

＜基本計画書＞

IoT/5G時代の様々な電波環境に対応した最適通信方式選択技術の研究開発

1. 目的

スマートフォン、無線LAN等の急速な普及に伴う通信量の増大、スマートメータやセンサネットワーク等IoT機器の増加等に加え、電波雑音を発する電子機器の数も増加しており、周波数帯のひっ迫が一層懸念されている。電波雑音や電波干渉は無線機器等の密度や通信トラヒック量に応じて変わるため、場所・時間等によってダイナミックに変化する。その際、例えば、受信感度の高い無線システム等は雑音や干渉の影響を大きく受けて通信品質が劣化する可能性がある。そのような状況の中で周波数を有効に利用していくためには、無線通信ネットワークが使用する周波数帯における様々な電波雑音や電波干渉の特性を正確に把握した上で無線通信を適切に制御・選択する必要がある。

そのため、本研究開発では、IoTで利用される周波数帯の電波雑音や無線機器間の電波干渉を調査・測定し、同周波数帯における電波環境の実態を分析するとともに、電波伝搬モデルを構築する。これに加えて、動的に変化する様々な電波環境や通信状況を勘案しながら、多数同時接続を考慮した場合における最適な通信方式や伝送パラメータ、通信経路等を選択して制御する技術を確立し、IoTで利用される周波数帯における面的な周波数利用効率の向上を図り、周波数のひっ迫状況を緩和する。

2. 政策的位置付け

IoTや5Gは、以下の各政府戦略等において重要な位置付けとなっている。

【未来投資戦略2017（平成29年6月9日閣議決定）】

（2）新たに講ずべき具体的施策

iii）技術開発の推進と協調領域の深化・拡大等

③ 第5世代移動通信システム（5G）の実現・活用

- ・自動走行等を社会に取り入れることに寄与する情報通信基盤整備のため、超高速、多数接続、超低遅延が可能となる第5世代移動通信システム（5G）の2020年までのサービス開始に向けた取組等を推進する。

【科学技術イノベーション総合戦略2017（平成29年6月2日閣議決定）】

第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組

（2）新たな経済社会としての「Society 5.0」を実現するプラットフォーム

② プラットフォームを支える基盤技術の強化

i) サイバー空間関連技術

- ネットワーク技術：膨大なIoT機器が接続して多様なデータが伝送されて

も安定して運用できるネットワーク構築が重要である。

【世界最先端IT国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画について（平成29年5月30日 閣議決定）】

（8）研究開発【基本法第16条関係】

① 分野横断的な施策のうち重点的に講ずべき施策

・ データ活用基盤技術の強化として、次世代人工知能技術、5G等の研究開発の推進

<5G>

- これまでの研究開発の促進、国際連携の強化、周波数確保に向けた基本戦略等の検討を実施。
- 今後、研究開発や社会実装を念頭に置いた総合的な実証試験の促進を通じ、平成32年に5Gを実現。

【電波政策2020懇談会（平成28年7月 総務省）】

（3） モバイルサービスの将来展望と具体的方策

① 次世代モバイルサービス実現プロジェクトの推進

（イ） ワイヤレスIoT・プロジェクト

a) 目標

現在の数百倍以上のモノ（センサー等）がつながるIoTの世界を実現

b) 推進モデル

・ 大多数同時接続モデル

- 小型・安価・低消費電力の無線端末を実現し、それが極めて多数密集している場合でも、確実にワイヤレス通信を実行

3. 目標

本研究開発は、IoTで利用される周波数帯の電波雑音特性、無線機器間の電波干渉特性、電波伝搬モデル等を明らかにした上で、それらに基づく無線通信制御・選択技術を確立し、利用シーンや用途に応じて想定されるIoTアプリケーションで要求される通信品質を確保するという条件の下、既存ネットワークと比べて同時接続数を2倍以上に向上させ、周波数利用効率2倍以上を実現するとともに、研究開発成果の国際標準化を目指す。

4. 研究開発内容

（1）概要

IoTで利用される周波数帯のひっ迫の緩和に向けて、これらの周波数帯における電波雑音や電波伝搬モデルを正しく把握した上で、その時の周辺の電波環境や通信状況に基づいて、複数の無線通信ネットワークの中から最適な方式を選択・制御する技術の研究開発を実施する。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 電波伝搬モデル構築・モニタリング技術の研究開発

