

＜基本計画書＞

移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発
～ マルチバンド・マルチモード対応センサー無線通信基盤技術の研究開発 ～

1. 目的

センサー無線通信については、IEEE802.11ah の国際標準規格の策定や業界団体 WiFi アライアンス等における相互接続性確立の議論が行われている他、農業システムやエネルギー管理等にも幅広く活用されることが期待されており、平成 26 年には IEEE においてセンサーネットワークシステムとして国際標準化される見込みである。このような中、我が国においても国際的な協調がとれていなかったセンサー無線通信用 900MHz 帯及び 60GHz 帯の両周波数帯について、平成 23 年に制度改正を行い、国際的な協調が可能な周波数帯としてきたところである。

また、国内では、スマートグリッドの導入が進められており、その中では、スマートメータの他、センサー無線通信を活用した家電製品のネットワークにより、電力供給の監視、制御を行うことが計画されている。また、クラウド環境構築においても、センサーネットワークは様々な用途が見込まれ、重要な役割を担うことが期待されている。このように今後、多種多様な利用が見込まれているセンサー無線通信は、利用が集中することが想定される 900MHz 帯や 2.4GHz 帯の周波数のトラフィックがさらに増大し、それらの周波数帯のひっ迫が危惧されている。

本研究開発では、これら帯域の周波数ひっ迫に対応するため、センサー無線通信として利用されることが想定される複数かつ広範囲の周波数や変調方式に対応して、簡易かつ柔軟に周波数や変調方式の変更が可能であり、かつ、高速伝送トラフィックを分散させるためにミリ波帯との協調を行うことが可能なセンサーネットワークシステム環境を実現することを目的とし、周波数を有効に活用したセンサー無線通信を実現するための基盤技術を確立する。

さらに、この基盤技術により、国内・国外の状況により、センサー無線通信の利用周波数を変更しなければならない場合においても柔軟に対応可能とし、当該分野において我が国が先導的にイニシアティブを進め国際標準化を通じて国際競争力を強化する。

2. 政策的位置付け

- ・ 新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ IT 立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約

70兆円の関連新市場の創出を目指す)」旨を記載

・新たな情報通信技術戦略（平成22年5月11日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

Ⅲ. 分野別戦略

3. 新市場の創出と国際展開

(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

・成長戦略・国際戦略（家電懇談会 平成24年1月25日）

「今後の新たな重点成長分野の選定（Smart-ICTの戦略策定）」において、センサーネットワーク等を活用した大量データの収集・分析により新事業の創出が求められており、「重点成長分野であるICTをパッケージ化した新たな街づくりの実現」においては、センサーネットワークによるリアルタイムの情報収集が可能で高付加価値のサービスするシステムを実現し、クラウドサービスとセンサーネットワーク等を組み合わせてICTを活用した新たな街づくりを行うこととしている。また、Smart-ICTの戦略においては、ASEAN地域をターゲットとして進めるべきとしている。

3. 目標

今後普及が見込まれるセンサー無線通信に対し、新たな周波数を割り当てることなく現在の周波数を有効に活用することで対応可能とするための基盤技術をスマートメータ等のセンサーネットワークが本格的に導入されると予測されている平成28年までに実現するため、以下の技術を平成26年までに実現することを目標とする。

- (1) 複数の周波数帯や変調方式に対応できるセンサー無線回路を構築するマルチバンド・マルチモード無線通信技術
- (2) マイクロ波帯以下の周波数逼迫に対して、400MHz～5GHz帯に加え、ギガビット級の伝送が可能となったミリ波帯を有効に活用するためのセンサー無線システム周波数協調技術
- (3) 低消費電力化を図りつつ小型化を可能とし、同一及び異種無線システム間における雑音低減・干渉抑圧するためのRF・ベースバンド信号処理最適化技術

