

## <基本計画書>

次世代映像素材伝送の実現に向けた高効率周波数利用技術に関する研究開発

### 1. 目的

我が国では、超高精細度放送（8K 放送）の試験放送が 2016 年に開始される予定であり、2020 年の本放送開始に向けて、ニュース映像やスポーツ番組等に不可欠な放送番組素材についても高効率かつ高信頼のリアルタイム伝送を行うための基盤技術の確立が急務となっている。

現行または周波数移行後の素材伝送システム（FPU(Field Pick-up Unit)）で使用される周波数帯域（2.3GHz 帯、マイクロ波帯など）では、大容量の超高精細度（8K）映像素材を無線伝送するための新たな周波数帯域の確保が難しいことから、当該 FPU 周波数をこれまで以上に効率的に利用可能とする伝送技術の研究・開発が必要である。

また、FPU は伝搬路状況が大きく変化する環境において運用することから、伝送品質を維持しつつ、周波数の有効利用を図ることが求められている。特に 2.3GHz 帯の周波数等では、他の無線通信システムとの共用や FPU 同士の共用が前提となっていることから、電波干渉を生じさせない新たな工夫も必要となる。

以上のことから、8K 映像素材のリアルタイム伝送の実現に向けた高効率伝送技術ならびに、電波干渉を回避するとともに FPU の伝送品質を維持した上で高効率の周波数有効利用を図るための伝送技術の確立することにより、FPU の大容量化と信頼性の向上を図り、既存の FPU に比べ周波数利用効率を高めた次世代映像素材無線伝送システムの開発を目標とする。

FPU で使用する周波数帯域を活用して 8K 映像素材伝送を実現するとともに、他の無線通信システムと共用する周波数帯域を活用しての大容量伝送を実現するものであるが、本研究成果は、映像素材伝送にとどまらず、周波数資源の一層の有効利用技術として広く利用されることも期待できる。

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

・電波有効利用の促進に関する検討会 報告書（平成 24 年 12 月 25 日）

第一章 電波利用環境の変化に応じた規律の柔軟な見直し

（3）周波数再編の加速

② 電波有効利用の活用

「電波の有効利用を一層推進する観点から、今後は、センサーネットワーク、M2M、テラヘルツ帯デバイス、無人無線航行関連技術など、新たなニーズに対応した無線技術をタイムリーに実現するとともに、電波利用環境を保護するための技術について開発をより一層推進するため、国際標準化、国際展開も

含め、成果の実用化に向けた各段階の取組の充実・強化を図ることが必要である。

具体的には、電波の有効利用を図るための研究開発については、従来の国が研究開発課題を設定し、委託する方法に加えて、自由に研究開発課題の提案を受け付ける方法を導入することが適当である」旨を記載。

- ・日本再興戦略（平成 25 年 6 月 閣議決定）

## 第Ⅱ． 3つのアクションプラン

### 一． 日本再生再興プラン

#### 4． 世界最高水準の IT 社会の実現

「IT を活用した民間主導のイノベーションの活性化に向けて、世界最高水準の事業環境を実現するため、今般策定される新たな IT 戦略（本年 6 月 14 日閣議決定）を精力的に推進し、規制・制度改革の徹底並びに情報通信、セキュリティ及び人材面での基盤整備を進める」旨を記載。

- ・世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月 閣議決定）

## Ⅲ． 目指すべき社会・姿を実現するための取組

### 1． 革新的な新産業・新サービスの創出と全産業の成長を促進する社会の実現

#### （5）次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業創出、国際競争力の強化

「8K に対応した放送については 2016 年に、衛星放送等における放送開始を目指す」及び「2020 年には、市販のテレビで 4K、8K 放送やスマートテレビに対応したサービスを受けられる環境を実現する。」旨を記載。

- ・情報通信審議会答申「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 24 年 7 月 25 日）

「リッチコンテンツ戦略」において、2015 年に向けた目標である「いつでもどこでも誰でもが、デバイスフリー、ワンソース／マルチユースで高精細、高臨場感なリッチコンテンツを製作・利活用できる環境の実現」に関し、「日本が優位性をもつ高精細、高臨場感な映像技術（4K、8K）の確立とこれらが実装された端末・サービスの普及推進ロードマップを早期に策定するための検討体制を整備」することとされている。

