

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

本研究開発では、自立電源を配備し、複数の分散 MIMO アンテナと仮想基地局で構成された vRAN (virtualized RAN) に対して、グリーンとレジリエンスを実現するため、電力も含めた vRAN におけるセル構成の適応制御として、光・無線リソース統合制御技術・メディア制御技術の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 5 年度 (3 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 5 年度までの総額 260 百万円 (令和 5 年度 93 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

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 (国立大学法人広島大学)

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 (国立大学法人東北大学)

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 (国立大学法人東北大学)

研究開発項目 1-b) 適応型マルチタスクアンテナ技術

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

(国立大学法人東北大学)

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

(日本電業工作株式会社)

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

(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	9	0
	外国出願	7	2
外部発表等	研究論文	9	2
	その他研究発表	45	21
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	5	2
	受賞・表彰	6	2

(7) 具体的な実施内容と最終成果

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

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

オムニアンテナ (Sub6 帯) を用いた分散型クラスタマルチユーザ MIMO (MU-MIMO) の適用を前提として、災害時のクラスタ再構成によるシステムスループットの改善と公正性の担保の可能性を明確化した。ユーザ位置情報に基づくユーザクラスタ再構成技術を確立し、災害時の分散アンテナの破損率が 30% 以下において、システムスループットに相関があるユーザ当たりの通信容量の中央値 (累積確率 50% における通信容量) の低下率を平時に比べ 10% 以内に抑えることが可能であることを実証した。また、ユーザクラスタ再構成技術を適用することにより、平時に累積確率 1% の公平性が確保できるユーザあたりの通信容量において、災害時 (分散アンテナ破損率 50%) に公平性を担保できないユーザの発生率を 10% 以内に抑えることが可能であることを実証した。

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

デジタルコヒーレント方式及びアナログコヒーレント (フルコヒーレント) 方式の両者の利害得失を比較し、周波数利用効率、遅延、消費電力の観点からフルコヒーレント方式の優位性を明確化した。28 GHz 帯への適用を想定し、16 Gbit/s、256 QAM 信号の光ファイバ 10 km、無線 20 m 光・無線融合フルコヒーレント伝送を実証した (研究開発項目 1-b) -2 との連携)。また、仮想基地局の機能配置制御技術、時分割多重度制御技術による光リソース適応制御手法を確立した。

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

デジタルコヒーレント方式においては仮想基地局の機能配置制御技術を、フルコヒーレント方式においては波長切り替え制御または時分割多重度制御技術を用いた光・無線フロントホール制御手法を確立した。28 GHz 帯マルチビームアンテナを用いた光・無線フルコヒーレント伝送実験により、発災時に設定するミリ波帯無線フロントホールの伝送性能を実証した (研究開発項目 1-b) -2 との連携)。

研究開発項目 1-b) 適応型マルチタスクアンテナ技術

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

2.4GHz/5GHz におけるアンテナのオムニ指向性、レドームの構造、アレー配置について、電磁界シミュレーションを用いて、利得の向上に向けた最適設計を行った。また、プロトタイプを試作し、伝搬実験により、設計法の妥当性を検証した。Sub6 帯のデュアルバンド (4.05 GHz/5.75 GHz) において、高利得の水平偏波オムニアンテナの設計に成功し、電磁界シミュレーションにより、偏波共有の可能性を示した。Sub6 帯の本アンテナとミリ波 MIMO マルチビームアンテナと一体化したプロトタイプを作製し、実験により、アンテナの放射特性

を測定し、高利得のアンテナの動作とアンテナ間の相互結合の低減を確認した（研究開発項目 1-b) -2 と連携）。

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

27.5GHz~29.5GHz の広帯域で動作可能な垂直・水平・45° 偏波 3 種類の直列給電マイクロストリップアンテナを開発・試作した。更に、ミリ波帯 MIMO マルチビームアンテナの実運用に適した指向性を考察し、その指向性を有するアンテナを開発・試作した。マルチビーム測定用の電力分配器を設計・試作し、最大 8 つのマルチビームの電力を合成し、概ね 9dB の受信電力向上が可能であることを実験により実証した。また、広帯域偏波共用高利得オムニアンテナのフルアレー試作を行い、ミリ波帯 MIMO マルチビームアンテナと一体化した特性評価を実施し、設計通りの良好な特性を確認した（研究開発項目 1-b)-1 と連携）。

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

複合フロントホールと、太陽光発電（PV）および蓄電池による分散 MIMO アンテナ用自立電源システムの構成を考案した。上記の自立電源システムについて、災害時の電力供給持続時間（3 日以上）と平時の再エネ比率（50%以上）の目標を達成可能な動作条件をシミュレーションで導出し、自立電源システムを試作し、上記の目標を実証した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

<計画>

国際標準化を進める上では、NTT 及び KDDI 等の通信事業者、一般社団法人情報通信技術委員会、NICT 等の国内関連機関との連携が重要である。出願特許等の研究開発成果の情報入力等を通じた連携を模索する。事業化のためには、共同提案者である企業の強みを生かした要素技術等の基本特許を核とする周辺技術が必要であり、参加企業が競争領域として、他社との差別化を目指した技術開発と特許取得を検討する。

国際会議や論文誌に加え、情報発信のために開設したホームページを活用して、社会に広く研究開発成果を情報発信する。

研究開発成果や開発技術のプロモーション活動を検討し、参加企業が具体的な商品開発に向けた検討を進める。

<展望>

本研究開発で提案したグリーンでレジリエントな B5G ネットワークは、スマートシティとその先にある Society5.0 に必要不可欠な生活・産業・社会的ネットワーク基盤を実現し、持続可能なものとする上で不可欠である。スマートシティにおいては、都市 OS が分野間のデータを連携すると同時に、本 B5G ネットワークが都市 OS とフィジカル空間を結びつけることで、防災、自動走行・自動配送、エネルギー・水・廃棄物の最適管理、等のサービスを効率的に提供することが可能となり、我々の QoL (Quality of Life) が向上することが期待される。スマートシティの市場規模は、2023 年から年平均成長率 25.8%で成長し、2030 年には 6 兆 9650 億 2000 万米ドルに達すると予測されている。一方、少子高齢化が進む地方では、この都市 OS をカスタマイズして、活用することで市町村のコンパクトシティ化が可能となり、QoL の向上に加え、地方創生につながるものと期待される。

スマートシティの先にある Society5.0 では、脱炭素社会を支える産業創出も含め、SDGs を実現する新たな産業創出のネットワーク基盤として、グリーンでレジリエントな本 B5G ネットワークが社会・経済に与えるインパクト・貢献は多大であると考えられることから、本研究開発終了後も継続してグリーンでレジリエントな B5G ネットワークの実現に向けて貢献してゆく。

本研究開発では、大学院生を積極的にプロジェクトに参加させ、プロジェクトベースの研究開発を経験させることにより、産業界を担う人材育成を実施した。今後は、本研究開発の他に獲得している現在実施中の情報通信関連の研究開発プロジェクトにおいて、大学院生の積極的参加を促進し、人材育成を継続し、産業界の持続的発展への貢献を進める。

研究開発の成果をベースとして、新たな研究開発プロジェクトへの提案を積極的に行い、B5G

の実現方式と要素技術に関する研究開発を進め、得られた研究開発成果を国際会議や論文誌等でアピールを行うと同時に、ITU-R/T、3GPP 等での標準化への貢献を目指して、NTT 及び KDDI 等の通信事業者、一般社団法人情報通信技術委員会、NICT 等の国内関連機関や関連する通信機器ベンダとの緊密な連携を模索する。