

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 : Integrated Sensing and Communicationにおけるエッジモバイルコア統合型制御方式の研究開発
- ◆受託者 : 国立大学法人大阪大学、株式会社KDDI総合研究所
- ◆研究開発期間 : 令和6年度～令和8年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) : 令和6年度100百万円

2. 研究開発の目標

ISACの実用化において課題となる、人や車両を対象としたセンシング方式の開発、周波数・計算資源割り当て制御方式を開発するとともに、エッジモバイルコアでのISACストリームデータ計算基盤の設計および制御方式の開発を行う。また、大阪大学に整備されているNICT B5Gテストベッドなどを利用してISACアプリケーションを開発し、実証実験ならびにシミュレーションによる効果検証を行う。

学術的成果として、本研究開発の主要技術である、①ISACによるセンシング方式、ならびに②ISAC制御方式の開発(研究開発項目1)、の2つの技術を開発し、学術誌での発表を目指す。また、研究開発項目3)のISACアプリケーションの開発と、それを用いた実証実験は、数少ないISACの実証実験の事例として、学術的にも重要である。のみならず、B5Gの社会実装という観点から、社会に与えるインパクトも大きい。従って、プレスリリースなどにより、実証実験の成果を広く発信することに努める。これらの領域において、これまで大阪大学が行ってきた様々な分散最適制御・センシングに関する技術・知見を集成し、主要な学術論文誌あるいは国際会議での発表を目指す。

実践的成果として、③ISACを実現するためのエッジモバイルコアのアーキテクチャ検討、および④インターフェイス及び制御手法の開発(研究開発項目2))、の2つのエッジモバイルコア関連技術を開発し、O-RANや3GPPなどの国際標準化団体への提案を目指す。委託研究終了後の社会実装に向けては、KDDI総合研究所が主導する。ISACの実現に向けた標準化活動を推進し、本研究で開発した制御方式、アーキテクチャ、インターフェイスがISAC向けエッジモバイルコアに採用されることを目指す。

3. 研究開発の成果

通信とセンシングの周波数・計算資源の割当制御(1-b)

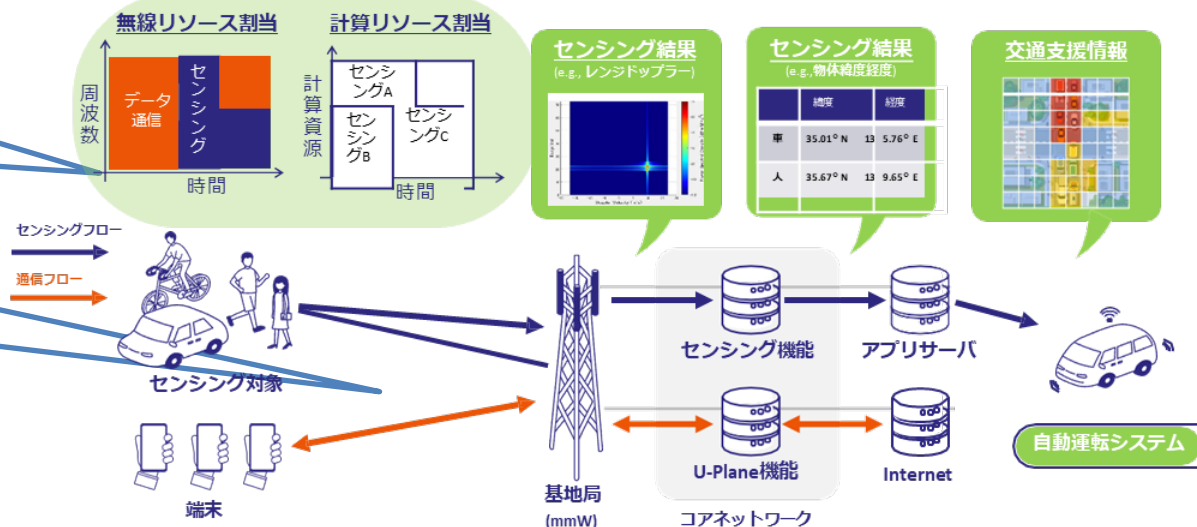
- ・通信・センシング性能予測(1-a)
- ・セル間干渉、環境に応じたセンシング性能を考慮したシミュレーション(3-a)による評価

基地局-コアネットワーク間のISAC向けアーキテクチャ

- ・コア機能のエッジ化(課題2-a)
- ・無線-コア統合アーキテクチャの導入(課題2-b)
- ・計算機資源と通信資源の結合最適化(課題2-c)

ISAC実証環境の構築と検証

- ・ISACアプリケーション開発(3-b)
- ・周波数資源の割当制御方式、およびISAC向けアーキテクチャを統合した効果検証(3-c)



研究開発成果1-a: 通信・センシング性能モデル開発

- ISACにおいて通信とセンシングへの周波数資源割り当てを制御するため、電波伝搬環境を考慮した通信・センシング性能予測モデルの開発、およびセンシング方式の開発を実施。
- 物理光学近似に基づくシミュレーションを実施し、ミリ波レーダーのセンシング結果において、車両の遮蔽による消失や、車両同士の近接により区別が困難になることを確認。
- シミュレーションにより生成したデータセットを用いてミリ波ユーザ端末の方向推定モデルを訓練する手法を開発し、実環境でのデータ収集なしで平均誤差3.1度を達成。査読付収録論文として国際ワークショップでの発表1件を実施。
- ミリ波レーダーのセンシング性能予測モデルの構築と評価を完了し、査読付収録論文として国際ワークショップでの発表1件を実施。Best Workshop Paper Award受賞。

