

(26年度) 平成26年度「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」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 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
- ◆研究開発期間 平成24年度から平成26年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額290百万円(平成24年度120百万円、平成25年度90百万円、平成26年度80百万円)

2. 研究開発の目標

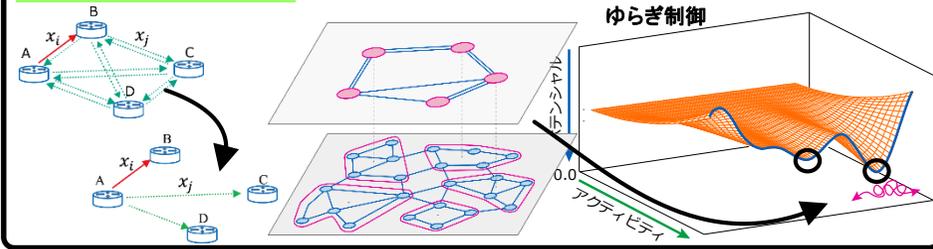
・大局的な情報集約による全体最適化を行わず、脳や生体に見られる局所的情報交換によって、予測困難な環境変動にも適応的に動作することが可能な自己組織的制御によって、高信頼、すなわち、トラヒック変動や故障等が発生した場合にも、その状況に基づいた全体最適化を必要とせず、新しい状況に適応して最適又はそれに近い性能を短時間で得ることのできる光パストポロジーを構成する大規模光通信ネットワーク制御基盤技術を確立する。

3. 研究開発の成果

① 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

光パス間の依存関係を削減し1千ノードの物理基盤で高速な光パストポロジー導出の実現

階層化と脳機能ネットワークに着想を得た光パストポロジー導出により1千ノードの物理基盤でも80%以上の解発見を実現

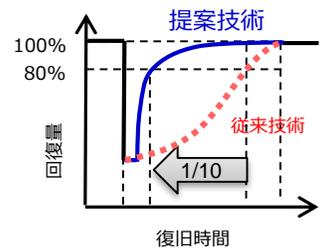
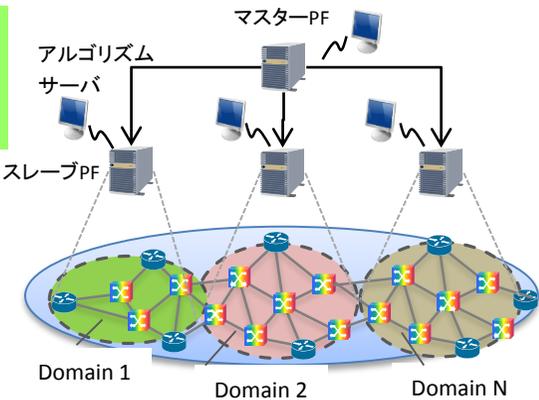


研究開発成果

- 脳機能ネットワークに着想を得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により、80%以上の確率での解発見を実現した。さらに、解発見に要する時間が、最悪値で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の大幅な向上を果たした。
- ゆらぎを活用した光パストポロジー制御の計算量を削減し、1,000ノードの物理基盤における光パストポロジー導出に要する時間を従来手法の約4000秒から約0.03秒に短縮し、10,000ノードを想定した単一ドメインの最大数である1,000ノード規模での計算を可能にした。
- 課題イの制御プラットフォームと連携し、JGN-Xを介して接続した阪大・NTTをまたがる実証実験網で環境変化に対する適応を実証した。

② 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技術

復旧順序の最適化及び階層型制御アーキテクチャにより、1万ノード大規模光通信網の高速制御を実現



研究開発成果

- 1万ノード光網において、災害から早期に通信を回復するパス復旧アルゴリズム確立(課題イー1)、制御アーキテクチャ確立(課題イー2)、制御プラットフォーム実装と成果普及促進(課題イー3)を課題とする。
- 障害復旧手順を最適化し、疎通流量が80%以上に回復する時間を最早化し、1,000ノード網の計算を数十秒で完了するアルゴリズムを確立。
 - 並列網制御を実現する階層型光NW制御アーキテクチャを考案し、1万ノード網の高速制御実現性(約250秒)をNWシミュレータを用いて確認した。
 - 制御プラットフォームを実装し、NTTと大阪大学をJGN-Xを介して相互接続した広域網における高速制御実現性を実証。また、成果普及促進に向け、故障復旧メカニズムに関する要件をITU-T SG13会合に寄書提案。

