

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 : 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
- ◆副題 : 協調認識のためのBeyond 5G-V2X通信技術の研究開発
- ◆受託者 : シャープ(株)、(大)京都大学、(株)KDDI総合研究所
- ◆研究開発期間 : 令和5年度～令和8年度(4年間)
- ◆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)

2. 研究開発の目標

本研究開発では、1) 5.9 GHz帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の確立によりマルチホップを適用時でもパケット到達率99%以上、エンドツーエンド遅延50 msec以下の達成および、2) ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の確立により高機能ビームフォーミング技術を適用しない場合に比べ2.4倍の周波数利用効率の達成、を実現し、1)、2)の研究開発成果および研究実施協力者等からのヒアリングにより具体化されたユースケースを踏まえ、実環境を模擬したエミュレーション環境での評価およびテストコースでの概念実証により本研究開発成果が協調認識(CPS)のためのV2X通信技術において可用性があること示す。さらに、1)および2)で検討した技術をV2X通信技術として世界中で普及・展開させるために、3GPPにおいて標準化活動を実施し、12件の規格化、つまり国際標準獲得を達成する。

3. 研究開発の成果

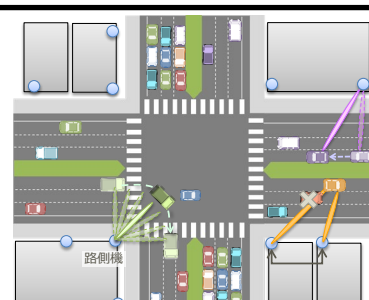
研究開発目標(全受託期間)

研究開発成果(2024年度)



項目1:リアルタイム・マルチホップ通信技術

- ・5.9GHz帯リアルタイム・マルチホップ通信技術の確立
- ・V2X通信装置の開発



項目2:高機能ビームフォーミング技術

- ・ミリ波帯高機能ビームフォーミングの確立
- ・ビームフォーミングアンテナ、V2X通信装置の開発

国際標準化:3GPP Rel.19以降にて73件の標準化提案を行い、12件の国際標準獲得を達成

研究開発項目1:

項目1-a:マルチホップV2X通信方式の研究開発

- ・5G-NR信号を用いた電波伝搬特性、伝送特性、協調認識に必要な情報を測定。この情報を用いて車両間多段中継通信プロトコルを設計、基礎伝送特性を評価した。

項目1-b: V2X通信システムの研究開発

- ・5.9GHz帯V2X通信装置の信号について解析を行い、所望信号が出力されていることを確認。また、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を検討。

研究開発項目2:

項目2-a:ビームフォーミング技術の研究開発

- ・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、理想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

項目2-b:ミリ波帯通信装置の研究開発

- ・ミリ波帯(28GHz帯)V2X通信装置の無線インターフェイスとしてUuインターフェイスと決定し、基本装置・アンテナ諸元の策定・初版仕様書の作成完了
- ・2023年度に整備した28GHzビームフォーミングアンテナと5G-NRの基地局と共同で動作させ、交差点環境におい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評価を行った。

標準化(主に研究開発項目1-b及び2-aに関係):

V2X通信システム技術について29件の国内外特許出願と21件の寄書入力を行い、合意事項31件が議長ノートに記載された。また、ビームフォーミング技術について34件の国内外特許出願と26件の寄書入力を行い、合意事項35件が議長ノートに記載された。

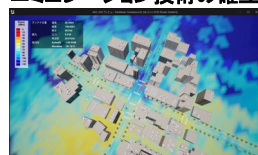
項目3:可用性検証

協調認識のユースケースの具体化

ステークホルダーとの連携、ヒアリング



エミュレーション技術の確立



小規模及び大規模交差点でのテストコースを用いた概念実証



研究開発項目3:

項目3-a:ユースケースの研究開発

- ・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。

項目3-b: エミュレーション技術の研究開発

- ・基地局、路側機、車両、歩行者を仮想的に構築し、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、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

項目3-c: テストコースを用いた概念実証

- ・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
- ・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
- ・システムレベルシミュレーションによるマルチホップ等のV2X通信技術のテストを完了

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
54 (38)	25 (25)	0 (0)	23 (20)	58 (47)	7 (3)	4 (0)	3 (3)

