

＜基本計画書＞

公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する研究開発

1. 目的

令和6年能登半島地震においては、避難所や災害対策拠点等の被災地の通信環境整備のために Starlink 等の衛星インターネット機器が多く用いられた一方、総合行政ネットワーク（LGWAN）のように秘匿性の高い情報を取り扱うクローズドな通信ネットワークに対しては、公衆通信網ではなく専用線での復旧が試みられた。

このような専用線の応急復旧には無線による手段が機動的であるため、令和6年能登半島地震では、公共ブロードバンド移動通信システム（以下、公共 BB という。）が準備された。同地震においては結果的には光ファイバによる復旧が行われたが、広範囲な激甚災害が想定される南海トラフ巨大地震でも、このようなクローズドな通信ネットワークの復旧需要に応える必要がある。

他方、現状の公共 BB は、以下の(1)及び(2)に挙げられるような課題を抱えており、これらの課題を解決することで、巨大地震発生時におけるさらに有効な応急復旧手段となることが期待される。

(1) 通信速度

公共 BB は 2016 年度に地上アナログテレビジョン放送終了後の VHF 帯（200MHz 帯）において、画像伝送等の使用用途にも対応できる自営通信の手段として開発された通信システムであるが、最大通信速度は 10Mbps に止まる。現在、移動通信で広く利用されている通信方式は OFDM 技術をベースとしており、この点は現行の公共 BB と共通しているが、その後の技術の向上や広帯域化等によって移動通信の速度は飛躍的に向上し、一般化している。本通信手段は電気通信業務用ではなく自営通信の手段であることを踏まえても、現在、公共 BB に割り当てられた 1 ユーザの周波数帯域幅（5MHz/チャンネル）において、現在の倍以上の最大伝送速度を実現し、災害現場の映像をより精細にライブで伝送し、遠隔からの対応指示を可能にする等、災害時の情報収集能力を向上する事が望ましい。

(2) 通信距離等

現状の公共 BB の 1 リンクあたりの通信距離は、数 km～10km 程度での運用が一般的であり、無線見通しが確保できる環境にあっても、物理層の実装上の制限により最大でも 30km 程度の通信距離が限界となる。そのような制限に対し、最大 120km の無線伝送を実現する規格は ARIB STD T-119 として制度化されているが、広域とともに被災箇所もスポットでカバーするなど柔軟にカバーエリアを構築できる無線通信網を実現するためには、10～数十 km 程度の無線リンクを複数利用して中継回線を構築することが実用的と考えられる。南海トラフ巨大地震では、全長 100-200km 程度の被災地域が想定されていること等を考慮すると、災害対策に適用する無線システムは、全長 100-200km 程度の広域にわたって広帯域かつ簡

易に無線ネットワークを構築して運用可能であることが求められる。ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機に搭載した無線設備等への同時接続端末数については、発災時から概ね応急復旧時までのユースケースを考察・想定し、ユーザー端末や IoT 機器の収容性能や、中継器の段数と最大遅延のトレードオフのバランスを満たすことも重要となる。

2. 政策的位置付け

WX(ワイヤレストランスフォーメーション)推進戦略～ ワイヤレスサービスにより創造性と多様性が発揮される社会にするために ～ (デジタルビジネス拡大に向けた電波政策懇談会 報告書 2024 年 8 月) の「3-3. 安全・安心な社会の実現 3-3-1. 自然災害への対応」において、「被災地の多地点において災害対策機関が迅速に情報を収集・共有するため、V-High 帯域における公共・公益分野への利用を実現する、既存の公共ブロードバンド移動通信システムの高度化・高速化を図ることが必要である。」旨の記載あり。

3. 目標

VHF 帯 (200MHz 帯) を使用する公共 BB は、災害現場において公共機関が機動的に映像伝送を実現するための無線通信システムとして、現在、国又は地方公共団体等が活用している。

現状数 km～10km 程度の距離を数 Mbps～10Mbps 程度の速度で通信可能であるところ、本研究開発により、更に高速 (20Mbps 超で 4K 画像が伝送可能) な無線通信方式を開発する。また、途中の中継伝送を複数用いて、長距離 (総延長 200km 程度) をカバーできるネットワーク技術を実現する。