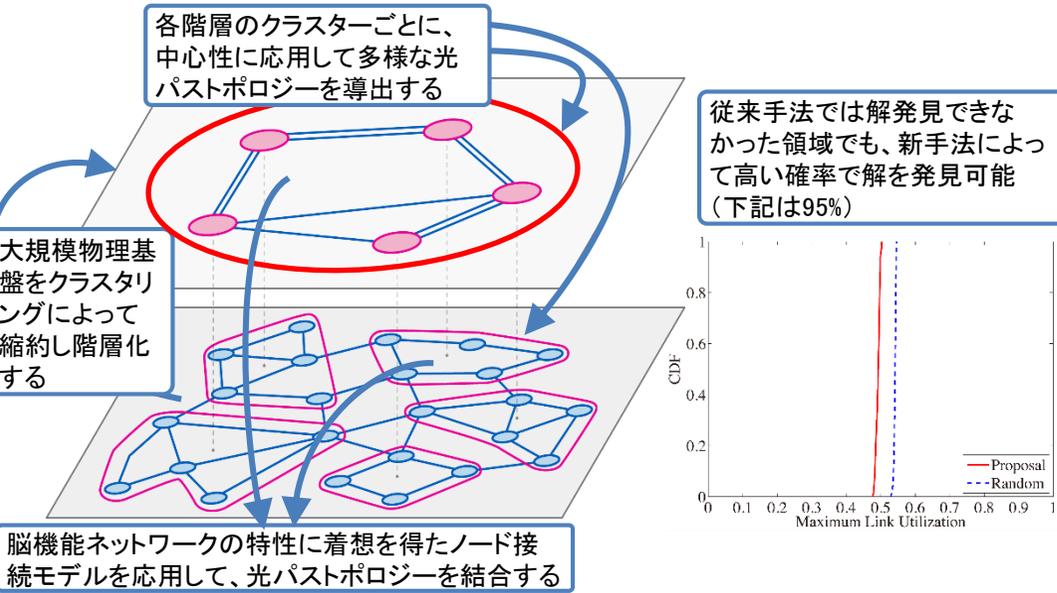
① 脳や生体の環境適応性に学ぶ光パストポロジ—制御技術(課題ア)

【研究開発内容】
 1,000ノード規模の大規模物理基盤に適用可能な、光パストポロジ—候補導出手法とゆらぎを活用した光パストポロジ—制御手法の実現、および、JGN-X実証実験網を用いた実証実験

1) 光パストポロジ—選出手法の大規模物理基盤への適用

課題: 1000ノード規模の物理基盤でも高い解発見確率を実現するための光パストポロジ—候補の導出手法の実現

- 概要:
- 大規模な物理基盤をクラスタリングベースの縮約により階層化
 - 縮約された各階層、および分割された各クラスターごとに、グラフの中心性を利用して多様性を持った光パストポロジ—候補を導出
 - 脳機能ネットワークの特性に着想を得たノードの接続モデルを応用して、分割した光パストポロジ—候補を結合



従来手法では解発見できなかった領域でも、新手法によって高い確率で解を発見可能(下記は95%)

評価条件

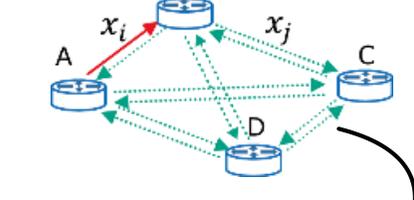
- 1,000ノードの物理基盤
- 従来手法(ランダム選出)と新手法で、それぞれ676個の光パストポロジ—候補を選出
- 100パターンのランダムに生成したトラフィックに対して選出した676個光パストポロジ—の最大リンク利用率を計算し、その最小値(解候補)の分布を調査

2) ゆらぎを活用した光パストポロジ—制御の大規模物理基盤への適用

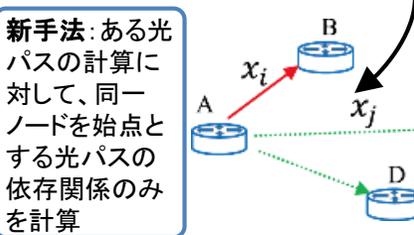
課題: 1000ノード規模の物理基盤でも高速な光パストポロジ—導出が可能なゆらぎを活用した光パストポロジ—制御の実現

- 概要:
- 光パストポロジ—計算において、光パス間の依存関係を一部除外
 - 各光パスの計算において、同一ノードを始点とする光パス以外の依存関係を排除
 - 空間計算量、および時間計算量を大幅に削減