(a) 電波環境の測定・分析及び電波伝搬モデル構築技術の研究開発

今後予想される無線機器の増加等による電波干渉の増加に伴い、受信感度の高い無線システム等は電波雑音や電波干渉の影響を大きく受ける可能性がある。また、電波雑音に関する国際標準が定められているが、1970年代の実測結果に基づくものであり、雑音源となる電子機器の種類や密度が増加している近年の電波雑音の特性を正確に表していない。今後は膨大な数の無線機器が使用され、他周波数帯からの電波干渉に対してこれまでのような離隔距離の確保では対処できず、干渉量に合わせた対処が必要となるが、実態を正確に把握できていない。さらに、その対処のためには、各周波数帯において種々の環境に応じた高精度な電波伝搬モデルが必要となるが、十分なモデルが揃っていない。

IoTで利用される周波数帯の電波雑音や他周波数帯も含めた無線機器間の電波干渉等の電波環境の測定・分析技術、及び電波伝搬特性に基づく利用状況に適した電波伝搬モデル構築技術の研究開発を行う必要がある。

(b) 電波環境モニタリング技術の研究開発

電波環境として直接的に測定できるのは、自システムからの電波干渉に加え、他システムからの電波干渉や電子機器等に起因して生じる環境雑音を合わせたトータル電力である。電波環境の変化に応じてネットワーク全体で効率を向上させるためには、制御できない他システムからの電波干渉や環境雑音の振る舞いを正確に把握した上で、トータルの電力量を調整すべく自システムの電波干渉量を推定・制御する必要があるが、これまではそれらを正確に把握・推定できていない。

環境の変化や周辺の無線通信システムの利用状況等に応じて時々刻々と変化する電波雑音や電波干渉を測定し、管理下にある制御可能な無線装置からの電波干渉量、並びに管理外の無線装置からの電波干渉量及び環境雑音の二つに分離して必要な粒度で把握・推定する技術の研究開発を行う必要がある。

イ 広域無線ネットワーク最適化技術の研究開発

膨大な数の多様な無線機器が様々な無線周波数帯で通信を行う場合、伝送品質に影響を与える電波干渉等の状況が時々刻々と複雑に変化するが、主に屋外において無線機器の密度が高く、これまでのように無線システム間で離隔距離を確保して干渉回避を行うことが困難であり、電波干渉等の影響により無線ネットワーク全体の効率が低下する問題が発生する。これを解決するためには、前述のように、制御できない他システムからの電波干渉や環境雑音を正確に把握した上で、トータルの電力量を調整すべく自システムの電波干渉量を推定・

制御する必要がある。

そこで、環境雑音及び他システムからの電波干渉の情報に基づき、使用する無線システムを適切に選択して通信経路や送信電力、伝送レート、無線チャネル等を動的に制御することで適応的に自システムの電波干渉制御を行い、トータルの干渉電力等を勘案して無線ネットワーク全体の効率向上を可能とする技術の研究開発を行う。

到達目標

ア 電波伝搬モデル構築・モニタリング技術の研究開発

(a) 電波環境の測定・分析及び電波伝搬モデル構築技術の研究開発

IoT デバイス等の受信感度が高く電波雑音や電波干渉の影響を受けやすい無線ネットワークで課題となる電波雑音や電波干渉等の電波環境の測定・分析技術、及び電波伝搬特性に基づく利用状況に適した電波伝搬モデル構築技術。

- ・IoT で利用される周波数帯（920MHz 帯、2.4GHz 帯、5GHz 帯）における電波雑音や無線通信システム間の干渉を、課題イで確立する技術の利用シーン（例えば、遠隔カメラを活用した建設現場の安全確認やセンサによる港湾での荷物積み卸し状況管理など）に則した屋外の実フィールドで測定・調査し、同周波数帯における電波環境の実態を把握する。
- ・屋外の種々のフィールドにおける電波伝搬特性を取得し、各フィールドにおける電波伝搬モデルを構築する。
- ・これらの電波雑音特性や電波伝搬モデルについて、ITU-R 等における国際標準化活動を実施し、国際標準への反映を行う。

