

＜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 ～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～

1. 目的

2011 年 9 月に 150Gbps であった我が国の移動通信トラヒックは、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、移動通信トラヒ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、トラヒ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、システム的大幅な大容量化を図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 帯や移動通信システム以外の無線通信システムで利用されている周波数帯を積極的に利用して大容量化を図る技術として、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を実施する。

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

5Gにおける大容量化技術を確立するため、超高密度マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成技術の研究開発を行う。マクロセル、低SHF帯スモールセル、高SHF帯スモールセルの多層セルレイヤ構成において、低SHF帯スモールセルを超高密度に配置し、16以上の送信点間における協調無線リソース制御により、単位面積当たり・単位周波数帯域当たりのシステム容量（単位：bps/Hz/km²を使用。以下、単に「システム容量」という）を、4Gシステムの協調無線リソース制御を適用した場合（約50bps/Hz/km²を想定）に比べて3倍程度以上に向上し、さらに、マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携制御により、4G以前の端末の使用を前提とする制御を適用した場合に比べてシステム容量を2倍程度以上に向上することを目標とする。

本研究開発が終了する平成30年度には、現在比数倍から数十倍程度のトラヒック増加が見込まれ、また、5G商用サービスの順次開始が想定される平成32年（2020年）以降も引き続きさらなるトラヒックの増加が予想されるところ、本件によるシステム容量向上、すなわち、5Gシステムの収容可能トラヒック量増大への貢献が重要なものとなる。

4. 研究開発内容

（1）概要

5Gにおいて複数の周波数帯、複数の無線通信システムを用い、大容量化を実現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を行う。本研究開発では、UHF帯マクロセル、低SHF帯及び高SHF帯スモールセルの多層セルレイヤ構成において、低SHF帯スモールセルの送信点を光張り出し構成（アンテナや変復調機能を備えた子局と、デジタル信号処理や保守管理機能を備えた親局とを光ファイバで接続した基地局構成）により超高密度配置し、システム容量を大幅向上する分散アンテナ技術を ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術 にて、同セルの効率的な保守・運用を可能にする光収容技術を イ 超高密度セル構成における光収容技術 にて研究開発を行う。また、マルチバンド多層セルに、各種無線アクセスを統合したマルチバンド・マルチアクセス多層セル構成において、統合的・効率的な無線リソース割当て制御を行うシステム間連携技術を ウ

マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術 にて研究開発を行う。

本研究開発により達成される技術は、例えば、スポーツイベントなどで競技会場に大勢集まった観客が、競技の合間に一斉にハイライトシーンをダウンロードしたり、競技内容を高精細動画で離れたところにいる知人と共有したりといった場面で有効に活用されることが見込まれる。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術

大容量化を実現するため、UHF 帯マクロセルに加えて、6 GHz 以下の低 SHF 帯及び 6 GHz を超える高 SHF 帯スモールセルをオーバーレイ配置するマルチバンド多層セル構成を用いる。このうち、低 SHF 帯スモールセルについては、システム容量を大幅に向上させるため、オーバーラップを許容しながら超多数送信点を超高密度配置していくことが想定されるが、各送信点から同一周波数で送信された信号はお互いに干渉するため、適切に制御を行わなければ十分なシステム容量向上効果が得られない。この課題を解決するため、ベースバンド処理装置を一カ所に集約し、多数送信点に光ファイバを用いて送信信号を伝送する光張り出し構成を基本とし、以下の研究開発を行う。

