

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されて社会実装され、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 3 年度 45 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	0	0
	外国出願	2	2
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	2
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(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

災害レベル 1 の定義に従い、観測パラメータ (通信状態、ユーザ数など) と制御パラメータ (アンテナ、変調方式など) からユーザごとおよびシステム全体の通信容量についての基礎検討を行った。さらに、令和 4 年度以降に実施する具体的なシナリオを想定した計算機シミュレーション評価環境の構築を行った。

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

大容量フロントホールを構成する、デジタルコヒーレント多値光伝送システムの基本構成の検討を行った。また、災害時にセルを再構成するため、災害情報・トラフィック情報を基にした仮想基地局機能 (CU, DU, RU) 配置の適応制御方式、及びユーザ信号の収容局間 (異なる無線セル間) スwitching 制御方式の基本検討を行った。

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

研究開発項目 1-b)-1 との連携による無線フロントホールの基本検討を行った。また、仮想基地局 (CU, DU)、収容局及び RU の協調動作による光・無線フロントホール信号の切り替え制御方式の基本検討を行った。

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

電磁界シミュレーションにより、レドーム構造を活用して、マイクロ波帯の円柱型オムニアンテナの 2.4GHz/5GHz の 2 周波共用、垂直・水平偏波の 2 偏波共用、及び高利得化の設計を実施し、本アンテナ設計法を確立した。

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

実効的な利得 (EIRP) 可変方式の検討を行い、令和 4 年度に実施する実験、技術検証に向け、垂直偏波用アンテナユニットの設計、製作を行った。V、H、45° 偏波のサブアレーを 0.5 の

間隔で配置することのできる放射素子の構造を提案し、反射特性の10dB以下の比帯域10%を実現した。

研究開発項目 1-c) 分散 MIMO アンテナ自立電源制御技術

フロントホールに複合ケーブル等を用いることにより、分散 MIMO アンテナ間での電力融通を可能とする直流グリッドの構成を検討し、災害時には自立電源として機能し、平時には可能な限り再エネによる RAN を稼働できる最適電源構成を明らかにした。また、分散アンテナの電源状況を把握するために、仮想基地局が収集すべき電源情報について検討し、電源制御アルゴリズムを考案した。

(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

今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、無線リソース制御システムの評価基盤を確立し、セル再構成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「システムスループット最大化」について、システム設計と計算機シミュレーションによる評価を行う。

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

今年度に基本検討を実施したデジタルコヒーレント光モバイルフロントホールにおける仮想基地局機能配置の適応制御方式の有効性をシミュレーションと実験により実証する。また、収容局間のデータ信号のスイッチング制御方式の設計を行い、その有効性をシミュレーションにより実証する。デジタルコヒーレント方式と並行して、フルコヒーレント方式の基本検討を行う。

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

今年度に基本検討を行った光・無線フロントホール切り替え制御方式の有効性をシミュレーションによって実証する。また、研究開発項目 1-a)-1、1-b)との連携により、光・無線フロントホール信号の切り替え制御方式、及び無線フロントホールリンク確立方式の設計を実施し、その有効性をシミュレーションによって実証する。

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

多周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナの試作を行い、電波無響室においてアンテナ特性の測定と評価を行う。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の一体化のため、本アンテナの小形化、アンテナ間の相互電磁結合の低減化を検討する。

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

今年度試作した垂直偏波用の最大8ビームを発生可能なアンテナユニットを用い、信号発生部からアンテナに供給される電力を一定としつつ、ビーム数を可変することで、EIRPの可変を実証する。また、移動通信には直交する2偏波が用いられることを想定し、水平偏波で最大8ビームを発生可能なアンテナおよび45°偏波の同アンテナユニットを試作し、その特性を確認する。これらの結果を踏まえ、アンテナユニットを円周上に複数個配置し、全方位にマルチビームを発生するミリ波マルチビームアンテナの基本仕様を策定する。さらに、研究開発項目 1-b) -1と連携し、本アンテナと、多周波共用、偏波共用、高利得、オムニアンテナを一体化した適応型マルチタスクアンテナの試作を行う。

研究開発項目 1-c) 分散 MIMO アンテナ自立電源制御技術

今年度、シミュレーションで検討した直流グリッド実験システムを構築し、災害時にフロントホールや分散 MIMO アンテナが被災したことを想定した実証実験を行う。また、電源状況に応じた分散 MIMO アンテナの送信電力制御について検討を行う。