- (1)3GPP 関係

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
Release 19の標準化トピックとして、本研究開発の対象とする路側機間連携、マルチホップ通信、ビームフォーミング技術へのAI/ML適用、端末主導のビーム切替技術の特許化・標準化を推進。58件(当該年度: 47件)の寄書提案を達成し、68件(当該年度: 66件)の合意事項が議長ノートに記載され、最終目標である12件の標準化採択に向けて着実に成果を創出した。
- (2)5.9GHzV2X通信技術関連

- 5G-NR信号を高速移動受信可能な電波伝搬、伝送特性基礎測定装置を利用して、基礎電波伝搬特性、伝送特性測定装置を整備、交差点環境で実験を実施した。
 - 選定した交差点付近において、任意の位置に指向性アンテナを持つ路側機を設置し、5GHz帯電波を送信した場合に、レイトレースシミュレーションにより、その電波伝搬特性が計算され、その結果をUnreal Engine上のプラットフォームでその伝搬特性が可視化される基礎エミュレータを開発した。
- (3)ミリ波帯のビームフォーミング技術関連

- 初期設計した各手法(AI/MLを用いた多ビーム選択、端末主導のビーム切替、多ビームを活用した遮蔽回避)を、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し、周波数利用効率の向上を確認。成果を電子情報通信学会の大会・研究会で計7件発表し、学術奨励賞1件受賞
 - ミリ波帯ビームフォーミングアンテナを用いて交差点環境において5G-NR信号の伝送実験を実施した。
 - ビームフォーミング技術へのAI/ML適用、端末主導のビーム切替等について、規格必須特許の候補となる34件の特許案を創出し、国内外出願を完了した。
- (4)(エミュレーション関係)

研究開発項目3に関連して、ドライバーレスの自動運転では遠隔操縦・遠隔監視が必須であることから、V2Nシステムで遠隔操縦ができるか確認するために2024年3月2日に群馬県で開催された、Update Earth 群馬にて、京都大学とシャープでローカル5Gベースの4.9GHz帯V2Nシステムを用いて遠隔操縦の実証試験を実施した。

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目 1

研究開発項目 1-a: マルチホップV2X通信方式の研究開発

- 伝送特性基礎測定装置を用いて電波伝搬、5G-NRの伝送特性の取得を行い、整理された結果をもとに、当該環境におけるリンクメトリック決定方式、通信経路決定方式、V2X用無線リソース割り当て方式を統合した5G-NR車両間多段中継通信プロトコル試験装置を開発する。
- 各種協調認識情報情報、特にカメラ情報を用いて、移動体に対して高速に反応させるため、画像情報の圧縮等を行うエッジ処理技術およびエッジ処理された情報に対して機械学習を利用した 5G-NR車両間多段中継通信プロトコルを開発する。
- 交差点環境で協調認識情報を用いた車両間多段中継通信プロトコル評価装置の基礎評価試験を実施する。

5. 今後の研究開発計画(つづき)

研究開発項目1

研究開発項目1-b: V2X通信システムの研究開発

- ・ 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

研究開発項目2-a: V2X通信システムの研究開発

- ・ ミリ波帯高機能ビームフォーミング技術の各手法(AI/MLを用いた多ビーム選択、端末主導のビーム切替、多ビームを活用した遮蔽回避)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、従来技術と比較して周波数利用効率2.4倍を実現する。
- ・ 研究開発項目2-b及び3と連携して、2-aの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。
- ・ 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: ミリ波帯通信装置の研究開発

- ・ 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。
- ・ 大規模交差点における情報通信を行うための車両トラッキングに必要となるビームのステアリング範囲、ビーム幅を決定するコードブックで動作可能な路側機に搭載可能な高機能ビームフォーミングアンテナの開発を行い、5G-NRの基地局、路側局を連携したシステムの屋外実験による特性評価を実施する。

研究開発項目3

研究開発項目3-a: ユースケースの研究開発

- ・ 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

- ・ 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5GHz帯マルチホップ通信、ミリ波帯(ビームアンテナを含む)を総合的に評価可能なV2X通信技術を模擬したワイヤレスエミュレータを開発するとともに、可用性検証を実施する。

研究開発項目3-c: テストコースを用いた概念実証

- ・ 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。

標準化(主に研究開発項目1-b及び2-aに関係):

- ・ 3GPP Release 19においてビームフォーミング技術へのAI/ML適用と端末主導のビーム切替について、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。
- ・ 3GPP Release 19において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、検討した技術について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。
- ・ 2025年に開始されることが想定される3GPP Release 20に向けて上記規格化トピックの高度化技術の案件化、および標準化議論を推進する。