

採択番号 02201

研究開発課題名 Beyond 5G のレジリエンスを実現するネットワーク制御技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、大規模な通信障害が発生し、ICTシステムの脆弱性が浮き彫りとなった。この災害を契機として、レジリエンスの重要性が認識され、「ICTの耐災害性強化」と「災害予測、災害予防、災害情報の収集と配信と被害推定」に関する研究開発が進められてきた。東日本大震災発生当時は、3Gシステムの普及により、スマートフォンが登場し始めた時期で、その普及率は30%程度であったが、現在では、その普及率は約90%に達し、ネットワークは通信基盤から我々の生活基盤となっている。今後、超高速、超低遅延、多数同時接続を特徴とする5Gが本格的に普及すると、あらゆるものがネットワークに繋がり、人工知能やVR/AR等の先端技術とネットワークが組み合わせられて社会実装され、ネットワークは産業・社会基盤になると考えられる。さらに、B5G時代には、サイバー空間とフィジカル空間がネットワークで密接に連携したSociety5.0の社会に変貌する。この社会を維持するには、毎年各地で発生する集中豪雨災害はもとより、数百年に一度発生する首都直下や南海トラフ等の巨大広域災害まで、様々な災害レベルに対応可能なようにネットワークのレジリエンスを向上する必要がある。

本研究開発では、頻発・深刻化する自然災害に対するレジリエンス向上と脱炭素社会への転換に対応した、グリーンでレジリエントなB5Gネットワーク(NW)におけるNW制御技術を確立する。平時には、再生可能エネルギーと蓄電池による自立電源で可能な限り、B5G NWのRAN(Radio Access Network)を稼働させ、災害時には、自立電源により生き残ったRANに関して、電力も含めたNWリソースの適応制御により、通信を確保するグリーンでレジリエントなvRAN(virtual RAN)を実現する。このため、SDNとNFVにより仮想化されたNWアーキテクチャを前提として、災害に応じて、vRANにおけるセル構成を適応制御する研究開発を実施する。

(2) 研究開発期間

令和3年度から令和6年度(4年間)

(3) 受託者

国立大学法人東北大学<代表研究者>  
国立大学法人広島大学  
日本電業工作株式会社

(4) 研究開発予算(契約額)

令和3年度から令和4年度までの総額167百万円(令和4年度 122百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1 光・無線リソース統合制御技術・メディア制御技術

研究開発項目1-a) 光・無線リソース適応制御技術の確立

研究開発項目1-a)-1 セル再構成に適応した無線リソース制御技術 (広島大学)

研究開発項目1-a)-2 セル再構成に適応した光リソース制御技術 (東北大学)

研究開発項目1-a)-3 セル再構成に適応した光・無線フロントホール切り替えを実現するメディア制御技術 (東北大学)

研究開発項目 1-b) 適応型マルチタスクアンテナの研究開発

研究開発項目 1-b) -1 多周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの開発  
(東北大学)

研究開発項目 1-b) -2 ミリ波 MIMO マルチビームアンテナの利得制御技術の開発  
(日本電業工作)

研究開発項目 1-c) 分散 MIMO アンテナ自立電源制御技術 (東北大学)

(6) 特許出願、外部発表等

|       |            | 累計 (件) | 当該年度 (件) |
|-------|------------|--------|----------|
| 特許出願  | 国内出願       | 8      | 8        |
|       | 外国出願       | 7      | 5        |
| 外部発表等 | 研究論文       | 7      | 7        |
|       | その他研究発表    | 29     | 27       |
|       | 標準化提案・採択   | 0      | 0        |
|       | プレスリリース・報道 | 0      | 0        |
|       | 展示会        | 3      | 3        |
|       | 受賞・表彰      | 4      | 4        |

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1-a) -1 セル再構成に適応した無線リソース制御技術

前年度に構築した計算機シミュレーション評価環境を用いて、シームレスにセル再構成を実現する手法の実現可能性の検討を実施した。本研究開発期間内に評価する2つのシナリオのうち、主に「(a) システムスループット最大化」についてのシステム設計・計算機シミュレーション評価を行った。

研究開発項目 1-a) -2 セル再構成に適応した光リソース制御技術

10Gbit/s以上の無線スループットを実現する大容量光フロントホール (FH: Fronthaul) の検討及び設計を実施した。デジタルコヒーレント光伝送技術を適用することにより、14.5 Gbit/sの無線スループットを実現する光フロントホール伝送に成功した。また、研究開発項目 1-b)-2 と連携を図ることにより、16 Gbit/sの無線スループットを実現する、IF 28 GHz 帯光・無線融合フルコヒーレント伝送に成功した。さらに、災害によって生じた通信不感エリアを救済する光リソース制御手法の検討を実施し、仮想基地局機能配置の適応制御方式の有効性を評価した。

