

# ＜基本計画書＞

移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発  
～ M2M 型動的無線通信ネットワーク構築技術の研究開発 ～

## 1. 目的

近年、様々な分野においてセンサネットワーク等のワイヤレス機器の利用が急速に拡大しており、機器間（Machine-to-Machine: M2M）の無線通信を自律的かつ動的に運用できるシステムの構築が求められている。このようなシステムは、様々な機器が利用される現場において、事前の綿密な計画や設定等を行うことなく、短時間に無線ネットワークを構築することが期待される。しかしながら、現在広く使われているワイヤレス LAN 技術等の自律分散型無線システムでは、複数の無線機器間のネットワークを動的に構築するために必要な、アプリケーションに応じた様々な要求通信品質や無線ノード数のスケーラビリティ、ネットワークトポロジ制御の柔軟性等を満たすことは容易ではない。将来的なアプリケーションの高度化とその応用拡大を見据えつつこれらの要求条件を満たすためには、従来の伝送速度等のサービス品質（Quality of Service: QoS）を個別に制御する技術では限界があり、総合的に高いアプリケーション品質（Quality of Experience: QoE、アプリケーションによって得られる満足度）を提供できうる無線通信ネットワーク構築技術の確立が必要である。

そこで、本研究開発においては、自律分散型無線通信ネットワークの混在環境において、時々刻々と変化する無線ノード数、ノード間距離等のネットワーク状況に合わせて、無線リソース割当てとネットワーク制御を動的かつ継続的に行い、周波数利用効率と QoE 充足度を高める新たな無線通信システムを構築する。そのために無線リソースの利用状況（使用／未使用）と複数のアプリケーションからの様々な要求 QoE を考慮してアプリケーションの收容可能量を予測する無線リソース活用度把握技術、この結果を受けて、利用可能な無線リソースを最大限活用し QoE を極大化するように、無線リソースの割当てとネットワークトポロジ等を決定するクロスレイヤ無線リソース割当て技術および動的ネットワーク構成制御技術を確立し、周波数利用効率とアプリケーションの QoE 充足度の一層の向上に資する。

## 2. 政策的位置付け

○新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

#### 【重点施策】

○ 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

#### ○新たな情報通信技術戦略 工程表（平成 23 年 8 月改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

3. (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進  
（短期、中期、長期）（前略）次世代ワイヤレス、（中略）の要素技術を研究開発。

#### ○「新成長戦略」（平成22年6月 閣議決定）

##### （2）ライフ・イノベーションによる健康大国戦略

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約70兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

#### ○グローバル時代における I C T 政策に関するタスクフォース国際競争力強化検討部会最終報告書（平成22年12月 総務省）

##### 研究開発戦略 主な取組

##### 1. 主な取組の概要

- いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発
- ・（前略）ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。

### 3. 目標

無線ノード数、ノード間距離等が時々刻々変化する自律分散無線通信ネットワークにおいて、無線リソース利用状況やアプリケーションからの様々な要求 QoE を考慮した動的無線通信ネットワーク構築技術を確立し、平時・災害時を含む国民の安心安全等に寄与する周波数利用効率の高い動的機器間無線通信ネットワークの実用化を目指す。

また、そのために以下の目標を達成する。

- ・ 無線ネットワーク全体の要求 QoE 充足度の指標化手法を確立する。
- ・ 複数の異なる無線システムが混在する 50m 四方位程度のエリアにおいて、従来のシステムによって構成される無線ネットワークと比較して、入力される総トラフィックに対する要求 QoE 充足度が同等のもと、面的周波数利用効率を 2 倍以上とする。

- ・ 無線ネットワーク構築を自律的に実現する手段を確立し、200 台程度の無線ノードに対して、動的にネットワークを再構成するために必要な時間を 1 秒以下とする。

上記目標を達成するに当たり、適用先の一例として災害時における災害現場や避難所などに常設・あるいは一時的に構築される無線通信ネットワーク等を想定する。そして、テレメトリデータ・センサ出力情報伝送に代表される数 kbps 以下の間欠的低レートトラフィック、音声通話や低解像度動画伝送等に代表される数 10 ～数 100kbps のストリーミング型トラフィックや高精細写真に代表される数 M～数 10MBytes のファイル転送、電子メールやモバイルサイト等に代表される数 k～数 10kBytes のインターネットトラフィック等、要求 QoE の異なる複数のトラフィックが多数同時発生する環境を想定する。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

柔軟かつ收容能力の高い機器間無線通信ネットワークの実現に向け、自律分散制御を行う複数の無線システムが混在する環境下において、様々なアプリケーションの要求する QoE や無線リソース利用状況を考慮して、周波数利用効率と QoE 充足度を高めるように動的に無線通信ネットワークを構築・制御する技術の研究開発を行う。

このため、無線リソース利用状況と様々なアプリケーションが要求する QoE を把握する無線リソース活用度把握技術、その結果に基づくクロスレイヤ無線リソース割当技術および動的ネットワーク構成制御技術を確立し、周波数利用効率と各アプリケーションの QoE の充足度の向上に資する。

また、これらの技術により機器間無線通信ネットワークを構築できる新しい機能を搭載した無線機を具体的に開発、複数製作し、実アプリケーションを想定した無線ネットワーク実証実験を行うことで、その有効性を確認する。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

有限な無線リソースを効率的に割り当て、その活用度を最大限高めるには、個々のアプリケーションの運用に必要な無線リソースの量や、その要求 QoE の充足度を把握することが重要である。しかし、従来のコグニティブ無線は未使用の無線リソースを利用して新たな通信を行うために、スペクトラムセンシングによって無線リソースの利用状況を把握するに止まっている。

そこで、複数の自律分散型無線システムが混在する環境下において、自他システムの無線リソースの利用状況を把握すると共に、自他システムのアプリケ

ーションから要求される QoE の推測とその充足度の評価を可能とする技術を確認する。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

様々なアプリケーションからの要求 QoE の充足と周波数利用効率の向上のため、アプリケーションから要求される QoE と無線リソース利用状況に応じた適切な無線リソース割当技術、無線リンクの伝送品質を改善する技術の確立が課題となる。特に、複数の自律分散型無線システムが混在する環境下においては無線リソース割当ての変更が自他システム間の相互作用を引き起こし、周波数利用効率と QoE 充足度に大きく影響する可能性がある。このため、時々刻々変化する各システムの状況を勘案した無線リソース割当てを行う技術を確認する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

機器間無線通信ネットワークにおけるアプリケーションの收容能力の向上には、ネットワーク内に存在する複数の自律分散型無線システムの面的な周波数利用効率をより一層向上させ、かつ各ノードのアプリケーションが要求する QoE の充足度を調整し、全体として最適化することが求められる。このため、時々刻々と変化する無線通信環境において単一又は複数のノードにより構成される各ノードグループ内の識別子、トポロジ、トラフィック、要求 QoE 充足度等を勘案し、動的にネットワークを構築・再構成・制御できる技術を確認する。

### 到達目標

#### ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

様々なアプリケーションの要求する QoE を可能な限り充足するよう無線リソースを割り当てるにあたり必要となる、無線リソースの利用状況とアプリケーションから決定される要求 QoE およびその充足度の指標化手法を確認する。また、これらの指標を生成するために必要となる情報を取得する無線リソース活用度把握技術を確認する。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

課題アで確認する無線リソース活用度把握技術により取得した情報をもとに要求 QoE の充足度を最大化する動的無線リソース割当技術と、アンテナ特性・構成等を利用したリンク品質制御技術を確認するとともに、これら技術を実装した無線通信システムを構築する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

200 台程度以上のノードにより構成される無線ネットワークにおいて、ノードの移動や参入、離脱時に、その状況において最適なネットワークトポロジに 1 秒以内に再構成し、かつ各ノードの要求 QoE を可能な限り充足させるため、

アンテナ特性・構成等を活用した干渉回避技術、各ノードグループ内・ノードグループ間の負荷を適正に分散させるネットワークポロジ動的制御技術確立する。

- ・ 課題ア、イ、ウにより開発した技術を実装した実証実験機を製作し、50m 四方程度のエリアにおいて文字伝送、音声通話、画像伝送といった異なる要求 QoE を有するアプリケーションを複数同時に実行させた際に、入力される総トラフィックに対する要求 QoE 充足度が同等のもと、従来システムと比較して面的周波数利用効率を 2 倍以上を達成し、迅速かつ適切な動的ネットワーク構成が実現できることを実アプリケーションを想定した実証実験により確認する。

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。

(例)

<平成 24 年度>

ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

無線リソース利用状況と要求 QoE、QoE 充足度の指標化手法、これら指標を生成するために必要となる情報を取得する無線リソース活用度把握技術の基本設計を実施する。また本技術を実現する回路の基本設計を実施する。

イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

課題アにおいて検討する技術を用いて把握した、無線ネットワークの状況に応じて適切に無線リソースを割り当てる具体的方法の基本設計を実施する。この設計に当たっては、アンテナ特性・構成を含めた物理層、MAC 層を総合的に考慮したクロスレイヤ制御によるリンク構成技術とすることで、要求 QoE 充足度と周波数利用効率の向上を図ることを目標とする。また実証実験機の基本設計と製作を実施する。

ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

ノードが変動する無線ネットワークにおいて、それぞれのノード間の干渉を制御する手法と、隣接するゲートウェイと互いに協調して動的に無線通信ネットワークポロジ等を制御する手法の基本設計を実施する。さらにこれを評価するためのコンピュータシミュレータを開発し、検討した動的干渉制御技術および動的ルーティング制御技術の基本性能を確認する。

<平成 25 年度>

ア 無線リソース活用度把握技術の研究開発

前年度に設計した無線リソース活用度把握技術の詳細設計を行い、シミュレーションによる定量評価を実施する。また実証実験機に本技術を実現する回路を実装し、動作の確認を行う。

#### イ クロスレイヤ制御による無線リソース割当技術の研究開発

物理層・MAC層の詳細設計と共に、実証実験機の詳細設計と構築を実施する。

#### ウ 動的ネットワーク構成制御技術の研究開発

前年度設計した制御技術の詳細設計を実施し、コンピュータシミュレーションにより定量評価を行う。さらにこの機能を実証実験機に実装し、基本的な動作の確認を行う。

#### <平成26年度>

課題ア、イ、ウにより25年度までに開発した技術を統合した無線システムの性能をシミュレーションならびに実証実験を通じて評価し、従来システムと比較して要求QoEの充足度を考慮した面的周波数利用効率の向上と、迅速かつ適切な動的ネットワーク構成が実現できることを確認する。

### 5. 実施期間

平成24年度から平成26年度年度までの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及び終了後、速やかに関連する国際標準規格・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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成28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。研究成果が明確に示されるように、実証実験に際しては実アプリケーションの運用を想定し、計画、実施すること。また、実アプリケーションにある様々な種類の機器を具体的に想定し、周波数利用効率の向上と QoE の実現のみならず回路規模、サイズ、消費電力等が適切に考慮されていること。

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。

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。

# ＜基本計画書＞

移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発  
～ 複数周波数帯の動的利用による周波数有効利用技術の研究開発 ～

## 1. 目的

我が国においては、移動通信分野における通信量の爆発的な増加（平成 19 年から平成 29 年までの間に 200 倍に増加する見込み）への対応や、娯楽・教育・医療・生産・物流・交通等の多様な分野における電波を利用した新サービス・新ビジネスの創出等、電波利用ニーズの拡大・多様化が急速に進展しつつある状況にある。そのため、電波の有効利用の一層の促進を図る必要があり、有限希少な電波を空間的・時間的にさらに高密度に利用することが重要になってくる。

携帯電話システムについては、既に UHF 帯の周波数帯において割当てがあり、今後、さらにいくつかの周波数帯において追加の割当てが予定されているが、現在の技術では追加の割当てを行ったとしても予測されている通信量の爆発的な増加には対応できない状況である。

これらの状況を踏まえ、特に携帯電話システムにおいて、ネットワーク容量の増大を図るための手段として、従来の周波数分割複信（FDD）方式に加えより柔軟に送受信に周波数を割り当てられる時分割複信（TDD）方式も用いることができる可搬型基地局を導入することにより、FDD 方式用の帯域を確保できない場合には優先度に応じて TDD 方式を利用して通信を行い、FDD 方式用の帯域を確保できた場合には FDD 方式を用いて通信を行う等、TDD 方式と FDD 方式を共存させること等が求められる。

また、緊急災害時等においては、TDD 方式と FDD 方式の両方式を適用可能な可搬型基地局を導入することにより、通信ネットワークの迅速な復旧・再構築にも寄与することが見込まれる。

本研究開発では、可搬型基地局や端末が連携して、空き周波数・干渉量等を検知し、通信距離や優先度に応じて FDD 方式と TDD 方式を使い分ける技術について検討を行い、電波の有効利用に資することを目的とする。また、当該技術の実現のため、既存基地局によるネットワークと可搬型基地局によるネットワークが連携し共存するために必要な技術等の研究開発についても併せて行う。

## 2. 政策的位置付け

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

#### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、



早期の市場投入を目指す。

【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

- ・ 新たな情報通信技術戦略 工程表（平成 23 年 8 月改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

2. (4) i) 地域の活性化

○ホワイトスペース等を活用した市民メディアの全国展開

総務省：2010 年に策定したホワイトスペースの活用のための推進方策に基づき、地域特性に応じたサービスやシステムの実現を目指した実証などを行い、この結果を踏まえ、2011 年度に環境整備を行う。

- ・ 新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ IT 立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・ 次期電波利用料の見直しに関する基本方針（平成 22 年 8 月 総務省）

II 次期電波利用料の見直しのポイント

(2) 電波の共同利用促進

有限希少な電波を空間的・時間的にさらに稠密に利用するため、ホワイトスペースの活用を図るための環境整備のために必要な施策（研究開発等）を実施

(3) 研究開発・実証実験・国際標準化の推進

電波の更なる効率的利用、電波技術の国際競争力確保の観点から、研究開発、実証実験、国際標準化を推進

- ・ 「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」報告書（平成 22 年 8 月 総務省）

第 5 章 ホワイトスペース活用の実現に向けて

4. 制度的課題、技術的課題の解決に向けた取組

(2) 研究開発の促進

① ホワイトスペース活用的高度化に向けた研究開発の促進

我が国においても、スペクトラムセンシング技術やダイナミックスペクトラムアクセス技術等、複数の周波数帯を動的に使用することを可能とし、既存システム等との混信防止を確立するような技術を開発するための研究

開発を促進し、更なる電波の有効利用を図ることが必要。

#### ④ 国際標準化活動への貢献

日本におけるホワイトスペースの活用と乖離した標準化が進められた場合、国際展開が困難となり、日本の国際競争力強化の機会を失うため、官民学が連携した国際標準化活動への積極的な参加を推進し、日本における研究開発や実証実験の結果を標準化に適切に反映していくことが必要

### 3. 目標

複数の周波数帯を動的に利用し、必要に応じ周波数・送信電力・無線アクセス方式等の無線パラメータを動的に再構築する無線パラメータ動的再構築技術や、既存基地局との間で周波数干渉を減らしつつ、利用者が所望するスループットを実現できる可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術、端末側無線機構成技術等の周波数高度利用技術の確立を図り、ネットワーク全体の周波数の利用効率の一層の向上を図ることを目標とする。そして最終的に現在 UHF 帯（700MHz-960MHz 等）で割り振られつつある携帯電話システム用途の周波数帯域（100 数十 MHz）に加え、新たに 30MHz 以上の利用可能な周波数を携帯電話システム以外の周波数で創出するために必要となる基地局、端末、無線パラメータ再構築、管理技術を確立する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

携帯電話系システムにおける通信量の爆発的な増加に対応するため、FDD 方式と TDD 方式の両方式に対応した可搬型基地局と端末を状況に応じて高度に活用することにより、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少を軽減し、携帯電話ネットワーク全体の通信容量を増大させ、周波数の有効利用を図る技術の研究開発を実施する。

#### (2) 技術課題および到達目標

##### **技術課題**

##### ア 無線パラメータ動的再構築技術

移動通信システム用可搬型基地局を、様々な周波数帯において、我が国の携帯電話システムに多く使われている FDD 方式のほか、単一周波数でも動作する TDD 方式にも対応できるよう、基地局間の周波数干渉量、周波数の利用状況やユーザーの要求条件（伝送速度、レイテンシー等）、ユーザー数等に応じて、周波数、送信電力等の無線パラメータを管理するための無線パラメータ動的再構築技術の研究開発を実施する。

##### イ 可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術

キャリアセンス、周波数の利用状況の特徴抽出等を行うことにより、周囲の電波環境及び無線局情報を取得し、様々な周波数帯において利用可能とするこ

とで、利用者が所望するスループットを実現できる可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術の研究開発を実施する。

可搬型基地局にあたっては、上り・下りのペア周波数が確保できる場合には FDD 方式を選択し、単一の空き周波数しか確保できない場合には TDD 方式で通信できるようにするための技術を開発し、課題アで開発された無線パラメータ動的再構築技術と連携し、可搬型基地局を周波数の利用状況に応じて適切に配置することで、隙間帯域を効率的に利用できる可搬型基地局を開発する。

#### ウ 端末側無線機構成技術

課題ア及びイの技術により様々な周波数帯において FDD 方式又は TDD 方式の両方式に対応できる可搬型基地局と接続することができ、かつ、既存基地局(3G/FDD-LTE/WiMAX 等)とも接続可能な端末の開発に資する端末側無線機構成技術に関する研究開発を実施する。

#### エ 基地局間トラヒック最適制御技術

課題ア及びイの技術により様々な周波数帯において FDD 方式又は TDD 方式の両方式に対応できる可搬型基地局と既存基地局により構成されたネットワークにおいて、それぞれの基地局における周波数管理、送信パワー管理、干渉制御、トラヒック量制御等を基地局間の連携を行うことで実現し、ネットワーク全体として周波数利用効率の向上を目指す基地局間トラヒック最適制御技術の研究開発を実施する。

#### オ 無線パラメータ管理プラットフォーム技術

複数周波数の動的利用を実現するために、可搬型基地局等の無線パラメータと、基地局間の干渉状況やネットワーク全体の通信容量の関係等の情報のデータベースを構築し、当該情報の蓄積・利用技術の実現方式として、高信頼性・高可用性を可能とするネットワーク分散型の無線パラメータ管理プラットフォーム技術を確立する。

また、上述課題の技術の性能確認に関する統合的な評価については、テストベッド等の実環境に適用することにより実施する。

#### 到達目標

3G/FDD-LTE/TDD-LTE 等の用途で、現在 UHF 帯(700MHz-960MHz 等)で割り振られつつある携帯電話システム用途の周波数帯域(100 数十 MHz)に加え、新たに 30MHz 以上の利用可能な周波数を携帯電話システム以外の周波数で創出するために必要となる基地局、端末、無線パラメータ再構築、管理技術を確立する。更に、これらの技術の国際標準化に向けた活動を行う。

個別の技術目標を以下に示す。

ア 無線パラメータ動的再構築技術

- ・ 400MHz-900MHz 帯にわたり基地局間の周波数干渉量、周波数の利用状況やユーザーの要求条件（伝送速度、レイテンシー等）、およびユーザー数等を取得可能であり、その取得した情報を基に周波数、送信電力等の無線パラメータを変更可能なFDD/ TDD方式共用可搬型基地局に搭載可能な処理量をもつ動的再構築技術の確立。

イ 可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術

- ・ アの技術を搭載することを前提に、必要に応じてFDD方式とTDD方式を切り替えることができ、400MHz-900MHz帯で利用可能な可搬型基地局構築技術の確立。

ウ 端末側無線機構成技術

- ・ イで設計した基地局と連動して動作させることができる端末に必要となる400MHz-900MHz帯で利用可能な端末側無線機構成技術（基地局との連携方法、基地局再構築時の追従方法等）の確立。

エ 基地局間トラヒック最適制御技術

- ・ イにより開発された可搬型基地局および既存基地局により構成されたネットワークとの間で周波数管理、送信パワー管理、干渉制御、トラヒック量制御を行うことができる基地局間トラヒック最適制御技術の確立。

オ 無線パラメータ管理プラットフォーム技術

- ・ FDD方式とTDD方式の共存した無線パラメータの収集、利用ユーザーの管理を行うための高速かつ高信頼性・高可用性・拡張性を持ったネットワーク分散型による無線パラメータ管理プラットフォーム技術の確立。

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。

（例）

<平成24年度>

ア 無線パラメータ動的再構築技術

基地局間の周波数干渉量、周波数の利用状況やユーザーの要求条件（伝送速度、レイテンシー等）、およびユーザー数等を取得可能であり、その取得した情報をもとに周波数、送信電力等の無線パラメータ変更な処理アルゴリズムをFDD-LTE/ TDD方式（TD-LTE 又はWiMAX）可搬型基地局（フェムトセル基地局）に搭載可能な処理量で設計し、基礎試作装置を開発する。