研究開発成果1-b: 適応制御方式の開発

- 現状のISACではシャノン限界などに基づく理論的な検討が中心であることから、より現実的な通信・センシング性能を考慮した制御方式の設計を実施。また、センシング処理を実行するモバイルエッジコアでの処理遅延も考慮した計算資源割り当て方式の開発。
- 周波数・計算資源の競合が発生しうるISACユースケースを検討し、交通支援サービスを対象として選定。
- 実際の基地局配置を想定し、ミリ波を用いたセンシング性能のシミュレーションによる検討を実施。

研究開発成果2-a: ISACに向けたエッジ計算基盤の開発

研究開発成果2-b: ISACに向けたRAN-CNインターフェイスの開発

研究開発成果2-c: 計算機資源と通信資源の結合最適化機能の開発

- ISACのためのエッジ型Full-SBAコアアーキテクチャの試作・開発の実施。
- エッジ基盤でのセンシング処理を実施し、処理遅延が短縮されることを実測し、エッジの有効性を確認。
- 開発したエッジ型Full-SBAコアアーキテクチャにおいて、5Gモバイルコアアーキテクチャのボトルネックを解消し、エッジ型Full-SBAコアアーキテクチャの有用性を確認。
- センシング処理と通信プロシージャ間でリソースの動的割り当てすることで、リソース利用効率の改善手法を検討開始。
- 2025年度以降の6G規格の標準化作業開始に向けて推進派の企業と意見交換、ワークアイテムの開始、その後の円滑な議論遂行にむけた協力関係の構築を実施。
- 6G規格の標準化必須特許化を見据えた特許2件を出願

研究開発成果3-a: ISACシミュレーションモジュール開発

- 複数の送受信機ペア間の物理光学近似シミュレーション結果から合成波のSINRを算出する ISAC向けシミュレーションモジュールの試作を完了。

研究開発成果3-b: ISACアプリケーションおよびその通信/センシング制御方式の開発

- 固定/車載カメラによるセンシングとISACによるセンシングを統合した確率的交通状況マップの構築を実証対象のアプリケーションとして選定。基礎評価により、ISACによる広域なセンシングが、確率的交通状況マップの精度を向上させる可能性を確認。
- センシングによる確率的なマップを構築する対象を、各地点の車両の通信品質に拡大した場合についても検討し、マップの精度を向上させるために通信環境を測定する車両を選択する手法を提案、基礎評価により有効性を確認。
- UEからのデータ収集機能の設計を完了。

研究開発成果3-c: 実証実験による制御方式の効果検証

- 大阪大学内で使用可能なローカル5G環境を利用した実験環境の調整を実施。

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
2 (2)	0 (0)	0 (0)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) スタートアップミーティングを開催(2024年6月12日オンライン): 評価委員・専門委員、総務省担当課、NICT関係者、受託者間で研究開発の前提条件、進め方、到達目標等の認識共有

(2) 研究開発運営委員会を開催(2024年10月22日オンライン): 運営委員、受託者により、研究開発の方向性・進捗状況を共有、今後の方向性を議論

(3) 主要成果の国内・国外学会における発表を実施・Best Workshop Paper Award受賞
電子情報通信学会ソサイエティ大会: 2024年9月10日
34th International Conference on Computer Theory and Applications (ICCTA): 2024年12月14日(基調講演)
2nd Workshop on 6G Network Use Cases and Verticals (6GN): 2025年3月11日
7th International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle): 2025年3月21日 ※ Best Workshop Paper Award 受賞
2nd International Workshop on Pervasive Wireless Sensing and Edge Computing (WiSense): 2025年3月21日

(4) 国内特許を出願
6G規格の標準化必須特許化を見据えた特許2件を出願(エッジリソース上で処理されたセンシングデータをセントラルに迂回させることなくAFに通知するためのインターフェイスに関する特許、およびgNBのセンシング機能をモバイルコアにおいて適切に管理するためのインターフェイス特許)

(5) 展示会にて成果を発信
国際会議The 22nd ACM International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services: 2024年6月3日～6月7日(東京都)

5. 今後の研究開発計画

- 研究開発項目1「通信およびセンシング制御方式の開発」
研究開発項目1-a)「通信・センシング性能モデル」の改良を行うとともに、研究開発項目1-b)「適応制御方式」の開発を進める。また、交通支援を対象としたISACユースケースでの高精度なセンシングを実現するため、研究開発項目1-c)「センシング方式の開発」を進め、論文発表を行う。
- 研究開発項目2「ISACに向けたエッジモバイルコアのアーキテクチャ検討、インターフェイス及び制御手法の開発」
研究開発項目2-a)「ISACに向けたエッジ計算基盤」および2-b)「ISACに向けたRAN-CNインターフェイス」の検証・評価を行い、得られた知見を特許出願や標準化寄書提案として発表する。さらに、研究開発項目2-c)「計算機資源と通信資源の結合最適化機能」の検討・設計・試作・開発を進める。
- 研究開発項目3「ISAC向け実証環境の構築と検証」
研究開発項目3-b)「ISACアプリケーションおよびその通信/センシング制御方式の開発」では、交通状況のセンシングによる安全運転の支援を行うアプリケーションとして、電波を用いたセンシング、車両におけるセンシングを統合するアプリケーションを実装し、研究開発項目3-c)の実証実験に用いる。また、シミュレーションにより、ISACによるセンシングが有効となる状況を明らかにし、論文発表を行う。さらに、研究開発項目3-c)「実証実験による制御方式の効果検証」において、実機を用いた実験とシミュレーションを組み合わせ、制御方式の効果を検証する。