

## ＜基本計画書＞

### 第 5 世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発

#### 1. 目的

我が国では 2020 年の 5G 実現に向けて、2015 年より 5G の要素技術の研究開発、2017 年より 5G 実現による新たな市場創出に向けた総合的な実証試験に取り組んでいる。国際的にも米国、欧州、中国、韓国等において早ければ 2019 年の実現を目指した取組を推進しているほか、3GPP では 2018 年 6 月に超高速、超低遅延を対象とする仕様であるリリース 15 を策定しており、2019 年末頃に全ての要求条件に対応した仕様であるリリース 16 が策定される予定である。ITU（国際電気通信連合）においては 2020 年の 5G 無線通信インターフェース勧告策定 (IMT-2020) に向けて提案募集がなされている。

このように、5G の実現によって移動通信システムが社会経済へ深く浸透していくことが想定されるなか、毎年約 1.4 倍で増加している移動通信トラフィックの加速度的増加が予想されることから、5G の更なる高度化により、我が国が取り組んできた 28GHz 帯等の高 SHF 帯よりも高い 40, 70GHz 帯といった EHF 帯などのミリ波帯の高エネルギー効率な利用や、周波数利用効率を向上することが求められている。また、国際的にも、2019 年の世界無線通信会議において 86GHz までの周波数特定が議論されるなど、より高い周波数利用の検討が加速している。さらに、多様なサービスを支える基盤として、5G の更なる高度化により、サービスの通信品質要求に応じた高信頼な通信を提供することが求められている。

このため、本研究開発では 5G を更に高度化することで、5G の利活用分野を更に拡大し、我が国の新産業の創出や社会課題の解決をより一層促進するため、高信頼性やミリ波帯における高エネルギー効率、周波数利用効率の向上を実現することを目的とする。

#### 2. 政策的位置付け

- ・ 未来投資戦略 2018（平成 30 年 6 月 15 日 閣議決定）

「第 2 具体的施策Ⅱ. [1] 1. (3) iii) ⑤「Society 5.0」を支える通信環境の整備」において「Society 5.0 の社会実装を地域においても加速させるため、（中略）Beyond 5G 等の次世代ワイヤレスシステムの実現のための技術開発や環境整備、人材育成、優れたワイヤレスシステムの海外展開等に取り組む。」旨の記載あり。

- ・ 経済財政運営と改革の基本方針 2018（平成 30 年 6 月 15 日 閣議決定）

「第 2 章 2. (4) ①データ駆動型社会の共通インフラの整備」において「大容量・高速通信を支える 5G について、（中略）基盤システム・技術への投資の促進を図る。」旨の記載あり。

### 3. 目標

5G は、3GPP により 2019 年末に策定が予定されているリリース 16 において IMT-2020 に対応した全ての技術性能要件に対応した仕様が確定し、その後の社会実装で更に多様なサービスを收容することになると予想される。そこで本研究開発では、サービスの通信品質要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術やその制御に対応できる適応型 RAN(Radio Access Network) 技術などを研究開発し、通信への要求品質を 95%以上満たすことなどを目標とする。

また、現在 5G は 28GHz 帯（以下「高 SHF 帯」という。）以下での初期導入が各国で検討され、当該周波数帯においては無線機等も商用化レベルとなりつつあるが、5G の超大容量の特性を最大限に活かした通信を実現するには、今後ミリ波帯（主に 30GHz 以上）の 5G 無線機の実用化が必要である。一方、高周波数の無線制御においては大量のエネルギーを消費するため、ミリ波帯 5G 無線機の開発にあたってはエネルギーの高効率化が必須である。そこで本研究開発では、ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術を開発し、従来手法と比較して 2 倍以上の電力効率を実現することなどを目標とする。

更に、電波伝搬特性上、移動体通信として活用しやすい高 SHF 帯以下の 5G においても急増するモバイルトラフィックを收容するため、本研究開発では高効率な周波数利用技術として、同一周波数・時間スロットで送受信を同時に行う帯域内全二重通信（InBand Full Duplex、以下「Full-Duplex」という。）セルラーシステム制御技術を開発し、Full-Duplex 時に瞬時的に現状の最大 2 倍、平均 1.2 倍以上の周波数利用効率を実現することを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

