

## ＜基本計画書＞

### IP マルチキャスト放送の無線伝送に向けた周波数有効利用技術の研究開発

#### 1. 目的

ケーブルテレビは、再放送・自主放送・多チャンネル等をあわせて提供する総合的な情報メディアの機能を果たすとともに、災害時における避難情報等生活に必要な不可欠な情報を伝達する媒体として、地域の情報通信基盤として重要な役割を担っているところ、デジタルデバイド解消に向け、インフラ整備が都市部に比べて遅れている地域に対して、ケーブルテレビ伝送路のラストワンマイル対応の低コスト化が強く求められており、その解決策としてFTTH（Fiber To The Home）に代えて建設コストが大幅に削減可能な無線（ローカル 5G システム）利用による FWA（Fixed Wireless Access）の期待が高まっている。

このような状況で、ケーブルテレビの IP マルチキャスト方式による高度放送サービス（4K8K サービス）の提供に目を向けると、高築年数集合住宅の棟内設備は 4K8K 未対応のものが多く存在し、また、建物自体の老朽化のため棟内設備の同軸ケーブルの張り替えができず、4K8K サービスの提供ができないことへの対策が喫緊の課題となっており、特に、5G 技術流用により将来的に安価に実現できる可能性がある、このローカル 5G システムの FWA 活用が有望であると注目されている。

ローカル 5G システムが FWA として単に通信分野での利用に留まらず、放送分野での利用拡大も想定した場合、例えば 4K10 番組の放送で 100Mbps 以上の伝送容量が必要となり、ローカル 5G システム用周波数（4.8GHz 帯～4.9GHz 帯）のひっ迫が深刻な問題となる。

一方、5G 等の移動通信システムに関する国際標準化プロジェクトである 3GPP において、5G NR (New Radio) の MBS (Multicast and Broadcast Service : IP マルチキャスト方式によるラストワンマイルの無線提供) が検討されているが、放送利用による周波数ひっ迫への技術的対応策の検討はなされておらず、ローカル 5G 用周波数帯（4.8GHz～4.9GHz 帯）の対応はもとより、MBS 対応のローカル 5G 用無線機器の製品すら存在しないといった状況にある。

このような背景の下、ローカル 5G システムの放送分野での利用需要に早期に対応するためには、国が MBS の周波数有効利用技術等に関する研究開発を実施し、当該技術を確立する必要がある。

そこで、本研究開発では、マルチアンテナ信号伝送法（MIMO : Multiple Input Multiple Output）のマルチストリーム化により、伝送効率を向上させた上で、無線環境の劣化に応じてダイバーシチ化を図り、放送用ストリームのエラー耐性を強化する IP 放送用の MIMO 多重化技術、放送と通信でそれぞれ使用する周波数帯域の可変帯域を監視し必要に応じてリニアに変更する IP 放送用の周波数可変帯域効率化技術、IP 放送にカスタマイズしたローカル 5G 送受信機機能の最適化の下でこれら

の要素技術を効率的に実装するローカル 5G を用いた IP 放送の送受信機実装技術を確立する。

これらの技術を搭載した IP マルチキャスト放送の無線伝送システムの実現により、今後急激な増加が想定されるローカル 5G システムにおける放送分野での利用による周波数ひっ迫を回避し、MBS 対応かつローカル 5G 用の無線機器の製品開発を加速させることを目指すとともに、3GPP において MBS の周波数効率化技術等を我が国から積極的に提案し、当該技術の国際標準化を目指す。

## 2. 政策的位置付け

・「デジタル田園都市国家インフラ整備計画（改訂版）」（令和 5 年 4 月総務省）

「2-2 ワイヤレス・IoT インフラ（5G 等）」において、「ローカル 5G は、地域や産業の個別のニーズに応じて、地域の企業や自治体等の多様な主体が自ら免許を取得して、自らの建物内や敷地内等の限られたエリアで独自の 5G システムを柔軟に構築できるものであり、地域の課題を解決する手段として重要なインフラである。このため、その普及促進に向けた支援が重要となる。」旨、記載されている。

