

## 将来の「モノ主体システム」隆盛を想定した地上系無線の研究開発

## ■概要

第4期中長期計画において、ワイヤレスシステム研究室が取り組んでいる地上系無線通信システムは、第5世代モバイル通信システム(5G)に代表されるように、高スループット、高モビリティ、低遅延、大容量、多数接続、省電力等の多様化する高度化要素をヘテロジニアスに具現化し、物理層だけでなく複数制御層の制御を前提としながら、各技術要素を適切に選択、統合するシステム構築及び周波数有効利用を必須とするものである。当研究室では、こうした高度化要素のうちでは、低遅延、多数接続、省電力等のように現行のビジネスフローからは要件が読みづらく、適切な体制・スキーム・知見による技術策定が必要と考えられる研究開発分野であって、同時に人の利用を中心とする従来の無線システムではない、「モノ主体システム」の実現にむしる資する研究開発及び社会展開に取り組んできた。当研究室では、モノ主体システムを実現するために、1. インフラ高度化による高性能アクセスを検討するワイヤレスネットワーク制御・管理技術、2. 端末高度化による端末網形態多様化を検討するワイヤレスネットワーク適応化技術、3. 無線通信の信頼性向上・適用環境拡張を検討するワイヤレスネットワーク高信頼化技術、の3つのサブプロジェクトの概念を導入し、それぞれ検討を進めている。

## ■平成29年度の成果

平成29年度は、上述した3つのサブプロジェクトにおいて、それぞれ次のような成果を上げた。

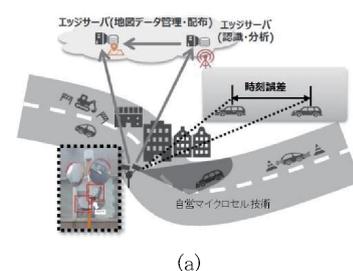
## 1. ワイヤレスネットワーク制御・管理技術

ミリ波帯(28GHz)運用を想定する自営マイクロセル無線機の試作を完了し、管理装置や基地局も含めた模擬環境の構築により、複数事業者受入可能な提案方式をITS等の実用システムで実証した(図1(a))。また、C/U分離に基づきマイクロセル基地局の運用情報(位置、周波数など)を複数のセルラー通信事業者から報知する方式により、自営マイクロセルの5G統合利用可能性を実証、必要アーキテクチャを3GPPに提案し採択された。さらに、5Gシステムにおける100万台/km<sup>2</sup>程度の多数

接続性能の実証として、20,000台の5G無線端末の屋内多数接続に関する実証を、防災倉庫環境、スマートオフィス環境を想定しながら成功裏に行った(図1(b))。また、周波数有効利用に資する技術として、5台同時接続・遅延時間5ミリ秒(ms)以下の多数接続の基本検討を完了し、成果の一部を3GPP RAN1へ寄与文書として入力した。また、マイクロセルの高密度展開を可能にする制御方式を提案し、一部方式を次世代無線LAN規格(IEEE802.11ax)として寄書入力、採択され継続議論中である。さらに、複数の通信事業者に同時接続し、トランスポート層において組み合わせ利用しつつ、Deep Packet Inspection技術と組み合わせ各アプリの所望通信速度/遅延を提供可能なMPTCP拡張方式をIETFに提案した。

## 2. ワイヤレスネットワーク適応化技術

複数無線機で構成される網構造(ワイヤレスグリッド)のうち、新たな適用分野を拓く高信頼メッシュ網では、工場内における各種無線通信方式適用形態モデル化の検



(a)



(b)

図1 ワイヤレスネットワーク制御・管理技術：(a) 自営マイクロセルのITS実証、(b) 5G無線端末のスマートオフィス実証

討を行い、前年度の無線用途（約130種）分析・カテゴリ化に即し、実環境下のデータ取得に成功するとともに（図2（a））、IEEE 802.1標準化委員会作業班に提案し、ホワイトペーパーへの反映等を通じて社会展開を進行中である。さらに、多数無線デバイスによる大規模メッシュのための大容量データ収集網では、平成28年度にIEEE 802.15.10推奨方法として策定したレイヤ2経路制御（L2R）仕様を拡張し、データ結合、仮想化等の複数機能組み合わせによる機能向上の実証に成功した。電池駆動時等の省電力動作のための超省電力動作網では、農業用途等の多様な機器（センサ、アクチュエータ）の要求に応じ1分以下の許容遅延を満たす等無線機能多様化を、実圃場を含む複数拠点実証という形で成功裏に行い（図2（b））、端末の移動対応についても検討した。

