

令和 6 年度研究開発成果概要書

採択番号 07601
研究開発課題名 災害時の応急エリアカバレッジのための無線通信技術の研究開発
研究開発項目 1 高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発
副題 高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発

(1) 研究開発の目的

大規模災害等の被災地で携帯通信が不通となったエリア全体に臨時の移動通信インフラを「迅速に提供」することを目指す。

- ①携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築
- ②携帯通信が不通となったエリアでの迅速な臨時移動通信インフラの構築

①に関しては、大規模災害時の移動通信を迅速に復旧させる方法として、被災した地上基地局の代わりに、例えば航空機のような飛行体に無線中継局を搭載し、被災地の上空から電波を送信し、被災地に地上基地局と同様の通信サービスを提供することが有効と考える。

②に関しては、上空無線中継局と通信を行っている地上基地局との間で同一周波数干渉が大きな課題となる。そこで、事前の干渉調整を不要とするために地上基地局と上空無線中継局が連携して、相互に同一周波数干渉を抑圧（キャンセル）する周波数共用技術が極めて有効と考える。

本研究開発では、災害時に携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築および事前の干渉調整を不要とする臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発及び実証を世界に先駆けて実施する。

(2) 研究開発期間

令和 5 年度から令和 9 年度（5 年間）

(3) 受託者

ソフトバンク株式会社〈代表研究者〉

(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 3,340 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 高速 UAV 等を使った応急エリアカバレッジの研究開発

研究開発項目 1-a) 高速 UAV 等搭載無線中継システム及び高速飛行ドップラー変動抑制技術の開発（ソフトバンク株式会社）

研究開発項目 1-b) 上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術（ソフトバンク株式会社）

(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	4	2
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	10	7
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	1	0
	展示会	1	1
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1-a：高速 UAV 等搭載無線中継システム及び高速飛行ドブプラー変動抑制技術の開発

【第一回フライト実証実験】

POD とペイロードの耐久性・安全性の評価、環境と飛行データの取得、コリニアアンテナからの電波照射による電波伝搬を確認すること目的として、高速 UAV による飛行実証実験を実施した。

結果として、POD とペイロードに破損は発生せず、十分な耐久性を確認できた。POD 内環境データは、机上計算結果と同等であることを確認。飛行データに関しては、上空環境の影響を受けることで、バンク角が事前想定よりも大きく変動していた。想定以上のバンク角とペイロード装置自体の遮蔽が主な要因となり、地上側で電波が途切れる事象が発生した。

上記の結果により、ジンバル等の UAV の動揺を抑える機能の必要性、遮蔽を発生させないアンテナ搭載位置やフライトオペレーションの必要性といった課題が明確になった。

【第一回フライト実証実験を踏まえた改良】

第一回フライト実証実験で挙げた課題への対応として、安定したフットプリント形成を実現するシステム設計、上空での無線機及びアンテナ制御、フライトオペレーションの改善を目的とした POD 開発を行った。

- セルの回転抑圧を目的として、アンテナの向きをリアルタイムで補正し、安定したフットプリントの形成を実現する 3 次元ジンバルと制御システムの開発を完了した。フィーダリンクも同様に GW 局との LOS (Line Of Sight) を維持するための 3 次元ジンバルと制御システムの開発を完了。
- POD は限られたスペースでの収容設計が必要となるため、ジンバルとアンテナの搭載位置について、機器を収納するアルミ筐体との干渉が発生しないようジンバルの配置検討を行った。また、ジンバルで使用する磁気方位センサーは、伝導放射の影響を回避するための検討と試験を行い、収容設計を完了した。
- 無線中継器の遠隔操作、上空でジンバルによるアンテナ照準のコントロールを実現するための制御回線が必要となるが、POD の独立性を担保するため、POD 内に GEO 通信端末と遠隔制御システムを搭載。シミュレーションにより、UAV の機体及び翼の遮蔽影響を確認し、極力遮蔽を避ける設置位置を検討。また、無線中継器とジンバルを遠隔制御するためのシステム開発を行った。

- 高速 UAV の強みを活かした災害用システムとして、航空計測用オブリークカメラで被災地の状況を解析しリアルタイムに被災状況を把握するシステムを試作し、実用レベルに向けたソフトウェアの開発に着手した。
- 複数ゲートウェイ方式対応の干渉キャンセラーとして、帯域外にパイロット信号を挿

入し、受信したパイロット信号の位相差から経路差を算出する方式での具体的検討を行い、計算機シミュレーションにて干渉を低減できることを確認。評価試作機の製作し、完成した評価試作機による試験を行い、キャンセラーを有効にすることで EVM が改善することを確認した。

