

<基本計画書(案)>

第5世代移動通信システム実現に向けた研究開発 ～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～

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4K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(4G: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(5G)の研究開発が急務となっている。5Gでは、通信容量向上、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。

こうした要求条件をクリアしていくことで、5Gは狭義の「携帯電話ネットワーク」の範囲を超え、様々なサービスのインフラとなりえると考えられる。これらの用途を満たすためには、携帯電話や移動体通信サービスを提供する移動通信網が、センサーネットワークやITS網、会社・大学等が有する自営網などの様々な通信網と接続し、全体として様々なサービスを提供することが可能な5G網を構成することが望まれる。つまり5G網はそのものの通信特性や周波数利用効率が高いものであることに加え、インターネットを含む公共ネットワークや、無線LAN等の自営網とも連携、あるいは融合し、要求される通信特性が異なるさまざまなサービスを提供するものでなくてはならない。そしてそれにより、5G網がいわゆるライフラインとして機能してくるものとなる。

こうした背景のもと、本研究開発では、複数の移動通信網に加え、自営網などの異種無線システムを連携動作させることにより更なる高速通信、大容量化の実現を目指す。また、同一の周波数帯域を複数移動通信網にて共用可能とする技術を確立することにより、網運用コストの低減を目指すとともに、周波数利用効率の向上に資することを目指す。

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

複数の移動通信網が同一周波数を動的に共用する場合に必要な制御技術を確認する。また、複数の 5 G 網や異種無線システムの連携を可能とする分散利用制御技術を確認し、その制御に応じて動作する無線システムを開発する。これらの取組により、移動通信網や自営網が連携しない場合と比較して、6GHz 以下の周波数帯において新たに、100MHz 幅に相当する周波数資源を創出する。

4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、自営網も含めた複数の移動通信網を組み合わせる最適な利用を行うための制御技術を中心とした、以下のア、イに掲げる 2 つの技術課題について研究開発を行う。

現在、複数の移動通信網が同一地点に存在する場合であっても、周波数の逼迫具合はそれぞれの網により異なり、ある網は混雑している一方である網は余裕がある状態になる場合がある。このとき、例えば、周波数資源を動的に融通することができれば、全体としての周波数利用効率を向上させることが可能となる。

この点に着目し、複数の移動通信網が動的に周波数の共用を行う場合に必要となる制御技術を確認するとともに、移動通信網と既存の無線 LAN などの非 5 G 無線システムとのインターフェースや協調方式などの検討、及び技術検証のための評価指標の策定を ア 周波数共用・分散利用制御技術 として行う。また、これらの制御基盤技術に基づき、サービス提供を可能とする基地局や端末等の無線システム技術を イ 複数移動通信網対応無線システム技術 にて研究開発する。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 周波数共有・分散利用制御技術

複数の移動通信網が同一周波数の電波の共用等を行う際に必要となる技術の確立を狙う。

同一周波数を複数の移動通信網により共用する際の管理・制御技術に加え、他用途に分配された周波数を第5世代移動通信向けに共用可能とする技術を開発する。このために必要な周波数利用状況の収集・管理・発見と、共用条件決定技術、また、周波数共用時に発生する無線レベルの影響を回避するための技術についての研究開発を行う。

加えて、移動通信網と既存の無線 LAN などの非5G無線システムとを組み合わせて最適な利用を実現するために必要となるインターフェースや協調方式の確立、また、各網に共通な認証機構・通信品質制御・サービス継続技術、連携時に必要な制御技術、および移動通信網と自営網の連携動作に関する研究開発を行う。併せて、複数の移動通信網の連携動作の検証に必要な評価指標の策定を行う。

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

自営網を含む様々な運用ポリシーを持つ移動通信網を複数組み合わせたサービスの提供を可能とする基地局・端末技術、およびエンド・エンド制御技術の確立を狙う。

既に他用途に割り当てられている周波数を共用可能とし、また複数の移動通信網が同一の周波数を動的に共用することを可能とするための共用基地局技術を開発する。さらに、共用周波数帯・自営網も含めた任意の複数帯域を柔軟に組み合わせた利用を可能とするアグリゲーション技術（ネットワークレベルによるものを含む）の研究開発を実施し、それに対応可能なさまざまな帯域・周波数共有技術を利用可能とする端末側マルチバンドアクセス技術を開発する。

加えて、秘匿性が高くかつ通信品質を制御可能な通信経路制御技術、および異種無線システムに対応した高度マルチホップ D2D 通信技術の研究開発を行う。

到達目標

ア 周波数共有・分散利用制御技術

- 同一周波数を複数移動通信網により共用可能とする。
- 既存用途に影響を及ぼさず共用を可能とする技術、効率的な周波数利用を実現する技術をそれぞれ確立する。
- 複数の移動通信網や自営網の連携に必要なアーキテクチャ、インターフェース、プロトコル等を策定する。
- これらの制御技術により、主に 6GHz 帯以下で新たに、例えば 100MHz 幅以上に

