

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 : 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
- ◆受託者 : ソフトバンク株式会社
- ◆研究開発期間 : 令和5年度～令和9年度 (5年間)
- ◆研究開発予算(契約額) : 令和5年度 2,340百万円

2. 研究開発の目標

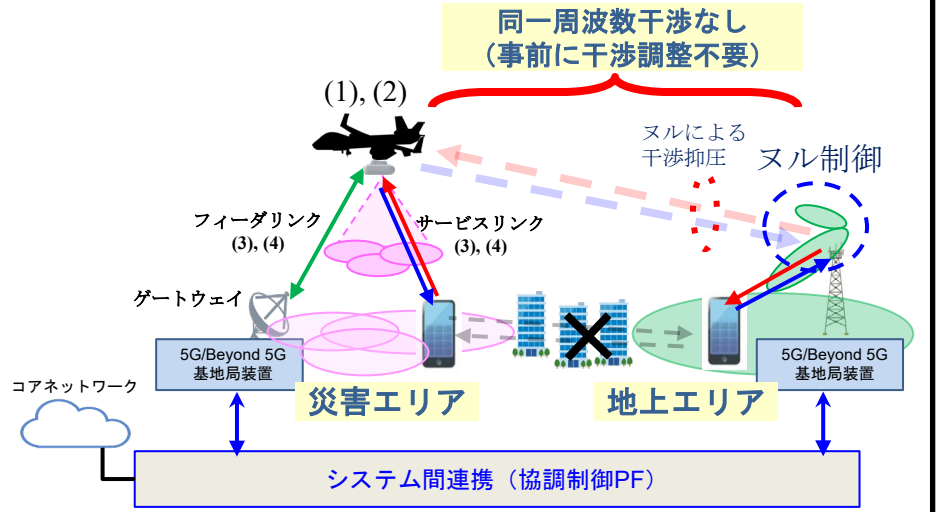
災害時に携帯通信が不通となった広域エリア全体の臨時移動通信インフラの構築及び事前の干渉調整を不要とする臨時移動通信インフラの構築を実現するための研究開発及び実証を世界に先駆けて実施する。

3. 研究開発の成果

研究開発目標

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

- (1) 高速UAV構成
- (2) 無線中継システム構成
- (3) 電波伝搬モデル化
- (4) ドップラー周波数抑圧制御構成



研究開発成果

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

- (1) 高速UAV構成
 - ・高速UAVの飛行環境 (最大400km/h) 及び振動に耐え得る搭載装置設計を実施し、搭載無線中継装置及び搭載アンテナの試作を実施。
 - ・UAVの高度、旋回軌道等を想定し、臨時サービスエリアを効率よく提供できるUAVの旋回方法、旋回軌道 (旋回半径) の検討を実施した。災害の規模等に応じた対処方法をまとめた。
 - ・旋回時の傾斜(最大15度)を補正するパッシブ型のアンテナ架台を試作開発した。
- (2) 無線中継システム構成
 - ・初年度は基本検討として、FDDを用いたサービスリンク2.1GHz帯(Band1)、ファイダリンク3.3GHz帯の無線中継システムの試作装置開発を実施した。
 - ・TDDに関しては4.8GHz帯(ローカル5G)を用いて試作装置開発を実施し、試作を完了した。
- (3) 電波伝搬モデル化
 - UAV搭載アンテナが高度100m～10,000mにおける新たな伝搬損失推定式の検討を開始。
 - 野外実験で使用する電波免許を取得予定。
- (4) ドップラー周波数抑圧制御構成
 - サービスリンク周波数(1.5GHz～4GHz)に関しては、高速UAVの飛行環境 (周回時200km/h)では問題ないことを解析及び計算機シミュレーションにより確認した。ファイダリンクに関しては基本“見通し伝搬”となることからドップラー周波数は通常の“周波数オフセット機能”で対応できることを解析及び計算機シミュレーションにより確認した。