イ 可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術

アの技術を搭載することを前提に、必要に応じて FDD-LTE 方式と、TDD 方式 (TDD-LTE 又は WiMAX) 方式を切り替えて通信可能な可搬型基地局を設計し、基礎試作装置を開発する。

ウ 端末側無線機構成技術

イで設計した基地局と連動して動作させることができる端末の構成方法、および必要となる要素技術 (基地局との連携方法、基地局再構築時の追従方法) に関して設計を行い、基礎試作装置を開発する。

エ 基地局間トラヒック最適制御技術

FDD-LTE と TDD 方式 (TDD-LTE 又は WiMAX 方式) ネットワークとの間で周波数管理、送信パワー管理、干渉制御、トラヒック量制御を行うことができるネットワーク機構について設計を行い、その特性/効果について計算機シミュレーションにより評価を行う。

オ 無線パラメータ管理プラットフォーム技術

FDD 方式と TDD 方式の共存した無線パラメータの収集、利用ユーザーの管理を行うための高速かつ高信頼性・高可用性・拡張性を持ったネットワーク分散型による無線パラメータ管理プラットフォーム技術についての検討を行い、基礎試作装置を設計・開発する。

- ・無線パラメータの検討
- ・サーバ数台程度の分散処理規模による基礎試作装置の開発
- ・テストベッド環境の提供

<平成25年度>

ア 無線パラメータ動的再構築技術

前年度に試作した装置を評価するとともに、処理アルゴリズムを、イで開発する装置に組み込み、無線パラメータ可変再構築可能可搬型基地局の試作装置を開発する。

イ 可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術

前年度に試作した装置を評価するとともに、アと同じ項目をすすめ、それ以外にも消費電力を少なくできるプロセッサの利用を検討し、FDD-LTE 方式と、TDD 方式 (TDD-LTE 又は WiMAX) 方式を切り替えて通信可能な可搬型基地局を設計し、二次試作装置を開発する。

ウ 端末側無線機構成技術

前年度に試作した装置を評価するとともに、利用可能な周波数を拡大可能な、

端末利用可能な高周波構成方法についての検討を行い、設計を行う。

#### エ 基地局間トラヒック最適制御技術

前年度設計した機構をもとに、FDD-LTE と TDD 方式 (TD-LTE 又は WiMAX 方式) ネットワークを接続したネットワーク構築の基礎試作を行う。

#### オ 無線パラメータ管理プラットフォーム技術

前年度に試作した装置を評価するとともに、課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エの成果を利用しつつ連動可能な無線パラメータ管理プラットフォームの設計、試作を行う。

- ・各課題との連動機能技術、接続インターフェースの開発
- ・サーバ10台以下の規模での分散処理を可能とする無線パラメータ管理プラットフォームとの設計、試作
- ・テストベッド環境での評価・検証

#### <平成26年度>

#### ア 無線パラメータ動的再構築技術

課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エを統合させた総合試験装置を設計/試作するとともに、フィールドにおける試験、又はそれに準ずる負荷試験を行い、当該技術の特性を評価することにより、達成目標に対する達成度を具体的な数値で証明する。また、既存のシステムと比較してどの程度の周波数有効利用が図れるのかについても、併せて評価する。

#### イ 可搬型基地局用再構築可能無線機構成技術

課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エを統合させた総合試験装置を設計/試作するとともに、フィールドにおける試験、又はそれに準ずる負荷試験を行い、当該技術の特性を評価することにより、達成目標に対する達成度を具体的な数値で証明する。また、既存のシステムと比較してどの程度の周波数有効利用が図れるのかについても、併せて評価する。

#### ウ 端末側無線機構成技術

課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エを統合させた総合試験装置を設計/試作するとともに、フィールドにおける試験、又はそれに準ずる負荷試験を行い、当該技術の特性を評価することにより、達成目標に対する達成度を具体的な数値で証明する。また、既存のシステムと比較してどの程度の周波数有効利用が図れるのかについても、併せて評価する。

#### エ 基地局間トラヒック最適制御技術

課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エを統合させた総合試験装置を設計/試作

するとともに、フィールドにおける試験、又はそれに準ずる負荷試験を行い、当該技術の特性を評価することにより、達成目標に対する達成度を具体的な数値で証明する。また、既存のシステムと比較してどの程度の周波数有効利用が図れるのかについても、併せて評価する。

#### オ 無線パラメータ管理プラットフォーム技術

課題ア、課題イ、課題ウ及び課題エを統合させた総合試験装置を設計/試作するとともに、フィールドにおける試験、又はそれに準ずる負荷試験を行い、当該技術の特性を評価することにより、達成目標に対する達成度を具体的な数値で証明する。また、既存のシステムと比較してどの程度の周波数有効利用が図れるのかについても、併せて評価する。

- ・サーバ10台以上の規模での総合試験装置の開発
- ・フィールド試験・負荷試験による特性評価
- ・ネットワーク分割耐性評価<sup>注1</sup>、高信頼性・高可用性<sup>注2</sup>、拡張性<sup>注3</sup>の評価

注1) 物理的にネットワークが分断されたときに、各分散サーバが自律的に動作可能であること

注2) 対障害性を高め、プラットフォームを利用可能な状態にあること

注3) 利用状況に応じて分散サーバの規模を拡大可能であること

#### 5. 実施期間

平成24年度から26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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成29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。



# <基本計画書>

## 移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発 ～ 広帯域離散 OFDM 技術の研究開発 ～

### 1. 目的

我が国においては、移動通信分野における通信量が爆発的に増加し、多様な分野における電波を利用した新サービス・新ビジネス創出への期待など、電波利用ニーズの拡大・多様化が急速に進展しつつある状況にある。

現在、移動通信システムは主に UHF 帯の複数の周波数帯が利用され、今後、さらにいくつかの周波数帯において追加の割当てが予定されているが、移動通信分野における通信量の爆発的な増加や新サービス・新ビジネス創出への期待に応えるため、次世代の移動通信システムでは、広帯域にわたって効率的に周波数を利用することが求められる。

これに応えるためには、次世代の移動通信システムでは、移動通信システムとして利用可能な周波数の中で、離散的に存在する空き周波数帯域の有効利用が必要である。このような空き周波数帯域は、様々な幅や数で広い周波数帯にわたって存在していることから、これらを柔軟に束ね、統合無線伝送路として移動通信システムに利用する技術の開発が急務である。

本研究開発は、周波数軸上に離散的に存在する複数の空き周波数帯域に対して、周波数利用効率の高い直交周波数分割多重方式 (OFDM) を活用し、OFDM サブキャリアを任意に構成・配置することにより、広帯域にわたり離散的に存在する空き周波数を有効利用するために必要な技術の研究開発を行い、電波の有効利用に資することを目的とするものである。

### 2. 政策的位置付け

- ・新たな情報通信技術戦略 (平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部)

#### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野 (新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、(中略) 等) を特定して集中的に研究開発を行う (以下、略)

- ・新たな情報通信技術戦略 工程表（平成 23 年 8 月改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

3. (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進  
(短期、中期、長期) (前略) 次世代ワイヤレス、(中略) の要素技術を研究開発。

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T 立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・「新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム」報告書  
(平成 22 年 8 月 総務省)

第 5 章 ホワイトスペース活用の実現に向けて

4. 制度的課題、技術的課題の解決に向けた取組

(2) 研究開発の促進

① ホワイトスペース活用的高度化に向けた研究開発の促進

我が国においても、スペクトラムセンシング技術やダイナミックスペクトラムアクセス技術等、複数の周波数帯を動的に使用することを可能とし、既存システム等との混信防止を確立するような技術を開発するための研究開発を促進し、更なる電波の有効利用を図ることが必要。

- ・グローバル時代における I C T 政策に関するタスクフォース国際競争力強化検討部会最終報告書（平成 22 年 12 月 総務省）

研究開発戦略 主な取組

1. 主な取組の概要

- いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発
  - ・（前略）ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。

### 3. 目標

広帯域離散 OFDM 技術を確立することで、広い周波数帯域にわたり離散的に存在する空き周波数の中から次世代の移動通信システムで必要であると想定される 20MHz 以上の帯域を利用可能とし、スマートフォンを始めとする高機能移動通信端末の普及に伴う移動通信システムの爆発的なトラヒック量の増大に対応する。

### 4. 研究開発内容

(1) 概要

本研究開発では、170MHz～1GHz の周波数帯において周波数軸上に離散的に存在

する複数の空き周波数帯域を有効に活用するため、これら空き周波数帯域を精度良く検出し、複数の空き周波数帯域に対して OFDM サブキャリアを任意に構成・配置、OFDM サブキャリアの受信時に他の既存システムからの影響を低減するとともに、隣接する他の既存システムへの影響を与えずに使用可能帯域を拡大する等の基盤技術の研究開発を行う。また、本研究開発の成果については、国際標準化機関への提案を積極的に行う。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術の開発

周波数軸上に離散的に存在する複数の空き周波数帯域を有効活用するためには、他の既存システムの状態により変化する空き周波数帯域やその数等に応じて、これらを柔軟に利用することが必要となるが、従来技術では、特定の中心周波数や帯域幅にのみ対応した回路を準備することが一般的であり、状況により変化する空き周波数帯域の柔軟な利用は困難である。そこで、空き周波数の状況に応じて OFDM サブキャリアを柔軟に構成・配置することができる技術を確立する。

また、空き周波数が広い帯域にわたって存在する場合、各々の周波数帯において伝搬損失、遅延特性、ドップラー特性等の伝搬特性が異なる。このため、この違いを考慮して無線パラメータを適切に制御し、所要の伝送品質を確保する技術を確立する。

#### イ 広帯域離散 OFDM 干渉低減技術の開発

周波数軸上の離散的な空き帯域に配置された一連の広帯域離散 OFDM サブキャリアを正常に受信・復調するためには、広帯域離散 OFDM サブキャリアを構成するサブキャリア群の間に存在する既存システムからの電波の影響を低減する必要がある。従来技術では、目的とする単一の周波数帯のみをフィルタで取出してから OFDM サブキャリアの復調を行うことが一般的だが、状況によりその中心周波数や幅、数に変化する OFDM サブキャリアの受信には適用が困難である。従って、既存システムの電波と OFDM サブキャリアを含む広帯域信号を受信した上で、既存システムの干渉を低減し、OFDM サブキャリアの正常な復調を可能とする技術を確立する。

#### ウ ガードバンド幅削減による利用可能帯域拡大技術の開発

既存システムに影響を与えずに空き周波数を利用するためには、隣接する既存システムへの帯域外放射を抑制することが必要となる。従来技術では、固定周波数の送信フィルタを用いて帯域外放射を抑制することが一般的だが、本研究開発では、保護対象の既存システムが状況により変化するため、固定周波数の送信フィルタで対応することは困難である。さらに、狭い空き周波数帯域を

利用する場合、隣接システムとの間に用意する未使用の帯域幅（ガードバンド幅）が相対的に大きくなり、周波数の利用効率が低下する。そこで、既存システムの状況に対応して柔軟かつ適切に帯域外放射を抑制することで、必要なガードバンド幅を削減し、利用可能帯域を拡大する技術を確立する。

#### エ 既存システムに対する影響評価技術の開発

既存システムに影響を与えないためには、周波数帯域の利用状況を検出する技術が必要となる。現状の技術では、空き周波数帯域を使用しようとするシステムが既存システムの有無を検出する技術に重点が置かれているが、それと同時に、既存システムに対して空き周波数帯域を使用しようとするシステムが干渉を与えていないことを確認する技術を確立する。

### 到達目標

#### ア 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術の開発

- ・ VHF 帯及び UHF 帯にわたり離散的に存在する複数の空き周波数帯域に対して OFDM サブキャリアを任意に生成・配置することで、周波数の空き状況により合わせて 20MHz 以上の帯域幅を有する無線伝送路を形成する技術を確立する。
- ・ OFDM サブキャリアを配置する空き周波数帯の伝搬損失、遅延特性、ドップラー特性等の違いを考慮して、各 OFDM サブキャリアの変調方式・符号化率やガードインターバル等を適切に制御し、無線伝送路として既存の移動通信システムと同等の伝送品質を確保する技術を確立する。

#### イ 広帯域離散 OFDM 干渉低減技術の開発

- ・ 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術によって生成され、周波数軸上に離散的に配置された OFDM サブキャリアを正常に受信・復調するため、広帯域離散 OFDM サブキャリアを構成するサブキャリア群とサブキャリア群との間に存在する既存システムからの干渉を低減することで、利用する移動通信システムが必要とする D/U 比（目的波/干渉波電力比）を確保する技術を確立する。

#### ウ ガードバンド幅削減による利用可能帯域拡大技術の開発

- ・ 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術によって生成される OFDM サブキャリアを、その生成法も含めて適切に制御することで、状況により変化する既存システムを保護するために必要なガードバンド幅を削減し、広帯域離散 OFDM 技術として利用可能な帯域を拡大する技術を確立する。また、本技術に対して悪影響を及ぼす要因とその対策・効果を評価・検証する。

#### エ 既存システムに対する影響評価技術の開発

- ・ 空き周波数帯域を使用しようとするシステム側において、自システム信号検出方式及び影響評価システムを開発する。本技術において、誤って自システ

ムが利用可能と判定してしまう確率を1%以下にする。

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。

(例)

<平成24年度>

ア 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術の開発

離散的に存在する複数の空き周波数帯域に対して OFDM サブキャリアを状況に応じて任意に生成・配置し、統合無線伝送路として形成する技術の検討と基礎開発を行う。

- ・ 離散 OFDM サブキャリア生成技術の検討
- ・ OFDM サブキャリアを配置する周波数帯の伝搬特性を考慮し、所要のリンク特性を実現するための、OFDM サブキャリア制御技術のシミュレーション
- ・ 基本送受信装置（ベースバンド回路）の設計・試作

イ 広帯域離散 OFDM 干渉低減技術の開発

- ・ 受信処理において、サブキャリア群とサブキャリア群の間に存在する既存システムからの干渉を低減する方式の検討とシミュレーション

ウ ガードバンド幅削減による利用可能帯域拡大技術の開発

- ・ OFDM サブキャリアを適切に制御し、隣接する既存システムへの帯域外放射を抑制する技術等の方式検討

エ 既存システムに対する影響評価技術の開発

- ・ シミュレーションによる、自システム信号検出方式の基本構成と特性の検討
- ・ 影響評価システムで重要となる信号検出器の空間的配置を含めた影響評価方式の基本構成と特性のシミュレーションによる検討

<平成25年度>

ア 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術の開発

- ・ 平成24年度の検討結果を踏まえた、離散 OFDM サブキャリア生成技術の機能実装と評価
- ・ 平成24年度の検討結果を踏まえた、OFDM サブキャリア制御技術の機能実装と評価
- ・ 基本送受信装置（RF 回路）の設計・試作

イ 広帯域離散 OFDM 干渉低減技術の開発

- ・ 平成24年度の検討結果を踏まえた、干渉低減技術の機能実装と評価

- ウ ガードバンド幅削減による利用可能帯域拡大技術の開発
  - ・平成24年度の検討結果を踏まえた、隣接する既存システムへの帯域外放射を抑制する技術等の機能実装と評価
  
- エ 既存システムに対する影響評価技術の開発
  - ・自システムの通信パラメータを想定した場合の、検出方式の構成と特性のシミュレーションによる検討
  - ・上記で得られる検出情報を用いた影響評価システムの特性のシミュレーションによる検討

<平成26年度>

- ア 広帯域離散 OFDM サブキャリア構成技術の開発
  - ・評価用送受信装置の試作・評価
  
- イ 広帯域離散 OFDM 干渉低減技術の開発
  - ・評価用送受信装置への干渉低減技術の実装・評価
  
- ウ ガードバンド幅削減による利用可能帯域拡大技術の開発
  - ・評価用送受信装置への本技術の実装・評価
  
- エ 既存システムに対する影響評価技術の開発
  - ・自他システム混在時の検出特性、影響評価特性の総合シミュレーション・評価

5. 実施期間

平成24年度から26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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平

成30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。

## <基本計画書>

移動通信システムにおける周波数の高度利用に向けた要素技術の研究開発  
～ マルチバンド・マルチモード対応センサー無線通信基盤技術の研究開発 ～

### 1. 目的

センサー無線通信については、IEEE802.11ah の国際標準規格の策定や業界団体 WiFi アライアンス等における相互接続性確立の議論が行われている他、農業システムやエネルギー管理等にも幅広く活用されることが期待されており、平成 26 年には IEEE においてセンサーネットワークシステムとして国際標準化される見込みである。このような中、我が国においても国際的な協調がとれていなかったセンサー無線通信用 900MHz 帯及び 60GHz 帯の両周波数帯について、平成 23 年に制度改正を行い、国際的な協調が可能な周波数帯としてきたところである。

また、国内では、スマートグリッドの導入が進められており、その中では、スマートメータの他、センサー無線通信を活用した家電製品のネットワークにより、電力供給の監視、制御を行うことが計画されている。また、クラウド環境構築においても、センサーネットワークは様々な用途が見込まれ、重要な役割を担うことが期待されている。このように今後、多種多様な利用が見込まれているセンサー無線通信は、利用が集中することが想定される 900MHz 帯や 2.4GHz 帯の周波数のトラフィックがさらに増大し、それらの周波数帯のひっ迫が危惧されている。

本研究開発では、これら帯域の周波数ひっ迫に対応するため、センサー無線通信として利用されることが想定される複数かつ広範囲の周波数や変調方式に対応して、簡易かつ柔軟に周波数や変調方式の変更が可能であり、かつ、高速伝送トラフィックを分散させるためにミリ波帯との協調を行うことが可能なセンサーネットワークシステム環境を実現することを目的とし、周波数を有効に活用したセンサー無線通信を実現するための基盤技術を確立する。

さらに、この基盤技術により、国内・国外の状況により、センサー無線通信の利用周波数を変更しなければならない場合においても柔軟に対応可能とし、当該分野において我が国が先導的にイニシアティブを進め国際標準化を通じて国際競争力を強化する。

### 2. 政策的位置付け

・ 新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ IT 立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約



70兆円の関連新市場の創出を目指す)」旨を記載

・新たな情報通信技術戦略（平成22年5月11日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

(2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

・成長戦略・国際戦略（家電懇談会 平成24年1月25日）

「今後の新たな重点成長分野の選定（Smart-ICTの戦略策定）」において、センサーネットワーク等を活用した大量データの収集・分析により新事業の創出が求められており、「重点成長分野であるICTをパッケージ化した新たな街づくりの実現」においては、センサーネットワークによるリアルタイムの情報収集が可能で高付加価値のサービスするシステムを実現し、クラウドサービスとセンサーネットワーク等を組み合わせてICTを活用した新たな街づくりを行うこととしている。また、Smart-ICTの戦略においては、ASEAN地域をターゲットとして進めるべきとしている。

#### 3. 目標

今後普及が見込まれるセンサー無線通信に対し、新たな周波数を割り当てることなく現在の周波数を有効に活用することで対応可能とするための基盤技術をスマートメータ等のセンサーネットワークが本格的に導入されると予測されている平成28年までに実現するため、以下の技術を平成26年までに実現することを目標とする。

- (1) 複数の周波数帯や変調方式に対応できるセンサー無線回路を構築するマルチバンド・マルチモード無線通信技術
- (2) マイクロ波帯以下の周波数逼迫に対して、400MHz～5GHz帯に加え、ギガビット級の伝送が可能となったミリ波帯を有効に活用するためのセンサー無線システム周波数協調技術
- (3) 低消費電力化を図りつつ小型化を可能とし、同一及び異種無線システム間における雑音低減・干渉抑圧するためのRF・ベースバンド信号処理最適化技術

これにより、今後、増大するセンサー無線通信のトラフィックに柔軟に対応することが可能となるほか、国内外の状況による周波数変更が簡易かつ柔軟に行える。また、開発する技術の国際標準化を通じて、我が国の国際競争力の強化を図る。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

本研究開発では、400MHz 帯、900MHz 帯、1.2GHz 帯、2.4GHz 帯及び 5GHz 帯の異なる信号帯域に対応したセンサー無線回路を構成するためのマルチバンド・マルチモード無線通信技術と、60GHz 帯の周波数を使用してギガビット級伝送が可能とされる近距離超高速データ通信を用いて、データトラフィックを効率的かつ安定的に最適なキャリア周波数に配分するためのセンサー無線システム協調技術、及び低消費電力化かつ小型化を可能としながらマルチバンド・マルチモード回路構成において生じる雑音低減・干渉抑圧により周波数利用効率を高めるための RF・ベースバンド信号処理最適化技術の研究開発を行う。

