

## ＜基本計画書＞

IoT 機器増大に対応した有無線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発  
～光ファイバ無線技術によるモバイルフロントホールの大容量化・高効率化技術～

### 1. 目的

多種多様でかつ莫大な数（2020 年には 500 億台以上と推測）の IoT 機器の普及に伴い、周波数のひっ迫や他の無線システムとの混信への対応が必要となっている。また、IoT 機器は適用するアプリケーションによって、多接続・低処理、大容量、低遅延等の多様な利用ニーズへの対応も重要であることから、IoT 機器と接続する無線ネットワークにおいて、柔軟なサービス提供を可能とするため、センサーネットワークのアプリケーションの特徴に基づく空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術を確立する。

この技術により、IoT サービス毎の要件に合わせた有線・無線区間の最適制御を実現することで、センサーネットワーク（センサー端末からセンサー基地局まで）の周波数利用効率を 3 倍以上に向上させ、かつ、センサーネットワークを収容する無線システム（センサー基地局からセンサー基地局を束ねる無線基地局まで）の周波数利用効率を 3 倍以上に向上させることを目指す。また、国際標準を獲得することで、我が国の国際競争力の強化に寄与する。

### 2. 政策的位置付け

- ・「周波数再編アクションプラン（平成 29 年 11 月改定版）」（平成 29 年 11 月 総務省）

#### 新しい電波利用の実現に向けた研究開発等

##### (2-2) 人を介さない機器間通信（M2M）の拡大

機器と機器間の通信である M2M システムやワイヤレスセンサーネットワークの飛躍的拡大により、人、様々な家電や設備、家、車、電車、インフラをはじめとしたあらゆる「もの」がワイヤレスでつながりうる社会が実現すると想定されることから、以下について取り組む。

- ① 920MHz 帯、2.4GHz 帯及び 5GHz 帯の電波を利用する IoT システムにおいて、IoT の超多数同時接続や低遅延化に対応するため、ネットワーク仮想化技術やプラットフォーム技術等を応用することにより、IoT 機器とネットワークの有線・無線一体となった IoT システム全体を最適に制御し、周波数の有効利用を図る技術等の研究開発を推進する。

- ・「科学技術イノベーション総合戦略 2017」（平成 29 年 6 月 閣議決定）  
第 2 章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組  
（2）新たな経済社会としての「Society5.0」を実現するプラットフォーム  
[C]重きを置くべき取組

## ②プラットフォームを支える基盤技術の強化

### ii) フィジカル空間（現実空間）関連の基盤技術の強化

- ・新たな産業や技術基盤の創出の核となる先端レーザー等の量子ビーム利用技術の高度化、次世代の材料・デバイス開発等を支える高度計測・シミュレーション技術、従来精度や感度の限界を超えたイメージング・センシング技術、電気信号を光信号に変えることで高速かつ低消費電力で情報処理を行う光エレクトロニクス技術、高速大容量光通信技術の開発など光・量子技術等に係る研究基盤の強化

- ・「将来のネットワークインフラに関する研究会」（平成 29 年 7 月 18 日）

## 第 6 章 将来のネットワークインフラの実現に向けて

### （1）ネットワークの高度化

将来のネットワークインフラの進展を支えるのは技術革新である。マルチコアファイバ技術、アナログ RoF (Radio over Fiber) 伝送技術等の光伝送技術（コア・アクセス）やネットワークスライシング技術など、我が国が強みを有するネットワーク技術の研究開発や標準化について今後も産学官が連携して強力に推進していく必要がある。

## 3. 目標

我が国が抱える諸課題の解決や新たなビジネス創出等への寄与に期待される IoT 機器が社会の隅々まで深く浸透していくためには、それを支える有線・無線ネットワークの大容量化・高効率化が重要である。特に、2020 年に実用化が予定される第 5 世代移動通信システム（5G）の本格的な普及・展開を見据え、都心の鉄道駅や大型スタジアム等のように、人の往来が激しくトラヒックが集中する場所・施設における 5G を支える有線ネットワークの検討は急務である。

現在、都心の鉄道駅周辺や大型スタジアム等においては、基地局の設置スペース・消費電力に関する制約、隣接基地局間の干渉抑制等の置局ニーズに対応するため、数キロ～数十キロメートル程度のモバイルフロントホール（MFH）をチャネル多重化したデジタル RoF（CPRI フォーマット）伝送しているが、5G 設備の導入に当たっては、以下の課題に対する技術革新が必要となる。

- ①5G で想定される大容量通信（下り伝送速度 20Gbps）を考慮した場合、既存デジタル RoF 伝送では、無線信号を光デジタル信号へ変換する際に広帯域（無線信号の伝送速度の 16 倍）が必要となり、効率的な収容が困難
- ②5G で想定される使用周波数帯（ミリ波）を考慮した場合、基地局の超高密度配置を実現するため、アンテナ側装置（RRH:Remote Radio Head）の更なる小型化・低消費電力化に加え、隣接基地局間の干渉抑制及び周波数利用効率の向上が必要