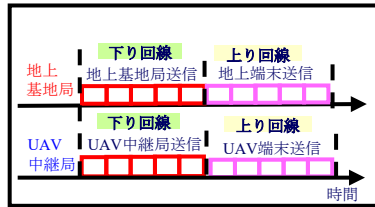
3. 研究開発の成果

研究開発目標

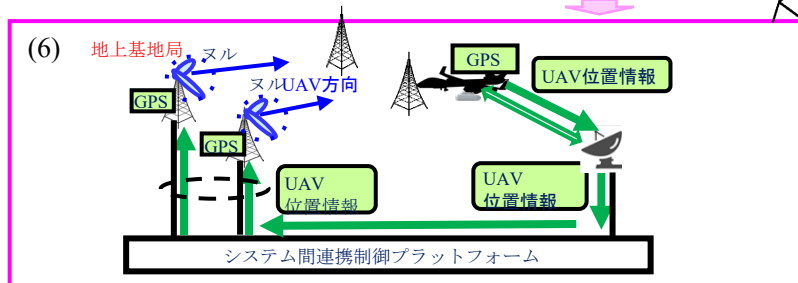
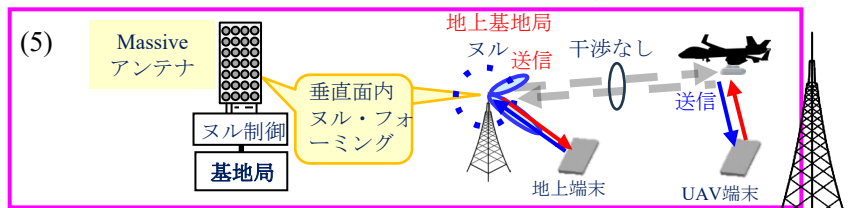
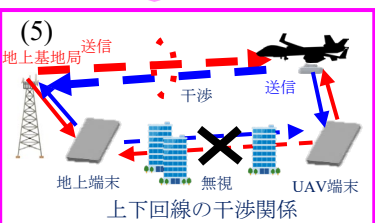
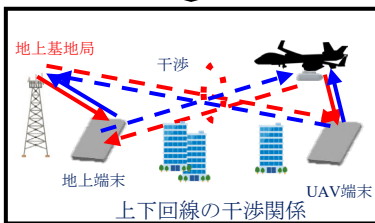
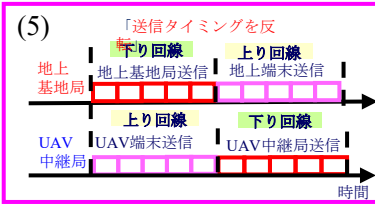
1-b)上空の高速UAV等搭載無線中継装置により通信回線を迅速に確保するためのシステム間連携技術

- (5) 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)
- (6) システム間連携制御

「通常のTDDの送受信フレーム」



「提案するTDDの送受信フレーム」

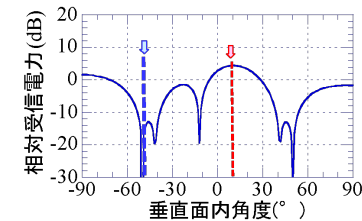
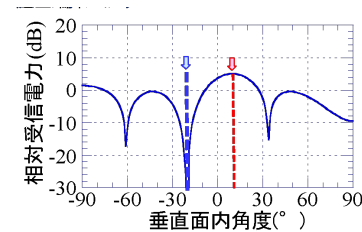
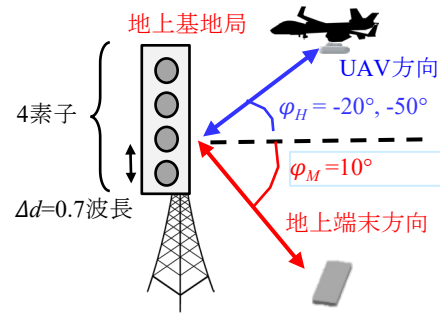


