

採択番号 01901

研究開発課題名 低軌道衛星を利用したIoT 超カバレッジの研究開発

(1) 研究開発の目的

既存のスマートフォンで利用可能な衛星通信ネットワーク構築により、これまで圏外であった山岳地帯や離島、あるいは海洋でも通信可能とし国土 100%のモバイルネットワークの実現を目指す。低軌道衛星を使用し、低遅延化を図るとともに、衛星と直接通信することにより地上での基地局設置を不要としたシンプルな構成で、設備コストの低減を実現する。

国内の携帯電話事業者のカバレッジについては事業者の周波数にもよるが、人口カバー率は最大で約 99%である。しかしながら、面積カバー率で計算すると最大でも約 70%であり、少なくともカバーされていない国土面積は約 30%ということになる。その状況を鑑み、日本全土をカバーできるブロードバンド・インフラの実現を目標にする。社会的側面からは、地震、台風、集中豪雨等の自然災害の増加や、被害の甚大化の観点から、災害が発生した際に安定的に提供できる通信手段の確保が重要となる。そのためには、一般に普及している既存端末を用いて災害時も使用できる通信手段の提供が重要である。

一方、衛星通信を取り巻く環境を俯瞰すると、3GPP では、地上系のセルラー通信に加え、衛星を使用した非地上系ネットワーク NTN (Non-Terrestrial Network) の標準化が進められている。これまで非地上系はワイドビームによる広域通信に対し、スポットビームによるセルラー化が進められている。2021 年 3 月、楽天モバイルの出資先企業である AST & Science LLC 社が、低軌道衛星からスマートフォンに直接 4G / 5G の電波を届ける「Space Mobile」計画を発表した。「Space Mobile」の特徴は、専用ハードウェアを用いずに、既存のスマートフォンで衛星通信が利用できる点である。Iridium 等の既存の衛星電話サービスの利用には専用の端末が必要となるが、「Space Mobile」の場合は、手持ちのスマートフォンで、通常の携帯ネットワークと同じように通信できる点がメリットとなる。今後、2021 年度末頃に技術検証衛星である「BlueWalker 3」を打ち上げ予定であり、2022 年度末頃から 2023 年度内頃にかけて、フェーズ 1 としての商用衛星を打ち上げ、赤道地域の 49 か国を 20 基の衛星でカバーする。さらに、フェーズ 2、3 として、2023 年度末頃にかけて、合計 110 基の衛星で全世界的なエリアを構築する予定。また、2024 年末までに合計 168 基の衛星を打ち上げ、最終的には、フェーズ 4 として、MIMO によるより高速なサービスを提供する予定となっている。この計画が実現すると、これまで圏外だった山奥や海上でも手持ちのスマートフォンで通信できるようになる。また、これまで携帯エリア化から取り残されていた地域でもモバイル通信を利用する道が開け、情報格差の解消にも役立つといわれている。

しかし、既存のスマートフォンと直接通信するにあっては課題も多くあるため、本研究開発は、いくつかの課題に対して技術検討および必要な技術については研究開発を行っていく。地上系のセルラーと同等の通信は難しいことから、センサー情報などのデータ通信を対象とした、NB-IoT を使った狭い帯域で長距離化を図り既存のスマートフォンが使用できることを前提にする。この結果、ユーザ側の変更の負担を回避することで、携帯端末新規開発コストの低減を図れ、地上系の端末との共有が可能であるため低廉な端末でサービス展開の加速化える点で優位性を確保する。

(2) 研究開発期間

令和 3 年度から令和 6 年度 (4 年間)

(3) 受託者

国立大学法人東京大学<代表研究者>
楽天モバイル株式会社

(4) 研究開発予算（契約額）

令和3年度から令和4年度までの総額 896 百万円（令和3年度 92 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 低軌道衛星を利用した IoT 超カバレッジの研究

研究開発項目 1-a) LTE 衛星通信ネットワークの構築（楽天モバイル株式会社）

研究開発項目 1-b) LTE 衛星通信の安定化・最適化、NB-IoT SW の開発・衛星適用
（国立大学法人東京大学、楽天モバイル株式会社）

研究開発項目 1-c) 超カバレッジ IoT のユースケース検討、超カバレッジ IoT の実証実験
（国立大学法人東京大学、楽天モバイル株式会社）

(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	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	3	3
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	2	2
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

今年度の計画通り、研究開発項目 1 低軌道衛星を利用した IoT 超カバレッジの研究を実施した。
具体的には、各項目に対して以下を実施した。

研究開発項目 1-a) LTE 衛星通信ネットワークの構築（楽天モバイル株式会社）

楽天モバイル：

- 地上ゲートウェイ構築のために候補地として福島三枝協の敷地を選定して地上ゲートウェイの詳細建設日程・費用等の計画に関して協議した。
- AST Space Mobile 社から試験衛星と一般端末間の通信条件（Link Budget 等）を入手して机上検討を実施した。
- 楽天モバイルのラボに試験衛星と一般端末間の無線環境を模擬した疑似環境を構築するための机上検討を実施し、構築した。
- 衛星の軌道情報を考慮した試験衛星・一般端末間の通信シミュレーションを実施し、ラボ試験を実施した