5G の高度化にはミリ波帯の活用が期待されるが、ミリ波帯の電波伝搬特性からひとつの基地局でカバーできるエリアは小さくナノエリア化し、高密度に基地局が展開されると同時に、遮蔽による通信品質の劣化が発生すると考えられる。また、5G の社会実装が進むと、例えば超高速かつ超低遅延のように、5G での超高速、大容量、超低遅延、低エラー率といった性質の組み合わせが必要な、多様なサービス要求が発生すると考えられる。このような環境下において、サービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワークを実現するため、周囲の環境の変化等による遮蔽等の影響を予測して多様なサービスを継続的に提供可能とするネットワーク制御技術を研究開発する。また、高密度な基地局を活用して、5G の通信の高信頼性を確保できる無線通信技術を研究開発する。更に、多様なサービスが接続される高度 5G ネットワークは時間的・空間的にトラフィックがダイナミックに変動することに加え、トラフィック量自体も現在の最大 5 倍程度に増加すると想定される。このようなトラフィックを、高密度な基地局展開を前提として RAN で高信頼に收容可能とするため、RAN 全体を見通した無線の適応的な制御技術を研究開発する。加えて、柔軟な適応制御を実現しつつ高信頼性を確保するために、今後の普及が見込まれる RAN 仮想化技術

を応用した基地局機能配置技術を研究開発する。

また、5G の大容量通信を実現するためにはミリ波帯の活用が必要となるが、一般的にミリ波帯の電波は直進性が高く、伝搬の損失が大きい。これを補うためにはビームフォーミングが可能なフェーズドアレイアンテナの活用が必要となる。併せて、周波数が高くなるほど無線回路のエネルギー効率が低下する傾向があるため、消費電力が増大するという課題があり、高エネルギー効率化が必要である。これらの課題を解決するため、ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術として、高集積な半導体 IC を用いた高エネルギー効率なフェーズドアレイ無線技術を研究開発する。加えて、工場・倉庫や公共交通機関等の特定のエリア内の要求品質の異なる多様な通信を収容し 5G 基地局と通信する 5G 通信機（以下、「5G ゲートウェイ」という。）の活用が期待される。ここで、高エネルギー効率な無線ネットワークを実現するため、5G ゲートウェイにおいて、配下に収容した 5G 端末間の通信を統合的に制御する技術を研究開発する。

更に、高 SHF 帯以下の 5G においてもモバイルトラヒックの急増に対応した高効率な周波数利用技術として Full-Duplex の実現が期待されるが、送受信に同一周波数を使用するため、自己干渉や端末間の干渉が発生するという課題があり、複数の端末から空間に発射される電波の干渉状況を事前に把握することが必要である。この課題を解決するため、無線通信干渉モニタリング技術を研究開発し、干渉の影響が少ない周波数・時間スロットにおいて送受信を同時に行う Full-Duplex セルラーシステム制御技術を研究開発する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

本研究開発を実施するためには、以下の個別技術課題が存在する。

##### ・ ア-1 ナノエリアに対応した高信頼ネットワーク制御技術

高信頼に多様なサービスを提供するには、5G 基地局がカバーするナノエリア内の環境の変化（周囲の物体の移動など）により遮蔽状況が変化しても 5G 通信及びネットワークの安定的・継続的な提供が必要となる。このために、環境の変化等に伴う遮蔽の影響を事前に予測するための技術及びサービス品質の維持が可能な高信頼なネットワーク制御技術の実現が課題となる。

##### ・ ア-2 ナノエリアに対応した高信頼ワイヤレスアクセス技術

ミリ波帯の活用を前提として高信頼な通信を実現するためには、切断されやすい無線リンクを継続的に確保することが必要となる。このために、高密度な基地局を活用して、無線リンクを継続的に確保可能な高信頼なワイヤレスアクセスのための無線通信方式を実現することが課題となる。

・ アー 3 適応型 RAN を実現する無線統合制御技術

トラフィック量の増加やダイナミックな変動に適応的に対応可能とすることで、サービスの高信頼な提供に資するためには、RAN 全体を見通した無線の統合的な制御が必要となる。このためには、基地局や端末間での干渉制御技術や無線リソース制御技術、アクセス回線の伝送を効率的に行うための制御技術の実現が課題となる。