・「経済財政運営と改革の基本方針 2023」（令和 5 年 6 月閣議決定）

「第 2 章 新しい資本主義の加速」「5. 地域・中小企業の活性化（デジタル田園都市国家構想と「新時代に地域力をつなぐ国土」の実現）」において、「デジタル実装の前提となる 5G、光ファイバ等のデジタル基盤について全国津々浦々で整備を推進するとともに、デジタル人材育成を推進し、改訂整備計画に基づき、GIGA スクール構想に資する通信環境の年度内の全学校整備、非地上系ネットワークの展開、データセンター地方拠点や海底ケーブル等の整備、Beyond5G の研究開発等を進める。」旨、記載されている。

## 3. 目標

本研究開発においては、無線（ローカル 5G）による効率的かつ安定した IP 放送コンテンツの提供を実現するため、IP 放送用の MIMO の多重化技術、IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術、IP 放送用の送受信機機能の実装技術を確立し、ネットワーク全体での周波数利用効率を 2 倍以上向上させることで、周波数の有効利用に資する。また、3GPP での国際標準化活動を通じて本研究開発の成果を国際標準に反映する。

## 4. 研究開発内容

### (1) 概要

今後急激な増加が見込まれるローカル 5G システムの放送分野での利用に伴うローカル 5G システム用周波数のひっ迫を解消するため、IP 放送用の MIMO の多重化技術、IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術、IP 放送用の送受信機機能の実装技術の研究開発を行い、当該技術を実装した機器を用いたフィールド伝送

実験による当該技術の有用性検証を経て、基礎技術を確立する。

## (2) 技術課題および到達目標

### 技術課題

#### ア IP 放送用の MIMO の多重化技術

MIMO 技術に関して、回線効率を拡大するマルチストリーム MIMO と伝送品質確保のためエラー耐性を強化するダイバーシチ MIMO が検討されているが、これらを組み合わせて、要件が異なる放送と通信に適応的に応用する MIMO 技術の検討は、これまで行われてこなかった。すなわち、ローカル 5G を用いた MBS による高度放送サービスの実現に当たっては、ローカル 5G で用いる MIMO フレーム上において通信で用いられる再送要求機能が放送では存在しないことから、特に、伝送品質の悪い環境では、放送用ストリームを各フレームへ複製することで放送のエラー耐性を強化させる必要がある。一方、通信用ストリームは、各フレームに分割することで通信の伝送効率を可能な限り向上させることが合理的であり、放送と通信の求められる要件や伝送環境を考慮し、データ欠損率を軽減しつつ、周波数利用を効率化する MIMO の新しい多重化技術（以下「ハイブリッド MIMO 多重化技術」という）の開発が必要となる。

具体的には、

- 1) 放送・通信用ストリームに対する、送信側 MIMO フレーム上での時間・周波数ドメインでの多重化技術と受信側シームレス分離再生技術
- 2) 放送ストリームに対するマルチストリーム MIMO/ダイバーシチ MIMO の無線環境に応じた適応制御技術

等が必要となる。

同時に、ローカル 5G を用いた時に MBS の送信フレームにおける周波数利用効率を高めるため、ローカル 5G の対象セルサイズに基づき、特に、放送ストリームには無線フレーム長を長く、ガードインターバルは短くするなど、無線フレーム長とガードインターバルの最適化、上り下りのフレーム構成、サブキャリア間隔とシンボル長等、現行 5G で規定されている無線パラメータの中から、ローカル 5G 用 MBS のパラメータ値を、IP 放送無線環境下ごとに、最適設定する必要がある。

なお、これら検討を進める上で、ハイブリッド MIMO 環境ならびに MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)、FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport) 等の IP 放送環境を一部擬似的に具現化し、各 MIMO 伝送環境下での IP 放送受信の画質分析評価を行うエミュレータ、各 IP 放送提供の無線環境下で無線符号化・映像符号化パラメータに対して周波数利用効率を詳細に分析するシミュレーションソフト開発が必要となる。

#### イ IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術

MBS では、放送（ブロードキャスト）サービスに使用する周波数帯域と通信

(ユニキャスト) サービスに使用する周波数帯域があるが、これらの可変帯域を必要に応じてリニアに変更することにより、周波数資源の効率的利用を実現しつつ、ブロードキャスト伝送/ユニキャスト伝送のハイブリッド映像伝送により、新たな放送サービスの可能性の探求が求められる。