このとき、無線設備等をヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機に搭載することを想定し空中線を含む物理層改良のアプローチによる無線設備の最適化、軽量化、小型化、複数の無線経路を利用する場合に必要な経路間干渉を考慮した周波数繰返し利用、及び時分割利用等の無線リソース割り当ての最適化技術等の確立も併せて開発する。

これらの技術により VHF 帯 (200MHz 帯) における公共機関等のクローズドな情報通信基盤の応急復旧の手段を確立し、災害時においても周波数の柔軟かつ有効な活用も併せて目指すことを目標とし、通信回線構築の所要時間としては、初見の技術者が 1 通信リンクを 1 時間以内で確立できるような「使い勝手」も達成する。

4. 研究開発内容

(1) 概要

災害対策用の公共 BB を高度化し、新たな VHF 帯広帯域無線通信技術を物理層のアプローチも含めて開発する。これらの技術を現在市販されている無線チップの利用も視野に入れて、経済性も優れた形で達成する。また、同時に、複数の機器を例えば数珠繋ぎ状のリンクで繋ぎ、広範囲にサービスエリアを形成するため、

(2)の技術課題について研究開発を実施し、ユースケースを視野に入れたプロトタイプ機器の試作と評価を通じて開発された技術の有用性を実証結果も含めて検証し、所要の性能を満たせることを確認しながら、公共 BB の高度化を実現するための技術を確立する。なお、技術課題は各サブ課題が密接に連携することに留意するものとする。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 公共 BB 高度化技術

ア-① 無線インターフェースの高度化

災害時、特に広域災害時には、エリアの広大さに伴い、複数のヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機などに搭載した無線機器を用いてエンドツーエンドの長距離通信を確立し、中継区間を含めて通信が途切れないようにする必要があるとともに、最大伝送速度も限られることから、情報収集等の活動が効果的に行えないという課題がある。

また、ARIB-STD T119における中継技術は想定する接続ノード数に制限は無いが、市販されている機器の実装上の制限により、中継無線ネットワーク構成の柔軟性が低くなっている現状がある。さらに、大規模なネットワーク構成を想定した無線リソースの効率的な活用に関する機能が不十分であることから、ネットワーク規模を拡大したときに周波数の利用効率低下も懸念される。

ア-② 災害時等の環境変化でも通信リンクを柔軟に運用するルーティング技術

地形・気象・電波状況など様々な環境変化が生じることが想定されるため、複数の通信経路を確立し、特定の通信経路が不通になった場合でも代替経路に切り替えて通信を継続する必要がある。また、特定の通信経路にデータが集中すると輻輳が発生してしまい、エンドツーエンドの通信品質が著しく劣化することも想定されるため、どのデータをどの通信経路で送信するのかを制御する必要がある。一方で、ARIB STD T119による中継技術では動的なネットワークトポロジー変更に対応する機能が不十分となっている。

イ 経路間干渉を考慮した周波数繰返し利用等の技術

1つの周波数を用いてシステムを構築すると、ある中継局において送信された信号が、その中継局が受信する受信信号に干渉として到達してしまう状況（同一周波数干渉）が発生すると、受信特性が著しく劣化してしまう。これに対し、例えば中継局における送受信間の干渉を回避するために、複数の周波数（f1 帯域と f2 帯域など）を用いる等の対策が想定される。一方、複数周波数

を使用することで、同一周波数干渉発生の可能性は軽減できるが、無線リソースの利用効率を最適化するためには、無線ネットワーク全体のリンク間干渉を考慮して、複数の周波数を繰返し利用する必要がある。ARIB STD T119 による中継技術では複数経路間の連携や干渉回避が考慮されていないため、周波数利用効率の面でも課題がある。

ウ 短時間にリンクを確立可能な無線ネットワーク構成技術（遠隔からのシステム設定制御）

巨大地震等の広域災害を想定する場合、機器に精通しない要員でも短時間にネットワークを確立することが避難所や災害対策拠点等の被災地の通信環境整備には必要となる。このため、例として接続が必要なケーブル類のコネクタ形状、あるいは色分け等による視認性を向上することや、現場で参照するマニュアルの改善等を通じた、ユーザーインターフェースのわかりやすさを追求することで、無線システムに関する専門的な知見を持たない災害対応要員でも短時間にリンクを確立可能なネットワーク構築技術を実現する課題に取り組む。

