

令和 5 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 07701  
研究開発課題名 Beyond 5G における超広域・大容量モバイルネットワークを実現する HAPS 通信技術の研究開発  
研究開発項目 1 HAPS のサービスリンクにおける地上システムとの周波数共用技術の研究開発  
研究開発項目 3 HAPS のフィーダリンクにおける LoS 空間多重技術による高速大容量化の研究開発  
副 題 HAPS 移動通信の高速大容量化技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

超広域のカバーエリア、災害に強いネットワークを実現する新たな移動通信プラットフォームとして HAPS への期待が高まっている。本研究開発では、HAPS 移動通信のサービスリンクにおけるセル高密度化技術、および、地上ネットワークとの周波数共用技術、フィーダリンクの高速大容量化技術について検討を行う。これにより周波数利用効率の向上を達成し、従来技術と比較して HAPS システムで 2 倍以上の大容量化を実現することを目標とする。また、HAPS・地上システム間の周波数共用により、柔軟なエリア展開を実現するとともに、提案技術を適用しない場合と比較して周波数利用効率を 1.5 倍以上向上させることを目標とする。

(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 2,815 百万円 (令和 5 年度 1,400 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 HAPS のサービスリンクにおける地上システムとの周波数共用技術の研究開発 (ソフトバンク株式会社)

研究開発項目 3 HAPS のフィーダリンクにおける LoS 空間多重技術による高速大容量化の研究開発 (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	4
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	11	11
	標準化提案・採択	1	1
	プレスリリース・報道	1	1
	展示会	0	0
	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：HAPSのサービスリンクにおける地上システムとの周波数共用技術の研究開発

1-a) セル高密度化技術の開発

基本回線設計及び評価モデルを確定すると共に、6～21セルを対象として、GA（Genetic Algorithm）を用いたビーム方向及びビーム幅の最適化による周波数利用効率の基本特性評価を実施した。また、サイドロープレベルを変化させた場合の改善効果についても評価を行った。

1-b) HAPS・地上間周波数共用技術の開発

HAPSのカバーエリア内に地上局を1～6局配置するHAPS・地上システム重畳構成の基本評価モデルを確定し、ヌルフォーミングによる周波数共用技術の基本特性評価を実施すると共に、地上局に在圏する端末の位置に応じた改善効果を評価した。

1-c) 試作装置開発及び実証実験

研究開発項目1-a)及び1-b)を上空プラットフォームを用いて実証するための試作装置の基本仕様検討を行った。また、研究開発項目3で開発予定のフィーダリンク装置と結合を行うための多重分離装置の一部について試作開発を行った。

1-d) HAPS対応電波伝搬推定技術の開発

電波伝搬測定環境の構築を実施した。また、植生環境及び山岳環境における時空間電波伝搬特性について先行的に測定を行い、その伝搬特性を明らかにした。測定解析結果から電波伝搬モデルの開発を実施した。

1-e) HAPS対応電波伝搬推定技術の国際標準化

d)で開発した電波伝搬モデルの国際標準化に関する議論を2024年5月～6月に開催予定のITU-R SG3 関連会合に向けたCG（Correspondence Group）で推進した。

研究開発項目3：HAPSのフィーダリンクにおけるLoS空間多重技術による高速大容量化の研究開発

3-a) LoS空間多重技術の開発

LoS空間多重技術の基本検討を行い、LoS空間多重技術をHAPSに適用する際の課題抽出を完了した。具体的には最適アンテナ配置についての検討を行い、HAPSの移動・旋回時におけるLoS-MIMOのパフォーマンスをシミュレーションにより評価した。

3-b) HAPS対応長距離ミリ波無線伝送技術の開発

長距離ミリ波伝送、ビームトラッキング方式の基本検討を完了した。具体的には26GHz帯のミリ波・長距離伝送を実現するための回線設計を行うとともにHAPSのモビリティに対応するビームトラッキング方式の検討およびフィーダリンク無線中継方式の検討を完了した。

