

採 択 番 号 05701

研究開発課題名 上空プラットフォームにおける CPS を活用した動的エリア最適化技術

(1) 研究開発の目的

B5G に向けて上空のプラットフォームから広域のエリアカバーを実現する非地上系ネットワーク (NTN) への期待が高まっている。本研究開発では、上空プラットフォームの実運用及び高度化に向けて、上空プラットフォームの移動や傾きによらず安定したエリア形成を行うフットプリント固定技術、サイバーフィジカルシステム (CPS) を活用しユーザ分布に応じてエリア全体の通信容量を増大するビーム最適化制御技術、上空プラットフォームの柔軟な展開を実現する干渉調整技術を確立する。また、通信機器の試作装置及び実際の上空プラットフォームを用いた屋外での実証試験を行い、各要素技術の実証を行う。

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 6 年度 (3 年間)

(3) 受託者

ソフトバンク株式会社<代表研究者>  
学校法人慶應義塾

(4) 研究開発予算 (契約額)

令和 4 年度から令和 5 年度までの総額 194 百万円 (令和 5 年度 97 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 エリア最適化の基本技術検討及び屋外実証

- 1-a) 機体の動作を補償するフットプリント固定技術の検討 (ソフトバンク(株))
- 1-b) エリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の基本検討 (ソフトバンク(株)、慶應義塾大学)
- 1-c) 上空プラットフォームの柔軟な展開を実現する干渉調整技術の検討 (ソフトバンク(株))
- 1-d) ビームフォーミング対応ペイロードの開発 (ソフトバンク(株))
- 1-e) 上空プラットフォームを用いたフィールド実証実験 (ソフトバンク(株))

研究開発項目 2 エリア最適化の応用技術検討

- 2-a) エリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の応用検討 (慶應義塾大学、ソフトバンク(株))
- 2-b) 地上システムとの干渉調整とエリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の検討 (慶應義塾大学、ソフトバンク(株))

(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       | 6      | 3        |
|       | 外国出願       | 1      | 1        |
| 外部発表等 | 研究論文       | 1      | 0        |
|       | その他研究発表    | 37     | 27       |
|       | 標準化提案・採択   | 0      | 0        |
|       | プレスリリース・報道 | 1      | 1        |
|       | 展示会        | 1      | 1        |
|       | 受賞・表彰      | 1      | 1        |

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目 1 エリア最適化の基本技術検討及び屋外実証

1-a) 機体の動作を補償するフットプリント固定技術の検討

- ・電磁界シミュレーションにより得られた実アンテナの素子パターンを考慮したフットプリント固定性能についてシミュレーション評価を完了し、所望の特性を得られることを確認
- ・フットプリント固定制御を行うために必要となるジャイロセンサの精度及び試作したアンテナウェイト制御部の制御速度から想定されるフットプリント固定精度について検討し、所要の精度及び反応速度に収まることを確認

1-b) エリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の基本検討

- ・共進化アルゴリズムに探索範囲削減手法を組み合わせた 2 段階動的エリア最適化アルゴリズムの評価を完了し、当初目標であった同じ改善効果に対して最大約 1/2 の演算量削減を達成
- ・シリンダアンテナを用いた屋外実証試験を先行的に実施し、外部制御によるビーム制御機能を実証すると共に、端末の位置情報に基づいた本機能の動的制御の実証に成功
- ・フットプリント固定制御とビーム最適化制御の同時制御アルゴリズムの設計を完了
- ・実際のアンテナ素子配置を考慮したビーム最適化制御法の検討を実施
- ・地形を考慮したビーム最適化制御の適用効果について検討を実施

1-c) 上空プラットフォームの柔軟な展開を実現する干渉調整技術の検討

- ・シリンダアンテナを構成する素子の振幅および位相パターンを考慮するようにウェイト制御アルゴリズムを修正することで、実機におけるヌルフォーミングの精度向上を確認
- ・シリンダアンテナを用いた屋外実証試験を先行的に実施し、ヌルフォーミング制御により任意の方角方向に対して当初目標であった 20dB 以上（最大で約 30dB）の干渉抑圧効果を実現することに成功

1-d) ビームフォーミング対応ペイロードの開発

- ・高所作業車（バケット車）を用いたフィールド試験に向けて電波暗室での事前評価を実施
- ・親機装置（地上側装置）、子機装置（上空側装置）の開発を完了

1-e) 上空プラットフォームを用いたフィールド実証実験

- ・フィールドでの試験実施に向けて Band3（1.7GHz 帯）の実験試験局免許を取得
- ・高所作業車（バケット車）を用いたフィールド試験を先行的に実施し、各要素技術の基本実証を完了
- ・開発した装置を上空プラットフォーム（係留気球）に搭載して来年度フィールド試験を実施するため、必要となる筐体の設計、通信・電源回線の仕様検討を実施

- 係留気球を運用させるための航空法に係る各種申請、届出書類等の提出、及び空域利用の為の調整を実施

#### 研究開発項目2 エリア最適化の応用技術検討

##### 2-a) エリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の応用検討

- K-Means 支援粒子群最適化を用いたアンテナパラメータ制御法を開発
- Transformer に基づく強化学習を用いたアンテナパラメータ制御法を開発
- スループットヒートマップに基づく HAPS 軌道最適化を新たに検討

##### 2-b) 地上システムとの干渉調整とエリア内ユーザ分布を考慮したビーム最適化制御技術の検討

2024 年度に実施予定。

#### (8) 今後の研究開発計画

##### 研究開発項目1 エリア最適化の基本技術検討及び屋外実証

上空プラットフォーム（係留気球）の調達を完了し、今年度開発を完了したペイロードを搭載して屋外での総合実証試験を行う。総合実証試験では、これまでに検討した要素技術の機能実証試験を行う。フットプリント固定機能試験では機体の移動や傾きに対しても同じ場所で常に同じ通信品質が維持できることを実証する。エリア最適化制御試験では任意のビーム方向、ビーム幅の外部制御及びフットプリント固定制御との同時利用ができることを実証する。また、ヌルフォーミング制御試験では模擬地上基地局に対して所望の干渉低減が得られることを確認し、地上局在圏端末の通信品質の改善効果等を評価する。

##### 研究開発項目2 エリア最適化の応用技術検討

地上システムとの周波数共用を想定した上空プラットフォームにおけるモバイル通信のシステムスループット向上に向けて、ビーム間並びに上空プラットフォーム-地上システム間の干渉を考慮した Massive MIMO 技術を用いたビームフォーミング技術を開発する。その際、軽量のアルゴリズムを開発することで計算時間を短縮する。開発するアルゴリズムを、実際のメッシュ型人工流動データを用いたユーザ分布に対して計算機シミュレーションにより評価する。