・ アー 4 適応型 RAN を実現する基地局機能配置技術

更に多様なサービスを高度 5G ネットワークにおいて高信頼かつ柔軟に提供するためには、一般的な機器（サーバー等）により仮想化された RAN に対して、無線における信号処理機能や無線リソース制御機能等の個々の基地局機能を適切に配置する必要がある。このためには、サービスからの要求状況に応じて適応的かつ高信頼に個々の基地局機能を配置する技術の実現が課題となる。

イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

本研究開発を実施するためには、以下の個別技術課題が存在する。

・ イー 1 高集積な半導体 IC を用いた高エネルギー効率なフェーズドアレイ無線技術

ミリ波帯における伝搬損失を補い、モバイル環境で求められる広いカバレッジを実現するためにはミリ波帯のフェーズドアレイ無線技術が必要である。一方、周波数が高いほど回路のエネルギー効率が低下し消費電力が増大するため、無線機のサイズが大きくなり、無線機の設置の簡易性や自由度が損なわれる。更にフェーズドアレイではアンテナ素子毎に回路を必要とするため、回路構成が複雑となり、無線機のコストが増加する。これを解決するため、高集積な半導体 IC を用いた高エネルギー効率なフェーズドアレイ無線技術の実現が課題となる。

・ イー 2 5G ゲートウェイにおける無線制御技術

ミリ波を活用する無線基地局に収容される端末台数が増えるに従い、送信時や端末移動時のオーバーヘッドが増加し送信電力消費量が増加する。これを解決するため、5G ゲートウェイにおいてコアネットワークと連携して、送信電力を抑えるための効率的な通信制御技術の実現が課題となる。

ウ モバイルトラフィックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発

本研究開発を実施するためには、以下の個別技術課題が存在する。

・ ウー 1 Full-Duplex 実現のための干渉モニタリング技術

Full-Duplex を実現するためには、自己干渉や端末間干渉を回避する必要がある。このために、時空間における各端末の無線通信状況を把握し、干渉をモニタリングする技術の実現が課題となる。

・ ウー 2 Full-Duplex セルラーシステム制御技術

ウー 1 の技術により取得した干渉量等を勘案して、Full-Duplex 可能な端末に対し、Full-Duplex を実際に行うスケジューリング技術や干渉影響を緩和する送信電力制御技術、自己干渉を低減するキャンセル技術の実現が課題となる。

**到達目標**

ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

- ・ ナノエリアに対応した高信頼ネットワーク制御技術
- ・ ナノエリアに対応した高信頼ワイヤレスアクセス技術
- ・ 適応型 RAN を実現する無線統合制御技術
- ・ 適応型 RAN を実現する基地局機能配置技術

これらの技術を確立し、携帯電話のトラフィック量が現在の 5 倍となった環境下でも、通信への品質要求を 95%以上満たし、かつサービスの継続性を 99%以上確保した、高信頼なサービス提供の実現を目標とする。

イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

- ・ 高集積な半導体 IC を用いた高エネルギー効率なフェーズドアレイ無線技術
- ・ 5G ゲートウェイにおける無線制御技術

これらの技術を確立し、従来の高 SHF 帯における無線機の構成をそのままミリ波帯に適用した場合と比較してパワーアンプ部からアンテナまで 2 倍の電力効率や、5G ゲートウェイを使用しない場合と比較して 5G ゲートウェイによる 3 倍以上の電力効率を実現する。

ウ モバイルトラフィックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発

- ・ Full-Duplex 実現のための干渉モニタリング技術
- ・ Full-Duplex セルラーシステム制御技術

これらの技術を確立し、Full-Duplex システム全体で瞬時的に最大 2 倍、平均的に 1.2 倍以上の周波数利用効率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、以下を想定しているが、提案する研究計画に合わせて設定して良い。

<2019 年度>

ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

- ・ ミリ波帯を用いるナノエリアを前提として、周囲の環境の変化等によって発生する遮蔽の明確化及び事前予測及び要求品質の異なる多数の通信を收容するための高信頼ネットワーク制御技術の基本検討
- ・ ナノエリアにおける無線リンクの切断状況を明確化し、無線リンク維持に必要な高信頼なワイヤレスアクセス技術の基本検討

- ・高密度基地局配置を実現する適応型 RAN の無線統合制御技術の基本検討
- ・個々のサービス要求に対応可能な適応型 RAN の基地局機能配置技術の基本検討

イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

- ・ミリ波帯 IC およびモジュールの基本設計、評価による性能評価
- ・5G ゲートウェイ無線制御技術の方式・制御アルゴリズムの基本検討、試作装置の検討と、シミュレーションによる性能評価

