

令和 6 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 07501

研究開発課題名 協調認識の実現に向けた次世代 V2X (Beyond 5G-V2X) 通信技術の研究開発

研究開発項目 1 5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発

研究開発項目 2 ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発

研究開発項目 3 実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発

副 題 協調認識のための Beyond 5G-V2X 通信技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

本研究開発は、B5G における協調認識のための V2X 通信技術の研究開発、路側機・端末開発、国際標準獲得を行うことで、協調認識を活用した V2X システムで世界に先行することを目的とする。

また、自動車メーカーなどのステークホルダーと連携し、小規模・大規模交差点における協調認識 (CPS : Collective Perception Service) ユースケースの実環境エミュレーションおよびテストコースを用いた概念実証を行うことで、本研究開発が B5G における無線通信技術および社会実装の面において有用であることを示すことを目的とする。

(2) 研究開発期間

令和 5 年度から令和 8 年度 (4 年間)

(3) 受託者

シャープ株式会社<代表研究者>

国立大学法人京都大学

株式会社 KDDI 総合研究所

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 5 年度から令和 6 年度までの総額 2,000 百万円 (令和 6 年度 1,000 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 5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発

1-a-1) マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)

1-a-2) 協調認識実現に向けた V2X 用無線リソース制御技術の研究開発 (京都大学)

1-b-1) V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)

1-b-2) 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)

研究開発項目 2 ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発

2-a) ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)

2-b-1) ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)

2-b-2) 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)

研究開発項目 3 実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発

3-a) ユースケースの研究開発 (シャープ)

3-b) エミュレーション技術の研究開発 (京都大学)

3-c) テストコースを用いた概念実証 (シャープ)

(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	54	38
	外国出願	25	25
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	23	20
	標準化提案・採択	58	47
	プレスリリース・報道	7	3
	展示会	4	0
	受賞・表彰	3	3

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1：5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発
(京都大学、シャープ)

研究開発項目 1-a マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)

2023 年度に整備した装置で各種交差点環境において、5G NR 信号を用いた電波伝搬特性、伝送特性、車、人等の協調認識に必要な情報を測定し、その測定した各種情報をもとに、基地局 (BS)、路側機 (RSU: Road Side Unit) を利用して車両 (Vehicle) -RSU 間 (V2I) および車両間 (V2V) が多段中継を用いて相互に通信を行い、情報を基地局に伝送することができる通信プロトコルおよび協調認識実現に向けた V2X 用無線リソース制御方式の基礎設計を行い、基礎伝送特性を評価した。また、5G-NR を伝送可能な装置に当該プロトコルの基礎評価を行うことができる基礎伝送装置を開発し、評価した。

研究開発項目 1-b-1 V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)

マルチホップにおいても高信頼・低遅延な V2X 通信システム技術に用いる各手法の初期設計を完了した。また、これらの検討した技術について 29 件の国内外特許出願と 21 件の寄書入力で 3GPP 標準化議論を推進し、合意事項 31 件が議長ノートに記載された。

研究開発項目 1-b-2 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)

2023 年度に引き続き 5.9GHz 帯 V2X 通信装置の開発を進捗させている。開発した装置の信号について解析を行い、所望の信号が出力されていることを確認した。ITS における既存の検討並びに他の研究開発項目における成果に基づいて制御パラメータの検討を行った。

研究開発項目 2：ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発
(KDDI 総合研究所、シャープ、京都大学)

研究開発項目 2-a ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)

AI/ML 活用による多ビーム選択最適化、端末主導のビーム切替高速化、多ビーム活用による遮蔽回避の初期設計を完了し、取得可能な情報量などが理想的な環境下での計算機シミュレーション評価で周波数利用効率の向上を確認した。また、これらについて 34 件の国内外特許出願と 26 件の寄書入力で 3GPP 標準化議論を推進し、合意事項 35 件が議長ノートに記載された。

研究開発項目 2-b-1 ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)

5G NR に準拠した 28GHz 帯通信装置について、Uu インターフェイスを用いた路側機および当該路側機と接続可能な車載用端末間における伝送レートを確認し、基礎伝送評価を完了した。

研究開発項目 2-b-2 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)

2023 年度に開発した高機能ビームフォーミングアンテナと 5G-NR の基地局と協働で動作させ、交差点環境において、ミリ波帯ビームフォーミングによって構築される通信エリアの評価、ステアリングによる性能の評価を行った。さらに、この結果をもとに高機能ビームフォーミングアンテナ、アンテナ制御部の二次試作を行った。

研究開発項目 3：実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発 (京都大学、シャープ)

研究開発項目 3-a ユースケースの研究開発 (シャープ)

協調認識を用いた研究実施協力者からのヒアリング結果と、ITS 情報通信システム推進会議および自動運転の実証実験を実施する自治体との連携によるヒアリング内容に基づき 5.9GHz 帯リアルタイム・マルチホップ通信技術およびミリ波帯高機能ビームフォーミング技術を適用するユースケースを具体化した。

研究開発項目 3-b エミュレーション技術の研究開発 (京都大学)

2023 年度に定義した要件、開発ソフトウェア項目を踏まえ、基地局(BS)、路側機(RSU)、車両 (Vehicle)、歩行者 (Pedestrian) を仮想的に構築し、さらに、エミュレータ上に 5G-NR をベースにシステムレベル・リンクレベルエミュレーション環境を構築し、基地局-複数車両間、基地局-歩行者間、基地局-複数路側機間、路側機-複数車両間、路側機-複数歩行者間、路側機間において V2X 通信技術の基礎可用性検証を実施することができるワイヤレスエミュレータを開発した。