アー 1 超高密度分散アンテナシステム及び協調無線リソース制御アルゴリズムの研究開発

アー 2 協調無線リソーススケジューラ構成技術の研究開発

イ 超高密度セル構成における光收容技術

スモールセルの送信点を超高密度に多数配置する光張り出し構成の無線アクセスネットワークにおいては、多数の送信点すなわち光張り出し局を柔軟に設置し、かつ、効率的にネットワーク收容できるようにするとともに、光張り出し区間における伝送装置数や光ファイバ心線数の増大に対応して、これらの装置等を効率的に保守・運用できるようにすることが不可欠である。効率的な光張り出し局のネットワーク收容にあたっては、光アクセスシステムとして TDM(Time Division Multiplexing)-PON(Passive Optical Network)構成を用いることが有望であるが、従来の TDM-PON で用いられている動的帯域割当(DBA(Dynamic Bandwidth Allocation))をそのまま適用した場合、上り伝送において大きな遅延(1 ミリ秒程度)が生じることが課題である。以上の要求と課題を解決するため、遠隔による故障監視・省電力制御・波長監視制御により効率的な保守・運用を実現する遠隔光送受信制御技術の研究開発を行う。また、無線アクセスシステムと光アクセスシステムにおけるリソーススケジューリング連携制御により、TDM-PON システムにおける制御遅延を大幅に低減可能な光・無線連携技術の研究開発を行う。

- ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術
- マルチバンド多層セルに無線 LAN 等の移動通信以外の無線アクセスを加えたマルチバンド・マルチアクセス多層セル構成では、送信点が超高密度に設置されるが、干渉の影響、端末の移動状況による制御オーバーヘッド増加の影響や、送信点の負荷状況等のシステム情報を共有できない影響等により、ユーザ QoE (Quality of Experience) およびスループットが低下するという課題がある。これらの課題を解決するため、端末の移動状況や目標 QoE、各セルの混雑度等を考慮し、以下の研究開発を行う。
- ウー1 マルチバンド・マルチアクセスシステム間制御技術の研究開発
 - ウー2 マルチバンド・マルチアクセス無線機構成技術の研究開発

到達目標

- ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術
- 低 SHF 帯スモールセルの送信点間距離が 100m 以下となる超高密度スモールセル環境のもと、16 以上の送信点に分散されたセル又はアンテナを、集約ベースバンド処理装置から高速かつ柔軟に制御する構成において、セル間干渉を低減し、スループットや信号対干渉雑音比等の最適化を図る協調無線リソース制御の適用により、超高密度環境におけるシステム容量を 4 G システムの協調無線リソース制御を適用した場合 (約 50 bps/Hz/km² を想定) に比べて 3 倍程度以上に向上させることを目標とする。
- イ 超高密度セル構成における光收容技術
- 遠隔光送受信制御技術により、5 G において利用が予想される CPRI (Common Public Radio Interface) レート (Option7 : 9830.4Mbps 以上の規格レート) に対応した制御監視信号重畳による遠隔光送受信制御を実現する。また、光アクセスシステムとして TDM-PON 構成を用いることを前提として、光・無線連携技術を適用することにより、16 以上のスモールセルをネットワーク收容した場合の制御遅延を既存の光加入者系 TDM-PON 構成における遅延 (約 1 ミリ秒を想定) に比べて 20 分の 1 以下 (50 マイクロ秒以下) に低減可能な超高密度セル向け光アクセスシステムを実現する。
- ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術
- 干渉の影響、端末の移動状況による制御オーバーヘッド増加の影響や、送信点の負荷状況等のシステム情報を共有できない影響等により、ユーザの求める QoE を満たさない場合がある。そこで、多層セル活用技術であるシステム間無線リソース割り当て制御技術によって、同影響を緩和し、4 G 以前の端末の使用を前提とする制御を適用した場合に比べてシステム容量を 2 倍程度以上に向上させることを目標とする。

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、以下を想定している。

<平成27年度>

ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術

- 超高密度分散アンテナシステムの開発（装置開発仕様の策定）
- 協調無線リソース制御アルゴリズムの開発とシミュレーション評価
- 超高密度分散アンテナを想定した低 SHF 帯での伝搬実験によるデータ取得と解析
- 協調無線リソーススケジューラの処理量削減手法の検討

イ 超高密度セル構成における光収容技術

- 遠隔監視制御信号重畳技術の比較検討、シミュレーション評価
- 遠隔光送受信制御に用いる送受信機の要求仕様策定
- 基地局と PON システムの連携制御のための帯域割当方式の仕様策定
- 試験装置の設計、開発

ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術

- システムシミュレーションによるスモールセル選択アルゴリズムの検討
- 評価用エミュレータ・装置の開発、基本特性評価
- システム間連携における移動通信以外の無線アクセスの活用技術の基本設計検討
- 低 SHF 帯と高 SHF 帯のマルチバンドに対応する高効率増幅器の基本設計
- マルチバンド無線回路構成とデジタル信号処理部の基本構成の検討

<平成28年度>

ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術

- 超高密度分散アンテナシステムの開発
- 協調無線リソース制御アルゴリズムの開発とシミュレーション評価
- 超高密度分散アンテナを想定した高 SHF 帯での伝搬実験によるデータ取得と解析
- 協調無線リソーススケジューラの処理時間削減の確認

イ 超高密度セル構成における光収容技術

- 遠隔監視制御信号重畳技術の実験評価
- 遠隔光送受信制御のための実装技術確立に向けた送受信機詳細仕様策定
- PON システム全体の制御方式検討、仕様策定、シミュレーション評価
- 連携制御インターフェース機能のハードウェア仕様およびリソース割当

制御機能のソフトウェア仕様の策定

- ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術
 - ・ スモールセル選択アシスト用パラメータの検討と装置の開発
 - ・ 評価用エミュレータ・装置の機能拡張、評価
 - ・ システム間連携における移動通信以外の無線アクセス用制御の基本設計検討、評価
 - ・ 2バンド対応高効率増幅器の試作評価、可変帯域化の基本検討
 - ・ マルチバンド実験評価環境の構築と基本動作の確認

<平成29年度>

- ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術
 - ・ 超高密度分散アンテナシステムの屋内実験実施および協調無線リソース制御アルゴリズムの技術検証
 - ・ 協調無線リソース制御アルゴリズムの改良
 - ・ 協調無線リソーススケジューラの電力削減の確認
- イ 超高密度セル構成における光収容技術
 - ・ 試作送受信機詳細仕様に基づく最適な重畳方式の仕様策定
 - ・ 遠隔監視制御機能付き光トランシーバサブシステム（ONU）の試作
 - ・ 光張り出し局（1局）を用いた連携制御インターフェースの動作検証
 - ・ リソース割当制御機能の検証環境への実装、光張り出し局（1局）を用いた装置検証
- ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術
 - ・ 評価用エミュレータ・装置の機能拡張、評価及びアルゴリズムの性能改善
 - ・ システム間連携における移動通信以外の無線アクセスの活用技術の性能改善
 - ・ 可変帯域高効率増幅器の基本設計と試作評価
 - ・ 低 SHF 帯/高 SHF 帯の結合設計と予備試作、改善策検討

<平成30年度>

- ア 超高密度セル構成における分散アンテナ技術
 - ・ 超高密度分散アンテナシステムのフィールド実験およびアルゴリズムの技術検証
 - ・ 協調無線リソース制御アルゴリズムの調整、パラメータの最適化
 - ・ 協調無線リソーススケジューラのデモ系構築
- イ 超高密度セル構成における光収容技術

- 遠隔監視制御信号重畳機能および制御アルゴリズムを実装した光送受信装置を用い、主信号導通環境での統合検証、遠隔光送受信制御技術の実証
- 10G-EPON をベースとした総合的なシステム評価（検証用信号試験装置により光張り出し構成を模擬し、光ファイバ伝送路を用いて特性を評価）

ウ マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術

- 評価用エミュレータ・装置の機能拡張、総合評価
- 評価用エミュレータ・装置による改善アルゴリズムの評価
- システム間連携におけるスモールセル選択と移動通信以外の無線アクセスの活用技術の統合評価
- 2バンド対応可変帯域高効率増幅器の評価
- 試作増幅器による無線部評価とマルチバンド歪補償機能の評価

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、現在達成されている性能を目安として記載しているが、提案に当たっては、提案者が前提とする性能についてその根拠とともに記載すること。

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「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」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。