

令和 7 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部基幹・衛星移動通信課基幹通信室

評価年月：令和 7 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

アクティブ空間無線リソース制御技術に関する研究開発

2 研究開発の概要等

（１）研究開発の概要

・実施期間

令和 3 年度～令和 6 年度（4 か年）

・実施主体

民間企業

・総事業費

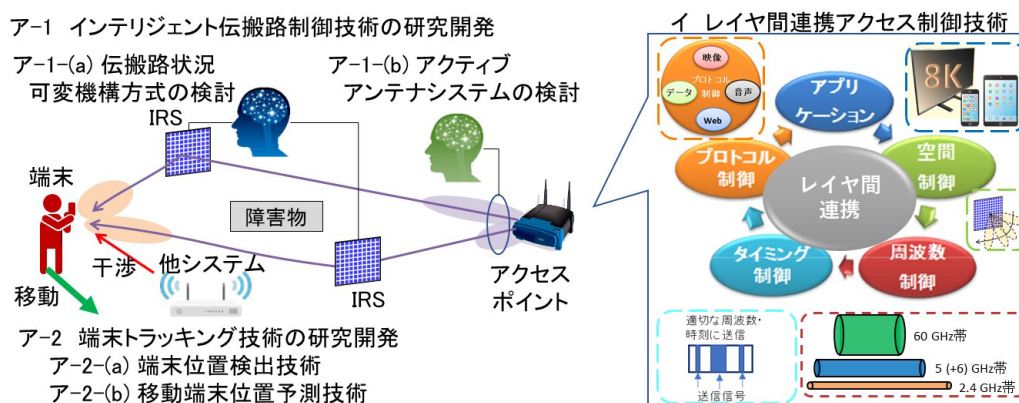
1,518 百万円

令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度	総 額
424 百万円	376 百万円	368 百万円	350 百万円	1,518 百万円

事業開始時点で、十億円以上の費用を要することが見込まれていなかったため、事前評価は実施していない。

・概 要

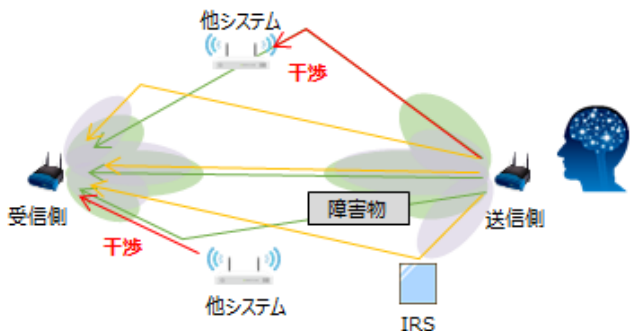
今後の自営無線ネットワークにおける通信量の増加に伴う干渉爆発及び電波の不感地帯の発生を回避すべく、無線伝搬路状況や干渉発生状況に応じてアンテナ指向性等を制御する技術と、反射波の発生状況を変化させるインテリジェントな反射板（IRS）¹等の伝搬路状況可変機構を用いて無線伝搬路状況を制御する技術と連携動作させ、通信端末の位置に応じて伝搬路を動的に制御して干渉や不感地帯を低減する技術の研究開発を実施した。これに加え、無線環境を把握して、必要となる無線リソースを効率的に管理して大容量・低遅延トラヒックの収容を可能とするレイヤ間連携アクセス制御技術の研究開発を行った。これらの技術の活用により、自営無線ネットワークの周波数利用効率の一層の向上を図ることを目標とする。本研究開発の全体像を図 1 に示す。