##### (2) 技術課題及び到達目標

###### 技術課題

###### ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

400～900MHz、1.2GHz、2.4GHz、5GHz 等複数の周波数を同一回路で汎用性高く構成するためには、現状の技術では、複数の周波数帯に対応したアナログ高周波回路、及び異なる変調方式に対応したアナログ、デジタルベースバンド回路構成を組み合わせ、さらには、各周波数に対応したアンテナを組み合わせるため回路構成自体が大型となり、消費電力も大きくなるため実用的システムとしては、大きな課題となっている。このため、回路の小型・低廉化を実現しながら、複数の周波数、変調方式に汎用的に対応するためのマルチバンド・マルチモード通信に適したセンサー無線回路共用化技術の研究開発を実施する。

###### イ. センサー無線システム周波数協調技術

ひっ迫するマイクロ波帯のトラフィックの緩和策としては、マルチバンド・マルチモード無線通信技術で実現される 400MHz～5GHz 帯の無線帯域に加え、IEEE802.11ad 及び WiGig アライアンスなどで策定された近距離超高速データ通信規格として実用化開発が進んでいる 60GHz 帯を加え、統合的に協調制御することが重要である。特に、ひっ迫するマイクロ波帯トラフィックの緩和を

実現するためには、蓄積される大量データの収集用途などの大容量伝送に対して 60GHz 帯の利用促進を利用することにより周波数の有効利用が図られることとなる。

このような伝送距離、伝送速度の異なる 400～900MHz 帯および 2.4、5GHz 帯(高速伝送を行う場合には、60GHz帯を追加)の無線制御回路として統合し、かつ協調制御をするにあたり、単純な切替動作では 100 ミリ秒程度かかるため、周波数切替時においては、パケットの欠落により周波数協調が取れない。特に、画像伝送のような高速伝送においては、伝送劣化によるパケットの欠落は大きな問題となる。このため、異なる周波数帯において、伝送品質を確保した上で安定的に最適なキャリア周波数に切り替えるために、通信中に、切り替え先の伝送品質を予測してパケットの欠落を最小限に抑え、高速に最適なキャリア周波数に切り替えられる高速・高品位のセッション切り替え技術の研究開発を行う。

また、上記データ通信時に加え、待受け時においても、不必要なトラフィックを送出せず、必要時のみ高速に所望の周波数帯回路を起動することで、トラフィック占有時間削減するためのウェイクアップ型無線待機・起動技術の研究開発を行う。

#### ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

IEEE802.11ah や IEEE802.15.4x など小電力センサー無線用として定義されている様々な無線規格に対応するためにはベースバンド帯域として広帯域(数kHz～数 MHz)に適応的に対応したベースバンド信号処理を行う必要があるが、従来のマルチモード無線システムでは、限られた複数の帯域幅のフィルタの切り替えによるものであり、所望の帯域幅より広い帯域幅のものが使用される場合が多く、不要な熱雑音の混入及び隣接チャンネルからの干渉波の混入による感度劣化が起き、国際標準規格への適応が困難となる。また、400MHz 帯、900MHz 帯近傍には多くの既存無線システムが稼動しており、既存無線システムに対する適切な被干渉、与干渉抑圧を確保する必要がある。このような受信感度劣化により生じる不必要な高い送信出力レベルのパケット放射や、隣接チャンネル妨害、また既存無線システムに対する被干渉、与干渉が要因となり、周波数利用効率を低下させることとなる。このため広帯域に適応的に対応し、隣接チャンネルを含む帯域外からの妨害波を適切に抑圧する RF・ベースバンド信号処理最適化技術の研究開発を行う。

## 到達目標

### ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

400MHz 帯、900MHz 帯、1.2GHz 帯、2.4GHz 帯、5GHz 帯を対象としたキャリア周波数、変調信号帯域、広帯域アンテナに対応したセンサー無線回路共用化技術によるマルチバンド・マルチモード無線回路技術を開発し、シングルバンドの無線専用回路で実現されている 400mm<sup>2</sup>(20mm 角)程度と比べ、同等の大きさで、マルチバンド・マルチモード無線回路を実現し、小型のセンサーノード端末を含む、様々な機器への搭載を促進することを目標とする。

### イ. センサー無線システム周波数協調技術

#### (a) 高速・高品位のセッション切換え技術

400～900MHz 帯のトラフィックを 2.4、5GHz 帯に効率的に移行し、さらに高速伝送を行う場合においては 2.4、5GHz 帯のトラフィックを 60GHz帯に効率的に移行する周波数協調制御技術を確立する。切替えには、移行先の周波数帯の伝送品質を予測しながらパケット欠損の少ない高品位の伝送品質を確保しながら、切替え時間としては伝送遅延時間として無視できる10ミリ秒以下を目標とする。

このように、ひっ迫する周波数帯のトラフィックを他の周波数帯(高速伝送の場合は 60GHz 帯)へ高速に移行する技術により、現在のセンサーネットワークシステムの利用状態における周波数利用率を向上させ、今後増加するセンサーネットワークシステムの周波数有効利用を図ることを目標とする。

#### (b) ウェイクアップ型ミリ波無線待機・起動技術

センサー無線において待受け時間時の電力を送信時電流:20mA 以下、受信時電流:10mA 以下の低消費電力で実現し、センサー無線とミリ波無線システムを協調させることにより、ミリ波帯無線システムの待ち受け時通信時のトラフィック占有時間を 1/20 程度まで削減することを目標とする。

### ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

アの回路においても専用ベースバンド信号処理回路と同等の雑音低減・干渉抑圧を実現しつつ、国際標準規格である IEEE802.11ah もしくは IEEE802.15.4x等の複数規格として広帯域(数kHz～数 MHz)のベースバンド帯域幅にプログラマブルに対応可能なマルチモード対応適応ベースバンドフィルタ技術を開発する。送信フィルタは標準規格毎に定義されるスペクトルマスクに適応し、受信フィルタは変調方式、帯域幅に適応的に対応し、受信 S/N 比が常に最大となるような適応ベースバンドフィルタ技術を実現する。

また、既存無線システムとの被干渉及び与干渉を抑圧するマルチバンド対応適応 RF フィルタを開発し、マルチモード対応適応ベースバンドフィルタによる抑圧特性とあわせて、隣接チャネル妨害 10dB(キャリア対干渉雑音比)、次隣接チャネル妨害 30dB(キャリア対干渉雑音比)を超える被干渉特性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、以下の例を想定している。

<例>

平成 24 年度

ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 400MHz～5GHz までに対応したセンサー無線回路共用化技術に基づく、マルチバンド・マルチモード無線アーキテクチャの基本設計
- ・ 上記基本設計に基づく、400MHz～900MHz までのマルチバンド・マルチモード対応センサー無線回路共用検証用要素ブロックの試作による低消費電力性能を実証

イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 400MHz～5GHz に加え、60GHz までの各バンド、各モード毎の解析環境を統合し、協調動作を含むシステム動作を模するシミュレーション環境を整備
- ・ 2.4GHz、5GHz 及び 60GHz 帯システムを想定し、相互の協調による伝搬推定アルゴリズムの基本設計と有効性の実証
- ・ 平成 25 年度以降に実証するための実証装置の基本設計及び一部試作
- ・ ウェイクアップ型センサー無線における待受け用受信シーケンスの開発及び待受け時低消費電力の見極め

ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 研究課題イで整備される統合シミュレーション環境に加え、既存システムからの被干渉を模するシステムシミュレーション環境の拡張
- ・ マルチモード対応適応ベースバンドフィルタを実現するベースバンド信号処理最適化アルゴリズムの基本設計
- ・ マルチバンド対応適応 RF フィルタを実現する RF 信号処理最適化アルゴリズムの基本設計
- ・ RF・ベースバンド信号処理要素回路の設計、試作による有効性実証

## 平成 25 年度

### ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 平成 24 年度に試作した、回路検証用要素ブロックの評価結果に基づき、400MHz から 5GHz 帯までの全バンドに対応した、マルチバンド・マルチモード無線通信のシステム設計。
- ・ 上記マルチバンド・マルチモードに対応した無線システムについて、平成 24 年度に試作した回路ブロックまたは FPGA を活用し基本動作を検証
- ・ 400MHz から 5GHz 帯までの全バンドに対応した、センサー無線回路の試作により、共用化回路の汎用性を実証
- ・ 試作した共用化回路に適応した広帯域アンテナのシステム設計

### イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 2.4GHz、5GHz 帯における無線 LAN システム、60GHz帯における超高速近距離無線システムを協調制御する FPGA 等による協調制御アルゴリズムを実装した実証試験装置の開発
- ・ 上記実証試験装置を用いた実伝搬実験による伝搬路推定アルゴリズムの有効性の実証
- ・ ウェイクアップ型センサー無線における待受け用受信シーケンスの回路試作による低消費電力待受け及び高速起動性能の見極め

### ウ 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 平成 24 年度のシミュレーション及び試作、評価結果に基づき、雑音低減・干渉抑圧機能を付加した、マルチモード対応適応ベースバンドフィルタ回路及びマルチモード対応適応 RF フィルタの試作、評価による RF・ベースバンド信号処理最適化技術の有効性実証
- ・ アの研究開発成果と統合した実証実験に向けた、基本設計及び一部試作。

## 平成 26 年度

### ア. マルチバンド・マルチモード無線通信技術

- ・ 広帯域アンテナを試作し、平成 25 年度までの試作、評価結果を反映し、400MHz～5GHz まで統合的に対応した超低消費電力のマルチバンド・マルチモード無線通信システムの試作、実証を実施
- ・ 無線通信回線からモード選択や運用パラメーターを設定するプログラムのダウンロード機能を上記通信試験装置に組み込んだマルチバンド・マルチモード無線機能の検証

#### イ. センサー無線システム周波数協調技術

- ・ 400MHz もしくは 900MHz の 1GHz 帯以下におけるセンサー無線や 2.4GHz、5GHz 帯における無線 LAN システム、60GHz 帯における超高速近距離無線システムなどを統合的に実装したマイクロ波・ミリ波協調システム実証試験装置の開発と実伝搬による実証実験により、マイクロ波帯トラフィックのミリ波へ移行するアルゴリズムの有効性を実証
- ・ 待受け用受信シーケンスを実装したウェイクアップ型センサー無線とマイクロ波・ミリ波帯無線システムを連携した、統合的なマイクロ波・ミリ波協調システムの実証実験を実施し、占有時間の 1/20 程度までの削減効果を実証

#### ウ. 雑音低減・干渉抑圧するための RF・ベースバンド信号処理最適化技術

- ・ 平成 25 年度までに実証した RF・ベースバンド信号処理最適化技術と研究課題ア)のマルチバンド・マルチモード無線通信技術を統合した実証実験装置により、専用回路によるマルチバンド・マルチモード無線と比して同等の雑音低減、干渉抑圧性能を低消費電力で実現できることを実証する。

### 5. 実施期間

平成 24 年度から平成 26 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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 28 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。



# ＜基本計画書＞

## 次世代衛星放送システムのための周波数有効利用促進技術の研究開発

### 1. 目的

我が国では、デジタル放送が広く普及しており、衛星放送に割り当てられている12GHz帯の周波数（11.7～12.2GHz）において、ハイビジョン映像や5.1chサラウンド音声などが提供されている。一方、将来の放送サービスでは、ハイビジョンを超える超高精細映像、5.1chサラウンドを超える3次元音響などが期待されており、大容量信号を家庭に提供する伝送路が必要となる。

衛星放送は、一つの静止衛星から全国をカバーできる放送メディアであり、大容量信号を家庭に向けて提供するのに適した伝送路であることから、今後、将来の放送サービスの実現に向けては、衛星放送に割り当てられている21GHz帯の周波数（21.4-22.0GHz）の利用が期待される。

しかしながら、21GHz帯衛星放送システムは既存の12GHz帯衛星放送システムと比較して、降雨による電波減衰が大きいいため、21GHz帯衛星放送システムの実現に向けては、送信電力の高出力化が必要である。また、近接する周波数帯（22.21-22.5GHz）に割り当てられている電波天文との両立性を確保するため、近接周波数帯への不要発射を十分に抑制することが必要である。

21GHz帯衛星放送システムを、既存の衛星放送で用いられている鏡面修整アンテナで高出力化を図る場合、一つの給電ホーンから放射する構成であるため、狭い導波管に高い電力がかかることによる高周波放電の問題がある。また、現行のデジタル放送を超える高度な放送サービスの提供を実現するためには、既存の衛星放送で使用されている数十MHzの信号伝送と比較して、数倍以上の帯域を有する数百MHzの信号伝送が必要である。

このため、本研究開発では、降雨による電波減衰（降雨減衰）の増大を考慮した高出力化に対応し、かつ、高度な放送サービスの提供に向けた数百MHzの信号伝送を行いながら帯域外不要発射を急峻に減衰することで近接する周波数帯に割り当てられている電波天文の適切な保護を可能とする、21GHz帯衛星放送システムの実現を目指し、周波数の有効利用に資することを目的とする。

本研究開発により、周波数の有効利用を促進するとともに、当該技術の国際標準化を通じて、無線通信分野における我が国の国際競争力の強化を図る。

### 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成22年6月閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略～IT立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約70兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

##### (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

###### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

###### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

- ・電波政策懇談会報告書（平成 21 年 7 月 総務省）

#### 第 6 章「電波を活用した新産業の創出に向けて－電波新産業創出戦略」

電波新産業創出プロジェクト実現に向けた研究開発として、超高精細映像を一般家庭へ配信するための有効な手段の一つとして、衛星放送が期待されていることから、必要な周波数帯幅及び国際分配を考慮し、超高精細映像伝送に適したデジタル放送周波数帯として、21.4GHz-22GHz を候補として配分を検討することが適当である。

- ・周波数再編アクションプラン（平成 23 年度改訂版）（平成 23 年 9 月 総務省）

5. 85GHz 超における今後取り組むべき課題として、「21.4～22GHz 帯を利用した衛星放送システムの導入を図るため、他国との国際調整を進める」旨を記載。

- ・次世代放送技術に関する研究会報告書（平成 19 年 6 月 総務省）

#### 第 4 節「高臨場感放送の実現」

##### 1. 超高精細・高視野映像

超高精細映像伝送を実現するための技術課題の一つとして、「将来、広帯域性を利用してより高品質な伝送が可能な 21GHz 帯を使った衛星放送による超高精細映像の放送サービスを実現するためには、降雨減衰により受信不能になることを極力回避するための送受信方法を開発する必要がある。」旨を記載。

### 3. 目標

我が国の次世代衛星放送として期待されている 21GHz 帯衛星放送システムを実現するための基盤技術として、既存の衛星放送周波数（12GHz 帯）よりも降雨減衰が大きい 21GHz 帯においても、降雨地域に対して良好な映像伝送を継続するための技術を確立するとともに、近接する周波数帯における電波天文を適切に保護するため

の帯域外不要発射を減衰し、ガードバンドを縮小する技術を確立することにより、衛星放送用周波数の有効利用に資することを目標とする。さらに、これらの確立した技術の実証を行い、確立した技術の国際標準化に向けた取り組みを行うことを目標とする。

#### 4. 研究開発内容

##### (1) 概要

本研究開発においては、我が国の次世代衛星放送として期待されている 21GHz 帯衛星放送システムを実現するための基盤技術として「広帯域急峻フィルタ技術」および「アンテナパターン可変技術」の確立を行う。

また、実証実験を行うことで、確立した技術の有効性を確認する。

##### (2) 技術課題および到達目標

###### 技術課題

###### ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発

次世代衛星放送システムの実現が期待されている 21GHz 帯 (21.4-22 GHz) に近接する周波数帯 (22.21-22.5 GHz) は、電波天文業務に割り当てられている周波数である。電波天文では、天体からの非常に微弱な電波を受信し、観測を行っているため、電波天文を適切に保護するためには、電波天文帯域における 21GHz 帯衛星放送システムの不要発射を十分に抑制する必要がある。一方、次世代衛星放送において、現行のデジタル放送を超える高度な放送サービスの提供を実現するためには、従来の衛星放送で使用されている数十 MHz の信号伝送と比較して、大幅に広い帯域を有する数百 MHz の信号伝送が必要である。

そのため、近接する周波数帯への不要波を急峻に減衰させ、電波天文の適切な保護に必要となるガードバンドを縮小することにより、21GHz 帯衛星放送周波数を有効利用し、高度な放送サービスの提供に向けた数百 MHz の信号伝送を実現するためのフィルタ技術を確立する。

なお、増幅器としては、現時点において、21GHz 帯の高い周波数で高出力かつ高効率の動作が期待できることから、進行波管 (TWT) を想定する。

###### イ アンテナパターン可変技術の開発

21GHz 帯は、現行の衛星放送周波数帯 (12GHz 帯) より降雨減衰が大きいいため、12GHz 帯よりも大きな送信電力が必要である。従来、12GHz 帯衛星放送で用いられている鏡面修整アンテナで高出力化を図る場合、一つの給電ホーンから放射する構成であるため、複数の増幅器出力を合成した場合における合成器の損失による効率の低下、狭い導波管に合成後の高い電力がかかることによる高周波放電などの耐電力の問題がある。

そのため、衛星において増幅器出力を空間で合成することにより、耐電力の問題を回避しつつ高出力化を可能とし、同時に、アンテナパターンを整形して

日本のサービスエリアを効率よく照射する技術を確立する。さらに、空間合成する増幅器出力の信号を適切に調整することで、降雨減衰が生じている地域や小型の受信アンテナしか設置できないような状況にある被災地域に対して大きな送信電力で照射しつつ、他の地域には一定の送信電力で照射することで放送サービスの受信状況の改善を可能とするアンテナパターン可変技術を確立する。

#### 到達目標

##### ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発

フィルタ技術の開発にあたっては、勧告 ITU-R B0.1776 で規定されている 21GHz 帯衛星放送システムの最大電力束密度 ( $-105\text{dB(W/m}^2\cdot\text{MHz)}$ ) で照射した場合においても、ITU 無線通信規則 決議第 739 号で規定されている電波天文を保護するための最小しきい値以下となるよう、21GHz 帯衛星放送からの電波天文帯域における不要発射を 65dB 以上抑制することを目標とする。

また、超高精細映像や非常災害情報等の提供を行うための大容量伝送を想定した 300MHz 級の広帯域信号に対応するため、約 300MHz を 1dB 程度の低損失で通過させることを目標とする。

##### イ アンテナパターン可変技術の開発

多数の放射素子アンテナ並べて構成したアレー給電部と反射鏡を組み合わせたアレー給電反射鏡アンテナを構築することで、日本のサービスエリアに効率よく電力を集中しつつ、各放射素子から放射される信号を空間で合成する技術（空間合成アンテナ技術）を確立する。

また、確立した空間合成アンテナ技術を用い、各放射素子アンテナの給電信号を調整することで、送信アンテナパターンを整形し、日本全国を一定の電力で放射しつつ、降雨エリア等の特定地域のみへの放射電力を増大させるアンテナパターンを形成する技術（増力ビーム形成技術）を確立する。

これらの技術を組み合わせたアンテナパターン可変技術を開発することにより、従来の衛星放送よりも高い送信出力が必要な 21GHz 帯衛星放送であっても、耐電力性問題を回避するとともに、日本全国を一定の電力で放射し、必要に応じて、特定地域へのみの放射電力を増大させることを可能とすることを目標とする。

確立した上記アおよびイの技術については、実証を行い、性能評価を行う。

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。

(例)

<平成 24 年度>

ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発

- ・300MHz 級の広帯域信号を劣化なく伝送するための帯域内通過特性や電波天文帯域への不要発射を保護するための帯域外減衰特性を有する出力フィルタを検討し、試作を行う。
- ・スペクトルリグロースによる帯域外不要波の評価に向け、宇宙環境試験を想定した増幅器の設計や 300MHz 級広帯域変調器の設計・試作を行う。

イ アンテナパターン可変技術の開発

- ・宇宙環境試験を想定したアレー給電反射鏡アンテナに関して、計算機シミュレーション等により空間で電力を合成するために必要となるアンテナ構成を検討し、反射鏡、アレー給電部を構成する放射素子、放射素子への給電信号を調整するビームフォーミングネットワーク（BFN）の設計を行う。

<平成25年度>

ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発

- ・平成24年度に設計した増幅器を試作し、電気性能評価を行う。
- ・広帯域信号の伝送特性評価に向け、300MHz 級広帯域変調器に対応する広帯域復調器の設計・試作を行う。