エ ユースケースを視野に入れたプロトタイプ機器の試作と評価

高度化した公共 BB の性能を引き出すためのユースケースを明確化し、基本機能としてア～ウを具備したプロトタイプ機器の設計と試作および評価を実施し、課題を解決する。ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機へ無線機器を搭載した場合、搭載されている電源、プロペラなどの動力系から無線機器にノイズを発生させることがあり、これらのノイズの影響で無線性能が劣化することがあることに留意する。

到達目標

ア 公共 BB 高度化技術

ア-① 無線インターフェースの高度化

VHF 帯（200MHz 帯）の無線機器を用いて、MIMO、OFDM のサブキャリア変調に多値 QAM を用いる等の手段も参考に、最大伝送容量を従来の公共 BB と比して 2 倍（20Mbps）以上にする高速化技術を開発し、伝送遅延も 2 段中継時で最大 200msec 以内を目標とする。

ARIB - STD T119 による中継技術の方式改良等により、移動する複数のヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機などに搭載して、1 リンク 10～数十 km 程度、複数の中継伝送による複数リンクを中継することにより総延長 200km 以上の無線ネットワークが運用可能な技術を開発する。この場合、1 リンク距離 30km 程度を実現した場合、200km をカバーするには最小でも 7 つの無線区間（無線設備数は 8）を直線的に数珠繋ぎする必要がある。なお、このネットワークを形成する上では、VHF 帯を使用するため空中線等のサイズや重量が大きくなりがちであり、搭載する無線設備等のサ

イズ・重量の軽量小型化、ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機の性能やスペック（無人航空機の滞在時間・複数リンクの確立・維持・切替）を想定して取り組む必要があることに留意する。

ア-② 災害時等の環境変化でも通信リンクを柔軟に運用するルーティング技術

シームレスに接続するノードを切り替えることが可能なマルチホップルーティング技術等の開発により、特定の通信リンクが不通時にも、通信リンクの切り替え等による最大 200msec 以内の通信の継続を実現する。複数の経路を同時利用することで通信容量の改善が見込める場合はそれらのアプローチも柔軟に取り組むこと。

イ 経路間干渉を考慮した周波数繰返し利用等の技術

ネットワーク全体における経路間の干渉を考慮した周波数の繰返し利用を含む周波数および時間の最適な割り当て技術を開発し、移動する複数の無人航空機などに搭載した VHF 帯（200MHz 帯）の無線機器を用いて、例えば 10MHz 幅で 2 つの異なる周波数（ f_1 と f_2 ）を繰返し利用した状態等で、1 リンク 20Mbps 超の通信速度を実現し、ア及びイの技術も用いて従来の 2 倍以上の周波数利用効率を達成する。この検討においては回り込みキャンセラも 1 つの候補としつつ、ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機などに搭載するという本ユースケースにおける物理的な制約を十分に想定し、可能な他の複数の手段も合わせて最適な対策を取ることで、当該周波数利用効率を達成する。また、提案書において、期待される中継距離およびスループットが可能になる根拠としての技術的なアプローチ（例：基本方式設計案）を盛り込むこと。

ウ 短時間にリンクを確立可能な無線ネットワーク構成技術（遠隔からのシステム設定制御）

初見の技術者が 1 時間以内で無線リンクを確立できる柔軟性の高い無線通信技術を達成する。

エ ユースケースを視野に入れたプロトタイプ機器の試作と評価

ユースケースを明確化し、課題ア～ウの技術課題解決を確認する

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。本目標については、研究開発の進め方を仮に「基本機能設計」、「応用設計」、「プロトタイプ構築」として記載した一例であり、各提案者における研究開発の進捗やフィードバック等において独自の提案がある場合はそれらを明確にし、各段階で達成する目標を提案書に記載すること。

<令和7年度>

以下の技術の開発について、基本機能設計を実施する。

ア 公共 BB 高度化技術

ア-① 無線インターフェースの高度化

- ・ VHF 帯（200MHz 帯）において、1 リンク 20Mbps 超の通信速度、1 リンク 数十 km 程度の通信距離、複数の中継伝送による複数リンクを中継することにより最大 200km 程度の通信が実現可能なことを計算機シミュレーションにより確認