具体的には

- 1) 通信用トラフィック (ユニキャスト) を基地局 (DU) で監視する技術
- 2) 通信用トラフィック (ユニキャスト) の下限閾値を決め、空きがある場合は通信用帯域 (ユニキャスト) を減らし、放送用帯域 (ブロードキャスト) に割り当てる技術
- 3) 通信用トラフィック (ユニキャスト) の上限閾値を決め、トラフィックが増大してきた場合に放送用帯域 (ブロードキャスト) を減らし、通信用帯域 (ユニキャスト) に割り当てる技術

等が必要となる。

このため、疑似的に通信用トラフィック (ユニキャスト) と放送用帯域 (ブロードキャスト) を発生させ、リニアに帯域を切り替えるシミュレーションソフト開発し、周波数可変帯域を効率化する必要がある。

#### ウ ローカル 5G を用いた IP 放送用の送受信機機能の実装技術

ローカル 5G を用いた MBS を実現するための送受信機の開発に際しては、

- 1) 送受信機のメモリ、回路サイズの最適化
- 2) モバイル管理等不要な機能の排除による送受信機機能の最少化
- 3) MEC (Mobile Edge Computing) による送受信機能の代用
- 4) 送受信双方での処理遅延/伝送遅延の最小化
- 5) 送受信機、コアネットワークを含めた MBS 機能の最適システム構成

といった IP 放送にカスタマイズしたローカル 5G 送受信機機能の最適化が求められるとともに、前述ア及びイの要素技術を効率的に実装可能とする技術を開発する必要がある。

### 到達目標

#### ア IP 放送用の MIMO の多重化技術

ローカル 5G の無線伝送環境に応じて、マルチストリーム MIMO とダイバーシチ MIMO を適応的に放送用ストリームに適用し、エラー耐性強化によりデータ欠損率を効果的に軽減するとともに、通信用ストリームに対してはマルチストリーム MIMO 適用により伝送効率を向上させる、放送と通信のメディアの要件に適合した新しい MIMO 応用技術であるハイブリッド MIMO の多重化技術を開発し、既存の 5G 用周波数 (4.8GHz 帯~4.9GHz 帯) 利用の効率化を目指す。

加えて、ローカル 5G を用いた時に MBS の送信フレームにおける周波数利用効率を高めるため、IP 放送無線環境下ごとにハイブリッド MIMO に適合した無線パラメータの最適設定を図る。

当該技術単体で、従来のローカル 5G での MIMO 多重化技術を用いたユニキャスト配信に対して、ブロードキャスト伝送を無線環境によらず安定的に適用し、伝送効率（周波数利用効率）を 2 倍程度向上させることを目指す。

#### イ IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術

割り当てられたローカル 5G 帯域を最大限利用するため、ユニキャストサービス利用帯域を監視し、時間的に変動する視聴状況に応じてブロードキャストサービス帯域を増幅させる等、ブロードキャストサービスで使用する周波数帯域とユニキャストサービスで使用する周波数帯域の可変帯域を必要に応じてリニアに変更する IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術を開発する。

例えば、ユニキャストサービスのみの場合  $100 \text{ 世帯} \times 10\text{Mbps} = 1\text{Gbps}$  のデータ伝送が必要であるが、ユニキャストサービス＋ブロードキャストサービスの構成で、50 世帯が 10 番組のブロードキャストサービスを視聴したと仮定すると、 $50 \text{ 世帯} \times 10\text{Mbps} + 10 \text{ 番組} \times 10\text{Mbps} = 600\text{Mbps}$  となり、400Mbps の帯域削減分はインターネットや他の放送サービス等に有効活用できる。このようにブロードキャストサービス帯域を増やすこと自体が周波数利用効率向上に繋がると考え、最適な帯域比率確立を図る。

また、ユニキャストサービスとブロードキャストサービスを時間的に変動する視聴環境に応じて動的に切り替える新たな放送コンテンツへの対応も想定した帯域の有効活用実現に向けた検討を行う。

通信用トラフィック（ユニキャスト）は、時間帯によって利用率が増幅する傾向にあるため、ユニキャストサービス視聴コンテンツをブロードキャストサービスに切り替え、放送用帯域を増やすことで、ユニキャストのみを使用した場合に比べ、視聴世帯規模と視聴時間帯繊維等の視聴情報で、どの程度の効率化（従来の無線技術であるユニキャスト配信に対して、ユニキャストサービス＋ブロードキャストサービスの最適帯域（固定）（上記の例の場合、 $1\text{Gbps} / 600\text{Mbps} = \text{約 } 1.7 \text{ 倍}$ ）、ユニキャストサービス＋ブロードキャストサービスの最適帯域（動的切り替え）（世帯数や時間帯の条件に応じて周波数利用効率は変化するものの、平均してさらに 2 割程度改善））が図れるか等を検証し、周波数利用効率を 2 倍程度向上させることを目指す。