相当する周波数資源を創出する。

- 複数の移動通信網と自営網との連携動作の評価指標を策定し、課題イの成果物を用いた性能評価を実施可能とする。

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

- 移動通信網に専用に割り当てられた周波数帯と、複数の移動通信網による共用を想定した周波数帯の双方を含め、異なる周波数帯を活用可能な（ネットワークレベルも含む）アグリゲーション技術と、それに対応可能な複数帯域を利用可能な端末技術を確立する。
- 異種無線アクセスを活用した D2D 通信技術と、それを介したマルチホップ通信技術を確立する。
- 周波数を複数の移動通信網で利用可能な共用基地局を開発し、共用する移動通信網数が増える場合（たとえば、一の移動通信網のみを使用している状態から、二の移動通信網による共用に変更）に、既存の通信を切断することなく、2 秒以内に切り替えが完了すること。

更に、これらの技術の国際標準化に向けた活動を行う。

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。

<平成 27 年度>

ア 周波数共用・分散利用制御技術

主に 6GHz 以下の帯域のうち特定の帯域において、その帯域の一次利用者の無線システムの諸元を考慮して帯域の共用可否の判断を行い、またその判断を学習していく方式について基礎的な検討を行い、その一部を実装・評価する。また、利用可能な帯域情報の収集・管理を複数の周波数帯にわたって行う管理技術について設計し、一次試作を実施する。

さらに、移動通信網と自営網の分散利用に必要な、各網間で交換されるべき情報の種類について明確化し、セキュリティを考慮したインターフェースとプロトコルの設計を行う。

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

異なる移動通信網に属する複数の基地局に同時接続を可能とするアグリゲーション方式を策定し、またアグリゲーション時の端末側及び複数の移動通信網間における制御方式を策定する。また、それぞれの要素技術について評価装置（あるいはソフトウェア）を開発する。

また、複数の移動通信網のそれぞれのユーザが接続できる共用基地局方式について、接続方式・認証方式に関する基礎的な検討を実施する。

加えて、D2D 方式を拡張した高効率マルチホップ通信方式について基礎検討

を行い、計算機シミュレーションにより性能評価を実施する。

<平成28年度>

ア 周波数共有・分散利用制御技術

平成27年度に開発した共有可否判断を行う学習方式について、複数の帯域に拡張する。また、複数の周波数帯にわたって共有可否管理を行うことが可能な、周波数管理方式システムの二次試作を実施し、学習方式と併せ、実現性評価と性能評価を実施する。

また、移動通信網・自営網間連携アーキテクチャについて、平成27年度の検討成果に基づき策定する。

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

平成27年度に設計した接続方式・認証方式を実装した、異なる帯域で運用される複数移動通信網共用基地局を2種以上開発し、またその両帯域に対応したマルチモード端末試作機も試作し連携動作を実現する。異なる帯域で運用される異なる移動通信網が有する複数の基地局を模擬し、アグリゲーション時の機能試験、性能評価を実施する。

また、平成27年度に設計した高効率マルチホップ通信方式について、異周波数帯リンクの中継も可能なように拡張し、その際の効率化手法と性能評価を実施する。

<平成29年度>

ア 周波数共有・分散利用制御技術

課題イで開発した無線システム試作装置と連携した評価を実施し、周波数共有機能に基づいて基地局・端末が動的に最適な周波数帯・基地局を選択可能となることを示す。また、5Gの占有帯域と非5G帯域の連携、及び複数移動通信網が共用する帯域などを組み合わせたリソースの最適配分技術について検討・評価を行う。また、平成28年度にまとめたアーキテクチャを、課題イの検討に反映し、移動通信網・自営網を組み合わせたリソース利用について評価を実施する。

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

課題アで開発した周波数管理方式と連携し、動的に最適な周波数帯・基地局を選択可能とする、5G占有帯域と共用帯域を組み合わせたアグリゲーション技術を開発し、試作無線システムを用いた検証を行う。また、複数移動通信網のための共用基地局の方式最適化を進め、基地局の二次試作を行い、評価を実施する。

<平成30年度>

ア 周波数共有・分散利用制御技術

イ 複数移動通信網対応無線システム技術

課題 ア・イの両課題を連携させ、システムとして複数の移動通信網が基地局を共同運用可能であることを確認する共に、新たに共有可能とすることで創出した帯域幅等から本研究開発成果による周波数利用効率の向上性について評価を実施する。

必要に応じ、「第5世代移動通信システムの研究開発」の他の研究課題と共同で性能評価を実施し、5Gに求められる通信容量・通信速度・遅延・接続可能デバイス数・消費電力量等について、システムとしての実現性を確認する。

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、本研究開発 技術課題アにおける周波数共用に関し、共用の方法を限定するものではないが、どのように実現するのかが分かるように、また、具体的な活用場面、創出可能な周波数帯域幅とその根拠、共用対象となる運用主体各々にとっての利点、欠点などについても可能な限り記述すること。技術課題イに関し、マルチホップの段数や想定される遅延など、目標とする性能についても、その根拠とともに記載すること。

また、技術課題アにて開発する複数移動通信網間の連携動作の検証に必要となる評価指標については、「第5世代移動通信システムの研究開発」他案件でも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（2つの技術課題に関し、どのような形で有効性を確認すべきかについての記述も提案書に含めること）。

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「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」と十分に連携を図りながら進めること。