これにより、今後、増大するセンサー無線通信のトラフィックに柔軟に対応することが可能となるほか、国内外の状況による周波数変更が簡易かつ柔軟に行える。また、開発する技術の国際標準化を通じて、我が国の国際競争力の強化を図る。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、400MHz 帯、900MHz 帯、1.2GHz 帯、2.4GHz 帯及び 5GHz 帯の異なる信号帯域に対応したセンサー無線回路を構成するためのマルチバンド・マルチモード無線通信技術と、60GHz 帯の周波数を使用してギガビット級伝送が可能とされる近距離超高速データ通信を用いて、データトラフィックを効率的かつ安定的に最適なキャリア周波数に配分するためのセンサー無線システム協調技術、及び低消費電力化かつ小型化を可能としながらマルチバンド・マルチモード回路構成において生じる雑音低減・干渉抑圧により周波数利用効率を高めるための RF・ベースバンド信号処理最適化技術の研究開発を行う。

(2) 技術課題及び到達目標

技術課題

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

400～900MHz、1.2GHz、2.4GHz、5GHz 等複数の周波数を同一回路で汎用性高く構成するためには、現状の技術では、複数の周波数帯に対応したアナログ高周波回路、及び異なる変調方式に対応したアナログ、デジタルベースバンド回路構成を組み合わせ、さらには、各周波数に対応したアンテナを組み合わせるため回路構成自体が大型となり、消費電力も大きくなるため実用的システムとしては、大きな課題となっている。このため、回路の小型・低廉化を実現しながら、複数の周波数、変調方式に汎用的に対応するためのマルチバンド・マルチモード通信に適したセンサー無線回路共用化技術の研究開発を実施する。

イ. センサー無線システム周波数協調技術

ひっ迫するマイクロ波帯のトラフィックの緩和策としては、マルチバンド・マルチモード無線通信技術で実現される 400MHz～5GHz 帯の無線帯域に加え、IEEE802.11ad 及び WiGig アライアンスなどで策定された近距離超高速データ通信規格として実用化開発が進んでいる 60GHz 帯を加え、統合的に協調制御することが重要である。特に、ひっ迫するマイクロ波帯トラフィックの緩和を

実現するためには、蓄積される大量データの収集用途などの大容量伝送に対して 60GHz 帯の利用促進を利用することにより周波数の有効利用が図られることとなる。

このような伝送距離、伝送速度の異なる 400～900MHz 帯および 2.4、5GHz 帯(高速伝送を行う場合には、60GHz帯を追加)の無線制御回路として統合し、かつ協調制御をするにあたり、単純な切替動作では 100 ミリ秒程度かかるため、周波数切替時においては、パケットの欠落により周波数協調が取れない。特に、画像伝送のような高速伝送においては、伝送劣化によるパケットの欠落は大きな問題となる。このため、異なる周波数帯において、伝送品質を確保した上で安定的に最適なキャリア周波数に切り替えるために、通信中に、切り替え先の伝送品質を予測してパケットの欠落を最小限に抑え、高速に最適なキャリア周波数に切り替えられる高速・高品位のセッション切り替え技術の研究開発を行う。

また、上記データ通信時に加え、待受け時においても、不必要なトラフィックを送出せず、必要時のみ高速に所望の周波数帯回路を起動することで、トラフィック占有時間削減するためのウェイクアップ型無線待機・起動技術の研究開発を行う。

ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

IEEE802.11ah や IEEE802.15.4x など小電力センサー無線用として定義されている様々な無線規格に対応するためにはベースバンド帯域として広帯域(数kHz～数 MHz)に適応的に対応したベースバンド信号処理を行う必要があるが、従来のマルチモード無線システムでは、限られた複数の帯域幅のフィルタの切り替えによるものであり、所望の帯域幅より広い帯域幅のものが使用される場合が多く、不要な熱雑音の混入及び隣接チャネルからの干渉波の混入による感度劣化が起き、国際標準規格への適応が困難となる。また、400MHz 帯、900MHz 帯近傍には多くの既存無線システムが稼動しており、既存無線システムに対する適切な被干渉、与干渉抑圧を確保する必要がある。このような受信感度劣化により生じる不必要な高い送信出力レベルのパケット放射や、隣接チャネル妨害、また既存無線システムに対する被干渉、与干渉が要因となり、周波数利用効率を低下させることとなる。このため広帯域に適応的に対応し、隣接チャネルを含む帯域外からの妨害波を適切に抑圧する RF・ベースバンド信号処理最適化技術の研究開発を行う。