### 3. ワイヤレスネットワーク高信頼化技術

分散型端末間通信のためのPHY・MAC方式を提案し、標準規格IEEE 802.15.8を主導的に策定した。また、同規格ブロードキャストモードを適用するテストベッドと港区連携サーバとの連携運用を実施し、お台場レインボープラス大型化への対応、精華くるりんバスのバスロケの実験運用を実施した（図3（a））。さらに、IR-UWB測位システムを開発し、東南アジアでの実験検証を推進した。IEEE 802.15.8のUWB方式を適用する自動車内センサデータ伝送用遅延時間保証型ワイヤレスネットワーク技術（許容遅延20 ms以下）を検討した。また、見通し外でのロボットやドローンの運用の安全性を確保するためのレイテンシ保証型マルチホップ中継制御通信システムに関し、新たなロボット用バンドを用いた周波数冗長型方式を設計・開発し、ドローン飛行実証実験に成功し、実用化に向け大手電力インフラ事業者との共同研究を行い、成果のAWG（Asia Pacific Wireless Communication Group）入力を行った。複数ドローンが同一の周波数チャンネルを共用するためのリソース割当てに必要な電波伝搬データ測定と伝搬シミュレータ開発を行い、福島県南相馬市でのJUTM（日本無人機運行管理コンソーシアム）主催合同実証実験にて有効性を実証した。さらに、端末間通信技術を用いたマルチホップ型位置情報共有システムを開発した（図3（b））。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）に成果展開し、ソーラー無人機を中継した見通し外の疑似ドローンの位置把握に成功した。また、東北総合通信局の400 MHz帯ドローン位置把握システムに採用されるとともに、NEDO及び衛星通信事業者等と有人ヘリ利用実験の共同実施に成功した。さらに、技術成果のAWG入力を実現した。日本原子力研究開発機構とドローン（固定翼）による広域放射線モ



図2 ワイヤレスネットワーク適応化技術：(a) 工場実環境下のデータ取得、(b) 省電力無線機の農業応用実証

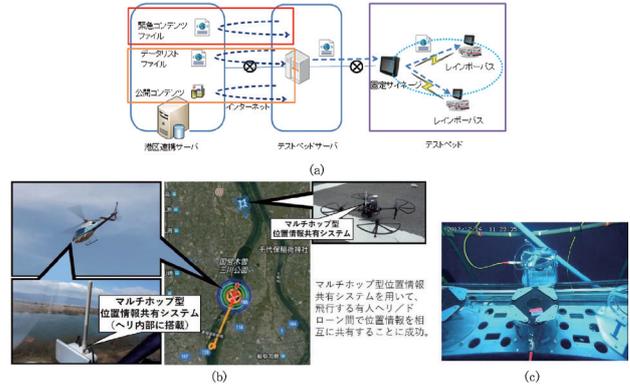


図3 ワイヤレスネットワーク高信頼化技術：(a) 端末間通信実証、(b) マルチホップ型位置情報共有システム実証、(c) 海中ワイヤレス実験

ニタリングシステム開発の共同研究を開始し、基礎評価試験を実施した。また、多数のスマホのWi-Fi電波がドローンの操縦に与える影響（操縦不能等）の実証を行った（NHKと共同）。国交省・経産省主催のドローン第三者上空飛行を目指した検討会に入力した。さらに、極限通信ワイヤレス技術のうち、海中ワイヤレスとして、海中高度1 m程度を航行する海中プラットフォームによる海底面最大数m程度までの、10 cm～1 m程度の埋設物検出を想定し、電磁場応答特性の解明のための測定系の設計と一次試作を実施した。また、電磁場応答モデル策定用シミュレータのためのモデル作成と電波伝搬測定評価を実施した。さらに、浅部海底埋設物検出方法に関してアンテナアレイによる電波伝搬特性評価を実施した。また、海洋研究開発機構（JAMSTEC）と共同開発した海中チャンネルサウンダを含む海中実験系（深度500 mまで利用可）を用いて、静岡県沼津市にて2回の海中ワイヤレス実験を実施し、深度30 mでの海中チャンネルサウンダ動作確認の後、深度70 mでの電波伝搬測定を行った（図3（c））。海中における電波到来方向推定技術を併せて検証（JAMSTECと共同）した。また、体内外ワイヤレスとして、端末低消費電力化に向けたワイヤレス伝送技術検証を実施（脳情報通信融合研究センターとの機構内連携）した。また、電波を利用した体内端末位置推定方法に関して民間企業との資金受入型共同研究を実施、ミリメートルオーダーの位置推定精度を模擬環境で実証した。