3-c) 試作装置開発及び実証実験

長距離ミリ波伝送対応のフィーダリンク装置の基本設計を完了した。ミリ波帯のフェーズドアレイアンテナの調達を完了して特性評価を実施するとともに、研究開発項目1で開発予定のサービスリンク装置と結合を行うためのフィーダリンク装置の一部について試作開発を行った。

3-d) HAPS対応電波伝搬推定技術の開発

1-d)と同様。

3-e) HAPS対応電波伝搬推定技術の国際標準化

1-e)と同様。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1：HAPSのサービスリンクにおける地上システムとの周波数共用技術の研究開発

研究開発項目1-a)では多数のセル(セクタ)を形成する多数セル構成において、大容量化に向けて必要となるサイドローブ低減を実現するセル設計技術、アンテナ構成技術、アンテナウェイト制御技術について検討する。本取り組みにより提案技術を適用しない同一セル数のHAPSセル構成と比較して、セル毎で1.2倍以上の周波数利用効率の達成を目指す。研究開発項目1-b)では、HAPSと地上システムとを同一周波数でオーバーレイさせる場合を想定し、HAPS・地上間の周波数共用を実現するビームフォーミング技術、無線リソース割り当て制御技術について検討する。本取り組みにより提案技術を用いずHAPS・地上システムをオーバーレイさせる場合と比較して1.5倍以上の周波数利用効率の達成を目指す。また、研究開発項目1-c)では試作装置開発を行い、提案技術により所望の特性が得られることを実証すると共に、成層圏環境下においても正常に動作させることを目指す。また、研究開発項目3で開発予定のフィーダリンクと結合し、対流圏を飛行する上空プラットフォームを用いた上空での実証試験により提案技術を確立する。

また、HAPS移動通信システムを効率よく設計するためには、高高度における電波伝搬損失特性や時空間電波伝搬特性(電波伝搬遅延特性、電波到来角特性)を推定できる電波伝搬推定技術が不可欠である。研究開発項目1-d)では、HAPS移動通信システムを効率よく設計するために必要なHAPS対応電波伝搬推定技術として、さまざまな環境での電波伝搬測定および伝搬シミュレータによる評価、解析を行い、電波伝搬モデルの開発を実施する。開発した電波伝搬モデルを用いて研究開発項目1-a)~1-c)の提案技術を評価する。

本研究開発の研究開発項目1-a)~1-c)を効率的に評価するためには、評価に用いる電波伝搬モデルの国際標準化が必要不可欠である。そこで、研究開発項目1-e)では、研究開発項目1-d)で開発する電波伝搬推定法の国際標準化に取り組む。

研究開発項目3：HAPSのフィーダリンクにおけるLoS空間多重技術による高速大容量化の研究開発

HAPSフィーダリンクの大容量化を実現するため、研究開発項目3-a)ではLoS空間多重技術、研究開発項目3-b)ではHAPS対応の長距離ミリ波無線伝送技術の研究開発を行う。これらの取り組みにより、3-a)ではモビリティ対応のLoS空間多重技術を確立し、偏波多重MIMOと比較して平均2倍以上の周波数有効利用効率を達成する。3-b)では長距離ミリ波伝送とHAPSのモビリティに対応したミリ波ビームトラッキング技術を実装したミリ波フィーダリンク無線通信システムを確立する。また、研究開発項目3-c)では検討した提案技術を実証するための試作装置開発を行い、無線伝送試験により所望の特性が得られることを実証すると共に、成層圏環境下においても正常に動作させることを目指す。また、研究開発項目1で開発予定のサービスリンクと結合し、上空プラットフォームを用いた実証試験により提案技術を確立する。

また、研究開発項目3-d)で開発するHAPS対応電波伝搬推定技術は、研究開発項目1-d)と共通である。同様に研究開発項目3-e)では、開発する共通の電波伝搬推定法の国際標準化に取り組む。