到達目標

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

400MHz 帯、900MHz 帯、1.2GHz 帯、2.4GHz 帯、5GHz 帯を対象としたキャリア周波数、変調信号帯域、広帯域アンテナに対応したセンサー無線回路共用化技術によるマルチバンド・マルチモード無線回路技術を開発し、シングルバンドの無線専用回路で実現されている 400mm²(20mm 角)程度と比べ、同等の大きさで、マルチバンド・マルチモード無線回路を実現し、小型のセンサーノード端末を含む、様々な機器への搭載を促進することを目標とする。

イ. センサー無線システム周波数協調技術

(a) 高速・高品位のセッション切換え技術

400～900MHz 帯のトラフィックを 2.4、5GHz 帯に効率的に移行し、さらに高速伝送を行う場合においては 2.4、5GHz 帯のトラフィックを 60GHz帯に効率的に移行する周波数協調制御技術を確立する。切替えには、移行先の周波数帯の伝送品質を予測しながらパケット欠損の少ない高品位の伝送品質を確保しながら、切替え時間としては伝送遅延時間として無視できる10ミリ秒以下を目標とする。

このように、ひっ迫する周波数帯のトラフィックを他の周波数帯(高速伝送の場合は 60GHz 帯)へ高速に移行する技術により、現在のセンサーネットワークシステムの利用状態における周波数利用率を向上させ、今後増加するセンサーネットワークシステムの周波数有効利用を図ることを目標とする。

(b) ウェイクアップ型ミリ波無線待機・起動技術

センサー無線において待受け時間時の電力を送信時電流:20mA 以下、受信時電流:10mA 以下の低消費電力で実現し、センサー無線とミリ波無線システムを協調させることにより、ミリ波帯無線システムの待ち受け時通信時のトラフィック占有時間を 1/20 程度まで削減することを目標とする。

ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

アの回路においても専用ベースバンド信号処理回路と同等の雑音低減・干渉抑圧を実現しつつ、国際標準規格である IEEE802.11ah もしくは IEEE802.15.4x等の複数規格として広帯域(数kHz～数 MHz)のベースバンド帯域幅にプログラマブルに対応可能なマルチモード対応適応ベースバンドフィルタ技術を開発する。送信フィルタは標準規格毎に定義されるスペクトルマスクに適応し、受信フィルタは変調方式、帯域幅に適応的に対応し、受信 S/N 比が常に最大となるような適応ベースバンドフィルタ技術を実現する。

また、既存無線システムとの被干渉及び与干渉を抑圧するマルチバンド対応適応 RF フィルタを開発し、マルチモード対応適応ベースバンドフィルタによる抑圧特性とあわせて、隣接チャネル妨害 10dB(キャリア対干渉雑音比)、次隣接チャネル妨害 30dB(キャリア対干渉雑音比)を超える被干渉特性の実現を目標とする。

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。

<例>

平成 24 年度

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 400MHz～5GHz までに対応したセンサー無線回路共用化技術に基づく、マルチバンド・マルチモード無線アーキテクチャの基本設計
- ・ 上記基本設計に基づく、400MHz～900MHz までのマルチバンド・マルチモード対応センサー無線回路共用検証用要素ブロックの試作による低消費電力性能を実証

イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 400MHz～5GHz に加え、60GHz までの各バンド、各モード毎の解析環境を統合し、協調動作を含むシステム動作を模するシミュレーション環境を整備
- ・ 2.4GHz、5GHz 及び 60GHz 帯システムを想定し、相互の協調による伝搬推定アルゴリズムの基本設計と有効性の実証
- ・ 平成 25 年度以降に実証するための実証装置の基本設計及び一部試作
- ・ ウェイクアップ型センサー無線における待受け用受信シーケンスの開発及び待受け時低消費電力の見極め

ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 研究課題イで整備される統合シミュレーション環境に加え、既存システムからの被干渉を模するシステムシミュレーション環境の拡張
- ・ マルチモード対応適応ベースバンドフィルタを実現するベースバンド信号処理最適化アルゴリズムの基本設計
- ・ マルチバンド対応適応 RF フィルタを実現する RF 信号処理最適化アルゴリズムの基本設計
- ・ RF・ベースバンド信号処理要素回路の設計、試作による有効性実証

平成 25 年度

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 平成 24 年度に試作した、回路検証用要素ブロックの評価結果に基づき、400MHz から 5GHz 帯までの全バンドに対応した、マルチバンド・マルチモード無線通信のシステム設計。
- ・ 上記マルチバンド・マルチモードに対応した無線システムについて、平成 24 年度に試作した回路ブロックまたは FPGA を活用し基本動作を検証
- ・ 400MHz から 5GHz 帯までの全バンドに対応した、センサー無線回路の試作により、共用化回路の汎用性を実証
- ・ 試作した共用化回路に適応した広帯域アンテナのシステム設計

イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 2.4GHz、5GHz 帯における無線 LAN システム、60GHz帯における超高速近距離無線システムを協調制御する FPGA 等による協調制御アルゴリズムを実装した実証試験装置の開発
- ・ 上記実証試験装置を用いた実伝搬実験による伝搬路推定アルゴリズムの有効性の実証
- ・ ウェイクアップ型センサー無線における待受け用受信シーケンスの回路試作による低消費電力待受け及び高速起動性能の見極め

ウ 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 平成 24 年度のシミュレーション及び試作、評価結果に基づき、雑音低減・干渉抑圧機能を付加した、マルチモード対応適応ベースバンドフィルタ回路及びマルチモード対応適応 RF フィルタの試作、評価による RF・ベースバンド信号処理最適化技術の有効性実証
- ・ アの研究開発成果と統合した実証実験に向けた、基本設計及び一部試作。

平成 26 年度

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 広帯域アンテナを試作し、平成 25 年度までの試作、評価結果を反映し、400MHz～5GHz まで統合的に対応した超低消費電力のマルチバンド・マルチモード無線通信システムの試作、実証を実施
- ・ 無線通信回線からモード選択や運用パラメーターを設定するプログラムのダウンロード機能を上記通信試験装置に組み込んだマルチバンド・マルチモード無線機能の検証

イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 400MHz もしくは 900MHz の 1GHz 帯以下におけるセンサー無線や 2.4GHz、5GHz 帯における無線 LAN システム、60GHz 帯における超高速近距離無線システムなどを統合的に実装したマイクロ波・ミリ波協調システム実証試験装置の開発と実伝搬による実証実験により、マイクロ波帯トラフィックのミリ波へ移行するアルゴリズムの有効性を実証
- ・ 待受け用受信シーケンスを実装したウェイクアップ型センサー無線とマイクロ波・ミリ波帯無線システムを連携した、統合的なマイクロ波・ミリ波協調システムの実証実験を実施し、占有時間の 1/20 程度までの削減効果を実証

ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 平成 25 年度までに実証した RF・ベースバンド信号処理最適化技術と研究課題ア)のマルチバンド・マルチモード無線通信技術を統合した実証実験装置により、専用回路によるマルチバンド・マルチモード無線と比して同等の雑音低減、干渉抑圧性能を低消費電力で実現できることを実証する。

5. 実施期間

平成 24 年度から平成 26 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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 28 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。