- ・放送サービスの高度化に関する検討会検討結果取りまとめ（平成 25 年 6 月 11 日）  
スーパーハイビジョンに関する検討結果について

「3． 時間軸」中「(2)時間軸の設定に関する考え方」において以下の時期を目安として進めていく旨記載。

2014 年	（ブラジル（リオデジャネイロ）・ワールドカップの開催年） 〔可能な限り早期に、関心を持つ視聴者が 4K を体験できる環
--------	--

	境を整備。]
2016年	(リオデジャネイロ・オリンピックの開催年) [可能な限り早期に、関心を持つ視聴者が8Kを体験できる環境を整備。]
2020年	(オリンピックの開催年) [希望する視聴者が、テレビによって、4K/8Kの放送を視聴可能な環境を実現。]

### 3. 目標

現行または周波数移行後のFPUで使用される周波数帯域(2.3GHz帯、マイクロ波帯など)において、リアルタイムでの8K映像素材伝送を可能とし、さらには、無線区間での周波数利用効率を従来のハイビジョン(2K)用FPUと比べて1.5倍に拡大するとともに、従来の圧縮方式(MPEG-4 AVC/H.264)よりも最大2倍程度の高効率な圧縮技術を実現することで、当該周波数を最大3倍程度効率的に利用可能とする新たな伝送技術の研究・開発に取り組み、次世代映像素材無線伝送システムを構築する。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

超高精細度カメラで撮影したニュースやスポーツ等の大容量の映像情報をFPUで効率的にリアルタイムでの伝送を行うためには、新たな技術開発の下、高度な技術等の適用が必要である。

FPUは、従来は単方向通信方式で、かつ固定レートで運用を行っているが、伝送効率を向上させるために新たに双方向通信方式を採用し、さらには伝送路の状況に応じた柔軟な送受信を可能とするために可変レートに対応した新たなFPUを開発する。具体的には、双方向化により効率を低下させない時分割複信(TDD)方式、双方向MIMO技術、適応変調技術、HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)技術の開発に取り組む。

また、2.3GHz帯はFPU同士の共用や、他の無線システムとの共用が前提となっていることから、これらの周波数帯における空きチャンネルを検出し、伝送に有効なチャンネルを組み合わせて容量を増大する技術の開発にも取り組む。

さらに、8K映像の映像素材は、これまでのハイビジョン(2K)映像素材に比べ格段に情報量が多くなる。限られた周波数利用の中では、できる限り所要伝送レートを減らすことが望まれることから、これまでよりも高効率な圧縮方式を用いた伝送技術の開発にも取り組む。

最終的に既存のFPUと比べ、伝送容量を最大3倍程度向上させる。また、移動中継を想定した実証実験を実際の伝搬環境で行い、総合特性を評価する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア 伝送容量可変化技術の開発

##### (ア) 次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

無線通信を行う二者で伝送路情報を共有することで、伝搬環境に応じて最大伝送容量が得られる送信パラメータを適応的に可変する技術を開発する。偏波多重 MIMO 技術、送受信ダイバーシチ技術、空間多重 MIMO 技術を伝搬環境に応じて適応的に切り替え、これらを積極的に利用して伝送容量を向上させる技術の開発が課題である。また、受信側が受信した信号から経路の品質を分析し、その情報を送信側に送り返すことにより、各アンテナから出力される信号の電力配分を、注水定理に基づいて適応的に可変させることでスループットを向上させるような実用的な手段の開発が必要である。

送信パラメータを適応的に可変させるためには、伝送路情報をフィードバックするための回線が必須となるが、本研究開発では 4 (2) ア(イ) で検討する時分割複信 (TDD) 方式を前提として、フィードバックされた伝送路情報の遅延による伝送品質の劣化を軽減する技術、送り返す情報量を削減する技術や、伝送システムとして構築するためのハードウェア実装技術など、実用化に向けて解決しなければならない困難な課題に取り組む。なお、上記の各要素技術は、主にベストエフォート型の無線通信システムを前提とした研究開発が進められているが、帯域保証が要求される放送分野への適用例はなく、新たな要求条件を満たす技術への発展が不可欠となる。