イ アンテナパターン可変技術の開発

- ・平成24年度に設計した反射鏡、放射素子、BFNを試作し、各々の電気性能評価を行う。

ウ 総合試験

- ・衛星構体への据え付けを想定し、多数の放射素子で構成するアレー給電部支持構造を検討し、設計を行う。

<平成26年度>

ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発

- ・宇宙環境での動作を確認するため、出力フィルタおよび増幅器を真空環境下に設置し、300MHz 級広帯域変調器および広帯域復調器により、温度を変動させた場合の帯域外抑圧特性および伝送特性評価を行う。

イ アンテナパターン可変技術の開発

- ・アレー給電部およびBFNを組み合わせて一次放射器を試作し、アンテナパターンなどの電気性能評価を行う。

ウ 総合試験

- ・平成25年度に設計したアレー給電部支持構造を試作する。

<平成27年度>

ア 広帯域急峻フィルタ技術の開発（前年度に終了）

イ アンテナパターン可変技術の開発

- ・平成25年度に試作した反射鏡と平成26年度に試作した一次放射器を組み合わせてアレー給電反射鏡アンテナを試作し、アンテナパターンなど電気性能評価を行う。
- ・アレー給電反射鏡アンテナの電気性能評価結果を踏まえて、計算機シミュレーションにより、アンテナパターン可変技術の検証・評価を行う。

ウ 総合試験

- ・300MHz級広帯域変調器および広帯域復調器とアレー給電反射鏡アンテナを組み合わせて、アンテナパターン可変時の伝送信号への影響評価を行う。

5. 実施期間

平成24年度から平成27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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成32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。

# ＜基本計画書＞

## 周波数の有効利用を可能とする協調制御型レーダーシステムの研究開発

### 1. 目的

現在、気象用レーダーは、自らが送信した電波の反射波を自らが受信する「モノスタティック方式」と呼ばれるシステムが一般的に運用されている。このシステムにおいて精度の高い立体的な観測を行うためには、複数方向から同じ対象物を観測することが重要であるが、そのためには、従来どおりの送信電力のレーダーを密に配置するか、又は従来どおりの配置でレーダーの送信電力を大きくして観測可能なエリアを重ね合わせる必要があり、いずれにしても利用周波数の増加が必要となる。

気象用レーダーは、気象庁が全国網として設置（5GHz帯）しているほか、一部の大規模な自治体や国交省、民間気象会社などが地域の比較的小さい領域の高精度観測のために設置（9GHz帯）している。近年のゲリラ豪雨対応など地域の防災意識の高まりから、自治体を中心に9GHz帯気象レーダーの設置ニーズが増加しており、今後10年程度でレーダー用周波数が逼迫することも予想される。

このレーダー用周波数の逼迫課題に対応する手段として、「マルチスタティック方式」がある。

マルチスタティック方式とは、あるレーダーが送信した電波の側方散乱を他のレーダーでも受信するシステムであり、一つの送信局と多数の受信局で構成される。このシステムでは、精度を向上させるために全てのレーダーで送信を行う必要がないため、立体観測を行う場合でも、モノスタティックレーダーでは2又は3の周波数が必要となるところが1つの周波数だけで済むなど、送信局数の大幅な削減による周波数の有効利用及びレーダー機器のコストダウン（一般に送信機能は受信機能に比べて高コスト）が可能となる。

ただし、このシステムを実現するためには、送信局と受信側の各レーダーを同期させて制御し、それぞれのレーダーの指向方向を動的に変化させつつ、送信側のレーダーから発射された電波が当たっているポイントに瞬時に焦点を合わせる技術が不可欠となる。

そのため、本研究開発では、各レーダーを同期させて制御するための「レーダー協調制御技術」とレーダーの指向方向を動的に変化させ瞬時に焦点を合わせる「二次元デジタルビームフォーミング（DBF）技術」の研究開発を実施し、周波数の有効利用を可能とするレーダーシステムの実現に向けた取組みを推進する。なお、二次元DBF技術では、レーダーの機械駆動が不要となるため、レーダーのメンテナンスに係る負担の軽減も期待できる。

以上により、レーダー用周波数の有効利用や機器のコストダウンを実現させ、



気象観測用高性能レーダーの普及を促進することにより、国民の利便性の向上や安心安全な国民社会の実現を図るとともに、当該分野における我が国の国際競争力を強化する。

## 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

- ・「科学技術に関する基本政策について」見直し案（平成 23 年 6 月 14 日 総合科学技術会議）

### Ⅲ. 我が国が直面する重要課題への対応

#### 2. 重要課題達成のための施策の推進

- (1) 安全、かつ豊かで質の高い国民生活の実現

「国として、大規模な自然災害の発生に際し、人々の生命と財産を守るための取組を着実に進めていく必要がある」旨を記載

i) 生活の安全性と利便性の向上において、「自然災害をはじめとする様々な災害等から、人々の生活の安全を守る」ため、「地震、火山、津波、高波・高潮、風水害、土砂災害等に関する調査観測や予測、防災、減災に関する研究開発を推進する」旨を記載

- ・研究開発マップ（平成 23 年 7 月 7 日 情報通信審議会情報通信政策部会研究開発戦略委員会）

国として今後取り組むべき研究開発課題の一覧

- (4) 東日本大震災を踏まえた復興・再生、災害からの安全性向上への対応

② 災害の状況を遠隔からリアルタイムに把握・蓄積・分析等を可能とするセンサーネットワーク

### 3. 目標

9 GHz帯において、マルチスタティック方式レーダーシステムの主要機能となるレーダー協調制御技術及び二次元DBF技術の研究開発を実施し、レーダー用周波数の有効利用を可能とする協調制御型レーダーシステムの実現を目指す。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

9 GHz帯において、協調制御型レーダーシステムの主要機能となるレーダー協調制御技術及び二次元DBF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 レーダー協調制御技術の開発

複数レーダーの送信ビーム、受信ビームを統合的に制御するためには、以下の技術の確立が必要となる。

- ・ レーダー同期技術  
各レーダーを高い時間精度で同期する技術
- ・ レーダーへの送受信パターンの割付・制御技術  
各レーダーに最適な観測シーケンス等を割り付け、制御する技術
- ・ レーダー受信データの統合・分析技術  
観測されたデータを統合・分析し、三次元ボリュームデータや速度ベクトルを算出する技術

##### イ 二次元DBF技術の開発

レーダーのアンテナパターンを動的に最適化するためには、以下の技術の確立が必要となる。

- ・ アンテナパターン最適化形成技術  
アンテナパターンを任意に形成するために各レーダー素子を電子制御する技術
- ・ 小型・低廉なレーダーアンテナの開発  
位相制御により任意のアンテナパターンを瞬時に形成可能な小型・低廉なレーダーアンテナの開発

##### 到達目標

##### ア レーダー協調制御技術の開発

「レーダー同期技術」においては、GPS (Global Positioning System) 電波や高速回線を用いて、ドップラー観測を実現するための速度誤差 1 m/s 以下に相当する精度での位相同期、各レーダーの観測位置合わせを正確に行うための 1

マイクロ秒以下の精度での時刻同期、各レーダーの観測データを統合処理するための10秒以下の遅延時間での処理同期を実現可能とする方法について検討を行い、この検討を基に用いるGPSや高速回線への要求条件を明確にした上で、各レーダー間においてこれらの同期を実現する技術の開発及び同期装置の試作を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

「レーダーへの送受信パターンの割付・制御技術」においては、気象状況に応じた最適な高精度観測を行うため、送受信ビームの電子走査を前提に、観測される気象現象を自動的に判別し動的に運用シーケンスを最適化させるアルゴリズムの開発を行う。また、マルチスタティックシステムでは、受信局は送信局の送信方向と送信タイミングを事前に把握し、側方散乱が受信局に到達するタイミングに到達する方向に向けて受信ビームを形成する必要があることから、システム全体の動作を集中的に管理し各レーダーの観測シーケンスと送受信パターン等を動的に割り付け・制御する技術の開発を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

「各レーダーの受信データの統合・分析技術」においては、各レーダーで検出された受信強度やドップラー速度などの観測データを補正しデータの品質向上を図るとともに、これらのデータを統合的に解析し、短時間に精度の高い三次元ボリュームデータの生成及び二次元又は三次元の数値ベクトル（風向・風速）の算出を可能とする技術の開発を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

#### イ 二次元DBF技術の開発

「アンテナパターン最適化形成技術」においては、最適化されたアンテナパターンを任意に形成するために、各レーダー素子を電子制御する技術を開発する。これにより、例えば、三次元空間の高速観測のために、比較的広い範囲に送信ビームを送信し、複数の受信ビームを同時かつ高精度に受信することも可能となる。

「レーダーアンテナの開発」においては、電子的な位相制御により一瞬で送受信方向の切り替えを可能とするレーダーアンテナの実現に向け、その基本単位となるレーダーセルを開発する。

開発に当たっては、最小単位部品として、小型アンテナとレーダーの基本機能（送受信、周波数変換、デジタル化機能）が一体となったレーダー素子を開発し、この素子を複数組み合わせることでレーダーセルを構成するとともに、実運用環境を想定した条件下での動作確認及び性能評価を行う。

なお、レーダーアンテナは、このレーダーセルを複数組み合わせることで構成し、上

記アのレーダー協調制御を実現するためのインターフェースを具備するものとする

二次元アクティブフェーズドアレイレーダーのアンテナ部は、膨大な数のレーダー素子を二次元的に並べることになり、それぞれのレーダー素子には送受信、周波数変換、デジタル化の機能を持たせることが必要となるため、従来の技術でこれを実現するためには、大量のモジュールを組み合わせるしか手段がなく、大型で高額なシステムとならざるを得なかった。

本研究開発では、送受信、周波数変換、デジタル化の機能について、これまでのレーダーでは実現していなかった通信機器レベルの集積化を行うことで、小型・低廉なレーダーの開発を目指す。

また、実際のレーダーには、必要なアンテナ利得や送信出力に様々なバリエーションが存在するが、それらのニーズにはこのレーダーセルを必要枚数組み合わせることで対応できることとなる。これにより少量多品種の製品群に対して、効率的な大量生産で対応することができ、量産効果によるローコスト化が期待できる。

加えて、これらの技術を用いることにより、現在のMPレーダー相当の観測能力（参考参照）を有し、60km遠方で1mm/h以下の降雨を観測できる感度を維持した上で、二次元DBF技術による10方向以上の同時処理が可能なレーダーシステムを実現することも可能となる。

このレーダーシステムについては、送受信機能を有する場合には現行のレーダーと同程度、受信機能のみの場合には現行の1/10程度の水準の価格での実現を目指す。

（参考）MPレーダーの性能

- ・ 空中線利得42dBi以上
- ・ 送信電力500W以上
- ・ DBF処理後の等価最小受信感度-107dBm以下

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。

（例）

<平成24年度>

ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ ローコストでレーダー間の同期を実現するための方式の検討
- ・ 気象現象に応じた運用シーケンス最適化アルゴリズムの検討
- ・ レーダーシステム集中制御手法の検討
- ・ 三次元ボリュームデータ生成及び速度ベクトル算出アルゴリズムの検討

- ・ 同期機能の部分試作、性能評価

#### イ 二次元DBF技術の開発

- ・ 現業の気象観測用レーダーの機能及びシステムの分析
- ・ レーダーアンテナの基本単位となるレーダーセルの概念設計
- ・ レーダーの基本機能の実現に必要な要素技術の開発

#### <平成25年度>

##### ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ 前年度の検討結果を踏まえたレーダー協調制御のためのシステムの設計
- ・ レーダー協調制御機能を検証するための評価装置の開発

#### イ 二次元DBF技術の開発

レーダー素子の製作のために以下の開発を行う。

- ・ 小型アンテナ部の試作、性能評価
- ・ 送受信部の試作、性能評価

#### <平成26年度>

##### ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ 前年度に設計したシステムの評価装置によるレーダー協調制御機能の動作検証、性能評価

#### イ 二次元DBF技術の開発

- ・ レーダーセルの試作、性能評価
- ・ マルチスタティックレーダーを構成する際に必要な基本機能の動作確認、性能評価

## 5. 実施期間

平成24年度から26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」及び平成30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。

### (3) 実績等

本研究開発を進める上で基盤となりうる保有技術があれば、開発実績、製品化実績等を提案書に記載すること。

また、本件と類似の研究開発において実際に普及に結びつけた実績があれば、その際の普及啓蒙活動への取り組み及び現時点での普及状況について具体的に記載すること。

# ＜基本計画書＞

## 未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 ～ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク構築のための 周波数高度利用技術の研究開発 ～

### 1. 目的

近年、タブレット PC やスマートフォン等の高性能で多機能な携帯無線通信端末が爆発的に普及しつつあり、国内市場における平成 23 年度のスマートフォン出荷台数は前年比 2.3 倍の 1,986 万台と予測され、携帯電話の総出荷台数の約 5 割を占める見込みとなっている。

これらの端末は、超高速 CPU や負荷の大きいプログラムを搭載せず、消費電力を低減して持ち運びを容易にしているところが大きな特徴である。このような端末は、接続されたネットワークの先に超高速・超大型のコンピュータが接続され、必要な時に情報を端末にダウンロードし、必要な時にネットワークの先のコンピュータに計算させ、必要なときデータをアップロードするクラウド的なシステムの利用が前提となっているが、ユーザーがネットワークの先に接続された大型コンピュータを全く意識せず各自の端末を利用可能とするためには、ユーザーが場所等を問わず大容量の情報を極めて短時間にネットワークからダウンロード／アップロードする環境が必要とされる。このため、ネットワークと端末間を超高速かつ低消費電力で接続するワイヤレスアクセスネットワーク※が必須となる。

※ ここで用いる「アクセスネットワーク」とは、光ファイバ等の幹線通信網から分岐してユーザーの端末へ至る通信網を指す。

現在、このような無線ネットワークとしては、マイクロ波帯以下を使用する携帯電話や WiMAX 等の既存のブロードバンドアクセスの周波数利用効率を向上させることにより対応しているが、スマートフォン等の普及に伴う移動通信システムのトラヒックの爆発的な増大（平成 23 年 12 月現在のデータ通信トラヒックは 181.3Gbps であり、平成 22 年 12 月のトラヒック 82.2Gbps から 1 年で約 2.2 倍に増加）による周波数ひっ迫が深刻化していることから、周波数のひっ迫度の比較的低いミリ波帯へのデータオフロードを早期に実現する必要がある。このため、ユーザーの端末へ近距離で瞬時かつ確実に大容量のデータを伝送する無線システム（無線アクセスゲート）等の近距離系ミリ波無線システム、並びに柔軟に配置される近距離系システムを結び、バックボーンとなる幹線通信網に接続するための中距離系ミリ波無線システムによる無線アクセスネットワーク構築技術の確立が求められている。

これらの技術の確立により、ユーザーの端末に近いアクセス系で発生する大容量のトラヒックをミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークに迂回させ、携帯電話や WiMAX 等の既存システムの周波数のひっ迫を緩和するとともに、ミリ波帯の利用促進による周波数有効利用を図ることが期待できる。

## 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

## 3. 目標

スマートフォンやタブレット PC 等の高性能・多機能な携帯無線通信端末の普及に伴い、データ通信を中心とする急激なトラフィックの増加が既存の移動通信システムにおける周波数ひっ迫の大きな要因となっていることを踏まえ、携帯無線通信端末からインターネット網への接続（アクセス系）で発生する大量のトラフィックの一部を周波数ひっ迫度の比較的低いミリ波帯へ迂回させるため、ギガビット超級の伝送速度を有するミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークを構築するための周波数高度利用技術を確立する。

## 4. 研究開発内容

### (1) 概要

ミリ波帯でしか実現できない高速伝送技術を用いたワイヤレスアクセスネットワークの構築に資するため、数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な低消費電力の携帯端末、ユーザー端末との間で瞬時に大容量データ伝送を行うための無線アクセスゲート、稠密に設置された無線アクセスゲートをメッシュ状に結んで基幹通信網に接続する小型軽量で設置が容易な中距離無線システム、並びに構築したワイヤレスアクセスネットワークの信頼性を維持するための運用技術等を開発する。

なお、ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークの構築を実現するためには、開発した技術を搭載するミリ波帯無線機器の普及・展開が必須になることから、



各技術の研究開発に当たっては、実装の容易性及び製品化の際の生産性（歩留りの向上、低廉化等）を十分に考慮しておく必要がある。

また、複数ユーザーの携帯端末を収容した場合等に個々の無線アクセスゲートにトラヒックが集中的に発生することが予想されるため、無線アクセスゲートを稠密に設置し、ワイヤレスアクセスネットワークを構築する上では、局所的に発生する大量のトラヒックをネットワーク全体で負荷分散して収容することにより、個々の回線容量を超過させることなく効率的に基幹通信網と接続する機能を具備する必要がある。したがって、無線バックホール回線として利用する中距離無線システム及び無線ネットワークの高信頼性を確保するための運用技術については、求められる機能要件を精査しつつ、無線アクセスゲート及び携帯端末と一体的に開発することが必須であり、研究開発の最終段階では、これらを組み合わせた統合実証実験を実施することにより、ワイヤレスアクセスネットワークとしての機能性及び有効性を評価・検証する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発  
数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な低消費電力の携帯端末、駅等の公共スペースや家庭内に設置され、ユーザーの持つ携帯端末との近距離間で瞬時に大容量データ伝送を行うための無線アクセスゲートが必要となる。

携帯端末については、価格が安く、軽くて持ち運びが便利で、電池が長持ちすることが求められることから、携帯端末に備える機能はなるべく簡素化、量産可能なものでなければならない。近年のミリ波無線機器は、シリコン技術の適用により、安価で低消費電力の方向へ向けて動き出しているが、安い、軽い、電池の長持ち等を重視するがゆえに基本的な変復調特性、例えば、I/Q バランスや帯域内平坦性、周波数特性、直線性等の特性については、低い周波数帯の無線機器に比べて必ずしも安定的とはいえず、信頼性や検査の容易性等の量産性の面で依然として課題があるため、このような特性を補償しつつ、無線特性や生産性を高める必要がある。また現状、家庭内の高精細映像伝送等に用いられる 60GHz 帯無線システムの誤り訂正後の最大データ伝送速度は約 3Gbps であるが、USB (Universal Serial Bus) や SATA (Serial Advanced Technology Attachment) 等の高速な汎用インターフェースを具備するユーザー端末によるストレスな無線アクセスを実現するためには、誤り訂正後の最大データ伝送速度 6Gbps 以上が必要となる。このような高速な無線環境下では、伝送信号の信号対雑音比が劣化しやすいため、厳しい環境下でも安定した無線伝送を行うことのできる高利得な誤り訂正機能を持つベースバンド信号処理技術が求められる。

一方、無線アクセスゲートについては、ミリ波の物理的性質を踏まえ、欠点を補いつつ特長を生かすための技術として、携帯端末側の変復調特性や伝播路

の不完全性を補正する技術、既存の無線システム等を活用して携帯端末接近時の瞬間的なアクセス接続を安定かつ確実なものとする技術、適切な通信ゾーンを近接形成する高度アンテナ技術等の搭載が求められる。

本研究開発では、これまでの研究開発成果も踏まえ、数ギガバイトの大容量データを短時間で伝送可能な 60 GHz 帯を前提とし、ミリ波帯におけるシリコン CMOS 無線機の特性をマイクロ波帯以下の無線機が持つ高品質な水準まで高めることを目的として、自律的な性能補償やセルフテスト等の高度インテリジェンス性を備えたミリ波帯 RF フロントエンド・ベースバンド CMOS 集積回路の開発を行い、60GHz 帯において近距離でギガビット超級の伝送速度を実現する低消費電力の携帯端末及び無線アクセスゲートシステムを実現する。

#### イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

公共スペース等に設置された無線アクセスゲートを基幹通信網に接続するためには、幹線通信網のノードと無線アクセスゲートとの数 km 間を柔軟に接続することが可能で、かつ小型軽量で設置が容易な超高速中距離無線システムが必要となる。また、稠密に設置された無線アクセスゲートをカバーするためには、メッシュ状の無線ネットワーク構成が想定され、限られた周波数資源の中で周波数の利用効率を可能な限り高めることが求められる。

本研究開発では、前述の要求を満たすギガビット級の伝送速度で数 km を安定して伝送することが可能な 40GHz 帯を前提に、従来検討されてきた TDD 方式と比較し、周波数の利用効率を倍増させることが可能な同一周波数・同一偏波による同時双方向通信方式を用いた中距離無線システムを開発する。なお、当該システムは、無線ネットワーク構成の自在性・簡便性を確保するため、ミリ波無線の特徴を最大限に生かし、小型かつ軽量で設置の自由度が高く、高利得で鋭い指向性のアンテナを有していることが求められる。

#### ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

ア項及びイ項で開発するシステムを用いてミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークを構築するには、その高速性、非干渉性などミリ波帯の特長を生かすとともに、トラヒックの負荷集中状況や局地的な豪雨による降雨減衰など伝搬環境の影響を回避・軽減し、無線ネットワーク自体及びユーザー端末への伝送の両面での信頼性を高い確率で維持するネットワークの運用技術が必須である。