研究開発項目 1-b) LTE 衛星通信の安定化・最適化、NB-IoT SW の開発・衛星適用
（国立大学法人東京大学・楽天モバイル株式会社）

東京大学：

- NB-IoT ソフトウェア基地局の実装。オープンソースのソフトウェア基地局の Open Air Interface (OAI) を用いて、NB-IoT のプロトコルをサポートするソフトウェア基地局の解析を実施した。
- NB-IoT モデムボードの試作。BC95-G という通信モジュールをリファレンスとして実験を進め、BC95-G のモデムボードとして複数の基板製作を実施した。
- NB-IoT テストベッドシステム及びソフトウェア基地局における低軌道衛星の遅延補償プロトコル設計、また商用のソフトウェア基地局の実装の代わりに OAI のソフトウェア基地局と対抗の BC95-G の通信の確立を目指したソフトウェア開発を実施した。

楽天モバイル：

- 楽天モバイルのラボに試験衛星・一般端末間の無線環境の机上検討を踏まえて、擬似環境を構築した。
- 擬似環境で試験衛星・一般端末間の通信性能を評価するために端末の受信電力、端末側の送信電力に対する、衛星側の受信電力をフェイズング量等を変更しながらラボ試験を実施した。
- 試験衛星・一般端末間の直接通信を行う際に予想される楽天モバイルと他サービスの周波数間で発生可能な干渉問題に関してシミュレーションを実施した。(AdvancedMCA、KDDI、Softbank、Docomo)
- NB-IoT 対応 RAN ソフトウェア開発のための要求仕様を検討した。試験対象の周波数の Band8 が 5MHz 帯域幅のため、In-band 方式に決定した。

研究開発項目 1-c) 超カバレッジIoT のユースケース検討、超カバレッジIoT の実証実験
(国立大学法人東京大学・楽天モバイル株式会社)

東京大学：

- NB-IoT センサーボードの試作。BC95-G という通信モジュールをリファレンスとして実験を進め、NB-IoT のユースケースにおけるセンサーを構築するため、複数の基板製作を実施した。
- 上記基板を用いる水温センサーボックスを試作し、NB-IoT の地上系のセルラーネットワークで動作検証を実施した。
- 衛星リンクのネットワーク状態(帯域幅、遅延、ジッターなど)の調査と、それに適したユースケースの検討を実施した。

楽天モバイル：

- 東京大学と超カバレッジIoT のユースケース検討会を実施して、山岳での建設現場・林業現場での労働災害時の対応、ドローンを利用した配送トラッキング等、ユースケース候補を整理した。

(8) 今後の研究開発計画

令和 4 年度は、以下の中間目標に向けた研究開発を行う。

研究開発項目 1-a) に関しては試験衛星の打ち上げが 2021 年 12 月から 2022 年 7 月頃に延期されていることから、2021 年から設置準備を実施している福島にゲートウェイを打ち上げ時期に合わせて完成する。また、2022 年度後半に予定されていた LTE 衛星通信対応の RAN S/W の開発を前倒し実施し、2022 年度中に開発完了・検証・衛星適用まで実施する。

研究開発項目 1-b)

東京大学：

- ソフトウェア基地局における低軌道衛星の遅延補償プロトコルの開発。

楽天モバイル：

- LTE 衛星通信対応の RAN S/W が完成した後に、NB-IoT 対応の RAN S/W を開発着手し、ラボでの試験を実施する。

研究開発項目 1-c)

東京大学：

- 広島県の江田島海域を候補として海洋で既存キャリアの NB-IoT ネットワークを用いてユースケースの確立のための事前実証実験を行う。

楽天モバイル：

- 試験用衛星と直接 LTE 通信ができる Band8 専用端末と WiFi で接続する IoT 端末を開発してラボでの実証実験を行う。

- 試験衛星・一般端末間の通信確立を持って北海道の衛星通信可能地域で LTE 通信を利用した IoT 端末の試験を実施する。

研究開発項目 1 低軌道衛星を利用した IoT 超カバレッジの研究

研究開発項目 1-a) LTE 衛星通信ネットワークの構築

2022 年度

- 2021 年 11 月 2 日～2022 年 7 月：地上ゲートウェイの構築
- 2022 年 7 月頃：試験衛星の打ち上げ(AST&Science LLC 社 Bluewalker3)
- 2022 年 4 月～2022 年 6 月：LTE 衛星通信対応の RAN S/W 開発
- 2022 年 7 月～2022 年 8 月：LTE 衛星通信対応の RAN S/W 検証
- 2022 年 8 月～2023 年 2 月：地上・衛星間の通信確立

研究開発項目 1-b) LTE 衛星通信の安定化・最適化、NB-IoT SW の開発・衛星適用

2022 年度

- 2022 年 8 月～2022 年 12 月：NB-IoT SW の開発
- 2023 年 2 月～2023 年 4 月：LTE 衛星通信の安定化・最適化
- 2023 年 1 月～2023 年 3 月：NB-IoT SW のラボ試験実施

研究開発項目 1-c) 超カバレッジ IoT のユースケース検討、超カバレッジ IoT の実証実験

2022 年度

- 2022 年 4 月～2022 年 12 月：LTE IoT 端末の開発・ラボ試験
- 2022 年 4 月～2022 年 12 月：既存 NB-IoT サービスによる IoT 実証実験