##### (イ) 高効率時分割複信技術の開発

高精細度 (ハイビジョン) 映像素材を無線伝送する既存の FPU は、放送システムと同様に単方向かつ一定レートの伝送システムであった。一方、8K 映像素材は、格段に所要伝送レートが高くなる。通信路を双方向化することにより、伝搬環境に応じて最大伝送容量を得られる通信方式に自律的かつ適応的に切り替えることが可能となり、トータルスループットの向上が期待できる。双方向化のための複信方式としては、周波数分割複信 (FDD) 方式と時分割複信 (TDD) 方式が挙げられる。複信用の新たなチャンネルが不要であること、上り下りの伝送レートの比率を自在に変更できること、従来の FPU システムと同様に、単方向かつ一定レートの伝送にも対応できる利点があり、周波数有効利用の観点からも、8K 映像素材伝送には TDD 方式が望ましい。

TDD 方式においては、送受信切替保護時間 (ガードタイム) を伝送距離に応じて適応的に可変させることで長距離伝送でも高い伝送効率を維持できる TDD 技術、移動中継で想定される広いダイナミックレンジ (60 から 70dB 程度を想定) をもつ受信信号電力に対応できる高度な信号回り込み抑制技術及び AGC (自動利得制御) 技術の開発が課題である。また、映像素材の移動中継においては、ロードレース等の複数の受信基地局での運用が不可欠であり、高度な TDD 中継

技術が要求される。このような複数の基地局での受信を想定した TDD 方式での中継技術はこれまでのハイビジョン（2K）用 FPU では、実現されておらず、実用化に向けたチャレンジングな課題である。

また、誤り訂正技術（FEC）のさらなる高度化ならびに誤り訂正技術と自動再送要求（ARQ）を組み合わせた高効率な HARQ 技術を新たに開発するとともに、スループット・遅延変化に対応するためのデータ伝送技術の開発にも取り組む必要がある。

#### イ チャンネル選定最適化技術の開発

周波数移行後の FPU で使用される周波数帯域である 2.3GHz 帯等は他の FPU や他の無線システム（レーダー、アマチュア無線など）との共用が前提となっている。互いの干渉を避けながら割り当てられた周波数資源を有効利用するため、空きチャンネルを検出するスペクトルセンシング技術及び複数の空きチャンネルを束ねて利用することで伝送容量を飛躍的に増大させて 8K 映像素材の伝送を可能にするチャンネルアグリゲーション技術に取り組む必要がある。スペクトル検出の信頼性を高める手法、通信中であっても空きチャンネルを動的に利用するための技術及び複数の周波数帯にまたがって無線周波数を利用する技術の開発が課題である。

#### ウ 超高圧縮伝送技術の開発

8K 映像素材は、これまでの映像素材に比べ格段に情報量（40Gbps～140Gbps 程度）が多くなる。一方、周波数には限りがあり、周波数有効利用の観点からも、できる限り所要伝送レートを減らすことが望まれる。映像素材は、高画質・低遅延であることが必要であることから、これまでの圧縮方式（MPEG-4 AVC/H. 264）よりも最大 2 倍程度の高効率な圧縮方式を用いて、これら条件を満足するため、8K 映像素材を 100Mbps～200Mbps 程度に圧縮して伝送する技術を開発する必要がある。また、実用性の観点からは、放送用の中継車等に搭載可能なサイズと消費電力で装置化できることも重要である。

### 到達目標

#### ア 伝送容量可変技術の開発

##### （ア）次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

伝搬路の状況に応じて変調方式や送信パラメータ、MIMO 伝送方式や送信電力配分、送受信アンテナ指向性を適応的に変更することのできる双方向 MIMO 技術を開発し、移動局から受信基地局への上り回線において、最大で従来のハイビジョン（2K）用 FPU の 1.5 倍程度の伝送容量の向上を図る。また、伝送路情報を共有するための最適なフィードバック手法を開発する。