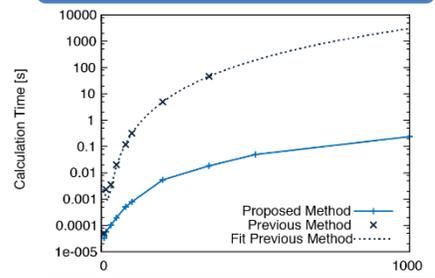
従来手法: ある光パスの計算に対して、他の全ての光パスからの依存関係を計算



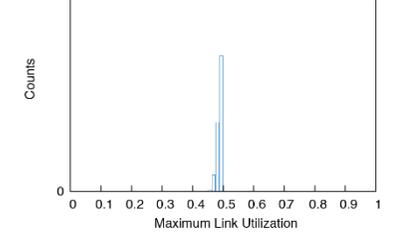
新手法: ある光パスの計算に対して、同一ノードを始点とする光パスの依存関係のみを計算



計算量を大幅に削減(1000ノード物理基盤における光パストポロジ—導出時間: 従来手法: 約2,000秒→新手法: 約0.3秒)



1,000ノードの物理基盤でも高い解発見確率を実現(下記は99.8%)



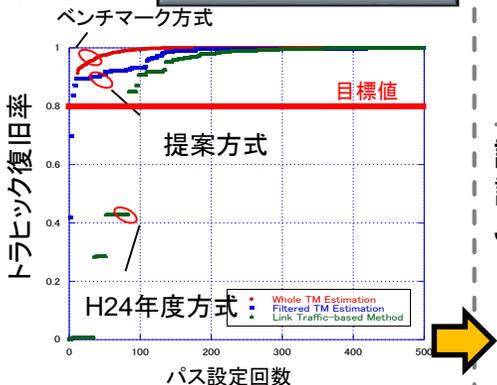
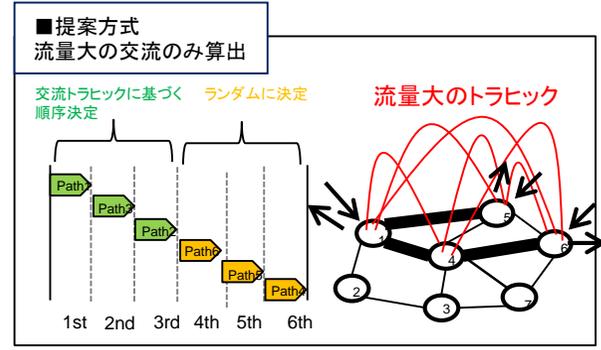
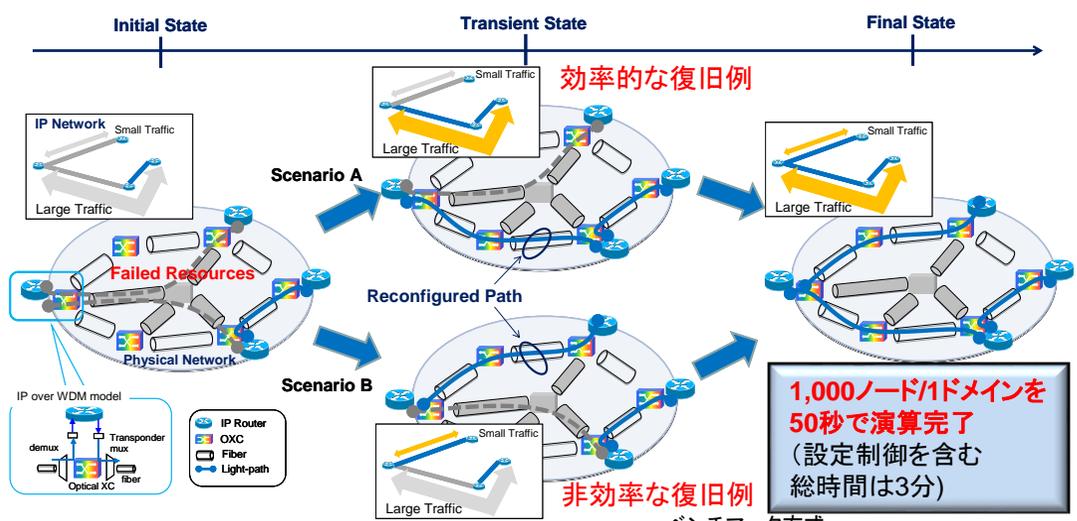
3) JGN-Xを介した広域テストベッドにおける実証実験

ゆらぎを活用した光パストポロジ—制御をソフトウェア実装し、課題イの制御プラットフォームと連携し、JGN-Xを用いた実証実験網における実証実験を通して、実ネットワーク上での環境変化に対する適応性を実証

②大規模光パスト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技術(課題イ)