そこで本研究開発では、これらの課題に対応するため、①無線信号をそのまま光信号に変換・伝送するため、デジタル RoF 伝送に比べて大幅に信号帯域を削減可能

であり、②RRH側のデジタル信号処理（DSP）が不要で、装置の更なる小型化・低消費電力化が可能という特徴を有する光ファイバ無線技術（アナログ RoF 伝送）高度化のための研究開発に取り組むこととする。

具体的には、今回想定する都心の鉄道駅周辺や大型スタジアム等の数キロ～数十キロメートル程度の MFH にアナログ RoF 伝送を適用した場合における、①中・長距離伝送時の信号劣化、チャネル多重・分離に対応したハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術、②隣接基地局間の干渉抑制、周波数利用効率向上に対応したフォトニックビームステアリング基盤技術を確立する。これにより、5G の大容量通信に対応した MFH の高効率伝送を実現するとともに、ビームステアリング技術による同一周波数の繰り返し利用を促進し、周波数利用効率を3倍以上に向上させることを目指す。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

総務省では、平成 29 年度から実施の「IoT 機器増大に対応した有無線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発」（平成 29～32 年度）において、「短距離無線アクセスネットワークの大容量化技術」の開発が進められている。当該研究開発は、低遅延・低コストな構成で大容量通信が実現できる光ファイバ無線技術に着目し、高い線形性・高速性を有する電気-光変換デバイスの開発等に取り組むものであるが、数百メートル程度の比較的短い伝送距離を対象としたものであり、当該技術を今回想定する数キロ～数十キロメートル程度の MFH に適用する場合、信号劣化への対応、チャネル多重・分離機能の実装をはじめとする中・長距離伝送時の課題等が生じる。

そこで本研究開発「光ファイバ無線技術によるモバイルフロントホールの大容量化・高効率化技術」では、①中・長距離伝送時の信号劣化、チャネル多重・分離に対応したハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術、②隣接基地局間の干渉抑制、周波数利用効率向上に対応したアナログ RoF 伝送用フォトニックビームステアリング基盤技術を確立することで、今回想定する都心の鉄道駅周辺や大型スタジアム等における 5G 設備導入の円滑化、周波数利用効率の向上を図る。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術

中・長距離伝送時における信号劣化、チャネル多重・分離に対応するため、多数の無線信号チャネルを中間周波数に変換・多重化して伝送する IF-over-Fiber (IFoF) 伝送方式と、最終的に空間へ放射する無線信号の周波数で伝送するアナログ RoF 伝送方式を組み合わせた IFoF・アナログ RoF ハイブリッド伝送技術について検討する。具体的には、IFoF 伝送信号からアナログ RoF 伝送信号に変換する

際の信号劣化を抑制するチャネル多重・分離／周波数変換技術等を確立する。

#### イ フォトニックビームステアリング基盤技術

隣接基地局間の干渉抑制、周波数利用効率向上に対応するため、課題アで検討した MFH 伝送技術を前提とした、光信号の強度／位相制御による無線信号のビームステアリング技術等を確立し、フォトニックアレイアンテナの試作を行う。

### 到達目標

#### ア ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術

IFoF・アナログ RoF ハイブリッド伝送技術を確立することで、20 キロメートル程度の MFH 伝送時において、ユーザデータレート換算で 20Gbps の 5G 無線信号を 3GPP TS 36.104 V14.6.0 で規定される信号品質（64QAM で EVM (Error Vector Magnitude) が 8%以下) で伝送可能とする。加えて、既存デジタル RoF 伝送と比較して、必要となる信号帯域を 1/30 以下とする。

#### イ フォトニックビームステアリング基盤技術

課題アで検討した MFH 伝送技術を前提とした、光信号の強度／位相制御による無線信号のビームステアリング技術等を確立し、アンテナあたりの同一周波数収容可能ユーザ数を 4 以上とするフォトニックアレイアンテナによる Massive MIMO 機能を実現することで、課題アを含めたシステム全体としての周波数利用効率を 3 倍以上に向上させる。加えて、既存デジタル RoF 伝送の RRH と比較して、1 チャネルあたりのアンテナサイズ・消費電力を 1/2 以下とする。

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が、提案する研究計画に合わせて設定して良い。

#### <平成 30 年度>

##### ア ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術

- ・ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術に係るアーキテクチャの検討を行う。

##### イ フォトニックビームステアリング基盤技術

- ・課題アで検討したアーキテクチャを踏まえたフォトニックビームステアリング技術の検討を行う。

#### <平成 31 年度>

##### ア ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術

- ・ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術に係る機能検証を行う。

##### イ フォトニックビームステアリング基盤技術

- ・フォトニックビームステアリング技術を用いたフォトニックアレイアンテナの

試作・評価を行う。

<平成 32 年度>

ア ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術

・ハイブリッド型アナログ RoF フロントホール技術の実証試験を行う。

イ フォトニックビームステアリング基盤技術

・課題アとの連携のもと、フォトニックビームステアリング基盤技術の実証試験を行う。

## 5. 実施期間

平成 30 年度から 32 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および終了後、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・団体およ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」および平成 37 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、技術課題および目標達成に向けた研究方法、実施計画およ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。