

＜基本計画書＞

第 5 世代移動通信システム実現に向けた研究開発 ～高周波数帯・広帯域超多素子アンテナによる 高速・低消費電力無線アクセス技術の研究開発～

1. 目的

2011 年 9 月に 150Gbps であった我が国の移動通信トラフィックは、わずか 3 年間で 780Gbps と 5 倍以上になるなど爆発的な増加を見せている。また、今後も、モバイル環境での 4 K 視聴など高精細動画の伝送需要の増大やモバイルとクラウド・コンピューティングサービスとの連携拡大等を受け、移動通信トラフィックの増加が継続すると見込まれる。さらには、無数に配置されるセンサー、機器間通信 (M2M) といったスマートフォンやタブレット以外の様々なアプリケーションが提供され、トラフィック傾向の質的变化なども予想される。

これらの様々な傾向へ適切に対応し、新サービスの登場に備えるためには、飛躍的なシステム能力の向上が必要であり、第 4 世代移動通信システム (4 G : LTE-Advanced) のさらなる能力向上の技術開発に加えて、全く新しい無線アクセス技術を盛り込んだ第 5 世代移動通信システム (5 G) の研究開発が急務となっている。5 G では、通信システム容量向上、通信速度向上、低遅延化、接続可能デバイス数の増加、低消費電力化等が求められている。

2020 年以降、5 G の商用サービスを国内において順次開始・拡大させるためには、既存の移動通信システムで用いられている周波数帯に加え、より高い周波数帯を段階的に追加使用できるようにしていくことで、システムの大幅な高速化を図ることが必要であり、また M2M の普及に不可欠な極小電力の端末を 5 G 網に接続することが必要である。

こうした背景のもと、逼迫している UHF 帯を引き続き有効活用しつつ、新たに SHF 帯を積極的に利用して超高速化を図り、また低消費電力化にも資する技術として、高周波数帯・広帯域超多素子アンテナによる高速・低消費電力無線アクセス技術の研究開発を実施する。

本研究開発で扱う技術が実現し、移動通信の高速化が実現することにより、一例ではあるが、スタジアム環境において競技の高精細ハイライト映像をオンデマンドでプレイバック視聴するといった活用も可能となる。

2. 政策的位置付け

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言 (平成 26 年 6 月 24 日閣議決定)

「IV. 4. 研究開発の推進・研究開発成果との連携」において「世界最高水準の IT 社会を実現し、維持・発展させるために、情報通信社会の今後の動向を見

据えた研究開発を推進する」旨の記載あり。

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表（平成 25 年 6 月 14 日決定、平成 26 年 6 月 24 日改定、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

「4.（2）世界最高水準の IT インフラ環境の確保」において「【短期（2014 年度～2015 年度）】○通信ネットワークインフラの推進」では「第 4 世代移動通信システムの導入促進及び第 5 世代移動通信システムに求められる多様なニーズに対応するための研究開発等を推進する」、「【中期（2016 年度～2018 年度）】○通信ネットワークインフラの推進」では「第 5 世代移動通信システムの実現に向けた周波数の高度利用等を可能とする研究開発及び実証実験を推進する」旨の記載あり。

3. 目標

5 Gにおける超高速化技術を確立するため、高周波数帯・広帯域超多素子アンテナによる超高速無線伝送技術の研究開発を行う。低 SHF 帯スモールセルにおいて、無線周波数帯域幅が 50 MHz 幅を超える広帯域化と 100 素子以上の超多素子アンテナを用いることで 4 Gbps を超える高速伝送を実現することを目標とする。また、高 SHF 帯スモールセルにおいては、無線周波数帯域幅が 300 MHz 幅を超える広帯域化と 200 素子以上の超多素子アンテナを用いることで 15 Gbps を超える超高速伝送を実現しつつ、広帯域化により、4 Gシステムの無線アクセス技術を用いる場合に比べて、無線フレーム長を 4 分の 1 以下に短縮した超低遅延無線伝送を実現することを目標とする。加えて、5 Gにおける超低消費電力化を実現するため、多素子アンテナを用いて超低消費電力で接続を可能にする端末ディスカバリー技術の研究開発を行う。高利得化及び高効率なアクセス技術により、4 Gシステムのアクセス技術を適用した場合に比べて、エリア内で端末を検知できなかった場所の割合を 10 分の 1 以下に削減するとともに、約 10 分の 1 の超低消費電力化を実現することを目標とする。

4. 研究開発内容

（1）概要

5 Gにおける超高速化を実現するため、高周波数帯・広帯域超多素子アンテナを用いる超高速無線伝送技術の研究開発を行う。本研究開発では、キャリア周波数が 6 GHz 以下の低 SHF 帯において、光張り出しされた超多素子アンテナを用いてビーム制御を行うことで高速伝送を実現する低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術を ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術 にて、キャリア周波数が 6 GHz を超える高 SHF 帯における超低遅延・広帯域無線伝送において、超多素子アンテナを用いてビームの形成と多重を行う高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術を イ 高

SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術にて、5Gにおける超低消費電力化技術を確立するため、超多素子アンテナを用いて超低消費電力で接続を可能にする端末ディスカバリー技術を ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術の研究開発を行う。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

6 GHz 以下の低 SHF 帯において周波数利用効率を向上するため、アンテナ素子数が 100 以上の超多素子アンテナの導入が有望である。超多素子アンテナを従来の基地局技術で導入しようとする、アンテナ素子数分の RF ケーブルをアンテナ素子接続に用いるのは現実的ではない。また集約基地局と複数の送受信点間をフロントホールで接続する構成では、フロントホールのビットレートが増大し、効率的な実現が困難となる。この課題を解決するため、以下の研究開発を行う。

アー 1 アンテナと無線部を一体化させた超多素子アクティブアンテナシステムおよび集約基地局の研究開発並びに周波数利用効率を向上する高精度ビーム制御アルゴリズムの研究開発

アー 2 フロントホールのビットレートを抑制する集約基地局と送受信点の機能分離技術の研究開発

イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

高 SHF 帯は、数 100 MHz 幅以上の連続した周波数が確保可能であり、広帯域化が可能であるが、伝搬損失が大きいという問題がある。そのため、伝搬損失を補償し、通信エリアを確保するためには超多素子アンテナを用いたビーム形成が有効であるが、それを実現しつつ、直進性が強い中、10 Gbps 以上のデータレートを実現する技術が必要となる。また、ビームを形成する際、ビーム放射方向の初期選定や切替えが発生し、これらを安定かつ高速に行うことも課題となる。これらの課題を解決するため、以下の研究開発を行う。

イー 1 超多素子広帯域アンテナシステムの研究開発

イー 2 超高速伝送を達成するためのビーム制御技術およびビーム間干渉を低減する空間多重アルゴリズムの研究開発

ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術

今後 M2M で想定される端末は、従来の携帯電話が使用される場所に比較して奥まった場所や屋内の隅などに設置される場合があり、電波が届かず基地局側での検出ができず、結果として接続に至らない（圏外となる）という課題が生ずる。またこうした端末は超低消費電力での駆動が求められるため、電波の出力を微弱なものとする、あるいは、間欠的に駆動させるなどの制御

が必要となるが、これにより基地局が端末を発見することが困難となる。そこで、端末が極小電力での電波発射の状態でも効率的に端末の所在を検知する技術を開発することで、端末の超低消費電力での駆動を可能とする。さらに、これらの極小電力通信から高速通信までの様々なアプリケーションに対応したマルチクラス端末を収容するためには、アプリケーション毎にトラフィックの発生頻度やデータサイズも多種多様なものとなるため、柔軟かつ高効率なスケジューリング方式が課題となる。これらの課題を解決するため、多素子アンテナを用いた超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術の研究開発を実施する。

到達目標

ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

低 SHF 超多素子アクティブアンテナシステムを試作開発し、100~200m 程度の半径のセルにおいて、50 MHz 幅を超える無線周波数帯域幅、アンテナ素子数を 100 以上、Multi User-MIMO を適用し 5 を超える多重ユーザ数(ユーザ当たり最大 2 レイヤ)とすることで、4 Gbps を超えるピークデータレートを実現することを目標とする。さらに、実環境を考慮し、装置実装可能な高精度ビーム制御アルゴリズム、ユーザ多重アルゴリズム、送受信点間協調制御アルゴリズムを確立する。また、帯域幅の小さい経済的なフロントホールでも接続できる新たな機能分担およびインターフェース方式を策定する。

イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

30~50m 程度の半径のセルにおいて、高 SHF 帯を用いる 200 素子以上の超多素子アンテナフロントエンド、高速伝送可能な RF/モデム等からなる基地局、ならびに、この基地局と対向する端末複数をを用いて、300 MHz 幅を超える無線周波数帯域幅において 15 Gbps を超えるピークデータレートを実現することを目標とする。また、広帯域化により、4 G システムの無線アクセス技術を用いる場合に比べて、無線フレーム長を 4 分の 1 以下に短縮した超低遅延無線伝送を実現する。一の基地局が 10 を超えるビームを同時に扱い、ユーザの初期通信路確立や基地局切替え、上記データレートでの通信が可能なビーム制御技術と空間多重アルゴリズムを実現する。

ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術

従来圏外であった極小電力の端末を効率的に検知し、接続を実現する端末ディスカバリー技術と、端末毎のトラフィック要件に応じて効率的に収容するマルチクラス対応超高効率スケジューリング技術を備えた基地局、および複数端末を用いて、4 G システムのアクセス技術を適用した場合に比べて、エリア内で端末を検知できなかった場所の割合を 10 分の 1 以下に削減するとともに、従来の 10 分の 1 程度を目標とする超低消費電力化を実現する(提案