ウ モバイルトラヒックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発

- ・各端末の無線通信状況を把握する干渉モニタリングアルゴリズムの検討、干渉モニタリング装置用送受信系原理確認装置の開発
- ・干渉を考慮して、Full-Duplex が可能な端末を探索する方式やスケジューリング方式の検討、評価、基礎試作装置の開発

<2020 年度>

ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

- ・ナノエリア対応高信頼ネットワーク制御の基本技術の評価し、評価結果に基づく改良技術を検討・評価
- ・ナノエリア対応の高信頼なワイヤレスアクセスの基本技術の評価し、評価結果に基づく改良技術を検討・評価
- ・適応型 RAN を実現する無線統合制御の基本技術の評価及び評価結果に基づく、高密度基地局配置が偏在する大規模エリアに対応可能な改良技術の検討・評価
- ・適応型 RAN の基地局機能配置の基本技術の評価、及び評価結果に基づき、サービス毎の要求やトラヒック変動に応じた改良技術を検討・評価

イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

- ・ミリ波帯 IC のパワーアンプ部からアンテナまでの電力効率を 2 倍以上改善
- ・5G ゲートウェイ無線制御技術を実現する試作装置を用いての制御アルゴリズムの実装と基本機能の評価

ウ モバイルトラヒックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発

- ・アンテナを含む干渉モニタリング装置用送受信系を試作するとともに、アルゴリズムの改良を行う
- ・Full-Duplex セルラーシステム制御基礎試作装置の開発。計算機シミュレーションによる周波数有効利用効率（瞬時、平均）の評価、自己干渉キャ

## ンセル技術及び Full-Duplex 用アンテナの試作

### <2021 年度>

#### ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

- ・ ナノエリア対応高信頼ネットワーク制御技術とナノエリア対応高信頼ワイヤレスアクセス技術の高度化及びその評価、要求されるサービス品質が90%以上かつサービス継続性が90%以上の確保可能であることを評価結果から確認
- ・ 適応型 RAN の無線統合制御技術と適応型 RAN の基地局機能配置技術の高度化及びその評価、従来に対しトラフィック量が5倍の環境下でサービス品質が確保可能であることを評価結果から確認

#### イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

- ・ ミリ波帯 IC 内部およびミリ波帯 IC 間のキャリブレーションの容易化及びシステム評価プラットフォームの開発
- ・ 複数の 5G ゲートウェイ試作装置とコアネットワークを模擬するシステム評価系を構成しての連携機能検証

#### ウ モバイルトラフィックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発

- ・ 前年度試作した送受信系とモニタリングアルゴリズムを組み合わせた干渉モニタリング装置の開発と性能評価、Full-Duplex セルラーシステムとのインターフェースの設計
- ・ Full-Duplex セルラーシステム制御基礎試作装置の評価、送信電力制御方式を組み込んだ二次試作装置の開発、自己干渉キャンセル技術、Full-Duplex 用アンテナの Full-Duplex セルラーシステム基礎試作装置への組み込み、二次試作装置を開発、総合的な伝送特性実験

### <2022 年度>

#### ア 多様なサービス要求に応じた高信頼な高度 5G ネットワーク制御技術の研究開発

- ・ 課題アの4個の要素技術を用いて統合的に評価し、従来と比較してトラフィック量が5倍の環境下で、通信への品質要求を95%以上満たし、かつサービスの継続性を99%以上確保した、多様なサービスの高信頼な提供を実証

#### イ ミリ波帯における高エネルギー効率な無線技術の研究開発

- ・ 信号帯域幅 3GHz 以上のミリ波帯 IC やそれを用いたフェーズドアレイ無線技術の動作を実証
- ・ 5G ゲートウェイ無線制御技術の総合評価、5G ゲートウェイを使用していな

い場合と比較して3倍以上の電力効率を実現

- ウ モバイルトラヒックの急増に対応した高効率な周波数利用技術の研究開発
  - ・ 干渉モニタリング技術の屋内実験による総合評価
  - ・ 干渉モニタリング技術と Full-Duplex セルラーシステム制御技術を用いて統合的に評価、システム全体で瞬時的に最大現状の2倍、平均的に1.2倍以上の周波数利用効率を実現

## 5. 実施期間

2019年度から2022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2027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。

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。