研究開発項目 1-a) -3 セル再構成に適応した光・無線フロントホール切り替えを実現するメディア制御技術

無線フロントホール方式の性能評価及び課題抽出を実施した。また、被災した光フロントホールのトラヒック (Sub6 帯) を隣接する光フロントホールに収容するため、無線フロントホール (ミリ波帯) へのスイッチング制御手法の検討を実施した。

研究開発項目 1-b) -1 多周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの開発

昨年度で検討した 5GHz 帯と 2.4GHz 帯の周波数共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの設計法に基づき、5GHz 帯と 2.4GHz 帯のオムニアンテナを試作した。電波暗室内の実験結果から、レドームによるアンテナの利得増大効果を確認した。また、屋外伝搬実験により、試作アンテナによる通信品質の改善効果を確認した。さらに、研究開発項目 1-b) -2 と連携し、本

アンテナとミリ波 MIMO マルチビームアンテナと一体化検討を行った。

#### 研究開発項目 1-b) -2 ミリ波 MIMO マルチビームアンテナの利得制御技術の開発

マルチビーム測定用給電回路を設計、製作し、28GHz 帯垂直偏波アンテナユニットと組み合わせる事で、設計通りの指向性が得られることを確認した。また、水平偏波アンテナユニット及び 45° 偏波アンテナユニットを設計、製作し、良好な特性を得た。更に、28GHz 帯アンテナユニットと研究開発項目 1-b) -1 の多周波共用、偏波共用、高利得オムニアンテナの一体型モックアップを製作し、2023 年 2 月のアンテナ・伝播研究会で展示を行った。

#### 研究開発項目 1-c) 分散 MIMO アンテナ自立電源制御技術

フロントホールに電力線を並走させる複合フロントホール方式を提案し、平時は再エネ率 50% 以上で運転し、災害時は 3 日間以上継続運転可能な自立電源の構成をシミュレーションにより明らかにした。さらに、災害時に分散アンテナの電力消費を削減可能な縮退運転を提案し、スループットの低下を最小限に抑え、分散アンテナの動作時間延長が可能であることが分かった。

### (8) 今後の研究開発計画

#### 研究開発項目 1-a) -1 セル再構成に適応した無線リソース制御技術

前年度までに構築した計算機シミュレーション評価環境を用いて、無線リソース制御システムの評価基盤を確立し、シームレスにセル再構成を実現する手法の実現可能性を明らかにする。本研究開発期間内に評価する 2 つのシナリオのうち「(b) QoS ごとの公平性確保」についてのシステム設計・計算機シミュレーション評価を行う。

#### 研究開発項目 1-a) -2 セル再構成に適応した光リソース制御技術

研究開発項目 1-b)-1、1-b)-2 との連携を図り、光・無線融合フルコヒーレント（コヒーレントアナログ RoF）伝送方式によるフロントホール伝送実験を実施し、本方式の有効性を実証する。また、本方式による光フロントホールの光リソース制御方式を検討し、前年度までに検討してきているデジタルコヒーレント光モバイルフロントホール方式との利害得失を明らかにする。

#### 研究開発項目 1-a) -3 セル再構成に適応した光・無線フロントホール切り替えを実現するメディア制御技術

無線フロントホールの構成や、基地局機能配置制御、光・無線フロントホール切り替え制御、及びリンク確立方式の検討を進め、無線フロントホールを立ち上げる一連の制御手法を確立する。他の研究開発項目との連携を図り、本手法の有効性をシミュレーションによって評価する。

#### 研究開発項目 1-b) -1 多周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの開発

5GHz 帯と 2.4GHz 帯周波数共用が可能な高利得化技術に基づき、2周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの設計とプロトタイプの試作を行い、電波無響室内における試作アンテナの性能を評価する。また、研究開発項目 1-b) -2 と連携し、本アンテナとミリ波 MIMO マルチビームアンテナと一体化するため、アンテナ間の相互結合の低減法を検討すると共に、次世代移動通信の分散アンテナとして、本アンテナの有効性を示す。

#### 研究開発項目 1-b) -2 ミリ波 MIMO マルチビームアンテナの利得制御技術の開発

全方位にマルチビームが発生可能な偏波共用ミリ波 MIMO マルチビームアンテナの詳細設計を行い、研究開発項目 1-b) -1 と統合したアンテナの製作を行い、その特性評価を実施する。

#### 研究開発項目 1-c) 分散 MIMO アンテナ自立電源制御技術

昨年度のシミュレーション結果に基づいて、ソーラーパネルと蓄電池による自立電源の試作を行い、ローカル5GシステムのRU（Radio Unit）を用いて、電力供給持続時間や再エネ率の実証実験を実施し、その性能及び制御方式の有効性を検証する。