研究開発成果

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

- (5) 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)
 - ・ 計算機シミュレーションにより、提案する「TDDの送受信フレーム構成」及び基地局アンテナのヌル制御技術により、同一周波数干渉を大きく抑圧でき地上システムとUAVセル構成により同一周波数を共用できることを確認した。
 - ・ 地上端末にビームを向け、UAV方向にヌルを向ける制御アルゴリズムを提案し、UAVから地上システムに干渉を与えないことを計算機シミュレーションにより確認した。
 - ・ 上記成果を学会等で発表した。また、特許出願した。
 - ・ ヌル制御を確認するために4.8GHz帯TDD(ローカル5G)を用いた試作装置開発を実施した。
 - ・ ヌル制御を確認するためのアレイアンテナ及び指向制御装置の試作装置を実施した。

- (6) システム間連携制御
 - ・ 地上基地局アンテナが高速UAV方向にヌルを向ける制御機能の基本として、取得したGPSの位置信号により高速UAV方向を特定し、遠隔の地上基地局に転送するソフトウェアの試作開発を実施した。



提案する「地上端末にビームを向け、UAV方向にヌルを向ける制御アルゴリズム」の確認(計算機シミュレーション)

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	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
2 (2)	0 (0)	0 (0)	3 (3)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

5. 今後の研究開発計画

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

(1) 高速UAV構成

(1-1) 無人飛行機UAV

・最大10,000mの高度から広いカバーエリアを構築し、積載重量最大2t (ペイロード)・電力 約20kWを利用した複数セル構成の無線中継装置による大容量通信の実証 (FY24~25:3セル、FY26~27:7セル予定)

(1-2) UAVを使った通信以外の機能について

・超高解像度カメラ等のセンサーやSAR(Synthetic Aperture Radar)等のレーダー搭載により、家屋の損壊等の被害状況を検出し、災害に関するデータ活用の実証

(2) 無線中継システム構成

複数セル対応のUAV無線中継システムと携帯端末間の通信であるサービスリンク回線と、UAV無線中継システムとGW局間の通信であるフィードリンク回線での通信品質等の検証

(2-1) サービスリンク(3.4GHz or 3.9GHz) : 三次元ジンバル及び三次元アンテナビームフォーミングによる回転抑圧機構の開発

(2-2) フィードリンク(25,26GHz or 28,31GHz): フィードリンク間の同一周波数干渉を抑圧する複数ゲートウェイ間干渉抑制機能の実装

(3) 電波伝搬モデル化

UAV搭載の無線中継システムを効率よく設計するための電波伝搬モデル化及び三次元空間伝搬環境での通信品質の測定 (FY24の飛行では高度500メートル以上で実際に測定を行い、最終的には高度10,000mでの電波伝搬モデルを確立)

(4)ドップラー周波数抑圧制御構成

ドップラー周波数変動はサービスリンクへ影響がないこと及びフィードリンクは周波数オフセットによる対応で可能なため対応完了

1-b) システム間連携技術(協調制御PF)

(5) 地上基地局と上空無線中継局間干渉抑圧構成

事前調整を行うことなく、地上の通常の基地局と高速UAV等搭載無線中継システムとがシステム間連携により同一周波数を共用できる災害対策用モバイル通信システムの開発(TDD対応の送受信周波数を逆にするシステム)

(6) システム間連携制御

地上基地局とUAV中継局の送受信タイミングを逆にする時間同期制御をするネットワーク連携制御及びUAV搭載のGPS受信機からの位置情報をフィードリンク・GW局・ネットワーク連携制御システムを介して各地上基地局に転送し、地上基地局のアンテナ位置とUAV位置からUAVのサービスリンクアンテナの方向へのヌル・フォーミングによる干渉抑圧の実証