる局所的情報交換によって、予測困難な環境変動にも適応的に動作することが可能な自己組織的制御によって、高信頼、すなわち、トラヒック変動や故障等が発生した場合にも、その状況に基づいた全体最適化を必要とせず、新しい状況に適応して最適又はそれに近い性能を短時間で得ることのできる光パストポロジーを構成する大規模光通信ネットワーク制御基盤技術を確立する。

(2) 研究開発期間

平成 24 年度から平成 26 年度 (3 年間)

(3) 実施機関

国立大学法人大阪大学<代表研究者>、日本電信電話株式会社

(4) 研究開発予算 (契約額)

総額 290 百万円 (平成 26 年度 80 百万円)
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

- 課題ア : 脳や生体の環境適応性に学ぶ光パストポロジー制御技術の研究開発 (大阪大学)
- 課題イ : 大規模光パストポロジー制御を実現するネットワーク制御プラットフォームの研究開発
 - 課題イー1 光パス復旧シナリオ決定アルゴリズムの研究開発 (日本電信電話株式会社)
 - 課題イー2 大規模光パストポロジー制御技術の研究開発 (日本電信電話株式会社)
 - 課題イー3 ネットワーク制御プラットフォームによる実証と普及推進 (日本電信電話株式会社)

(6) これまで得られた成果（特許出願や論文発表等）

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	5	1
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	2	2
	その他研究発表	26	8
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	1	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題ア) 脳や生体の環境適応性に学ぶ光パストポロジー制御技術の研究開発

平成 25 年度に開発した多様性を持った光パストポロジー候補の選出アルゴリズムを拡張し、1,000 ノード規模の物理基盤に対しても 80%以上の確率で解発見可能な光パストポロジー候補選出アルゴリズムを実現した。平成 25 年度に開発した手法は、計算量がノード数 n に対して $O(n!)$ である。そこで、平成 26 年度は、階層化による物理基盤トポロジーの縮約により、これまでに開発した光パストポロジー候補選出アルゴリズムの物理基盤のノード数に対するスケール性を大幅に向上させた。物理基盤の縮約には、生物ネットワークの持つモジュール性に着想を得たグルーピングを用い、縮約された物理基盤トポロジーの接続には、脳機能ネットワークにおける機能単位間の低コストかつ高効率な接続性に着想を得た接続方法を導入した。シミュレーションにより、1,000 ノードの大規模物理基盤上でも、80%以上の確率で解発見できることを確認した。目標の達成に加え、提案手法が解発見に要する時間は、最悪値と比較した場合でも従来手法の 1/10 以下であり、環境変化に対する適応性に加えて即応性も大幅に向上させた。

さらに、ゆらぎ制御を活用した光パストポロジー制御手法の演算方法の改善により、1,000 ノード規模の物理基盤を対象としたときの光パストポロジーの導出時間を改善した。平成 25 年度までのゆらぎ制御を活用した光パストポロジー制御手法では、ゆらぎ制御の計算において全光パスに対する相互作用を計算していたのに対し、平成 26 年度に拡張した方法では、それぞれのノードを始点とする光パスの相互作用のみを計算する。これにより、大幅に計算量を削減し、1 つの光パストポロジー候補を導出するのに要する計算時間を従来手法の約 2,000 秒（推定値）から約 0.3 秒（実測値）に短縮した。シミュレーションにより、計算量を削減したゆらぎ制御を活用した光パストポロジー制御手法を用いても、従来のゆらぎ制御を活用した光パストポロジー制御手法と同等の確率で解発見できることを示した。

実証実験に関しては、ゆらぎ制御を活用した光パストポロジー制御手法をソフトウェア実装し、課題イのプラットフォームと連携させて、JGN-X を含む実証実験網での実験を通して、ゆらぎを活用した光パストポロジー制御の環境変化に対する適応性と複数ドメイン間の連携動作を実証した。

課題イ) 大規模光パストポロジー制御を実現するネットワーク制御プラットフォームの研究開発

課題イー1では、10,000 ノード規模の光通信ネットワークにおいても数分オーダーの計算時間で 80%以上の疎通流量を達成する、光パス復旧シナリオの計算アルゴリズムの開発を目標としている。ただし、ネットワークは最大 1,000 ノードとなる複数のドメインで構成され、各ドメインに対して並列制御を行う想定であるため、課題イー1では 1,000 ノード規模の光通信ネットワークに対して、光パスの復旧シナリオを最適化し、トラヒック復旧を最早化する問題を定義した。本問題に対し、交流トラヒック量が大きいトラヒックのみを推定対象とすることでアルゴリズムの演算処理を高速化する工夫を行い、計算機シミュレーションにより提案技術の有効性を評価した結果、1,000 ノード規模のネットワークにおける演算が約 50 秒し、従来方式と比較して、装置設定時間を含む復旧時間は 1/10 に短縮できることを確認した。

課題イー2では、10,000 ノード規模の大規模光通信ネットワークをシミュレートするシミュレータの試作、及び制御系を構成する階層型制御プラットフォームの試作を行った。階層型制御プラットフォームにおいては、ネットワークを複数ドメインに分割し、複数制御装置を用いた階層型アーキテクチャにより並列制御を行うことで、パス設定時間の大幅な短縮を実現する。このとき、ドメイン単位に分割できないアルゴリズムの計算処理に対して、故障の影響がある箇所のみ情報を精緻に管理し、それ以外のネットワークを抽象化する機構を導入することで、アルゴリズムの計算時間の短縮と復旧時間の短縮を両立する方法を提案した。提案技術を用いることで復旧時間は従来技術の約 1/130 に短縮可能であり、目標を十分に達成した。

課題イー3では、シミュレータ制御用に開発した課題イー2の階層型制御プラットフォームを拡張し、実機（IP ルーター、OXC）を制御可能な制御プラットフォームを実装した。また、制御プラットフォームを課題アで開発されたアルゴリズムサーバと接続し、大阪大学吹田キャンパスと NTT 武蔵野研究所を JGN-X を介して接続した約 30 ノードの広域光インフラ実験網上で評価を行った。結果、実機制御のオーバーヘッドを含めても従来技術に対して約 1 / 10 の時間（約 7 秒）で制御が完了しており、課題イー1、課題イー2で提案する方式が実機上でも十分に有効であることを実証した。