

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 スマートコミュニティを支える高信頼ネットワーク構成技術の研究開発
- ◆副題 超高信頼性を達成する次世代インテリジェント光ネットワークアーキテクチャ
- ◆実施機関 国立大学法人東海国立大学機構、国立大学法人香川大学
- ◆研究開発期間 2018年度～2021年度 (36か月)
- ◆研究開発予算 総額45百万円

2. 研究開発の目標

増加し続ける通信トラフィックに適応し、クラウド/IoTベースのサービスを確実なものとする、強固な光ネットワーク基盤の実現を目指す。通信ノード装置内への冗長性の導入、ネットワーク全体での複合的な冗長化、そしてサービス単位や時間単位でのきめ細かな資源配分によるバックアップ用資源の最大化を組み合わせることで、通信ノード装置の構成部品のランダムな故障から、大規模災害による複数通信ノード・リンクの同時故障に至るまでの幅広い領域をカバーする、光ネットワークの超高信頼性を達成する。

3. 研究開発の成果

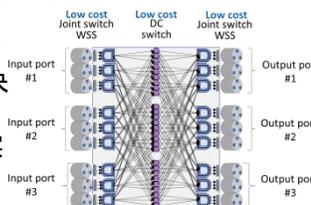
研究開発目標

研究開発項目1: 高信頼かつスケーラブルな光クロスコネクトノード

(目標)現状の光パスネットワークの大容量化に向けて、フレキシブル波長群ルーティングに基づく高信頼・低コスト・スケーラブルなノードを開発する。開発予定のノードは理想的な波長粒度ルーティングに迫る性能を発揮しつつ低コスト化を実現し、更に信頼性・スケーラビリティを満たす。当該ノードの特性に適合するネットワーク設計・制御アルゴリズムおよびプロトタイプを実現する。

(現状)波長選択スイッチの規模により波長粒度ルーティングノードの規模が制約され、また高価かつ複雑なスイッチを用いることによるコスト・信頼性の問題が解決されていない。

(アプローチ)内部冗長構成およびスケーラビリティを実現する構造を内包・ネットワークレベルのシミュレーションとプロトタイプ開発の同時実施による性能実証。



研究開発成果

研究開発成果: 空間ジョイントスイッチング型フレキシブル波長群ルーティングノードの提案

波長選択スイッチでの空間ジョイントスイッチングによる複数コア・ファイバ内の光パスの同時グループ化と、光スイッチ群による光パスグループのルーティングを組み合わせる新たなノードアーキテクチャを提案。波長選択スイッチを究極的に削減することに成功し、高信頼性を達成する共に、空間多重度を拡張可能なスケーラビリティを新たに実現した。

研究開発成果: 設計アルゴリズム開発とプロトタイプ開発

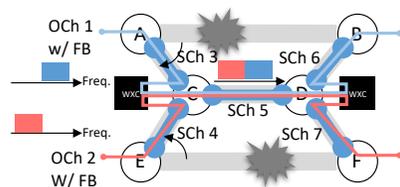
上記ノードの特性を考慮した、新たなネットワーク設計アルゴリズムを開発した。波長粒度ルーティングに迫る性能がネットワークレベルで発揮できることを明らかにした。また、この際のパラメータをもとにしてプロトタイプ開発を行い、スループット2.15Pbps及び2000+km(QPSK)/700km(16QAM)の伝送距離を実証した。

研究開発項目2: 複合型冗長化に基づく超高信頼光NW

(目標)将来の超大容量光ネットワークにおいて、スケーラビリティと高信頼性、経済性を両立可能なネットワークアーキテクチャと故障救済方式を確立。機械学習を用いた新たなネットワーク制御法の確立。

(現状)固定的な資源再割当て割り当て、空間分割多重(SDM)方式における故障救済方式は未検討。パラメータ数の多さ故に機械学習ベースの効率的な光ネットワーク制御は困難。

(アプローチ)リジェネレータの最適配置、距離適応変調、帯域適応資源再割当て、SDMIに適した光スイッチ・救済方式の導入。経路波長割り当て問題の細分化による学習の効率化。



研究開発成果: 高信頼トランスルーセントEON方式の有効性を実証

・従来のEON高信頼化設計においては、スペクトル資源とリジェネレータ資源が有効に利用されていないという課題があった。
・本研究開発では、リジェネレータの戦略的配置と距離適応変調方式、帯域適応縮退再割り当ての採用により、リジェネレータを最大50%、周波数スロットを最大30%削減可能であることを実証。

研究開発成果: 空間チャンネルNWの各種故障救済方式の実証に成功

・コア粒度でトラフィックをスイッチする空間チャンネルNWにおいて、各種故障救済方式の有効性と実現性が未検証であった。
・本研究開発では、独自のコア選択スイッチを用いて、1+1空間チャンネルプロテクション、空間チャンネル共有プロテクション、帯域縮退再割当てのテラビット級実証実験に世界で初めて成功。

研究開発成果: 機械学習に基づくネットワーク制御手法の開発

大規模光ネットワークの効率的制御を可能とする、強化学習ベースの手法を提案し、有効性を実証。ネットワークの実質的な容量を最大で50%以上増大させることを数値シミュレーションで明らかに。

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・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	5 (1)	43 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	7 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

日米共著論文

- Rujia Zou, Hiroshi Hasegawa, Masahiko Jinno, and Suresh Subramaniam, "Link-protection and FIPP p-cycle designs in translucent elastic optical networks," IEEE/OSA JOCN, Vol. 12, No. 7, pp.163-176, Jul. 2020.
- Masahiko Jinno, Tsubasa Ishikawa, Takahiro Kodama, Hiroshi Hasegawa, and Suresh Subramaniam, "Enhancing the flexibility and functionality of SCNs: demonstration of evolution toward any-core-access, nondirectional, and contentionless spatial channel cross-connects," IEEE/OSA JOCN, Vol. 13, No. 8, pp. D80-D92, Aug. 2021.

その他国際会議予稿7編

受賞

- 2019/7/12 Best Student Oral Presentation Award, ICTON2019
- 2020/3/19 第35回電気通信普及財団賞
- 2020/4/10 2020年IEEE名古屋支部国際会議研究発表賞
- 2020/5/11 ICP2020 Best Paper Award
- 2020/5/21 ONDM 2020 Best Student Paper Award
- 2021/3/1 第7回JPNデザインコンテスト
- 2021/6/24 令和3年度原島博学術奨励賞研究助成

招待講演

- OECC/PSC 2019
- ONDM 2020
- STM 2020
- OECC 2020
- ECOC 2020

招待論文

- JLT, VOL. 38, NO. 9, pp. 2577-2586, 2020
- JOCN, Vol. 13, No. 8, pp. D80-D92, 2021

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

今回の研究課題実施によって得られた知見を今後の研究活動にフィードバックし、より優れた成果を挙げることを目指す。得られた知見には、次世代ノードアーキテクチャ、構成デバイス、アルゴリズムに関して解決すべき新たな課題が含まれており、これら新たな課題の解決に取り組み、有力国際会議・国際論文誌に成果を発表し周知していくことが必要である。また、光ネットワーク一般に有効な、普遍性のある知見については、今回主に取り扱ったコア・バックボーンネットワーク以外への応用も検討する。

6. 外国の実施機関

ジョージワシントン大学(米国)