

<基本計画書>

高ノイズ環境における周波数共用のための 適応メディアアクセス制御に関する研究開発

1. 目的

本格的な IoT 時代を迎え、製造、小売り、農業、健康等の様々な分野で無線通信を使った IoT の導入が進んでいる。特に、工場等では様々な工具、装置、機械などに無線機器が取り付けられ、作業データ等の収集・分析が行われ、生産性の向上に向けた取組が進んでいる。また、工場等で利用される無線機器は、無線 LAN 等で利用されている 2.4GHz 帯の周波数を中心とした同一周波数帯域を共用している状況である。

他方、工場等の製造現場では、無線機器以外にも産業機械及び高周波利用設備が稼動しており、これらから発せられる高レベル・広帯域な電波ノイズが原因となって、無線機器の通信が途絶し輻輳するといった問題が発生しているのが現状となっている。

今後、労働人口や熟練技術者が減少する中、製造現場においては無線機器を使った状況把握、制御等のニーズ増加が見込まれている一方で、自動搬送車を含む産業用ロボットについても利用拡大が見込まれており、2035 年には現在の倍以上の市場規模となる予測もあるため、これにより通信の途絶・輻輳等が発生し安定した通信の維持が一層困難となることが予想され、製造現場のワイヤレス化に向けた大きな課題となっている。

以上の背景の下、本研究開発では、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下においても信頼性のある無線通信を可能とする技術等を確立することで、既存の周波数を用いた高信頼性の無線通信を実現し、電波の有効利用に資する。

2. 政策的位置付け

- ・ 未来投資戦略 2018-「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革-（2018 年 6 月 15 日 閣議決定）

「Ⅱ. [1] 1. (3) iii) ⑤「Society 5.0」を支える通信環境の整備」において「スマートワイヤレス工場等の生産現場における無線通信の円滑な導入を進めるため、工場内の無線通信を最適制御する技術の研究開発を実施」する旨が記載されている。

- ・ 経済財政運営と改革の基本方針 2018（2018 年 6 月 15 日 閣議決定）

「第 2 章 5. (2) ①」において「我が国の国際競争力を強化する観点から、「知的財産推進計画」や「人工知能技術戦略実行計画」の策定・実行を進めるとともに、サイバーセキュリティ対策、先端技術の国際標準化などに官民挙げて取り組む」旨が記載されている。

- ・ 知的財産推進計画 2018（2018年6月12日）

「I. 1. 45. 第4次産業革命時代を見据えたIoTサービス等に関する国際標準化戦略の推進」において「ワイヤレス工場の普及・展開に向けて、工場等の狭空間における無線通信を最適化する技術等の研究開発や国際標準化を推進するとともに、ドイツをはじめとする海外の研究機関等との国際連携、情報発信と仲間作り、人材育成等の取組を一体的に推進する」旨が記載されている。

- ・ 日独間のデジタル分野における協力関係の強化に関する共同声明及びその経緯

本件の主な社会展開先となる製造業について、ドイツ連邦共和国では、官民連携プロジェクト「インダストリー4.0 戦略」の中で製造業のIoT化を通じた第四次産業革命の社会実装を提唱しており、近年では同国を中心とした二国間・多国間IoT連携が急速に進展しているなど、同国は国際的に見ても製造IoT化を牽引している。このことから、製造IoTについて日独間で連携し、両国の政策動向の共通項を踏まえた課題解決のための共同研究開発を実施することにより、戦略的な国際標準化及び国際展開に向けた取組が可能となり、我が国の国際競争力の強化及び開発技術の実用化の加速に繋がると考えられる。

これらの背景の下、総務省、経済産業省及び独連邦経済エネルギー省の閣僚級間で合意に至った「経済政策と経済協力に関する日独共同声明」（2018年10月31日署名）では、IoT／インダストリー4.0に関する研究開発、国際標準化等での日独協力の枠組みを定めた「ハノーバー宣言」（2017年3月19日署名）に基づく日独間の主要協力事項として「総務省及び連邦経済エネルギー省による、製造IoT／AI分野における日独共同研究開発の実現」について言及されている。

本件は、製造業において、信頼性のある無線通信を可能とし、生産性向上に資する無線・IoTの使用を促進する技術の開発及び国際標準化を目的としており、日独政府間での調整の結果、前述の日独共同声明に基づく共同研究開発に位置付けられているものである。

3. 目標

異種の無線システムや産業機械等が共存し、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下で、信頼性のある無線通信を可能にする無線通信技術として、状況に応じて送信タイミングを制御し既存チャンネルを複数に分割・冗長化して送信する技術、無線環境の可視化・シミュレーション技術、稼働物体との高信頼無線通信技術を確立し、これら複数の技術を組み合わせることで、2倍以上の周波数利用効率向上を目指す。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、製造現場や医療現場等、異種の無線システムや産業機械等が共存する環境下においても、信頼性のある無線通信を可能とするため、