本研究開発では、メッシュ状に構成されたミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワークにおける無線通信品質の劣化量等のリアルタイム伝搬経路情報を収集するとともに、局所的な降雨減衰等による特定の通信経路が切断する可能性を定期的に予測し、ネットワークの機能低下を未然に防ぐプロアクティブな経路制御技術やユーザー端末の移動により生じる接続無線アクセスゲートの位置の変化を予測し、大容量データを効率的にユーザーに伝送するネットワーク適応制御技術の開発が必須となる。

## 到達目標

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
- ・チップ自体が動作状態をモニターし、それらに応じてチップの特性を自律的に補償することにより、常に最適な性能を発揮する自律性能補償機能やセルフテスト機能等の高度インテリジェンス性を備え、誤り訂正後の最大データ伝送速度 6Gbps 以上を可能とする 60GHz 帯 RF フロントエンド CMOS 集積回路の開発
  - ・60GHz 帯において最大データ伝送速度 6Gbps 以上の安定的な伝送を実現するための、超高速高分解能アナログ－デジタル変換回路（ADC）及び LDPC 符号等の高利得誤り訂正符号の符号化・復号回路を搭載したベースバンドシステム集積回路の開発
  - ・超低消費電力化デジタル処理回路、瞬間的な通信に適した放射パターンを有する超小型アンテナ一体パッケージ等を搭載し、無線アクセスゲートとの間で最大データ伝送速度 6Gbps 以上での近距離大容量データ伝送を実現する総消費電力 1W 以下の低消費電力携帯端末システムの開発
  - ・既存の無線システムを活用して通信確立を補助する機能、ユーザー端末側の状況に応じたアンテナ、伝搬特性を補償する通信アシスト機能等を搭載し、ユーザー端末との間で最大データ伝送速度 6Gbps 以上での近距離大容量データ伝送を極めて短時間で確実に実施可能とする無線アクセスゲートシステムの開発
- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
- ・同一周波数・同一偏波による同時双方向通信における自局送信波回り込みキャンセリングを実現するための送受アンテナ間高アイソレーション化技術、アナログ・デジタルキャンセリング技術及び超高速高分解能 ADC を搭載した高機能ベースバンドシステム集積回路の開発
  - ・同一周波数・同一偏波による同時双方向通信を上り・下りそれぞれの方向で 1Gbps 以上の伝送速度で実現し、従来の FDD/TDD 方式と比較して 2 倍以上の周波数利用効率を実現する 40GHz 帯中距離無線システムの開発
  - ・小型かつ軽量の筐体、高利得で鋭い指向性を持ち複数近接設置に耐え得る分離度を有するアンテナ等、設置の自由度や作業効率の向上を図ることで無線ネットワーク構成の自在性を確保可能な無線装置の開発
- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
- ・無線メッシュネットワークにおける無線通信品質の劣化量や適応制御情報等のリアルタイム伝搬路情報を収集し、局所的な降雨減衰等による特定の通信経路が切断する可能性を 10 秒以下の周期で予測することにより、回線断を未

然に防ぐとともに、局所的な降雨の影響を受けるエリアにおけるメッシュネットワークの総容量の低下率を 10%未満に抑えるトラヒック経路制御技術等の適応制御技術の開発

- ・ ユーザー端末の移動状況から、接続無線アクセスゲート位置を予測し、適切にデータを配信すること等により、携帯端末へのデータ送信スループットや遅延等の通信品質を維持する技術の開発

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。

(例)

<平成 24 年度>

ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発

- ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の基本設計
- ・ ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の基礎検討、誤り訂正符号化・復号機能を含むデジタルベースバンド回路の論理設計
- ・ 携帯端末システムに係るアナログベースバンド回路の TEG 試作、誤り訂正符号化・復号機能を含むデジタルベースバンド回路の FPGA 試作、FPGA 評価基板の開発
- ・ 無線アクセスゲートシステムに係る電力増幅器、低雑音増幅回路及び直交変調部等の基本設計

イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

- ・ 自局送信波回り込みキャンセリング機能の基礎検討
- ・ 中距離無線システムに係るキーコンポーネントの基本設計・試作

ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

- ・ 無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの基礎検討
- ・ ユーザー端末の移動予測アルゴリズムの基礎検討

<平成 25 年度>

ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発

- ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の試作
- ・ ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の試作、制御部を除くベースバンド CMOS 集積回路の試作・評価
- ・ 携帯端末システムに係るシステム制御回路の開発、アプリケーションインターフェースの開発
- ・ 無線アクセスゲートシステムに係る RF モジュール試作

- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
  - ・ 自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の基本設計・試作
  - ・ 中距離無線システムに係る部分回路毎の評価が可能なモジュール連結構成型装置の試作、各種評価ボードの開発
  
- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
  - ・ 無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの試作、基本シミュレーション評価
  - ・ ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムの試作、基本シミュレーション評価

<平成26年度>

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
  - ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の評価
  - ・ ベースバンドシステム集積回路に係る超高速高分解能 ADC の評価、制御部を含むベースバンド CMOS 集積回路の試作・評価
  - ・ 携帯端末システムに係るシステム制御回路の改良、アプリケーションインターフェースの改良、RF・ベースバンドを含む最終システム設計
  - ・ RF モジュール等のアナログ機能評価を主目的とした無線アクセスゲートシステムの試作・評価

- イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発
  - ・ 自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の評価
  - ・ 中距離無線システムに係る試作装置の評価、ベースバンドシステム集積回路の搭載を前提にした屋外設置までを可能とする無線装置の試作

- ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発
  - ・ 無線メッシュネットワークの経路制御アルゴリズムの総合評価用シミュレーション環境の構築、総合評価
  - ・ ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムと経路制御アルゴリズムとの親和性に関する総合性能の検討

<平成27年度>

- ア 60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムの開発
  - ・ 高度インテリジェンス性を備えた RF フロントエンド CMOS 集積回路の実装
  - ・ ベースバンドシステム集積回路の実装

- ・統合実証試験を目的とした携帯端末システムの試作・装置評価
- ・統合実証試験を目的とした無線アクセスゲートシステムの試作・装置評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

#### イ 40GHz 帯周波数利用効率倍増型中距離無線システムの開発

- ・自局送信波回り込みキャンセリング技術に係る高機能ベースバンドシステム集積回路の中距離無線システムへの実装
- ・中距離無線システムの屋外無線装置によるフィールド試験・評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

#### ウ ミリ波帯ワイヤレスアクセスネットワーク運用技術の開発

- ・無線メッシュネットワークの適応型経路制御アルゴリズムの機能拡張
- ・ユーザー端末の移動予測に基づくネットワークのデータ転送制御アルゴリズムの総合評価
- ・ア～ウの各技術を組み合わせたワイヤレスアクセスネットワークとしての統合実証実験・評価

### 5. 実施期間

平成 24 年度から平成 27 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

##### ア 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。

##### イ 実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 30 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) 提案及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。特に、60GHz 帯近距離大容量データ伝送用携帯端末／無線アクセスゲートシステムについては、想定される利用シーンやシステムイメージを踏まえ、実用化が有力と考えられるユースケースモデルを検討し、その機能要件を十分に精査した上で、研究方法、実施計画及び年度目標を設定すること。

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。

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。

# ＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発  
～ 90GHz 帯リニアセルによる高精度イメージング技術の研究開発 ～

## 1. 目的

国民の生命・財産を保護するため、交通、電力、水道等の重要施設の可用性、安全性の向上には、高精度で広範囲をカバーするセンシングシステムによる監視システムが有効な手段となるが、従来のミリ波帯レーダーシステムの構成では多数の送受信設備が必要となり、設備コストが莫大になるため商用化は困難となっている。

本研究開発は、光ファイバ技術とミリ波技術の融合により、センシング範囲の拡大と経済合理性を両立させ、数 cm 以下の測定精度と数 km 以上の線状あるいは面状の測定範囲を実現するリニアセルによる高精度イメージング技術を 90GHz 帯で実現する。

90GHz 帯は高い周波数帯の中では特に大気減衰が少なく、優れた伝搬特性と広い帯域利用特性を備えている。降雨減衰を考慮しても 60GHz 帯以上のミリ波帯においては比較的減衰が少ない帯域であり、レーダーセンサーを多数配置するリニアセル方式では利用が可能である。また、低い周波数に比べて比較的利用が進んでいないため、本研究開発により具体的な利用シーンを想定した実証実験までを行うことで、空港、鉄道、原子力発電所等の幅広い分野での実用化を促進することが可能となる。これにより、90GHz 帯を有用な電波資源として開発するとともに、その利用を拡大し、80GHz 以下の帯域の周波数逼迫を緩和することを目的とする。

## 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T 立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

- ・電波政策懇談会報告書（平成 21 年 7 月）

第 5 章 2010 年代に実現される電波利用システムによる社会的・経済的効果

5-1 2010 年代の新たな電波利用システムの実現による社会的効果

5-1-1 様々な社会分野への電波利用システムの活用



#### (5) 災害分野への活用

電波政策懇談会報告書の上記の項には、災害に強い国づくりを目的に、災害による被害の発生を防止、軽減するために電波利用システムをアプリケーションとして活用していくことが挙げられている。

### 3. 目標

空港、鉄道、上水設備、発電所等の重要インフラの可用性、安全性向上のためのイメージングシステムの研究開発を行い、代表的な利用シーンとして、滑走路監視システム及び鉄道線路監視システムを想定した実証実験を行う。

また、応用展開として空港以外の鉄道や重要施設（原子力発電所等の重要インフラ）の安全監視、介護・見守り等のヘルスケアへの応用や、リニアセルによる高速データ通信への適用も検討する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

リニアセル技術を実現ための課題である「電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術」、「広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術」及び「リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術」を克服するための研究開発を行うとともに、滑走路監視システム及び鉄道線路監視システムを想定した実証実験を通じ実用化を図る。

#### (2) 技術課題及び到達目標

##### 技術課題

光ファイバ無線技術とミリ波技術の協調により、従来のセンシングシステムでは実現できない高精度かつ広いセンシング範囲を実現するためには、以下の技術課題を解決する必要がある。

##### (ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術

光ファイバ伝送された広帯域の変調信号を 90GHz 帯の電気信号に変換・増幅し、指向性可変制御により空間に放射するための技術が実用化に向けた課題となる。

##### (イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術

広帯域 FM 変調信号を光変調技術の利用により生成し、光ファイバで伝送した後、電気信号に変換するためには、光領域での高度な変復調技術をシステム仕様に併せて実現することが課題になる。また、光の変調信号を高感度に電気信号に変換するための光/ミリ波変換技術の実現も必要になる。さらにターゲットからの反射信号は極めて微弱な信号レベルでアンテナに戻ってくる。このためアンテナから制御系に向かう上り信号系では、効率的な信号伝送と信号処理を実現することが課題となる。

### (ウ) リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術

課題(ア)(イ)で行う課題解決の成果を統合し、最適な信号処理を行い、高分解能のセンシングシステムとするため、電波天文等他のシステムとの共存のための不要輻射の抑圧、センシングアルゴリズム、高速処理方式等が技術課題となる。(ア)及び(イ)で示した技術課題以外にも、空港や鉄道等、研究開発成果の応用が見込まれる実環境で解決すべき降雨減衰等の課題抽出及び対応を行い、それらの成果を反映してフィールド実験等につなげることも、実用化に向けた大きな課題となる。

## 到達目標

### (ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術

90GHz 帯はデバイス開発が困難で、研究報告は散発的にはあるものの、量産に適したプロセスとの整合性がとれた複数の機能を持った MMIC は例が少ない。また、簡便な構造で低損失のアンテナ指向性可変機構もイメージング性能向上に重要な役割を果たす。さらに周波数が高くかつ極めて広い帯域の信号の発生に従来のミキサによる周波数変換を利用することは容易ではないため、発生信号が FM であることに着目し、光及び電気での逡倍を最適に組み合わせることが考えられる。本研究開発ではこれらの課題を解決するために 90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術、指向性可変アンテナ技術に取り組む。

#### ①90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術

60GHz 帯向けに開発された MMIC 技術を高周波化し、化合物半導体量産デバイスとしては動作周波数の上限に近い 90GHz 帯に対応させるとともに、光変換部や、アンテナとの実装技術を開発し、MMIC 単体での出力 500mW 程度を目標とする。実用上は屋外設置の必要が生じるため、耐環境性に優れたモジュール技術が必須になる。空港等の実使用環境での電源条件、温度条件を踏まえた耐環境性モジュール技術を開発する。

#### ②指向性可変アンテナ技術

ロトマンレンズ型及びアクティブリフレクトアレイ型の二方式をはじめとする 90GHz 帯で動作する指向性可変アンテナ技術について検討する。二方式はアンテナ利得、ビーム振り角、走査速度等利害得失を有する。また、90GHz 帯においては、低周波帯で開発されているような電子的に指向性を制御する技術が確立できていないため、量産性に優れ、早い走査速度の期待できる電子的指向性可変機能を有するアンテナ技術について検討しアプリケーションに適したアンテナの開発・検証を行う。

なお、システム要件の検討に限っては、検討を効率的に実施するため、比較的実用化時期が早機械回転型のアンテナを採用してもよい。

### (イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術

ファイバ無線システムは既にマイクロ波帯ではギャップファイラ等で利用が進んでいる。ミリ波帯では光ファイバの広帯域性および光逡倍の低雑音性を生かした電波天文向けの基準信号分配の例があるが、光変換部の効

率やコストの問題で実用レベルに達しているとはいえない状況である。本研究開発では世界最高性能ミリ波帯光＝電気変換、高速・広帯域 FM 信号発生を実現するとともに、複数のセルを高速かつ高度に切り替える技術に注力する。

#### ①高安定広帯域 FM 信号発生技術

高速光ファイバ通信向けに開発されたデジタル制御任意信号発生装置と光変調、光＝電気変換を利用し、90GHz 帯周波数掃引信号源を開発する。発射禁止帯の設定や、高速掃引（20 $\mu$ s 程度）の実現を目指す。

#### ②高速セル切り替え技術

高速光スイッチ、波長多重等を利用した、複数セルの協調動作、高速切り替え等の機能を実現する。

#### ③ミリ波帯光＝電気相互変換技術

90GHz 帯ミリ波ファイバ無線信号をマイクロ波帯の入力から発生させる技術を開発し、高速応答かつ低スプリアス（消光比 60dB 以上）のミリ波ファイバ無線光信号品質を実現する。超高速高感度光検出器を開発する等の手法を用いて、高感度ミリ波帯光＝電気（OE）変換デバイスを開発する。光入力-10dBm 以下でミリ波帯信号の発生を実現する。また、アンテナから制御系に向かう上り信号系では、微弱な受信信号を高効率に伝送するための検波回路・周波数変換回路及び増幅器も含めた EO 変換回路等を実現する。これらのアナログ回路と信号処理部におけるデジタル処理を総合してシステムの高性能化を図る。

### (ウ) リニアセル方式に適した高精度イメージング技術

開発技術の実証のため、以下のとおり実用環境を考慮した降雨減衰等の課題抽出及び対応を行いつつ実証実験を行い、研究終了後速やかな実用化を目指す。

#### ①滑走路監視システム

国内拠点空港への設置を想定し、滑走路に落下した数cm程度の金属片を検出可能な高精度イメージングシステムを実現することを目標とする。また、この様な障害物を検出した際には、できるだけ早く滑走路の異常を後続機に知らせる必要があるため、警報までのすべての処理を 10s 以下で実施するシステムの実証を行う。

#### ②鉄道線路監視システム

在来線・新幹線の駅部や沿線の要注意区間における利用を想定し、線路内への落石や異物の侵入、あるいは人員の立ち入り等を検知できるシステムを実現する。また、自律的に警報を列車に伝えるための情報伝達手段も検討し、線路支障による列車事故の未然防止と運転の早期再開を支援するための新しい列車運行システムを実証する。これらのシステムを統合し、鉄道総合技術研究所等の試験用鉄道設備にて実証実験を行う。

#### ③統合システム設計及び信号処理技術

受信信号を処理し、障害物、侵入者を識別するためのソフトウェアを開発する。また、光・無線変換素子とアンテナのアレイ化を用いた変換効率と最適指向性の両立についての検討や増幅器性能とセルサイズの関係について、総合性能・コストを最適化するためのシステム設計手法を確立する。

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。

(例)

<平成 24 年度>

(ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術

(ア) - 1 90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術

①90GHz 帯の化合物半導体デバイスの小信号特性をモデリングし、高精度での動作を確認する。

②ミリ波帯における電波法の規定を確保するために、90GHz 帯の化合物半導体デバイスの DC 特性をモデリングし、S11~S22 の Fitting 精度±20%以内を確認する。

③モデリング結果を基に、次年度で実施する MMIC 試作・レイアウトの基本指針を得る。

(ア) - 2 指向性可変アンテナ (ロトマンレンズ型)

①90GHz 帯のロトマンレンズの損失特性とリニアアレーの基本特性及び屋外設置時に必要となるレドームのビーム走査に対する基本特性を解析し、次年度の基本システム設計指針を得る。

(ア) - 3 指向性可変アンテナ (アクティブリフレクタアレイ型)

①半導体スイッチを用いたアクティブリフレクタ素子の開発に関し、スイッチング素子を含みリフレクタの 3 次元モデル化、シミュレーション手法の確立、素子基板・スイッチング用機器の試作・評価を行い、モデルの妥当性を検証する。

(イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術

(イ) - 1 高安定広帯域 FM 信号発生技術

①シーンに応じて適応が可能な FM 信号発生方式の検討と設計を行う。10 秒以内での異物検出を可能にするために、高精度・高安定な周波数掃引技術の研究開発として 100  $\mu$ s 以下で 1GHz 幅以上の FM 信号生成を目標とする。

②光逓倍適用時の雑音特性の評価を行う。

(イ) - 2 高速セル切り替え技術

①高速波長切り替え技術の評価を行う。

②アレイ光源、波長可変光源、光マトリックススイッチ等を用いる波長多重セル切り替え技術及び同時分配技術の検証・設計を行う。

(イ) - 3 ミリ波帯光=電気相互変換技術

①高速・高感度光検出器の基本設計と製造プロセス検討を実施する。

②高速高感度光検出器の評価環境を構築し、光=電気変換特性の評価手法を確立する。

③帯域動作・高消光比光変調器による光逓倍器の検討・設計を行う。

④次年度の設計・試作に関する指針を得る。

(ウ) リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術

(ウ) -1 滑走路監視システム

①次年度以降の空港を想定したシステム検討の基礎となる、90GHz 帯の伝搬特性を測定し、基礎データを取得する。具体的には以下の3項目を実施する。

- ・ 伝搬特性測定
- ・ 滑走路の表面、グルーピング等からの反射を評価する。
- ・ 降雨時の雨滴による影響を測定する。

②システム仕様策定に資する RoF センシングシステムの構築を行う。具体的には以下の、設計・試作・試験を実施する。

- ・ 路面装置、中央装置に相当する試験機器の設計・試作
- ・ 機械回転型アンテナの設計・試作
- ・ 電波無響室内で性能試験

(ウ) -2 鉄道線路監視システム

①次年度以降の鉄道を想定したシステム検討の基礎となる鉄道環境における90GHz の伝播・反射特性の把握を行う。試験用鉄道設備内の実験線における実験及びシミュレーションにより、レールや道床、架線等が存在する鉄道環境内における伝播特性と、様々な障害物の反射特性を把握し、次年度の開発指針を得る。

②鉄道環境内のセンシングシステムに関して検知対象、検知範囲、制約条件等の検討・定義を行い、検知性能・信頼性評価手法の検討を行う。

(ウ) -3 統合システム及び信号処理技術

①研究課題 (ウ) -1 で得られるセンシングシステムの伝送特性測定・反射特性を基に信号処理アルゴリズムを試作し、対象物の可視化を検討する。システム設計をモデル化して、構成機器の設計諸元を求める。

②統合システムの要件を定義し、ソフトウェア構造を設計する。

<平成 25 年度>

(ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術

(ア) -1 90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術

①高出力かつ高利得の 90GHz 帯単位増幅器を試作・評価する。

②雑音指数 2.5dB 以下、利得 20dB 以上の 90GHz 帯低雑音増幅器を試作・評価する。

③試作結果に基づき、特性向上の回路設計修正指針及び実装設計指針を得る。

(ア) -2 指向性可変アンテナ (ロトマンレンズ型)

①利得 32dBi 以上で広範囲の走査が可能な基本システムの試作・評価を行い、ビーム走査性、検知範囲等を検証し、次年度プロトタイプ的设计指針を得る。

(ア) -3 指向性可変アンテナ (リフレクタレイ型)