研究開発項目 3-c テストコースを用いた概念実証 (シャープ)

概念実証に向けた候補地を選定し、路側機の配置方法等の課題を抽出した。また、大規模交差点における協調認識に必要な動的情報から通信要件を算出し、システムレベルシミュレーションによって、信頼性、遅延、および、通信容量に関する実用可能性を評価した。特に、Uu 路側機と PC5 路側機の比較、V2I と I2V 通信の比較、および、マルチホップ通信のリンク品質評価について完了した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目 1：5.9GHz 帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発 (京都大学、シャープ)

研究開発項目 1-a マルチホップ V2X 通信方式の研究開発 (京都大学)

2024 年度までに設計・開発したマルチホップ V2X 通信プロトコルの基礎評価装置を用いて、小規模交差点を想定した環境において、計算機によるエミュレーションもしくは屋外実機伝送試験により基礎伝送特性を評価し、特性評価結果に基づき、パラメータを最適化したマルチホップ V2X 通信方式を実証する評価装置の設計、二次試作を行う。また、ミリ波、テラヘルツ波を用いた V2X 通信の実現を模索するために 2024 年度までに整備した 5G-NR 信号の上記伝送評価装置を用いて、V2X 通信環境での基礎伝送特性の評価を行う。また、交差点環境において、マルチホップによる伝送遅延をなくすための方法について検討を行う。

さらに、2024 年度までに設計したカメラ情報を利用して、マルチホップ通信の可否、必要リソースを算出する協調認識を用いたマルチホップ通信アルゴリズムの小規模交差点環境における評価を計算機シミュレーションにより行うとともにこのアルゴリズムを利用した V2X 用無線リソース制御技術の基礎評価装置を開発する。

研究開発項目 1-b-1 V2X 通信標準技術の研究開発 (シャープ)

マルチホップでも高信頼・低遅延な V2X 通信技術の確立に向けて、シミュレーションや装置開発からのフィードバックを行い、さらなる検討を行う。また、検討した技術について特許化・標準化を推進し、規格化 6 件の達成を目指す。

研究開発項目 1-b-2 5.9GHz 帯通信装置の研究開発 (シャープ)

研究開発項目 3-c で行う実証に必要な 5.9GHz 帯 V2X 通信が可能な路側機・端末の開発を行う。2024 年度までに検討した無線制御パラメータを反映した制御を可能にし、さらにマルチホップ機能を実装する。他の研究開発項目の成果をフィードバックしながら開発を進め、概念実証のための検証・評価を行う。

研究開発項目 2：ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所、シャープ、京都大学)

研究開発項目 2-a ビームフォーミング技術の研究開発 (KDDI 総合研究所)

提案手法である高機能ビームフォーミングを実システムに適用する際に課題となる情報量や処理時間の制約、実環境特有の伝搬特性を考慮して手法を改良し、手法を適用しない従来技術と比較して 2.4 倍の周波数利用効率を実現する。また、研究開発項目 2-b 及び 3 と連携して、2-a の提案手法を実装したモバイル通信システムを開発し、概念実証で手法の有効性を確認する。さらに、基地局・端末のシーケンスやインターフェイスを特許化し、標準化議論を推進することで、規格化 6 件の達成を目指す。

研究開発項目 2-b-1 ミリ波帯路側機・端末の研究開発 (シャープ)

研究開発項目 2-a および 3 と連携し、実証環境や実機上の制約を考慮した検討技術の調整を行い、高機能ビームフォーミングの実装・評価を行う。さらに、概念実証のための統合検証・評価を行う。

研究開発項目 2-b-2 高機能ビームフォーミング制御アンテナの研究開発 (京都大学)

2024 年度までに開発した高機能ビームフォーミングアンテナと 5G-NR の基地局と協働で動作させ、交差点環境において、ミリ波帯ビームフォーミングによって構築される通信エリアの評価、ステアリングによる性能の評価を行う。その結果をもとに必要に応じて V2X 環境において情報通信を行うために必要となる車両トラッキングのためのビームのステアリング範囲、ビーム幅を決定し、コードブックの形で用意する。さらに、高機能ビームフォーミングアンテナ、アンテナ制御部の二次試作を行う。

研究開発項目 3：実環境を模擬した Beyond 5G-V2X 通信技術の可用性検証技術の研究開発 (京都大学、シャープ)

研究開発項目 3-a ユースケースの研究開発 (シャープ)

ユースケースの具体化は完了したが、引き続き研究実施協力者、ITS 情報通信システム推進会議および自動運転の実証実験を実施する自治体との連携を行う。

研究開発項目 3-b エミュレーション技術の研究開発 (京都大学)

2024 年度までに開発した基地局—歩行者間、基地局—複数路側機間、路側機—複数車両間、路側機—複数歩行者間、路側機間の 5G-NR による通信を実現する基礎ワイヤレスエミュレータに、研究開発項目 1 で開発するカメラを利用した協調認識を利用した無線リソース制御によるマルチホップ通信技術を搭載し、基地局、路側機、車両、人を利用してマルチホップ通信環境がエミュレーションでできる環境を構築する(想定周波数は 5GHz 帯)。また、研究開発項目 2 で開発するミリ波帯における高機能ビームフォーミングを搭載する場合のエミュレータに対する要件定義を行う。

研究開発項目 3-c テストコースを用いた概念実証 (シャープ)

概念実証に向けて実証場所を決定し、免許取得や具体的な実証方法を決定する。特に、路側機の配置や配線、電力確保、実験使用許可などの課題を解決する。さらに、定量的な評価方法と定性的な評価方法を決定し、実証実験を実施する。