##### （イ）高効率時分割複信技術の開発

8K 映像の移動中継で想定される広いダイナミックレンジ（60 から 70dB 程度を想定）をもつ受信信号電力に対応できる信号回り込み抑制技術や AGC（自動利得制御）技術、ロードレース中継など複数の受信基地局での運用を可能にする TDD 中継技術を開発する。

TDD 方式において、ロードレース中継などにおける 10km 程度の長距離伝送でも伝送効率を下げないように送受信切替保護時間（ガードタイム）を伝送距離に応じて適応的に可変させる適応制御技術、高度な誤り訂正技術ならびに誤り訂正技術と自動再送要求を組み合わせた高効率な HARQ 技術を新たに開発するとともに、スループット・遅延変化に対応するためのデータ伝送技術を開発する。

#### イ チャンネル選定最適化技術の開発

レーダー、アマチュア無線及び他の FPU などの共用する無線システムの信号を検出し、互いの干渉を避けながら空きチャンネルを推定し、複数のチャンネルを束ねて使用することにより 8K 映像素材を伝送する技術を開発する。

#### ウ 超高圧縮伝送技術の開発

ハイビジョン（2K）に比べて格段に情報量が多くなる 8K 映像を HEVC 符号化方式によって、これまでの圧縮方式（MPEG-4 AVC/H. 264）よりも最大 2 倍程度高効率に符号化し、100Mbps～200Mbps 程度に圧縮する技術を開発する。無線伝送速度を最大限に利用するために、圧縮後のビットレートを可変とすることができる可変レート・コーデックを開発する。

最終的に上記の技術を用いたシステムにより、既存の FPU システムと比べ、伝送容量を最大 3 倍程度向上させる。また、移動中継を想定した実証実験を実際の伝搬環境で行い、総合特性を評価する。

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 26 年度>

#### ア 伝送容量可変化技術の開発

##### （ア）次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

伝搬環境の高精度な推定方法、伝送路情報共有のためのフィードバック手法、双方向 MIMO に適した OFDM 信号形式や送信電力配分、送受信ビーム制御方式などの基礎検討を行い、計算機シミュレーションでその性能ならびに課題の抽出を行う。

双方向 MIMO 伝送方式や変調方式、時分割複信方式を評価するための基礎検討用プラットフォームとしてのデジタル信号処理装置を設計・試作する。

#### (イ) 高効率時分割複信技術の開発

送受信切替保護時間（ガードタイム）を伝送距離・伝搬遅延に応じて適応的に可変させることのできる TDD 技術、送信信号の回り込みを抑制する技術、広いダイナミックレンジの受信信号電力に対応する AGC 制御技術を検討し、各技術の有効性を評価するための装置を試作する。また、高度な誤り訂正技術ならびに誤り訂正技術にリアルタイム伝送に適した自動再送要求を組み合わせた再送方式（HARQ 技術）の調査・検討を実施し、ネットワークシミュレータ等で再送効率、実効スループットならびに伝送遅延量を評価する。

#### イ チャンネル選定最適化技術の開発

干渉波としてレーダー、アマチュア無線及び他の FPU などを想定し、それらの干渉波を検出するアルゴリズムを検討する。計算機シミュレーションによって、検討したアルゴリズムの動作ならびに推定精度を評価する。

#### ウ 超高圧縮伝送技術の開発

8K 映像素材を符号化する HEVC 符号化方式のエンコーダならびにデコーダについて計算機シミュレーションを実施し、映像品質をはじめとする符号化性能を評価する。

可変レートの符号化アルゴリズムを検討し、計算機シミュレーションを実施し、そのハードウェア実現性を評価する。

### <平成27年度>

#### ア 伝送容量可変技術の開発

##### (ア) 次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

伝搬環境に応じた変調方式、送信電力配分や送受信ビームの指向性の適応制御について、移動環境における双方向 MIMO 伝送に適した方式とパラメータの検討・設計を行う。設計したアルゴリズムを実験装置に実装してハードウェア動作の検証、個々の制御方式の評価・検証を行う。