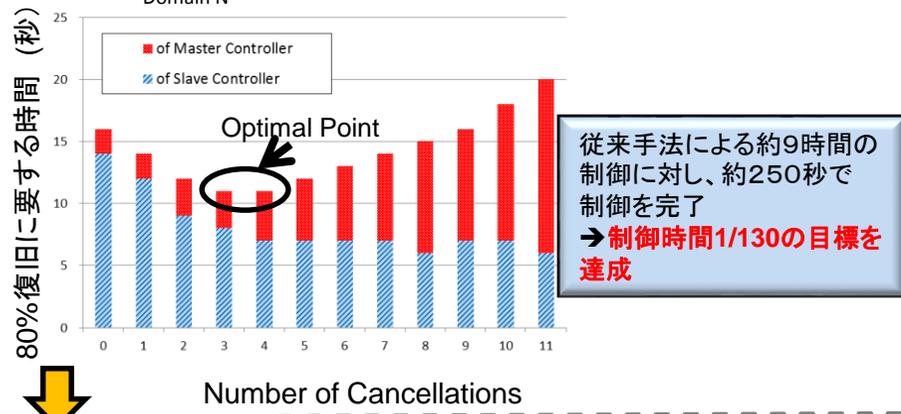
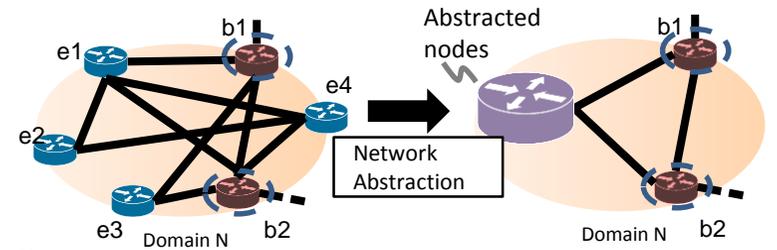
【研究開発内容】
 光パス復旧順序アルゴリズム高度化(課題イー1)、階層型制御アーキテクチャによる10,000ノード網の高速制御(課題イー2)、及びJGN-X実証実験に向けた制御プラットフォーム開発(課題イー3)を実施する。

課題イー1)
問題の定義: 1,000ノード規模のネットワークで10%のノードが故障する大規模障害が発生した場合に、疎通流量を80%以上に回復する時間を最早化する光パス設定順序を数分オーダーで決定する
 →フィルター演算により流量大の交流トラヒックを高速に特定し、疎通量の復旧効果が高い光パスから順次復旧するヒューリスティックアルゴリズムを提案



課題イー2)
問題の定義: 階層型の網制御により、並列計算・並列網制御を実現する階層型光NW制御アーキテクチャの確立

→上位階層のマスターPFと下位階層のスレーブPF構成で、スレーブPFによる網の集約・展開機能、マスターPFによる集約度の最適化機構を提案、精度向上と計算時間削減を両立する



課題イー3)
 課題イー1、イー2の方式を実機制御プラットフォームとして実装し、JGN-Xを用いたネットワーク上でフィジビリティを実証。

- ・実機ベースで制御時間1/10の目標達成を確認
- ・ITU-Tへの寄書提案による普及促進

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(上段)と、()内の当該年度件数(下段)です。

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(1)	0(0)	2(2)	26 (8)	1(0)	0(0)	0(0)	0(0)

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

■計画

- ・本研究開発では、課題Aによる理論検討、及び課題イによるシステム設計と実装を行い、JGN-Xを用いた実証実験に成功するとともに、ITU-T SG13会合への提案コンセプトの寄書提案を実施し、基本方式の確立とその実現性を確認してきた。本成果を核にして、実用化に向けた方式の高度化とシステム化の両面から発展させていく。
- ・方式高度化の観点からは、実際のキャリア網や大規模故障事例への適用を試みる。具体的には、キャリア網の置局やファイバルート等の運用上の制約事項、既存の伝送装置、運用制御装置の機能配備条件を反映し、実用観点での更なる高度化を図る。システム化の観点では、商用レベルの品質と信頼性を担保するために、システムの冗長化方式や、ベースソフトウェアとなる市中製品の見極めを行っていく。
- ・得られた成果は積極的に国内外へ情報発信し、世界の技術レベル及び激甚対策の向上に貢献していく。

■展望

- ・2020年東京オリンピックに向けたICT重要技術の一つとして、本成果をキャリア網の運用に適用し、設備設計シミュレータやリアルタイムな運用制御システムで活用することを想定する。
- ・また、今後のグローバル展開も見据えて、マルチキャリア・マルチベンダ環境での相互接続上の技術課題について標準化等の場で勧告化を行い、世界をリードしていく。
- ・さらに、仮想化/SDNといった今後のキャリア網で期待されるリソースマネジメント技術の中核技術として活用することで通信業界をリードしていくとともに、通信に限らず社会インフラ全体の防災・減災に対する、学術的議論活性化の観点でも貢献していく。