920MHz/2.4GHz/5GHz 等（製造現場において利用が想定される無線通信規格、特に Wi-Fi, 802.11ah, 802.11ax, Wi-SUN, Bluetooth 等）において、状況に応じて送信タイミングを制御し既存チャンネルを複数に分割・冗長化して送信する技術や無線環境の可視化・シミュレーション技術、稼働物体との高信頼無線通信技術の確立に向け、以下の区分により研究開発を実施する。

- ア 適応的複合メディアアクセス制御技術
- イ 多用途周波数共有最適化技術
- ウ 稼働物体との高信頼無線通信技術

なお、各技術の開発に当たっては、各区分の研究成果を周波数有効利用技術として統合して研究開発目標を達成するため、本研究開発全体の取りまとめを行う実施者を定めるとともに、各区分の研究開発実施者は相互に連携・協力して研究開発を実施する。

更に、これらの研究開発成果を広く展開することで、社会実装にも寄与するため、国内及び海外の動向を調査し、実用化や国際標準化を目指した取組を推進する。

(2) 技術課題および到達目標

ア 適応的複合メディアアクセス制御技術

技術課題

工場内の製造現場では、産業機械・高周波利用設備から発される高レベル・広帯域な電波ノイズやマルチパスリッチな環境に起因して、受信信号強度が不安定となり、信号雑音比（SN比）の悪化により無線通信が途絶するといった課題がある。こうした課題に対応し、異種の無線システムや電波ノイズを発する産業機械等が共存する環境下においても信頼性のある無線通信を可能とするため、以下の研究開発を実施する。

- ・異種の無線システムから発される電波や、産業機械等から発される電波ノイズの影響を回避するための制御技術
- ・既存のチャンネルを複数に分割し、複数の同一データを冗長化して送信することで通信の信頼性を高める技術
- ・複数の端末を用いることで通信の強度を高める技術

到達目標

データ通信、制御等の特定の用途を持つシステムのうち少なくとも二種類の無線システムが共存する環境において、電波ノイズ源の影響を避けながら時分割で通信する送信装置とそのタイミング制御を可能とする。

また、既存のチャンネルを複数に分割し、複数の同一データを冗長化して送

信することで通信の信頼性を高める。さらに、複数の端末を用いることで通信の強度を高める。

以上の技術を確認し、組み合わせて実施することで、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下で、周波数利用効率について2倍以上の向上を実現する。

イ 多用途周波数共有最適化技術

技術課題

工場等の製造現場において信頼性の高い無線通信を可能とするためには、様々な用途の電波の使用状況を把握するだけでなく、産業機械や高周波利用設備から発生される電波ノイズについても把握をしなければならないという課題がある。こうした課題に対応するため、電波環境情報を把握し、その情報から将来的な電波環境の予測を行うとともに、工場等の現場ユーザが予測結果を活用して周波数を有効利用できるよう、以下の研究開発を実施する。

- ・ 様々な用途で使用されている無線システムからの電波や、複数の周波数にまたがる電波ノイズ等の利用・干渉状況を把握し、パターンを抽出することで、将来的な電波環境を予測する技術
- ・ 各用途の電波が相互に与える影響や、電波ノイズが各用途の電波に与える影響等を可視化する技術
- ・ 通信の安定性を確保するため、多用途の周波数の相互影響や電波ノイズが与える影響等を考慮して、複数周波数利用時の無線リソース（時間、周波数、空間）の使い方を最適化する技術

到達目標

データ通信、制御等の特定の用途を持つシステムのうち少なくとも二種類のシステムが共存する環境において、二箇所以上の工場等で取得された実測データを用いて、様々な用途で使用されている無線システムからの電波や複数の周波数にまたがる電波ノイズ等のパターンを抽出し、各用途の電波が相互に与える影響や、電波ノイズが各用途の電波に与える影響等の可視化を実現する。また、通信の安定性を確保するため、多用途の周波数の相互影響や電波ノイズが与える影響等を考慮して、複数周波数利用時の無線リソース（時間、周波数、空間）の使い方を最適化することを可能とする。

ウ 稼働物体との高信頼無線通信技術

技術課題

昨今、産業機械の予知保全や製造ラインの柔軟性向上のため、産業機械の複数の可動部に無線センサを取り付けて状態を把握し、アクチュエータ等と通信して機械を遠隔制御することに対する期待が高まっている。しかしながら、産業機械自体が高レベル・広帯域なノイズを発することや、産業機械の稼働に伴い無線受信部分の位置がダイナミックに変わることにより、産業機械の可動部

に取り付けたセンサやアクチュエータ等との無線通信が成功せず、再送処理が発生するといった課題がある。また、多数のセンサから送信される膨大なデータが輻輳し、必要な情報や制御信号が欠落するといった課題がある。

こうした課題に対応するため、以下の研究開発を実施する。

- ・ダイナミックに位置が変化するセンサ等とアクセスポイント間の電波の送受信を高効率化する技術
- ・産業機械の可動部に取り付けられた多数のセンサからリアルタイムに情報を取得し、その情報を基としたアクチュエータ等に対する確実な制御通信を実現する技術