- 高速で飛行することによって発生するドップラーの対策として、帯域外にパイロット信号を挿入し、受信したパイロット信号を高速フーリエ変換(FFT)することで、ドップラー変動を検出し、補償する試作装置を開発。完成した評価試作機による試験を行い、ドップラーシフトを補償できることを確認した。

研究開発項目 1-b：上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に 確保するためのシステム間連携技術の研究開発

上空無線中継局のサービスリンクと地上基地局が同一周波数を利用する方法として、2つの手法を組み合わせることで干渉抑制を実現する。

【システム間連携制御】

TDD の送受信スロットをシステム間で反転させることにより、干渉関係を変化させ、上り通信時・下り通信時共に基地局側(地上基地局と高速 UAV 間)で干渉が発生する関係とする。

概念的な構想から、実用を考慮した規格上の 5G TDD フレームを選定し、TDD のフレーム反転するようにフレーム並びにスロット構成を検討し、その効果検証を実施。検証結果から、本手法の有効性と同一周波数を共用するシステム全体のスループット向上に寄与することを実証した。

【地上基地局と上空無線中継局間干渉抑圧構成(干渉抑圧構成)】

TDD フレームの反転を実施することで発生する地上基地局と高速 UAV 間の干渉を抑制するために、ヌル・フォーミングを活用する。

計算機シミュレーションにより、ヌル形成の基礎的な確認と UAV が飛行する状況下におけるヌル・フォーミングの干渉抑制効果を検証し、本手法が有効であること確認した。電波暗室における評価を実施し、効果検証を実施。地上基地局と UAV 基地局の同一周波数環境下において、ヌル形成による UAV 方向への干渉抑圧の効果を実証した。

(8) 今後の研究開発計画

(1) 最終目標の設定

当初計画通り、下記に示すように大規模災害等の被災地で携帯通信が不通となったエリア全体に臨時の移動通信インフラを「迅速に提供」することを目指す。

(1) 携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築

(2) 携帯通信が不通となったエリアでの迅速な臨時移動通信インフラの構築

特に、全ての地上基地局が不通となることは基本的になく、通信できる地上基地局と不通となる地上基地局が混在するのが一般であり、同一周波数で構築する地上臨時移動通信インフラとの干渉調整が不可欠であり、その調整に多くの時間をついやす。そこで、事前の干渉調整を不要とする地上臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発及び実証を世界に先駆けて実施する。

(2) 今後の研究開発計画

研究開発項目 1-a) 高速 UAV 等搭載無線中継システム開発及びシステムを構築する要素技術の開発

2025 年度は、シンバルによるフットプリントの安定性評価、衛星回線による POD の遠隔操作を実施。また、同一周波数を共用する複数の GW 及び複数 GW 対応の高速 UAV 等搭載無線中継装置の設計、評価用装置の試作を実施し、また同一周波数干渉を回避する GW 間干渉抑圧技術の設計及び計算機シミュレーションによる評価、並びに評価用試作装置の開発を実施することで、通信容量増大の為の開発を行う

2026 年度は、複数セル対応のサービスリンク機能を有する高速 UAV 等搭載無線中継装置開発を行い、通信の大容量化を実施する。

2027 年度は、前年までの研究成果を踏まえ、災害対策用モバイル通信システムのプロトタイプを開発する。

研究開発項目 1-b) 上空の高速 UAV 等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術

2025 年度は、高速 UAV の複数セル化に対応したシステム間連携干渉抑圧技術を検討し、計算機シミュレーションによる評価及び評価用試作装置の開発を実施する

2026 年度は、複数セル対応サービスリンク機能を有する高速 UAV 等搭載無線中継システムを用いたシステム間連携干渉抑圧技術の実証実験を実施。

2027 年度は、前年までの研究成果を踏まえ、災害対策用モバイル通信システムのプロトタイプを開発する。

(3) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画

本研究の標準化活動として、3GPP、ITU、IEEE、HAPS アライアンス等の標準化団体を対象に動向を調査・分析し、本研究開発活動を通じて得られた知見・取得した特許等についての提案を行うかの判断を行う。

対象の分野は無線通信標準規格の他、UAV 等の機体と通信機器間の接続インターフェース等のシステムアーキテクチャを白書に提案する等、幅広く検討を行い、本研究開発成果の展開・普及を促進する活動を行う。

今年度に引き続き、研究成果については講演やプレスリリースを活用し広報活動を行うことで、認知度の向上につなげる予定である。

これら活動の成果としての製品化については、当社内のみならず当社外パートナーと検討を継続する。