(b) 電波環境モニタリング技術の研究開発

環境の変化や周辺無線通信システムの利用状況等に応じて時々刻々と変化する電波雑音や電波干渉を必要な粒度で適時かつ効率的に把握・推定する技術。

- ・IoT で利用される複数の周波数帯における電波環境（環境雑音、同一帯域内の無線システムからの電波干渉、他帯域の無線システムからの電波干渉など）について、広域無線ネットワークの最適化に必要な粒度と頻度での把握を実現する。
- ・電波環境の測定・分析及び電波伝搬モデル構築技術で構築した電波伝搬モデル、及び管理下の無線システムの送信出力等の情報に基づき、課題イにおける目標を実現するために必要な精度で、種々の場所における管理下の無線システムからの電波干渉量の推定を実現する。
- ・上記で把握した電波環境の情報、及び推定した管理下の無線システムからの電波干渉量の情報に基づき、課題イにおける目標を実現するために必要な精度で、電波雑音（管理外の無線システムからの電波干渉＋環境雑音）量の推定を実現する。

イ 広域無線ネットワーク最適化技術の研究開発

様々な電波環境や通信状況を勘案しながら、多数同時接続を考慮した場合における最適な無線通信ネットワークを選択・制御する技術。

- ・課題ア（a）の電波環境の測定・分析及び電波伝搬モデル構築技術で把握した電波環境の実態と構築した電波伝搬モデルに基づき、場所や時刻等によって変動する電波雑音や電波干渉に柔軟に対応可能な、複数の無線システムを活用する無線ネットワーク設計を実現する。
- ・課題ア（b）の電波環境モニタリング技術により把握・推定した時々刻々と変化する広域エリア内の種々の地点における電波雑音や電波干渉の状況に基づき、使用する無線システムを選択するとともに、送信電力や伝送レート、無線チャネル、通信経路等を動的に制御することで適応的に電波干渉制御を行い、無線通信ネットワーク全体での周波数有効利用を実現する。
- ・課題アの技術の検討と並行して広域無線ネットワークの基本設計等を行った上で、実環境を模擬したフィールド実験によって本研究開発による技術の有効性を検証するとともに、具体的な利用シーン（例えば、遠隔カメラを活用した建設現場の安全確認やセンサによる港湾での荷物積み卸し状況管理など）を想定した適切な制御を実現すること。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

<平成 30 年度>

ア 電波伝搬モデル構築・モニタリング技術の研究開発

- ・電波環境の基本測定及び基本分析・評価
- ・伝搬特性の基本測定及び伝搬モデルの一次検討
- ・電波環境モニタリング装置の基本設計
- ・電波環境モニタリング装置の一次試作

イ 広域無線ネットワーク最適化技術の研究開発

- ・広域無線ネットワークの基本設計及び制御装置の一次試作
- ・最適通信方式選択対応無線装置の基本設計及び一次試作

<平成 31 年度>

ア 電波伝搬モデル構築・モニタリング技術の研究開発

- ・電波環境の追加測定及び詳細分析・評価
- ・伝搬特性の追加測定及び伝搬モデルの二次検討
- ・電波環境モニタリング装置の詳細設計
- ・電波環境モニタリング装置の二次試作及び評価実験

イ 広域無線ネットワーク最適化技術の研究開発

- ・ 広域無線ネットワークの詳細設計及び制御装置の二次試作
- ・ 最適通信方式選択対応無線装置の詳細設計及び二次試作

<平成 32 年度>

ア 電波伝搬モデル構築・モニタリング技術の研究開発

- ・ 電波環境測定 of 改良分析・評価
- ・ 伝搬モデルの改良・評価
- ・ 電波環境モニタリング装置二次試作の改良

イ 広域無線ネットワーク最適化技術の研究開発

- ・ 広域無線ネットワーク制御装置及び最適通信方式選択対応無線装置の改良
- ・ 電波環境モニタリング技術及び広帯域無線ネットワーク最適化技術のシステム統合/総合検証

5. 実施期間

平成 30 年度から 32 年度までの 3 年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 37 年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

(2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来の技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまと

め方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。