①1次元走査リフレクタレイアンテナの開発を行い、以下の三項目について検討を行う。

- ・ 少ないレイ素子数でのアクティブリフレクタレイアンテナの設計・試作
- ・ 水平方向のビーム走査性能の評価
- ・ 垂直方向のビーム整形のための誘電体レンズの設計・試作

(イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術

(イ) -1 高安定広帯域 FM 信号発生技術

- ①光通倍器を用いる広帯域 FM 信号発生の実証を行う。
- (イ) -2 高速セル切り替え技術
  - ①波長多重による高速セル切り替えの実証を行う。
  - ②光通倍型 FM 信号発生器に対する許容波長数・光強度の評価を行う。
- (イ) -3 ミリ波帯光＝電気相互変換技術
  - ①高速高感度光検出素子を試作し、光＝電気変換基本特性の取得によって、高安定広帯域な 90GHz 信号発生のための最適構造の設計指針を得る。
  - ②高速高感度光検出素子からの高速な電気信号出力を、劣化抑制し高効率に次段へ電気出力するための高周波設計を実施する。
  - ③帯域動作・高消光比光変調器による光通倍器の試作を行う。
- (ウ) リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術
  - (ウ) -1 滑走路監視システム
    - ①RoF センシングシステムの屋外試験を実施し異物検出試験及び探知距離性能試験を行い、次年度の滑走路監視システムの構築に向けた基本指針を得る。
  - (ウ) -2 鉄道線路監視システム
    - ①鉄道向け障害物検知及び防護システムを検討し、障害物検出システム並びに対列車伝送システムの基本設計を行う。
    - ②前年度の成果を基に、受信信号から障害物のみを抽出・検知するためのアルゴリズムを検討し、鉄道向けの障害物検出処理装置のプロトタイプを検討する。
    - ③次年度以降で開発する実証実験用プロトタイプシステムの基本的な仕様を検討する。
  - (ウ) -3 統合システム及び信号処理技術
    - ①計測データを用いて、画像処理アルゴリズムを試作・評価する。
    - ②上記評価結果から、統合システム設計と機器仕様を再検討する。

<平成 26 年度>

- (ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術
  - (ア) -1 90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術
    - ①出力電力 500mW 以上、利得 23dB 以上の 90GHz 帯増幅器を試作・評価する。
    - ②90GHz 帯の送信及び受信 MMIC の実装設計を行い、送信及受信モジュールを試作・評価する。
    - ③次年度に試作する送受信機プロトタイプの設計指針を得る。
  - (ア) -2 指向性可変アンテナ（ロトマンレンズ型）
    - ①前年度までの総合研究成果を基に、多面合成方式による走査範囲の拡大を検討する。
  - (ア) -3 指向性可変アンテナ（リフレクトアレイ型）
    - ①高利得リフレクトアレイアンテナの実現に向け、下記を実施する。
      - ・リフレクトアレイの大口径化の検討
      - ・ビームパターン整形法の検討
      - ・アンテナ部とセンシング部との接続手法の検討
- (イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術
  - (イ) -1 高安定広帯域 FM 信号発生技術
    - ①帯域動作・高消光比光変調器による光通倍器の評価を行い、光 2 通倍及び

4 通倍動作の実証を行う。

②光変調器バイアス等の自動制御機能の組み込みを行い、安定度を評価する。

③自動制御を組み込んだ光通倍型広帯域 FM 信号発生器のプロトタイプを設計・試作し研究課題（ウ）-3 と連携してシステム検討を行う。

(イ) -2 高速セル切り替え技術

①研究課題（イ）-1 と連動させたセル切り替え特性の評価を行う。

②FM 信号と制御・受信信号を同一光ファイバにて送受信する方式の検討を行う。

③研究課題（イ）-1 と連動したプロトタイプの設計・試作を行い、研究課題（ウ）-3 と連携してシステム検討を行う。

(イ) -3 ミリ波帯光＝電気相互変換技術

①システムプロトに用いる高速高感度光検出器、光変調器を試作する。

②試作光検出器の光＝電気変換特性を取得し、改良設計を実施する。

(ウ) リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術

(ウ) -1 滑走路監視システム

①滑走路監視システムの構築を行い、効率的なセル設計及び総合評価システムの仕様を検討する。

(ウ) -2 鉄道線路監視システム

①前年度までに研究課題（ア）（イ）（ウ）で実施したリニアセルイメージングシステムを本研究課題（ウ）-2 で開発した鉄道向け検出処理装置を組み合わせ、障害物検知機能のみを実装した鉄道向け実証実験用プロトタイプシステムを構築する。

②試験用鉄道設備内の実験線において、鉄道向け実証実験用プロトタイプによる障害物検知機能の実証試験を行う。

(ウ) -3 統合システム及び信号処理技術

①前年度に再検討を行った機器仕様で取得された計測データから、イメージングシステムとしての性能評価を行う。

②画像処理アルゴリズムを高速化し、演算器の仕様を確定する。

③次年度に向け、画像表示等の可視化システムに必要な主要処理部を試作する。

<平成 27 年度>

(ア) 電子的指向性可変機能を有する 90GHz 帯 RF 回路・アンテナ技術

(ア) -1 90GHz 帯送受信 MMIC 及び実装技術

①90GHz 帯における送受信機のプロトタイプを試作・評価する。

(ア) -2 指向性可変アンテナ（ロトマンレンズ型）

①平成 26 年度に実施した検討内容に基づき、アプリケーション毎の適用性を検討すると共に、研究課題（ウ）で構築したセンシングシステムでの検証実験を行う。

(ア) -3 指向性可変アンテナ（リフレクタレイ型）

①研究課題（ウ）で構築したセンシングシステムとの接続試験・性能評価実験を行う。

②リフレクタレイアンテナを用いた異物検出試験を行う。

③リフレクタレイアンテナの耐候性、耐久性試験を行う。

(イ) 広帯域変調ファイバ無線・光/ミリ波変換システム技術

(イ) -1 高安定広帯域 FM 信号発生技術

- ①研究課題(ウ)-3で実施するプロトタイプによるシステム連動評価を行う。
- ②掃引時間 100ns 以下の超高速広帯域 FM 信号発生を検討する。

(イ) -2 高安定広帯域 FM 信号発生技術

- ①研究課題(ウ)-3で実施するプロトタイプによるシステム連動評価を行う。

(イ) -3 ミリ波帯光=電気相互変換技術

- ①研究課題(ウ)-3からのフィードバックに基づき、高速高感度光検出器、光変調器の残課題を抽出し、改良試作を実施する。
- ②高速高感度光検出器、光変調器の信頼性について、基本特性を取得し検討を実施する。

(ウ) リニアセル方式に適した高分解能センシングシステム技術

(ウ) -1 滑走路監視システム

- ①研究課題(ウ)-3と連携し滑走路監視システムの総合評価を行う。
- ②空港の滑走路等、実際の利用シーンを踏まえた実験環境において、試作品を用いた一ヶ月程度のフィールドテストを行い、実用化に向けた基礎データを取得する。

(ウ) -2 鉄道線路監視システム

- ①対列車伝送システムを開発し、前年度に開発した鉄道向け実証実験用プロトタイプに組み込み、障害物を検知して列車に伝送する機能を実装する。
- ②試験用鉄道設備内の実験線において、鉄道向け実証実験用プロトタイプによる障害物検知機能及び列車防護機能の実証試験を行う。

(ウ) -3 統合システム及び信号処理技術

- ①前年度までに開発したシステムを統合し、実運用を想定した連動試験を行う。
- ②空港滑走路で計測実験を行い、システム性能の評価を行う。

5. 実施期間

平成 24 年度から平成 27 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「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 29 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。



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。

# ＜基本計画書＞

## 屋外マクロセルと屋内極小セルが混在した三次元空間セル構成におけるネットワーク連携干渉制御技術の研究開発

### 1. 目的

スマートフォン等の高機能データ通信端末の普及により、移動通信システムの通信量が急速に増加しており、最近の調査では年率2倍の増加となっている。この増加する通信量を遅滞なく運ぶためには、新たな無線伝送方式や高効率無線インターフェース技術による伝送効率の向上、周波数帯アクセス技術による実質利用可能周波数帯の拡張、階層化セル構成技術や極小化セル構成による改善などが考えられる。その中で、既に移動通信システムに割り当てられている帯域内での周波数利用効率を大幅に向上させるためには、セルを極小化しつつ干渉回避する方法が非常に有効である。

特に、大都市部においては、中高層ビルの屋内オフィスでの通信トラフィックが急増しており、高さ方向にも効率良く運ぶ手段が求められている。そのためには、数十m程度の極小セルを三次元的に設置することが極めて有効である。しかし、屋内の極小セルと屋外マクロセルは一般に同一周波数を用いることから、不規則に設置される極小セルを三次元的に構築する際には、従来の二次元的なセル構成技術そのまま適用することが出来ず、屋外マクロセルとの間の同一周波数干渉を十分に考慮する必要がある。

そこで、本研究開発ではネットワーク技術を活用して、三次元的に不規則に設置される屋内の極小セルと屋外マクロセル間を高度に連携させることにより、同一周波数干渉を抑圧し通信品質やスループットを大幅に改善するネットワーク連携干渉制御技術の研究開発を実施し、周波数利用効率の向上を目指す。

### 2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成25年1月11日 閣議決定）

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

#### ①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）
- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成23年情報通信審議会諮問第17号 平成24年7月25日答申）  
Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能

な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「ホワイトスペースの周波数高度利用技術」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

「3.（2）我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。

### 3. 目標

既存の屋外マクロセルと中高層ビル内のオフィス等に設置された極小セルが混在する三次元空間のセル構成（以下、三次元空間セル構成）では、屋内の極小セルと既存の屋外マクロセルとの間の干渉により周波数利用率が大幅に低下することが懸念される。このような三次元空間セル構成において、干渉を抑圧し通信品質やスループットを改善する干渉制御技術を平成 25 年度までに確立し、干渉制御を行わない場合と比べて周波数利用率を 2 倍以上（スループットを 2 倍以上）に改善することを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

従来基地局のセル半径が比較的大きかったこともあり、二次元的な（水平方向の）干渉制御技術を用い基地局の設置を行ってきた。しかしながら、通信量の急増に伴いきめ細かくエリアをカバーしていくことが求められていることから、セル半径を小さくし三次元的に基地局を設置していくことになるため、基地局の干渉の高さ方向への影響が相対的に強くなってきている。このため、既存の屋外マクロセルと屋内に設置された極小セルが混在する三次元空間セル構成において、各セルが独立かつ自律的に干渉を低減させる既存の二次元的な干渉制御技術を三次元方向からの干渉に対してそのまま適用することは困難である。そこで、本研究開発では、ネットワーク技術を活用し屋外マクロセルと屋内の極小セルがネットワーク連携し、干渉を抑圧するように制御する基地局連携干渉制御技術の検討を行う。

#### (2) 技術課題および到達目標

##### **技術課題**

##### ア 周波数有効利用技術の開発

極小セル構成は一般にその配置が三次元かつ不規則であることから、屋外マクロセルからの干渉により、周波数利用率（スループット）が低下することが課題である。このことから、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 屋外マクロセルと屋内の極小セルがネットワーク連携し送信電力を制御することにより同一周波数干渉を回避する技術
- (b) 屋外マクロセルと屋内の極小セルがネットワーク連携しアンテナ指向性を制御することにより同一周波数干渉を抑圧する技術

#### イ 自律分散・低伝送遅延ネットワーク連携制御技術の開発

基地局が連携して屋外マクロセルと屋内の極小セル間の干渉を回避、抑圧するためには、ネットワークを介した基地局間制御を各基地局が自律分散的かつ低伝送遅延に基地局間連携を行うことが必要である。また、ネットワークを介した基地局間の制御を実現するにあたっては、バックボーンネットワークへ過度な負荷がかかり一部エリアで不具合が起こったりすることのないよう配慮する必要がある。このことから、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 基地局間インターフェースを用いた自律分散制御方式によるセル間連携制御技術
- (b) 高速な連携制御を実現するために必要なネットワークの低伝送遅延技術

#### ウ 電波伝搬推定技術の開発

三次元方向からの干渉特性を十分に把握し、計算機シミュレーションや室内実験で各技術を効率よく評価するためには、屋外から高さ方向を考慮した屋内への電波伝搬変動モデルが不可欠である。この電波伝搬変動モデルは、建物、室内の形状や遮蔽物の有無等の情報が正確に把握できない場合でも動作可能な、汎用性の高いものであることが重要である。このことから、以下の技術の研究開発を行う。

- (a) 無線伝送特性を評価するための屋外から屋内への電波伝搬変動特性のモデル化
- (b) 開発した上記電波伝搬変動モデルの伝搬路シミュレータへの実装

#### エ 実証評価

アからウで検討した技術を計算機シミュレーションにより評価するとともに、実装置による検証を行うことが重要である。このことから、以下の実証評価を行う。

- (a) 計算機シミュレーションの結果を踏まえた本技術の評価するための試作装置の開発及び室内実験による実時間での動作確認
- (b) 実伝搬環境下における動作特性を評価するための小規模の実証システムの構築及びフィールド実証実験の実施

#### **到達目標**

既存の屋外マクロセルと屋内に設置された極小セルが混在する三次元空間セル構成において、ネットワーク技術を活用し基地局が連携して干渉を抑圧するよ

うに制御する基地局間連携干渉制御技術を確認し、本研究開発において開発をした技術の適用有無のみにより、周波数利用率を2倍以上（スループットを2倍以上）に改善することを目標とする。実証実験による評価を実施し、開発アルゴリズムの実時間での動作確認を目標とする。

ア 周波数有効利用技術の開発

周波数利用率(スループット)を2倍以上改善するネットワーク連携干渉回避及び干渉抑圧技術を確認する。

イ ネットワーク連携制御技術の開発

周波数利用率(スループット)を2倍以上改善するネットワーク連携干渉回避及び干渉抑圧技術を実現するための基地局間インターフェースを用いた分散基地局制御方式によるセル間連携制御技術を確認する。

ウ 電波伝搬推定技術の開発

屋外から屋内への電波伝搬変動モデルを確認し、伝搬路シミュレータに実装する。

エ 実証評価

検討した技術を実装した試作装置を開発し、室内実験において実時間の動作実験を行い、周波数利用率(スループット)の改善効果を確認する。また、フィールド実証実験系を構築し、実伝搬環境において実時間の動作実験を行い、周波数利用率(スループット)の改善効果を確認する。

5. 実施期間

平成 24 年度

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」及び平成 32 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。

## <基本計画書>

### ミリ波帯チャンネル高度有効利用適応技術に関する研究開発

#### 1. 目的

スマートフォン、タブレット型 PC に代表されるモバイル端末の高機能化とともに、映像コンテンツを含めた大容量情報を短時間で配信・転送するサービスが期待されている。また、M2M、IoT の環境整備に伴いクラウドサービスやビッグデータを活用したコンテンツサービスなど、ギガバイトを超えるデータ交換がモバイル機器間のみならずモバイル機器とクラウド端末との間で頻繁にやり取りされるようになるため、知識情報社会を支えるインフラ整備において、膨大な無線トラフィックを収容可能な無線システムが期待されている。

このような中、ギガバイトを超えるデータ交換用近距離通信での用途に対して、国際的には 60GHz 帯 (57GHz～66GHz 4 チャンネル) が割り当てられている。平成 26 年頃には WiGig/IEEE802.11ad 規格に対応した 60GHz 帯近距離無線システム(以下「近距離システム」)の実用化が予定されており、最大 3Gbps 級の 1 対 1(P-P)通信がモバイル機器においても可能となる見込みである。また、非接触型 IC カードのように数 cm 程度の近接距離でデータの瞬間転送を行う近接ミリ波無線システム(以下「近接システム」)の技術開発も進められている。今後、これらの技術により、情報家電機器を中心として高速、大容量の無線通信システムが普及していくとみられている。

しかしながら、近距離システムは、単一チャンネルを使用した P-P 接続には適するものの、チャンネル間の干渉により隣り合うチャンネルの同時使用が制限されるため、店舗、駅などの公共エリア(屋外)で必要とされる大容量の 1 対多(P-MP)通信への対応が困難である。さらに、近距離システムと近接システムが同一のエリアに存在する場合における干渉回避のための技術についても未着手の状況にある。

我が国において 60GHz 帯は高出力化について検討の段階に入っており、今後、急速に普及が加速するものと予測され、同一システムのチャンネル間および異システム間の干渉問題が一層顕在化してくるものと予想される。

本研究開発では、これらの状況を踏まえ、大容量(6Gbps 超)と小容量(数百 Mbps)のデータ通信に対応できるフレキシブルなチャンネル配置を可能としつつ、異なる伝送容量の異種システムとの共存を実現するミリ波チャンネル高度有効利用適応技術を確立し、60GHz 帯周波数の効率的利用によりミリ波帯の利用を促進して 2.4GHz/5GHz 帯周波数のひっ迫緩和を実現するとともに、国際競争力の強化を図ることを目的とする。

#### 2. 政策的位置付け

- ・ 日本経済再生に向けた緊急経済対策 (平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定)

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載

されている。

#### ①研究開発プロジェクトの推進

・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）

- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）

Active Japan ICT 戦略～新たな ICT 総合戦略の方向性について～において「社会実装と連動した新たな ICT プロジェクト」として「社会実装を加速するための研究開発」及び「アクティブデータ戦略」として「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

### 3. 目標

本研究開発により、デバイス間の離隔距離 1m 以下での 4 チャンネルの同時使用、3m 以内の同一エリアにおける近接システムと近距離システムとの共存、同一周波数帯において最大 4 ユーザの多重化、大容量コンテンツ対応時として P-P 通信において 6Gbps を超える通信を実現することにより、今後ますます利用用途が拡大される 60GHz 帯無線システムを効率よく運用するための共用技術を確立するとともに、Wireless Gigabit Alliance や IEEE に対する国際標準規格への拡張提案や知財化を行うことを目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

本研究開発では、多種多様な用途に対応しうるミリ波システム基盤技術を確立するため、①チャンネル/システム間干渉回避技術、②適応無線チャンネル多重化技術、③干渉抑圧信号処理技術について研究開発を行う。

研究開発の最終段階では、シミュレーションによるチャンネル間干渉適応制御、システム間干渉回避、寄生アンテナ制御、多重化信号処理の検証を行うとともに、チャンネル間干渉評価系、システム間干渉評価系、多重化環境評価系、マルチストリーム用 60GHz 帯フロントエンド、超広帯域歪補償要素回路等の試作を行い基礎データを取得する。

#### (2) 技術課題および到達目標

##### 技術課題

##### ア. チャンネル/システム間干渉回避技術の開発

60GHz 帯を用いる近距離システムでは、安価な CMOS プロセス等での実現性を考慮して、送信スペクトルマスクがマイクロ波帯を用いる従来の無線 LAN と比較して緩和されている。そのため、送信信号の隣接チャンネルへの漏洩が大きくなり、チャンネル間干渉により隣接チャンネルの同時使用が困難な状況が発生する。60GHz 帯の普及促進を考えた場合、複数チャンネルの同時使用が制限されることはネットワーク構



成上の大きな課題となっている。

これに対して、通信距離を延ばし、また見通し外通信にも対応するための手段として、アンテナ指向性制御の研究開発が進められてきたが、限られた空間に多数の端末が存在する密環境下では、ユーザ間の干渉を十分考慮できないために使用チャネル数が限定されるとともに、デバイス間離隔距離を1m以下に近接すると隣接チャネルからの干渉により安定した通信品質を確保できない状況が発生する。

また、NFC(Near Field Communication)のような近接システムが同一エリアで利用される場合において、近距離システムが近接システムの存在を検出できないために、システム同士の共存が困難となっている。

これらの課題を解決するため、チャネル間の干渉を推定して、最適なアンテナ指向性選択とチャネル配置、及び変調方式を適応的に制御することで4チャネルを有効的に活用するチャネル間干渉適応制御技術の開発及び近接システムと近距離システムの共存を可能とする無線プロトコル、帯域シェア制御技術の開発を行う。

#### イ. 適応無線チャネル多重化技術の開発

近接・近距離システムでは、利用可能なチャネル数が4チャネルと限られている。多数ユーザの存在する店舗やオフィスなど密環境下においてミリ波通信を行う場合には、限られたチャネルを時分割共有するためにスループットが低下するため、利用用途が制限されるという課題がある。