到達目標

稼動する産業機械の可動部に取り付けられたセンサやアクチュエータ等に対し、高効率な電波の送受信を可能とし、上記課題ア、イと連携することで、高レベル・広帯域なノイズの発生する環境下における周波数利用効率について2倍以上の向上を実現する。

その上で、産業機械の可動部に取り付けられた多数のセンサからリアルタイムに情報を取得し、その情報を基としたアクチュエータ等に対して確実な制御通信をすることで、当該産業機械のデータ取得と稼動制御の両立を実現する。

なお、上記課題ア、イ、ウ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、以下を記載例として、提案する研究計画に合わせて設定すること。

(例)

<2019 年度>

ア 適応的複合メディアアクセス制御技術

- ・適応複合メディアアクセス制御技術の開発
- ・適応的通信制御技術の開発
- ・耐ノイズ通信技術の開発

イ 多用途周波数共用最適化技術

- ・多用途周波数相互影響可視化技術の開発
- ・多用途周波数相互影響シミュレーション技術の開発

ウ 稼動物体との高信頼無線通信技術

- ・高効率電波送受信技術の開発
- ・適応的データ最適化技術の開発

<2020 年度>

ア 適応的複合メディアアクセス制御技術

- ・適応複合メディアアクセス制御技術の改良
- ・適応的通信制御技術の改良

- ・耐ノイズ通信技術の改良
- イ 多用途周波数共有最適化技術
 - ・多用途周波数相互影響可視化技術の改良
 - ・多用途周波数相互影響シミュレーション技術の改良
- ウ 稼働物体との高信頼無線通信技術
 - ・高効率電波送受信技術の改良
 - ・適応的データ最適化技術の改良

<2021 年度>

- ア 適応的複合メディアアクセス制御技術
 - ・統合システム実装
 - ・統合システム評価・実証
- イ 多用途周波数共有最適化技術
 - ・多用途周波数相互影響可視化技術及び相互影響シミュレーション統合
 - ・統合システム実証
- ウ 稼働物体との高信頼無線通信技術
 - ・高効率電波送受信技術の実証
 - ・適応的データ最適化技術の実証

5. 実施期間

2019 年度から 2021 年度までの 3 年間

6. その他

(1) 特記事項

- ① 提案者は、上記課題ア、イ、ウのいずれか又は複数の課題に提案することができる。なお、いずれの研究開発の受託者は相互に連携、協力して研究開発を行うとともに、課題アの実施者は本研究開発全体の取りまとめを行うものとする。
- ② 上記課題ウについては、「2. 政策的位置付け」に記載の日独共同研究開発に資することを目的として、日独両国の政策動向の共通項を踏まえて技術課題を設定している。

そのため、提案の中で、ドイツ連邦共和国の研究機関・企業との連携等の内容（これまでの実績、幅広い共同研究の可能性等）が含まれている場合には、評価の際に考慮することとする。

また、採択後は、ドイツ連邦共和国側で推進される研究開発プロジェクトを実施する研究機関等と連携して研究開発を進めること。具体的な連携先や連携方法等については、総務省との協議の上、決定することとする。

(2) 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2026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。

③ 研究開発成果の情報発信

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果について説明等を行うこと。

(3) 提案および研究開発に当たっての留意点

① 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。

② 研究成果が様々なユーザにとって利用可能なものとなるよう、目標の達成に向けた適切な研究成果の取扱い方策（研究開発課題の分野の特性をふまえたオープン・クローズ戦略を含む）を提案書に記載すること。

③ 複数機関による共同研究を提案する際には、研究開発全体を整合的かつ一体的に行えるよう参加機関の役割分担を明確にし、研究開発期間を通じて継続的に連携するための方法について具体的に提案書に記載すること。

④ 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。

⑤ 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。

⑥ 総務省において既に実施している研究開発課題「狭空間における周波数稠密利用のための周波数有効利用技術の研究開発」で得られた知見の活用に十分留意すること。

⑦ 国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）のプロジェクトである

Flexible Factory Project (<https://www2.nict.go.jp/wireless/ffpj.html>)
が実施した、工場等における無線ユースケースや通信要件の調査・検証結果
を踏まえた上で提案を行うこと。

(4) 人材の確保・育成への配慮

- ① 研究開発によって十分な成果が創出されるためには、優れた人材の確保が必要である。このため、本研究開発の実施に際し、人事、施設、予算等のあらゆる面で、優れた人材が確保される環境整備に関して具体的に提案書に記載すること。
- ② 若手の人材育成の観点から行う部外研究員受け入れや招へい制度、インターンシップ制度等による人員の活用を推奨する。また、可能な限り本研究開発の概要を学会誌の解説論文で公表するなどの将来の人材育成に向けた啓発活動についても十分に配慮すること。これらの取組予定の有無や計画について提案書において提案すること。