ア-② 災害時等の環境変化でも通信リンクを柔軟に運用するルーティング技術

- ・ 複数の通信経路を確立し、特定の通信リンクが不通時にも切り替えによる通信の継続が実現可能なこと、具体的にはヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が静止しても複数のリンクを確立する場合を想定し、経路を柔軟に切り替えるルーティング方式の設計、計算機シミュレーションによる実現性の評価

イ 経路間干渉を考慮した周波数繰返し利用等の技術

- ・ ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が静止して複数のリンクを確立する場合を想定し、ネットワーク全体のリンク間干渉を考慮した周波数繰返し方式の設計、計算機シミュレーションによる実現性の評価
- ・ 上記想定 of VHF 帯（200MHz 帯）において、10MHz 幅で 2 つの異なる周波数（ f_1 と f_2 ）を繰返し利用した状態で 1 リンク 20Mbps 超の通信速度が実現可能なことを計算機シミュレーションにより確認

ウ 短時間にリンクを確立可能な無線ネットワーク構成技術（遠隔からのシステム設定制御）

- ・ 通信システムの起動シーケンスとリンク確立手順および遠隔からのシステム設定制御の設計、計算機シミュレーションによる実現性の評価

エ ユースケースを視野に入れたプロトタイプ機器の試作と評価

- ・ ユーザ候補（公共性の高いユーザ）と連携してユースケースを整理し、必要な機能を抽出して課題ア～ウに反映
- ・ 基本機能としてア～エを具備したプロトタイプ機器の設計と一次試作
- ・ 実験室環境における一次試作の評価

<令和8年度>

以下の技術の開発について、令和7年度の基本機能設計を踏まえ、応用設計を

実施する。

ア 公共 BB 高度化技術

ア-① 無線インターフェースの高度化

- ・ ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が移動する環境下においても、1リンク 20Mbps 超の通信速度、1リンク数十 km 程度の通信距離、複数の中継伝送による複数リンクを中継することにより最大 200km 程度の通信が実現可能なことを計算機シミュレーションにより確認、応用設計を実施

ア-② 災害時等の環境変化でも通信リンクを柔軟に運用するルーティング技術

- ・ ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が移動して複数のリンクを確立する場合を想定し、経路を柔軟に切り替えるルーティング方式の設計、計算機シミュレーションによる実現性の評価 MAC 層の高度化開発と応用設計

イ 経路間干渉を考慮した周波数繰返し利用等の技術

- ・ ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が移動して複数のリンクを確立する場合を想定し、ネットワーク全体のリンク間干渉を考慮した周波数繰返し方式の設計、計算機シミュレーションによる実現性の評価と応用設計
- ・ ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機が移動する環境下においても、10MHz 幅で 2 つの異なる周波数 (f_1 と f_2) を繰返し利用した状態で 1リンク 20Mbps 超の通信速度が実現可能なことを計算機シミュレーションにより確認

ウ 短時間にリンクを確立可能な無線ネットワーク構成技術（遠隔からのシステム設定制御）

- ・ 通信システムの起動シーケンスとリンク確立手順および遠隔からのシステム設定制御に基づいて、災害対応要員が初見で 1 時間以内にリンクを確立できることの確認、および最適化

エ ユースケースを視野に入れたプロトタイプ機器の試作と評価

- ・ 整理されたユースケースに基づき、応用設計としてア～ウを具備したプロトタイプ機器の設計と二次試作
- ・ 実験室環境における二次試作の評価
なお、ヘリコプター等の航空機又はドローン等の無人航空機へ無線機器を搭載した場合、搭載されている電源、プロペラなどの動力系から無線機器にノイズを発生させることがあり、これらのノイズの影響で無線性能が劣化することがある。このため、二次試作においては、電源、動力系のノイ

ズの影響を緩和する仕組み（機器の構成や設置方法、方式での対応など）を考慮する。

<令和9年度>

令和7年度から令和8年度までの成果を踏まえ、フィールド環境においてプロトタイプシステムの構築及び統合試験を実施する。

5. 実施期間

令和7年度から9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14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。