#### ウ ローカル 5G を用いた IP 放送用の送受信機機能の実装技術

IP 放送にカスタマイズしたローカル 5G 送受信機機能の最適化のため、

- 1) サブフレーム間でインターリーブを行うことでバーストエラーを低減しつつ、MIMO レイヤを増やし HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest) で合成することで更なるバーストエラーを低減するエラー補正に関して、インターリーブ長や HARQ 有無等による効果を検証することによる、送受信機のメモリや回路サイズの最適化
- 2) モバイル管理等の不要な機能（無線環境が変化するモバイル端末管理の

通信制御機能)を最大限排除し、固定安定受信を前提とした、FWAに特化した最低限の送受信機に必要な機能

3) MEC (Mobile Edge Computing) により、端末受信状況やコンテンツ視聴状況に基づく IP 放送とユニキャスト配信の切替、MPEG-DASH ファイル化適応制御等について MBS で必要となる送受信機能を代用し、送信機に搭載されるコア及び受信機の機能最少化

4) 送信側のエンコーダやセグメント・チャンク順次再生の低遅延化、また、受信側の受信バッファリングを最少化するプレーヤ等の対応により、有無線区間のネットワーク全体の遅延時間を減少させ、無線区間における周波数の占有時間を削減させる低遅延化技術

5) IP マルチキャスト方式の実装を見越したシステム全体構成の最適化設計について検討を行うとともに、これら 1) ~ 5) の実装技術により、これまで無かった、ローカル 5G を用いた IP マルチキャスト方式による放送サービスを実現するための送受信機を開発する。加えて、今回開発する技術と既存技術(ユニキャスト伝送)との比較検証を含む実環境でのフィールド伝送実験を行い、今回開発する技術を実装する機器の有用性を確認検証する。

上記ア~ウの技術を統合して用いた際、ネットワーク全体での周波数利用効率を、既存技術を用いた場合と比べ2倍以上向上させることを目指す。

また、上記ア~ウの研究開発成果について、積極的に 3GPP 等に提案し、国際標準化に寄与する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度ごとの目標については、以下の例を想定している。

#### <令和6年度>

##### ア IP 放送用の MIMO の多重化技術

- ・ハイブリッド MIMO の送信側多重化・受信側再生方式の基本検討
- ・ハイブリッド MIMO 送受信エミュレータの設計・開発
- ・無線パラメータ最適化シミュレーションソフトの設計・開発

##### イ IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術

- ・周波数可変帯域効率化方式の基本検討
- ・周波数可変帯域最適化シミュレータの設計・開発

##### ウ ローカル 5G を用いた IP 放送用の送受信機機能の実装技術

- ・MBS による IP 放送遅延化要因分析・低遅延化ツール性能評価用環境の構築
- ・MEC 実装評価環境の構築
- ・MBS 対応送受信機の基本設計

#### <令和7年度>

ア IP 放送用の MIMO の多重化技術

- ・ハイブリッド MIMO 多重化方式の性能分析・評価
- ・課題抽出と改善方式の検討
- ・システム設計

イ IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術

- ・周波数可変帯域効率化方式の性能分析・評価
- ・課題抽出と改善方式の検討
- ・システム設計

ウ ローカル 5G を用いた IP 放送用の送受信機機能の実装技術

- ・ア及びイの検討に基づく MBS 対応送受信機の基本試作機開発及び性能評価

<令和 8 年度>

ア IP 放送用の MIMO の多重化技術

- ・ハイブリッド MIMO 多重化方式の総合評価

イ IP 放送用の周波数可変帯域の効率化技術

- ・周波数可変帯域効率化方式の総合評価

ウ ローカル 5G を用いた IP 放送用の送受信機機能の実装技術

- ・MBS 対応送受信機基本試作機の改良
- ・MBS 対応送受信機試作機を用いた統合フィールド実証及び総合評価

5. 実施期間

令和 6 年度から 8 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」及び令和 13 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ともに、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。