

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

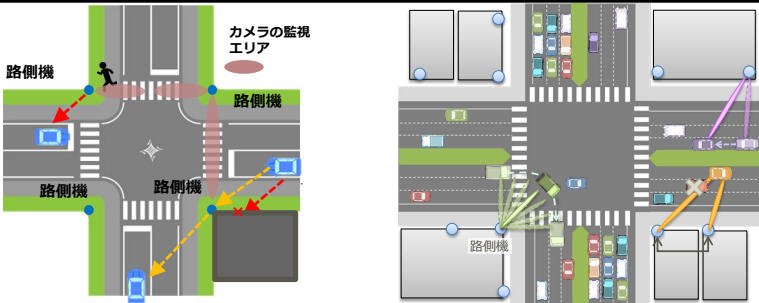
- ◆研究開発課題名 : 協調認識の実現に向けた次世代V2X (Beyond 5G-V2X) 通信技術の研究開発
 - 研究開発項目1 5.9GHz帯におけるリアルタイム・マルチホップ通信技術の研究開発
 - 研究開発項目2 ミリ波帯における高機能ビームフォーミング技術の研究開発
 - 研究開発項目3 実環境を模擬したBeyond 5G-V2X通信技術の可用性検証技術の研究開発
- ◆副題 : 協調認識のためのBeyond 5G-V2X通信技術の研究開発
- ◆受託者 : シャープ(株)、(大)京都大学、(株)KDDI総合研究所
- ◆研究開発期間 令和5年度～令和8年度(4年間)
- ◆研究開発予算(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(2023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
- 項目1-b: V2X通信システムの研究開発
 - 5.9GHz帯V2X通信装置の無線インターフェイスとしてNRサイドリンクと決定し、基本諸元の策定・初版仕様書の作成完了

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要件を定義し、計算機シミュレーションで定義された要件の妥当性を確認
 - これらについて12件の特許出願と5件の寄与文書入力を行い、3GPPでの標準化議論の案件化を達成
- 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
 - 28GHz帯周波数コンバータおよび16素子ビームフォーミングアンテナを整備

標準化(主に研究開発項目1-b及び2-aに関係):

2023年12月の3GPP RANプレナリ会合にて、寄与文書6件を入力し、路側機間連携とマルチホップ、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、リリース19での標準化トピックとして採択

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を実施し、右折や車線変更等車載センサーのみで認識できない協調認識ユースケースの初期特定を完了
 - ステークホルダー拡大に向けたITS情報システム推進会議への入会及び自動運転の実証を実施している千葉市との連携開始し、協調型自動運転通信方式および自動運転の実証の観点からヒアリング可能な素地を確立
- 項目3-b: エミュレーション技術の研究開発
 - Unreal Engine上でV2X環境において伝搬特性が可視化される基礎エミュレータを開発
- 項目3-c: テストコースを用いた概念実証
 - 具体的な実証ケースとして、車載センサー・カメラで認識できない実証ケースを特定する初期検討を完了
 - 自動運転時代が必要となる遠隔監視・遠隔操縦のためにV2Nを用いた遠隔操縦の実証実験を実施

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
16 (16)	0 (0)	0 (0)	3 (3)	11 (11)	0 (0)	4 (4)	0 (0)

(1) 3GPP Release 19における案件化成功 ※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。
 2023年12月に開催された3GPP RAN plenary会議において、シャープ、京都大学、KDDI総合研究所が連携し、6件の寄書提案を行った結果、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をRelease 19の標準化トピックとして案件化

(2) 5.9GHz V2X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
 ・ 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

(3) ミリ波帯のビームフォーミング技術関連
 ・ 大規模交差点では各車両の通信路環境によって解決すべき課題が異なることを明らかにし、ビームフォーミング技術や遮蔽予測に関する目標値を含めた要件を定義した。要件をもとに初期案を評価し、現行の3GPP規格によるビームフォーミング技術と比較して、ビーム品質の劣化が抑えられることなどを明らかにした。得られた成果を2024年3月に電子情報通信学会の総合大会と併設展示会で計6件発表
 ・ 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12件の特許案を策定し、特許出願を完了

(4) 群馬県にてV2N通信装置を用いたEVカートの実証実験
 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実施

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特性の取得を行い、整理された結果をもとに、マルチホップV2X評価シミュレーション環境を整備して、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開発する。
- センシング情報を利用して、5G-NR用の制御チャネルの割り当て方式を動的に変更させるアルゴリズムを開発する。
- 各種センシング情報、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て、マルチホップ通信の可否、必要リソースに算出するアルゴリズムを検討する。

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

- 研究開発項目1-aの成果を踏まえ、シングルホップのみならず複数の路側機または車載端末を中継するマルチホップ通信および通信リンクの切替を実現する5.9GHz帯V2X通信装置の開発を行い、50 msecの遅延でエンドツーエンドのパケット到着率99%以上を達成することを確認する。

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

- ミリ波帯における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手法、多ビームを活用した遮蔽回避手法)の設計、改良、手法間の統合を行うことで、周波数利用効率2.4倍を達成する。
- 研究開発項目2-bおよび3と連携し、実機上の制約を考慮して前述の各手法の調整を行い、高機能ビームフォーミングがテストコースにおいて通信路を確保し続けられるか実証を行う。

研究開発項目2-b: ミリ波帯通信装置の研究開発

- ミリ波帯におけるビームフォーミング技術を実現する手法の設計、改良、手法間の統合を行うことで周波数利用効率2.4倍を達成する
- また、研究開発項目2-aおよび3と連携し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がテストコースにおいて通信路が確保し続けられるか実証を行う。
- 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

- 研究開発項目1、2、3-b、3-cの実施内容および実用化の際に重要となるステークホルダーとの連携を拡大し、協調認識のユースケースの特定を完了する。

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

- 研究開発項目1、2、3-a、3-bの実施内容を踏まえ、協調認識のユースケースから実証ケースを更新、改良しながら特定し、特定された実証ケースでの概念実証を行う。

標準化(主に研究開発項目1-b及び2-aに関係):

- 3GPP Release 19において路側機間連携とマルチホップ、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。
- 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し、規格化6件を目指す。
- 上記活動を通じて、路側機間連携とマルチホップ、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、計12件の規格化を達成する。