この課題解決のため、同一チャネルにおいて4多重化(4チャネル使用時に16ユーザ以上収容)を実現するための技術開発を行う。従来、小型、低消費電力化が困難であったアンテナ指向性制御を、小型端末でも搭載可能とするため、互いに近接した結合アンテナを利用した寄生アンテナ制御技術の開発を行う。また、アクセスポイント側で得られる高いアンテナ指向性を組み合わせ、チャネル推定精度を緩和することなどにより、低消費電力で多重化信号の分離を可能とする適応多重化信号処理技術、及びベースバンドとアンテナRF系を連携させて指向性制御と干渉抑圧を行うRF、ベースバンド統合設計技術の開発を行う。

#### ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

60GHz帯システムでは、隣接チャネル間の干渉が使用チャネル数を制限させる要因となっている。また、半導体プロセス上に無線回路を集積化する際に、受動素子の性能(Q値)が低いため発振器の位相雑音を低減することが難しく、64QAMなどの多値変調による高速通信を実用化する際の障害となっている。さらに、広帯域の変調信号を取り扱うため、受信系のADCのオーバーサンプリングレートが2倍以下と低くなり、隣接チャネルからの干渉に加えて、サンプリング時の隣接チャネル成分の折り返しによる干渉が発生し、S/Nを劣化させる。また、送信系においても、DACのオーバーサンプリングレートが低いため、歪み補償信号の再現精度が悪く、マイクロ波帯で実用化されているプリディストーション等の送信歪み補償が適用できない。

これらの課題を解決するため、受信系においては、位相雑音や干渉信号成分をベースバンド信号処理で抑圧する干渉/ノイズキャンセル技術の開発、送信系においては、低オーバーサンプリングレートにおいても効果的に歪みを抑圧する超広帯域歪み補償技術の開発を行う。

## 到達目標

### ア. チャネル/システム間干渉回避技術の開発

多数のユーザが存在する密環境下において、デバイス間の離隔距離 1m 以下で 4 チャネル同時通信を実現し、さらに、近距離システムと近接システムを 3m 以内の同一エリアで共存可能とするための基礎技術を確立することを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

#### (a) チャネル間干渉回避技術の開発

複数の端末が近接して存在する密環境下において、チャネル間の干渉量を測定して、干渉を回避する条件を明確化するためのチャネル間干渉評価系を構築し、基礎データを取得する。また、チャネル間の干渉量を推定して、アンテナ指向性、チャネル配置、送信電力、変調方式等を適応的に制御するためのチャネル間干渉適応制御アルゴリズムの基本設計を実施し、シミュレーションによる検証を行う。

#### (b) システム間干渉回避プロトコル、帯域シェア技術の開発

近距離システムと近接システムの共存時に、実環境で相互に与える干渉量やスループット低下量等を測定して、近接システムが近距離システムに対し著しいスループット低下を与えない条件を明確化するためのシステム間干渉評価系を構築し、基礎データを取得する。また、近距離システム通信エリア内で近接システムが近距離システムへ干渉を与えない条件ではオーバーレイ同時通信を行い、干渉を与える条件では、同一チャネルを双方システムで帯域シェア又はチャネル変更による干渉回避を実現するシステム共存化の基礎技術を確立する。

### イ. 適応無線チャネル多重化技術の開発

同一周波数において最大 4 ユーザの多重化を実現し、周波数利用効率を 4 倍に高めるための基礎技術を確立することを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

#### (a) 寄生アンテナ制御技術の開発

互いに近接した結合アンテナの負荷を制御することで、信号対雑音比、信号対干渉比を最大化するための結合アンテナ理論を構築し、シミュレーションによる検証を行う。

(b)適応多重化信号処理技術、RF、ベースバンド統合設計技術の開発

ミリ波帯特有の高いアンテナ指向性を活かし、チャンネル推定のための条件を緩和することなどによりモバイル機器にも搭載可能とする、多重化信号処理アルゴリズムの基本設計を実施する。また、同一周波数帯を複数のユーザが使用した場合の干渉量を明確化するため、多重化環境評価系を構築し、基礎データを取得する。

ウ. 干渉抑圧信号処理技術の開発

隣接チャンネル同時使用時に6Gbpsを超える伝送速度で3m以上の通信距離を実現するための基礎技術を確立することを目標とする。そのために、以下の個別目標を実現する。

(a)干渉/ノイズキャンセル技術の開発

複数のアンテナで受信した信号を用いて、ベースバンド信号処理を行うことにより干渉信号成分をキャンセルすることで、隣接チャンネルからの干渉の抑圧を図る干渉キャンセル技術を実現するための基本アルゴリズム設計を実施し、シミュレーションによる検証を行う。また、実環境での基本動作を検証するための、60GHz帯フロントエンドの設計、試作を行う。

多値変調による高速通信を実用化する際に障害となる位相雑音を低減するため、受信シンボルを利用したベースバンドでの演算処理で抑圧するノイズキャンセル技術の基本アルゴリズム設計を実施し、シミュレーションによる検証を行う。

(b)超広帯域歪み補償技術の開発

ミリ波帯特有の2倍以下の低オーバーサンプリングレートでも効果的に歪みを補償し得る広帯域歪補償の基本アーキテクチャ設計を実施する。また、要素回路の設計、試作を行い、基礎データを取得する。

5. 実施期間

平成24年度

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次年度以降の研究開発に結び付けるとともに当該課題の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。

計画の策定にあたっては、Wireless Gigabit Alliance、Wi-Fi Alliance 及び IEEE に

対する国際標準規格への拡張提案のためのデータの取得や知財化を通じて、国際協調の維持継続と国際競争力の強化を図る内容が含まれていること。

## ② 実用化への取組

研究開発期間終了後も「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成 31 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。

# ＜基本計画書＞

## 車車間通信技術を活用したネットワーク構築に関する研究開発

### 1. 目的

現在、特定の利用目的のために割り当てられている周波数において、空間的・時間的に利用可能な周波数帯を移動通信システムに活用し、既存業務への影響を回避しつつ柔軟かつ高度に周波数を活用するための技術に関する研究開発と、その技術を利用したシステムの実用化、標準化に関する検討が世界各国で行われている。しかしながら、準静止状況ではなく、高速で移動する移動通信システムについては、既存業務への影響が動的に変化する可能性があることから、その影響を十分に予測するための技術が十分確立されていない状況である。

一方、移動通信システムのなかでも平時のみならず災害時においても自律的な活動が可能な自動車において、既存業務への影響を回避しつつ柔軟かつ高度に周波数を活用し車車間通信を可能としネットワーク構築を実現することは、平時から高密度な周波数割当てが可能となるとともに、災害時においても利用可能な周波数を迅速に活用可能となり、有限希少な電波資源の拡大につながるとともに、来るべき次世代ワイヤレスブロードバンドのための周波数確保が期待できる。

このことから、6GHz以下の帯域において、既存業務への影響を回避しつつ柔軟かつ高度に周波数を活用し、車車間通信が可能となるネットワーク技術を確立することで、周波数の有効利用の促進に資することを目的とする。

### 2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成25年1月11日 閣議決定）

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

#### ①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）

- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成23年情報通信審議会諮問第17号 平成24年7月25日答申）

Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「ホワイトスペースの周波数高度利用技術」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

「3.（2）我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。

「3.（3）i）デジタルコンテンツ市場の飛躍的拡大」において、「超高精細・高臨場感映像技術の開発及び標準化」を推進する旨が記載されている。

- ・グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース国際競争力強化検討部会最終報告書（平成 22 年 12 月 総務省）

研究開発戦略 主な取組

#### 1. 主な取組の概要

- いつでもどこでも接続可能なブロードバンドワイヤレス技術の研究開発
  - ・（前略）ホワイトスペース等の更なる電波の有効利用技術の研究開発等を実施し、その早期導入を図る。

### 3. 目標

平時のみならず災害時においても自律的な活動が可能な自動車による車車間通信について、平時から既存業務への影響を回避しつつ柔軟かつ高密度な周波数割当てを可能とし、また災害時においても利用可能な周波数を迅速に活用できるようにするため、既存業務への影響を回避しつつ車車間通信を可能としネットワーク構築を実現するための技術の確立を目標とする。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

自動車はバッテリーを持ち自律的な活動が可能なことから、携帯電話や自営通信網のエリア外や災害時に携帯電話基地局等が損壊した場合など、車車間通信は他の通信手段が利用できない際の通信手段として期待されている。

また、災害時、自動車は簡易的な避難所としても利用されることが多く、車車間通信により自動車間の通信を確立しネットワークを構築することは、携帯電話が使えないことが多い災害時には非常に有効である。

このことから、平時のみならず災害時において車車間通信により情報伝達手段を確保するため、既に特定の利用目的のために割り当てられている周波数において、空間的・時間的に利用可能な周波数を、移動通信システム（車車間通信）により利用可能としネットワークの構築を実現する技術を確立する。

#### (2) 技術課題および到達目標

##### 技術課題

ア システム間動的周波数管理技術の開発

空間的・時間的に利用可能な周波数を活用して車車間通信を行う場合、高速で移動する車載端末が既存業務に対して時々刻々と変化する干渉を与えるおそれがあることから、車車間通信から既存業務への干渉を回避する必要がある。このため、車車間通信を行う自動車の位置情報管理を行う二次利用システム管理技術、自動車の位置情報に基づき与干渉・被干渉エリアの推定を行う時変干渉エリア推定技術、これらの干渉エリア推定結果に基づいて利用可否判定・使用周波数選定を行う二次利用システム用利用周波数制御技術からなる、既存業務である一次利用システムと二次利用システム間の動的周波数管理技術の開発を行う。

また、利用可能な周波数を活用する自動車が複数存在する場合、利用周波数が動的に干渉し、通信品質が著しく低下する可能性がある。このことから、動的周波数管理技術と連動した、複数の自動車の位置情報に基づき相互の干渉量の推定を行う二次利用システム間の干渉推定と、干渉推定結果に基づき使用周波数や出力等の調整を動的に行う複数の二次利用システム（車車間通信）間の運用周波数調整を行う二次利用システム間の動的周波数管理技術の開発を行う。

#### イ 可搬型基地局—二次利用システム間通信技術の開発

アで開発した技術を運用管理する管理サーバと連携するための管理サーバアクセス技術、被干渉センシング技術により可搬型基地局と自動車間での通信を可能とする可搬型基地局—二次利用システム間通信技術の開発を行う。開発にあたっては、可搬型基地局は静止して運用することとし、複数の高速で移動する自動車搭載端末との通信を可能とする。既存の携帯電話システムで用いられている方式（3G や LTE）に基づき検討する。

#### ウ 二次利用システム間通信技術の開発

アで開発した技術を運用管理する管理サーバと連携し、自動車同士の通信である二次利用システム間通信（車車間通信）を実現する管理サーバアクセス技術、被干渉センシング技術により移動通信二次利用システム間通信技術の開発を行う。開発にあたっては、既存の車車間通信の方式である 700MHz 帯安全運転支援システムで用いられている方式に基づき検討する。

#### エ 二次利用システム（車車間通信）によるネットワーク構築検証

アからウで開発した技術を用いることで、既存業務への干渉を回避しつつ車車間通信によりネットワークを構築できることを検証する。検証にあたっては、実用時におけるネットワークの展開シナリオを検討し、求められる性能・規模を明確化した上で、二次利用システム（車車間通信）によるネットワークの構築の検証を行う。

## 到達目標

6GHz 以下の周波数帯において既存業務と周波数を共用しながら車車間通信を実現し、特定の移動通信システム向け周波数帯において、本研究開発で開発する技術を用いた共用の有無のみの比較により、2 倍以上の周波数利用効率を実現する。また、災害時一部地域において既存業務(一時利用システム)が一部使用不能となった際、一時的に空いた周波数を活用した車車間通信により、一次システムがダウンしていない地域までの中継通信を可能とするネットワーク構築を可能とする。個別の技術目標を以下に示す。

### ア システム間動的周波数管理技術の開発

- ・ 自動車の移動性を考慮した既存業務との与干渉／被干渉計算に基づいた共用条件及び移動する複数の自動車間の共存を可能とする動的周波数管理フレームワーク及び制御アルゴリズムを確立する。

### イ 可搬型基地局-二次利用システム間通信技術の開発

- ・ アで開発される管理フレームワークと関係動作可能な携帯電話システムで用いられている方式に基づく可搬型基地局と、それと通信可能な自動車に搭載可能な端末を開発する。運用場所まで移動・配置された可搬型基地局と端末が、移動中であっても既存業務への影響を回避しつつ通信することを可能とする。

### ウ 二次利用システム間通信技術の開発

- ・ アで開発される管理フレームワークと関係動作可能な移動通信システム間通信方式に対応した通信装置を開発する。複数の車載された端末が、移動中であっても既存業務への影響を回避しつつ相互に通信を可能とする。

### エ 二次利用システム(車車間通信)によるネットワーク構築検証

- ・ アで開発される管理フレームワーク、及びイ・ウでそれぞれ開発される可搬型基地局・自動車搭載端末を連携させ、関係動作の検証を実施する。これにより特定の周波数帯における周波数利用効率を2倍以上に増大させる。
- ・ 平常時・災害時それぞれにおける車車間通信によるネットワークの展開シナリオを検討し、求められる性能・規模を明確化し、それに基づいた収容トラフィック量等の基礎評価を実施することで、目標の達成可能性について評価を行う。また、この展開シナリオに基づき可搬型基地局-二次利用システム間通信、二次利用システム間通信の混在環境における既存業務への干渉回避統合システムの構築により、既存業務に悪影響(harmful interference)を与えることなく通信を行うことを可能となることを検証する。



5. 実施期間  
平成 24 年度

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」及び平成 27 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。

# ＜基本計画書＞

## 無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携 及び共用技術の研究開発

### 1. 目的

大規模災害時において通信インフラや道路インフラ等が壊滅的な被害を受けた場合の孤立地域との迅速なネットワークの確立や、火山、火事、高放射線などの危険地域等でのデータ収集や通信確保を行う手段として、パイロットが搭乗する必要がなくプログラム通りに自律飛行することが可能な無人航空機システム（UAS）の利用が期待されている。国際的にも、欧米を中心に活発的な研究開発が行われているだけでなく、2012年の世界無線通信会議（WRC-12）において UAS で用いる周波数として 5GHz 帯（5030MHz～5091MHz）の非ペイロード用通信としての使用が合意され、次回会議（WRC-15）では UAS と衛星を結ぶ周波数を決定するための議題が設定されている。

しかしながら、5GHz 帯や衛星通信用周波数帯（Ku/Ka 帯）は既にひっ迫しており、地上の無線アクセスシステムや航空無線航行システムとの共用が必要となっているほか、衛星とのリンクについても他の衛星回線との干渉を回避する必要がある。これらの課題を解決するため、5GHz 帯における他の地上用無線業務との周波数共用技術及び他の衛星通信との共用技術を開発し、周波数の共同利用を促進する。

### 2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定）

「Ⅱ. 1.（2）研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、（中略）先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

#### ①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）
- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「大容量・途切れのない高信頼・高品質な通信を可能とする移動通信システム等のブロードバンドワイヤレスネットワーク環境の提供」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）「3.（2）我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。
- ・電波政策懇談会報告書（平成 21 年 7 月）において、「災害に強い国づくりを目的に、災害による被害の発生を防止、軽減するために電波利用システムをアプリケーションとして活用していく」旨が記載されている。

### 3. 目標

大規模災害等における孤立地域との迅速なネットワーク確立及び平常時における広範囲なデータ収集等を可能にするため、UAS を活用した無線中継システムを既存システムと周波数を共用しつつ他のネットワークと協調して迅速に展開できる技術の実現に必須となるコンポーネントの試作開発やアルゴリズム評価を行い、対象となる 5GHz 帯及び Ku/Ka 帯の共同利用の促進に資する。

無線中継システムを十分に機能させるため、UAS 1 機あたり 5Mbps の伝送容量を満たすことを目指す。また、他のシステムへの保護基準として、5GHz 帯においては不要輻射制限（-75dBW/MHz）を満たすとともに、Ku/Ka 帯においては固定業務において規定されている PFD 許容値（Ku 帯：-138dBW/4kHz・m<sup>2</sup>、Ka 帯：-105dBW/1MHz・m<sup>2</sup>）を固定衛星業務（FSS）にも準用し、これを満たすことを目指す。

### 4. 研究開発内容

#### （1）概要

UAS を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用を実現するため、5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術、Ku/Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用評価、複数 UAS と地上ネットワークを連携させた対地上の高速かつ安定した中継システムの研究開発のためコンポーネントの試作開発、ならびにアルゴリズム評価を行う。

#### （2）技術課題および到達目標

##### 技術課題

##### ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線システムとの周波数共用技術の開発

WRC-12 において新たに 5GHz 帯（5030MHz～5091MHz）が UAS の非ペイロード通信用として割り当てられたが、この帯域は地上無線アクセスシステム及び航空無線航行システムとの共用バンドとなっている。このため、この周波数の利用にあたっては、上空を飛行する UAS で送信・受信した場合の伝搬特性や、地上の現用システムとの間の与干渉・被干渉特性を把握し、周波数共用条件検討のためのデータを蓄積しておく必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について特に災害時に容易に配備・利用可能な小型・

中型 UAS を想定した研究開発を行う。

- (a) 周波数共用評価のための電波伝搬モデルの確立
- (b) 他の地上用無線業務との周波数共用技術

#### イ Ku/Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

地上だけでなく海洋等を含む広い範囲で UAS を活動できるようにするためには、UAS－衛星間通信が必須の技術となる。このための周波数帯として、Ku/Ka 帯における FSS 用の帯域を用いることが ITU-R 等で検討されている。しかし、UAS－衛星間通信においては、UAS が広範囲にわたって飛行することによって、同じ帯域を用いる他の衛星や固定地球局への干渉が問題となる。これを回避しつつ、UAS の安全飛行のための映像伝送等、UAS と衛星間的高速通信を実現する必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について特に災害時に容易に配備・利用可能な小型・中型 UAS を想定した研究開発を行う。

- (a) UAS 搭載用の可変指向性アンテナ技術
- (b) 環境適応型衛星通信技術

#### ウ 複数 UAS と地上ネットワークを連携させた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

UAS を災害時等の中継路の一つとして活用する場合には、用いる UAS が大型になるほど搭載容量が増え、電力や搭載機器に余裕ができ、結果として通信範囲や通信速度を大きくとることができる。しかしながら、大型の UAS は高コストであり、また運用の難易度も上がるという課題がある。

これを解決するには、UAS による中継方法を工夫したり、複数の小型 UAS（おおむね手投げ発進が可能な総重量 10kg 以下のもの）を連携させたりすることで実質的に通信範囲や通信速度の拡大することが有効である。

具体的には、小型の UAS が一度に見通せない範囲であっても、中継すべきデータを UAS で物理的に移動し、遠くの範囲へ送り届けたり、複数の小型 UAS と複数の地上ノードを仮想的な MIMO（多入力・多出力）チャネルとして高速・安定通信に活用したりする技術を開発する必要がある。

以上を踏まえ、次の課題について既存の衛星通信システムとの比較を行いつつ、研究開発を行う。

- (a) 耐遅延中継技術
- (b) 地上・UAS 連携マルチリンク MIMO ネットワーク符号化中継技術

### 到達目標

#### ア 5GHz 帯における UAS と他の地上用無線業務との周波数共用技術の開発

- (a) 周波数共用評価のための電波伝搬モデルの確立  
5GHz 帯の送受信装置を実際の UAS に搭載し、地震及び津波等の大規模災

害時の通信網補完を想定した気象条件や地上環境、地形条件等、さまざまな環境（5 種類以上）における電波伝搬データを取得して解析を行い、各環境や条件ごとの基礎的な電波伝搬モデルを確立する。

(b) 他の地上用無線業務との周波数共用技術

UAS に搭載する無線通信システムや地上局システムの設計に活用するため、様々な環境や飛行パターンにおける地上システム（無線アクセスシステム及び航空無線航行システム）を保護するための不要輻射制限基準を満たすための干渉評価並びに周波数共用評価が可能な周波数共用評価システムを構築する。

イ Ku/Ka 帯における UAS と他の衛星通信との周波数共用技術の開発

(a) UAS 搭載用の可変指向性アンテナ技術

電子制御と機械制御のそれぞれの特徴を考慮し、他の衛星回線への干渉基準を満たす、小型で軽量の可変指向性アンテナの設計を行い、これを実現するための無線コンポーネントの試作開発を行う。

(b) 環境適応型衛星通信技術

キャリアセンシングによるチャンネル制御や送信出力制御による干渉回避のための方式設計を行い、その制御コンポーネントの試作開発を行う。地上からの上り回線と衛星からの下り回線の両方の信号を対象とする。

ウ 複数 UAS と地上ネットワークを連携させた対地上の高速かつ安定した中継技術の開発

(a) 耐遅延中継技術

UAS に小型のネットワークサーバを搭載し、地上局から送信されたメッセージを機上メモリに蓄積し、目的地の上空まで飛行して携帯端末や車載無線装置などの地上局向けにダウンリンクする、大きな遅延を許容したメッセージ伝送技術のためのネットワーク制御コンポーネントを試作開発する。