##### (イ) 高効率時分割複信技術の開発

送信局が広いエリアにわたって移動することを想定した TDD 中継技術を検討する。広いエリアに配置された複数の基地局から、伝送路状況の良好な基地局を選択する方式や、経路長の違いを考慮した送信タイミング制御方式を検討し、検討方式の有効性を評価するための実験装置を試作する。また、誤り訂正技術にリアルタイム伝送に適した自動再送要求を組み合わせた再送方式（HARQ 技術）を試作装置に実装し、誤り訂正能力、実効スループットや遅延の影響を評価する。

#### イ チャネル選定最適化技術の開発

干渉信号を検出し、利用可能なチャネルの選定を行うための高周波部と信号処理部を備えた実験装置を試作し、基本動作を評価する。また、利用可能な2つのチャネルを束ねて伝送レートを2倍に向上させる方式を検討する。

#### ウ 超高圧縮伝送技術の開発

前年度の検討を元に、FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の信号処理デバイスを使った符号化圧縮装置ならびに復号装置を試作・動作評価を行う。また、圧縮符号化による遅延量の評価を実施し、映像品質と処理遅延量の関係についても評価を行う。

### <平成28年度>

#### ア 伝送容量可変技術の開発

##### (ア) 次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

伝搬環境推定、適応変調、適応電力制御、適応ビーム制御技術を統合した伝送実験装置を試作し、映像素材伝送システムにおける双方向 MIMO-OFDM 技術の伝送特性を評価する。

##### (イ) 高効率時分割複信技術の開発

上記ア(ア)で検討した双方向 MIMO-OFDM 技術と、前年度までに検討した TDD 技術、TDD 中継技術や再送方式 (HARQ 技術) を統合した伝送装置を試作し、フェージングシミュレータを用いた室内測定系で評価する。

#### イ チャネル選定最適化技術の開発

レーダーやアマチュア無線、他の FPU などの干渉がある環境下で、干渉信号検出の動作ならびに推定精度を評価する。また、利用可能な複数のチャネルを束ねる方式を検証するための装置を試作し、評価する。

#### ウ 超高圧縮伝送技術の開発

試作した符号化圧縮装置を伝送装置に接続し、伝送装置と接続した場合の基本動作の検証ならびに可変レート動作の検証を行う。

### <平成29年度>

#### ア 伝送容量可変技術の開発

##### (ア) 次世代 MIMO-OFDM 技術の開発

次世代 MIMO-OFDM 技術と高効率時分割複信技術、チャネルアグリゲーション技術を統合し、実際の伝搬環境で総合伝送特性を評価する。

上記実験の結果より、双方向 MIMO-OFDM 各要素技術やシステムのパラメータを最適化する。



符号化圧縮伝送装置を含めたシステムを次世代映像素材無線伝送システムとして統合する。ロードレース中継などの実際の移動中継を想定した実証実験を実施し、8K映像素材伝送を実証する。

(イ) 高効率時分割複信技術の開発

上記ア（ア）で統合して試作した伝送装置の評価結果を元に、送信タイミング制御方式や再送要求に関するパラメータを見直し、全体の特性の最適化を図る。また、最適化された伝送装置の評価を実証実験で検証する。

イ チャンネル選定最適化技術の開発

双方向MIMO-OFDM、TDD複信技術により、伝送容量を最大1.5倍程度向上させ、利用可能な2つのチャンネルを束ねるチャンネルアグリゲーションにより、最大3倍の伝送容量を達成する。

ウ 超高圧縮伝送技術の開発

実無線環境での符号化圧縮伝送装置の動作、可変レート符号化の動作検証ならびに、符号化性能を評価する。

5. 実施期間

平成26年度から29年度までの4年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ること。特に、2020年（平成32年）の8K本放送開始に向けて、8K映像伝送を実現するFPUをオリンピックで使用するために必要な伝送実験や製品展開等の実用化への取組を行うものとする。なお、その具体的な活動計画・実施方策については、提案書に記載すること。

(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。