に当たっては、比較の前提となる従来の消費電力についても、その根拠とともに示すこと)。

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、以下を想定している。

<平成27年度>

ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

- 超多素子アクティブアンテナの基本機能検証用装置を開発
- 基地局システムの基礎検討およびシステム仕様策定
- 集約基地局検証用プラットフォームの策定と基本性能の確認
- シングルセル環境におけるビーム制御・ユーザ多重アルゴリズムの検討
- 集約基地局と送受信点間のインターフェースを策定

イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

- 超多素子から構成されるアンテナ基板開発およびその放射パターンの評価
- アンテナ RF フロントエンド用要素回路開発および特性評価
- ユーザの初期通信路確立、基地局切替時に適用するビーム制御アルゴリズムを開発し、シミュレーションにより評価
- 8 を超える空間多重が可能な基本アルゴリズムを開発し、シミュレーションにより特性評価

ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術

- 極小電力端末ディスカバリー技術の基本方式・アルゴリズムを開発し、シミュレーションにより評価
- 極小電力端末ディスカバリー技術の基本評価用ハードウェアの開発および特性評価
- マルチクラス対応超高効率スケジューリング技術の基本方式・アルゴリズムを開発し、シミュレーションにより評価

<平成28年度>

ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術

- 実験システムを構成する基地局システムと端末部の基本開発
- マルチセル環境におけるビーム制御・ユーザ多重アルゴリズムの評価
- 実伝搬での誤差に対してロバストなビーム制御アルゴリズムを確立
- 機能分担およびインターフェースを実装し、評価
- 複数の送受信点間で協調制御を行うための検討を実施し、拡張インターフェース方式を策定

- イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術
 - 前年度開発したアンテナと RF フロントエンドの結合評価
 - 高速広帯域モデムの開発および伝送評価
 - 前年度開発した空間多重アルゴリズムを実装レベルまで詳細化し、回路実装

- ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術
 - 極小電力端末ディスカバリー技術の基本評価システムの開発、アルゴリズムの有効性検証および最適化
 - マルチクラス対応超高効率スケジューリング技術の基本評価システムを開発、アルゴリズムの有効性検証および最適化

<平成29年度>

- ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術
 - 拡張開発を行い、検討アルゴリズムによる超多素子アンテナ制御の評価
 - 検討した拡張インターフェースを実装し、基本動作確認
 - 複数送受信点間の協調制御によるセル境界での性能改善効果の検証
 - 端末を静止させたフィールド検証にて、開発したビーム制御・ユーザ多重アルゴリズムの動作の検証およびアルゴリズムの改良
 - 策定した拡張インターフェースにより基地局システムを用いて評価
 - フロントホールとして無線を用いるときの課題検討

- イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術
 - 基地局と対向する端末局が静止時の複数ユーザ伝送検証
 - 開発した基地局装置を用いて取得した電波伝搬データをシミュレータに入力し、27年度に開発したビーム制御アルゴリズムの有効性を検証
 - 28年度に回路実装した空間多重アルゴリズムを静止環境実験により実証

- ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術
 - 極小電力端末ディスカバリー技術およびマルチクラス対応超高効率スケジューリング技術を組み合わせた統合評価システムの開発および実証評価
 - システム全体の最適化および各アルゴリズムの改良

<平成30年度>

- ア 低 SHF 帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術
 - 実際の伝搬環境での超高速無線伝送実験を実施
 - 端末移動環境において同時多重・ユーザ追従動作の検証
 - 複数送受信点間の協調制御動作の確認、セル境界での性能改善効果の検証

- 端末移動環境において、複数の送受信点に対する協調制御の検証
- イ 高 SHF 帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術
- 基地局と対向する端末が移動している時の複数ユーザにおける伝送検証
 - 前年度静止環境実験により実証した空間多重アルゴリズムを移動環境で実証
- ウ 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術
- 統合評価システムの機能拡張および応用実験評価
 - 実際にエリア展開した環境下でのシミュレーション評価、およびシステム全体での通信容量の改善効果検証

5. 実施期間

平成27年度から30年度までの4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とともに国際標準化機関の検討グループの議長等の先導的地位を確保して積極的に貢献するものとする。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35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。

(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とともに、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。また、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。

なお、4.(2) 技術課題及び到達目標において、技術課題ごとに目標とする諸元を記載しているが、検討の目安として記載したものである。従って、提案に当たっては、提案者が目標とする性能や現行技術による性能、想定するセル半径、端末の移動速度等について、できるだけ詳細にその根拠とともに記載すること。また、技術課題ウについては、その技術が新しい利用方法にどのように役立つのかについても併せて記載すること。

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。また、第5世代移動通信システムの研究開発課題として平成27年度から開始する「超高密度マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成による大容量化技術の研究開発」及び「複数移動通信網の最適利用を実現する制御基盤技術に関する研究開発」と十分に連携を図りながら進めること。

なお、本研究開発の成果については、「複数移動通信網の最適利用を実現する制御基盤技術に関する研究開発」にて策定する評価指標を適用し検証を行うとともに、「第5世代モバイル推進フォーラム」が促進する平成29年(2017年)(予定)から実施予定の5Gシステム総合実証にも適用し有効性を確認すること。