最大 15 分程度までの遅延を許容し、上り回線と下り回線のそれぞれにおいて、5Mbps 以上のスループットを実現することを想定した地上・上空のネットワーク技術の強化及び連携による中継技術向上、および中継経路の切り替りや一時途絶などを考慮した情報のロバスト配信のためのアルゴリズム評価を行う。また、UAS に搭載する小型ネットワークサーバと地上を走行する車両に搭載する端末の無線コンポーネントの試作開発を行う。伝送遅延やスループット低下の代償は伴うが、UAS の物理的な高速移動特性を利用して、送信電力を増大させることなく、災害等で寸断されたネットワークの先の遠方の携帯端末や車載端末に情報を配信可能とすることを目指す。

(b) 地上・UAS 連携マルチリンク MIMO ネットワーク符号化中継技術

地上と上空のノードを連携させ、複数の UAS とそれらからカバーできる地上の複数のメッシュノードとの間でマルチリンク MIMO(多入力・多出力)チャンネルを構成し、空間的な冗長性を活用して障害への耐性を強化する。

具体的には、地上と上空の複数ノードで構成される巨大 MIMO リンクによる耐干渉性に優れた中継を行う巨大 MIMO 時空間符号化中継のためのアルゴリズム評価を行う。また、ネットワーク符号化技術(ネットワークの多数の経路にデータを分散して伝送し、冗長性を活用してネットワークを安定化するとともに伝送効率を向上する技術)と組み合わせることで、伝送する情報量は減らすことなく送信パケットの数を削減し、ネットワーク全体としての周波数資源利用効率を改善するためのマルチリンク MIMO ネットワーク符号化伝送を行うためのアルゴリズム評価および無線コンポーネントの試作開発を行う。送る情報の要求条件と性質に合わせたリンク間の合成・配分の最適化、並びにネットワーク符号化によるオーバーヘッドの増加や各ノードの消費電力増加等のマイナス効果を定量的に評価し、これを最小限に抑えることをめざす。また、メッシュネットワークの安定性と保守性を強化するためのネットワーク符号化を応用したネットワークの障害特定のためのアルゴリズム評価を行う。

## 5. 実施期間

平成 24 年度

## 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」及び平成 30 年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な実証実験等の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。

# ＜基本計画書＞

## ワイヤレス電力伝送システム等における漏えい電波の影響評価技術に関する研究開発

### 1. 目的

近年、電波の利用方法としては、通信だけではなく、電力伝送技術が注目され、研究開発が進んでいる。

このようなワイヤレス電力伝送システムにおいて、特に電気自動車における充電利用は今後、一般家庭や集合住宅の駐車スペース等に普及が見込まれるが、高出力であるため、高密度で設置されると付近の無線システム等に与える影響が懸念される。

さらに、家庭内において、今後、HEMS（ホームエネルギーマネジメントシステム）、GIPC（太陽光発電系統連系パワーコンバータ）等の普及見込まれており、これらの高周波電流を利用する設備等から発生する漏えい電波が既存の無線システム等と電波干渉を起こす問題が指摘されている。

また、システム単体では問題ない場合であっても、屋内外のワイヤレス電力伝送システムや、GIPC 等が互いに密に接した状態で複数設置される環境においては、これらの多数の発生源から発生する漏えい電波が合成されて他の機器に影響を与える可能性や、互いに影響を与える可能性が考えられる。

このため、このような電波環境における漏えい電波の状況を正確に把握する必要がある。

したがって、漏えい電波の状況を把握・シミュレートし、影響を分析する技術の研究開発により、電波環境の保全を確保し、国際標準等国際的な調和を図りながら通信機器、電力伝送システム等の周波数の共同利用を促し、もって電波利用ビジネスの活性化に資する。

### 2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定）

「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。

#### ①研究開発プロジェクトの推進

- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）
- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）



Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「ホワイトスペースの周波数高度利用技術」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

「3.（2）我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進」において、「引き続き、新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）の研究開発」を行う旨が記載されている。

- ・デジタル新時代に向けた新たな戦略～三カ年緊急プラン～（平成 21 年 4 月 9 日 IT 戦略本部）

第 2 章 II. 2.（4）デジタル技術を活用した新産業創出において、「コードのいない快適生活環境等を早期実現」する旨が記載されている。

- ・電波新産業創出戦略～電波政策懇談会報告書～（平成 21 年 7 月 13 日 電波政策懇談会）

「4-2-2 ユビキタスフロンティア【ワイヤレス電源供給】」において、「電源コードが不要となることにより、コンセントのない住宅や家電の自由な配置の実現以外にも、ユーザーのライフスタイルにも大きな変革をもたらすと考えられる。

さらに、電気自動車の給電インフラとして、無線給電スタンドや無線給電駐車場の整備も期待される。また、カプセル内視鏡型ロボット／センサーやインプラント機器に搭載される電池の代替としても、ワイヤレス電源供給の利用が期待される。」旨が記載されている。

### 3. 目標

電気自動車への充電方法として研究開発が進んでいるワイヤレス電力伝送システムや、家庭内において今後設置が進むことが見込まれている GPCPC 等、多数の発生源から発生する複合的な漏えい電波が相互に影響を与える可能性が考えられ、このような電波環境における漏えい電波の状況とそれによる干渉影響を正確に把握する技術を開発し、今後、通信機器及び電力伝送システム等の周波数の共同利用環境構築に資する再現性の高い影響評価環境モデルの構築を行う。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

本研究では、実際のワイヤレス電力伝送システム及び GPCPC 等を設置した実験環境を構築し、それら各機器から発生する漏えい電波の強度や他の機器に及ぼす

干渉影響を定量的に把握する実環境分析技術を開発する。

実際の住宅環境における漏えい電波の発生源や被干渉システムの配置や組み合わせ等は個々の住宅毎に異なるため、各機器間の干渉性能評価やその性能改善検討のためには、一般的な影響評価環境が必要となる。さらに、製造業者や型式などによって異なる各機器の性能や仕様の差を踏まえた上での影響評価が必要となる。そのため本研究では、再現性が高く、より一般的な評価を可能とする実験環境を実現する実環境再現技術を開発する。

さらに、実環境分析技術の研究開発の結果得られた実際の屋内外の設置環境における干渉影響の評価結果と、実環境再現技術における評価結果とを比較することで、本技術の妥当性の確認を行う。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア 実環境分析技術の開発

ワイヤレス電力伝送システム及び GPCPC 等では、様々な周波数帯の電力及び通信等が用いられ、これらの各機器は屋内外の様々な環境に設置され、それぞれ個別の動作条件で運転される。これらから様々な漏えい電波が発生しているが、漏えい電波の強度が比較的高いと考えられる電気自動車用ワイヤレス充電システムにおいては、路側システム、自動車側システムの設置条件や充電制御状態等の様々な因子によって、他の機器に与える干渉影響が大きく異なってくるのが想定される。

したがって、各機器の様々な動作状態や設置状態を正確に制御、把握した条件における漏えい電波が他の機器に及ぼす干渉影響を評価する必要がある。

そのため、本研究では、実際に複数の電気自動車用ワイヤレス充電システム及び GPCPC 等を設置した実験環境を構築し、各機器の動作状態を正確に制御、把握した上で、それら各機器から発生する漏えい電波の強度と他の機器に及ぼす干渉影響を定量的に把握する。

#### イ 実環境再現技術の開発

実環境再現技術の開発では、漏えい電波の強度や電源系統への影響など様々なパラメータを変化しながら再現性が高い定量的評価を可能とする実験環境を実現する。そのために、まず、実環境分析技術で把握した GPCPC の動作や電源系統への影響を再現する家庭内配線エミュレーターを構築する。次に、主に漏えい電波の強度が高い機器、例えば、ワイヤレス電力伝送システムを含む複数の波源から漏えい電波が空間に放射されることを模擬した空間放射エミュレーターを構築する。これにより、周波数、出力電力といった条件を変えながら干渉影響を再現することで、被干渉システムにおける影響の度合いを評価し、その結果を踏まえ改善や妥当性の確認を行うことができる環境を構築する。

## 到達目標

### ア 実環境分析技術の開発

ワイヤレス電力伝送システムでは、屋外と屋内に設置される複数の形式のシステムを想定し、特に屋外に設置される電気自動車用ワイヤレス充電システムについては、周波数、出力電力を数段階に変化することが可能であり、また、複数の送受電コイル形式を選択できるシステムを用いる。各機器の動作状態を正確に制御、把握するシステムにおいては、各システム間を連携制御するための配線や無線通信が電波環境の分析に影響を及ぼさないように電磁的、電氣的に絶縁するように配慮する。その上で、移動可能な電磁界プローブとその位置を特定する技術、位置検出システムなどを組み合わせて、屋内外（屋外として家屋に隣接して設置される駐車場までを少なくとも含むこととする）の電磁界強度を3次元で測定し可視化する空間放射統計システムを開発して、各機器からの漏えい電波の強度を空間位置及び周波数の両面から分析する。電磁界強度の測定においては、与干渉及び被干渉システムの使用周波数帯を考慮し、100kHz～6GHzの電界成分（放射界）と、30kHz～30MHzの磁界成分（誘導界）を測定する。また、電源スイッチ方式による配線の差分等電力線の配線状況による影響も評価する。

さらに、HEMSの機器間連携通信システムなど3種類以上の無線通信システムの通信品質（ビットエラーレート等）を定量的に評価する方法を開発し、代表的な無線システムとして、特定小電力無線（920MHz帯）、携帯電話（800MHz、1.5GHz、2GHz帯）、無線LAN（2.4GHz、5.2GHz帯）に対する影響を評価する。また、GCPCであれば太陽光発電系や電力変換系の系統連系制御動作の変換効率、歪みなどの品質を評価する方法を開発し、実際の様々な動作条件における干渉影響を分析する。

干渉影響の分析においては、対象となる機器の分類方法として、電力の大きさを考慮した上で与干渉側機器及び被干渉側機器とに整理し、それらの組み合わせにおいて想定される課題を整理した上で、実際の評価を実施する組み合わせと評価項目を選定する。

### イ 実環境再現技術の開発

家庭内配線エミュレーターでは、家庭内の電力線等の各種配線を模擬した電源システムを構築し、その電源システムにおいて、実環境分析技術で把握したGCPCの動作や電源システムへの影響を再現する。次に、各種機器からの漏えい電波が空間に放射することを模擬した空間放射エミュレーターの構築では、各装置の複数種類の周波数帯における漏えい電波によって生成される電磁界強度分布を模擬的に再現する。特に、ワイヤレス電力伝送システムの模擬については、送電コイルによる磁界波源を再現する。さらに、実環境分析技術において開発した空間放射統計システムを用いて、被試験機器近傍の漏えい電波の強度を空間位置及び

周波数の両面から分析し、実環境分析技術で把握した実際の環境の電磁界強度分布との差分を検証して、その差分を低減するように調整する。さらに、電源スイッチ方式による配線の差分等電力線の配線状況による影響も再現する。

なお、本実環境再現技術については、主要な部分を電波暗室内において構築し、さらに、各機器の動作状態を正確に制御、把握するシステムにおいては、各システム間を連携制御するための配線や無線通信が電波環境の分析に影響を及ぼさないように電磁的、電氣的に絶縁するように配慮する。

このような実環境再現技術を使用することで、周波数、出力電力といった条件を変えながら干渉影響を再現することで、被試験機器における影響の度合いを評価し、干渉影響を分析する。特に、被試験機器において運用される HEMS の機器間連携通信システム等については、代表的な無線システムとして、特定小電力無線(920MHz 帯)、携帯電話(800MHz、1.5GHz、2GHz 帯)、無線 LAN(2.4GHz、5.2GHz 帯)の通信品質(ビットエラーレート等)を定量的に評価する。

その上で、実環境分析技術の結果得られた実際の屋内外の設置環境における干渉影響の評価結果と、本実環境再現技術における評価結果とを比較することで、本技術の妥当性を検証する。

## 5. 実施期間

平成 24 年度

## 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。

あわせて学術会議や学術論文誌等においても上述と同様、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 27 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) 提案及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。

# ＜基本計画書＞

## 周波数有効利用に資する次世代放送基盤技術の研究開発

### 1. 目的

放送・通信分野等において、ハイビジョンを超える飛躍的な画質の向上に資する超高精細映像（8K）技術の研究・開発が進展してきており、現在のハイビジョンを超える画質の映像の制作・表示に関する規格策定も進み、4Kに対応したカメラ、ディスプレイ、プロジェクタ等の製品化等も急速に進んでいる。さらに、超高精細映像は、その画質の精細さから、医療・建築・教育などの産業分野への応用や美術館での利用など、幅広い可能性を持っている。

諸外国においては、フランスの共同研究組織「4EVER」が2012年よりHEVCを利用した4K映像関連（番組制作、伝送網）の共同研究開発を開始し、韓国では2012年10月に地上波における4Kの実験放送を実施するなど、高画質化への取組が世界的にも加速している。

我が国においても、ハイビジョンを超える超高精細映像（8K）の研究が進められており、総務省は平成24年11月に「放送サービスの高度化に関する検討会」を開催し、この中で8Kに関する放送サービスや受信機器の実用化・普及に関するロードマップの策定を行っている。

このような状況を踏まえ、8K等のハイビジョンを超える超高精細映像配信が可能な衛星放送やHD映像配信が可能な次世代移動放送の実現に向けた取組を加速させる必要がある。これらの放送サービスを実現するためには、例えば、現在のBSデジタル放送の伝送方式での超高精細映像伝送を想定した場合には、さらなる周波数帯域の確保が必要となる。しかしながら、既に稠密に利用されている現下の周波数利用状況を鑑みると、現在放送業務に割り当てられている希少な周波数資源のより一層の有効利用を図るとともに、高い周波数帯（21GHz等）における利用を促進する必要がある。

本研究開発では、より伝送効率の高い変調方式等を用いることで伝送容量拡大を可能とする要素技術等を確立することにより、周波数の有効利用に資することを目的とする。

また、次世代移動放送の実現に向けて要素技術の研究開発が必要であるが、まずは地上放送の大容量化においても重要となる偏波MIMO（Multiple Input-Multiple Output）伝送技術に取り組むことを目的とする。

さらに、本研究開発により得られた成果に基づき、国内における8Kの放送サービス及び受信機等の普及に加え、国際標準化や放送コンテンツ及び受信機等の海外展開を通じた我が国の国際競争力強化を図る。

## 2. 政策的位置付け

- ・日本経済再生に向けた緊急経済対策（平成 25 年 1 月 11 日 閣議決定）  
「Ⅱ. 1. (2) 研究開発、イノベーション推進」において、「イノベーション創出による需要喚起と成長への投資促進を図るため、(中略) 先端的な情報通信技術の確立など、研究開発プロジェクト等を推進する」旨、及び下記項目が記載されている。
  - ①研究開発プロジェクトの推進
- ・イノベーションを創出する情報通信技術の利活用推進・強固な基盤整備（総務省）
- ・知識情報社会の実現に向けた情報通信政策の在り方（平成 23 年情報通信審議会諮問第 17 号 平成 24 年 7 月 25 日答申）  
Active Japan ICT 戦略「アクティブコミュニケーション戦略～堅牢・高性能な重層的ブロードバンドネットワークの展開～」において、「ホワイトスペースの周波数高度利用技術」等、「電波の有効利用を実現する新たなワイヤレスシステムの研究開発」を行う旨が記載されている。
- ・新たな情報通信技術戦略工程表（平成 24 年 7 月 4 日改訂 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）  
「3. (3) i) デジタルコンテンツ市場の飛躍的拡大」において、「超高精細・高臨場感映像技術の開発及び標準化」を推進する旨が記載されている。

## 3. 目標

現在の放送品質を大きく超える高精細、高臨場感（8K）映像技術等を用いた次世代放送を実現するため、伝送効率の高い変調方式や偏波 MIMO 技術による伝送容量拡大技術と最適な高圧縮・伝送効率向上技術等との組合せにより、十分な伝送容量を確保して映像の高品質を維持することが可能となる送受信基盤技術を確立することを目標とする。更に、高圧縮・伝送効率向上技術や伝送容量拡大技術を用いた伝送情報を受信するために必要となる高速復調技術等の受信性能改善技術の確立に向けた要素技術を検証する。これらにより、放送の高度化というニーズに応えつつ放送用周波数の有効利用に資することを目標とする。

また、これらの技術を世界に先駆けて開発することにより、当該研究開発により得られた成果に基づき、国際標準化を通じた我が国の国際競争力強化に資することを目標とする。

## 4. 研究開発内容

### (1) 概要

本研究開発においては、衛星放送用周波数帯を用いてハイビジョンを大きく超える高精細、高臨場感な映像（8K）伝送等を実現するための基盤技術として、「伝送容量拡大技術」、「高圧縮・伝送効率向上技術」の研究開発等を行う。さらに、

次世代移動放送の実現に向けて、まずは地上放送の大容量化においても重要となる偏波 MIMO 技術のための「伝搬測定技術」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 伝送容量拡大技術の開発

##### アー 1 衛星放送に関する変復調技術の開発

テレビ等の固定型の受信機器向けの衛星放送に関して、超高精細映像等の膨大な情報量を効率良く伝送するためには、周波数利用効率を向上する技術の開発が重要である。しかし、衛星放送は、一般家庭での 45cm~60cm 程度の小型アンテナによる受信においても、一定以上のサービス時間率を達成することを念頭に置く必要がある。また、伝送方式においては、衛星中継器の非線形増幅や帯域制限フィルタによる振幅特性及び群遅延特性の影響を考慮する必要がある。これらを踏まえた上で、多値変調を用いた伝送容量の拡大とともに、周波数利用効率の向上手段として、シンボルレートの拡大を目標とする。具体的には、高速変復調装置を開発し、衛星中継器特性を考慮した評価を行い、本方式の有効性を確認する。

##### アー 2 地上放送に関する伝搬測定技術の開発

地上放送に関して、超高精細映像等の膨大な情報量を効率良く伝送するためには、周波数利用効率を向上する技術の開発が重要である。地上放送の場合の周波数利用効率向上手段として、直交する 2 つの偏波を同時に使用する偏波 MIMO 伝送技術を適用し、放送システムとして実用化する際の回線設計に資するため、見通し及び見通し外環境での中・長距離伝搬における偏波 MIMO 伝搬路の特性を研究・把握する。

#### イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

超高精細映像等の伝送の実現には、誤り訂正技術等もあわせた高圧縮・伝送効率向上技術の高度化が重要である。また、高圧縮・伝送効率向上技術の高度化には、中核的な技術となる次世代の圧縮符号化方式の HEVC 規格について、放送用はもちろんのこと素材伝送用の HEVC 規格の国際標準化の動向も注視して研究開発を行うことが必要である。

テレビ等の受信機器向けの放送用の超高精細映像の高圧縮・伝送効率向上技術の開発にあたり、超高精細映像の標準動画を制作し、圧縮率等の条件を様々な変化させて符号化実験を行い、複数の評価者を用いた主観的な画質評価により、復号した映像品質の比較実験を行う。

更に、この評価により得られた超高精細映像による放送画質の要求条件を設定し、課題アの伝送容量拡大技術と組み合わせ、所要の品質を確保する最も効果的な方法により、周波数の有効利用を実現する高圧縮・伝送効率向上技術を開発する。



確立する。

## 到達目標

### ア 伝送容量拡大技術の開発

#### アー 1 衛星放送に関する変復調技術の開発

テレビ等の固定型の受信機器向けの衛星放送に関しては、現在の BS デジタル放送で採用している従来手法に比べて、2 倍程度の情報レート、15%以上のシンボルレートの拡大となる技術の開発を目標とする。その上で、衛星放送サービスの要求条件を考慮した多値変調技術等について実装評価により検証し、最適な変復調技術を実現する。

#### アー 2 地上放送に関する伝搬測定技術の開発

地上放送に関しては、偏波 MIMO 伝送を用いた地上放送の実現を目指して、偏波 MIMO 伝搬路の特性測定、解析技術を開発し、見通し及び見通し外環境での数 km～数十 km 程度の中・長距離伝搬における偏波 MIMO 伝搬路の基礎特性の取得を目標とする。

### イ 高圧縮・伝送効率向上技術の開発

超高精細映像の放送画質の要求条件を設定し、これを満足する最小の帯域で所要の品質を確保する最も効果的な圧縮方法等について、従来方式 (MPEG-2) の 4 倍程度の伝送効率となる高圧縮・伝送効率向上技術の開発を目標とする。

## 5. 実施期間

平成 24 年度

## 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」及び平成 32 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。