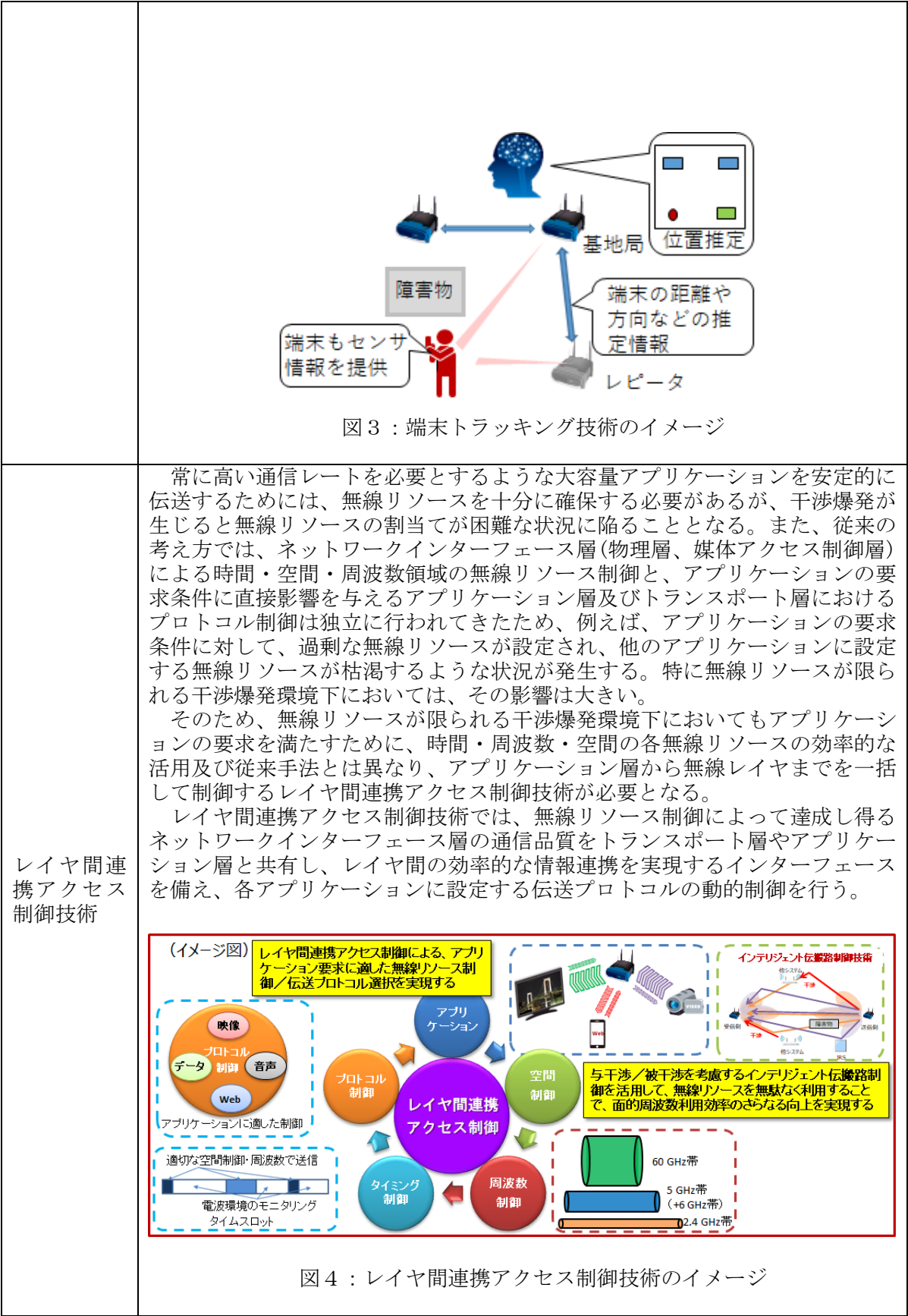


¹ 知能電波反射面：Intelligent Reflecting Surface の略。入射した電波の反射方向を任意の方向に制御可能。

図1 本研究開発の全体像

本研究開発の到達目標は、課題ア（干渉抑圧と不感地帯対策を両立させるインテリジェント伝搬路制御技術）、課題イ（レイヤ間連携アクセス制御技術）で研究開発した技術を統合して、それらの技術を使用しない場合に対し、大容量・低遅延トラヒックに関する「面的周波数利用効率」（単位面積・単位周波数当たりの収容可能トラヒックの比）を課題ア、課題イを統合して4倍以上（課題ア、課題イそれぞれで2倍以上）に改善すること、また、アクセスポイントを増やすことなく不感地帯を減らすために大容量・低遅延トラヒックを収容可能な「場所率」（エリア全体に対する大容量・低遅延トラヒックを利用可能なエリアの面積比）を2.25倍以上（距離換算で1.5倍以上）に改善すること、「端末位置の推定精度」として、最も近いアクセスポイントから5m離れた位置において誤差10cm以下とすることの3つである。

技術の種類	技術の概要
インテリジェント伝搬路制御技術	大量の大容量・低遅延トラヒックを同時に収容するためには、同一無線チャネルを利用する無線装置（アクセスポイントや端末）間での与・被干渉を極力抑えとともに、場所率改善のために端末が電波の不感地帯に陥らず、アクセスポイントとの間で良好な伝搬状況を維持する必要がある。そのためには IRS などにより構成される伝搬路状況可変機構を導入するとともに、これとアクティブアンテナシステムとを適切に制御し、与・被干渉の低減と所望信号の受信電力の確保を実現する必要がある。 そのため、同一無線チャネルを利用するアクセスポイントや端末が多数存在する干渉爆発環境下において、「端末トラッキング技術」との連携や、既存技術の適切な制御等を行うことにより、与・被干渉の低減と不感地帯を解消し、大容量・低遅延トラヒックの収容数改善に寄与する伝搬路状況可変機構とアクティブアンテナシステムの制御技術の確立に向けての研究開発を実施する。  IRSなどの伝搬路状況可変機構とアクティブアンテナシステムにより安定した伝搬路を確保 IRS: Intelligent Reflecting Surface 図2：インテリジェント伝搬路制御技術のイメージ
端末トラッキング技術	利用可能な周波数幅が広いミリ波帯などでは回折や散乱による見通し外伝搬が期待できないことから、端末の位置を高精度に把握しておくことにより、インテリジェント伝搬路制御における伝搬路状況可変機構及びアクティブアンテナシステムの制御に際して、制御の高精度化や制御オーバーヘッドの著しい低減が実現できると期待される。 高精度に位置情報を取得する手段としてGPSがあるが、無線LANが主に利用されている屋内ではこれを利用することができない。現在の無線LANではフレームの受信側において既知信号を用いた伝搬路推定を行っているものの、それにより得られる伝搬路情報のみからでは、端末位置を推定することはできない。 そのような状況下で、トラヒックが削減される事を目指し、端末位置を推定するための技術の研究開発を実施する。



・スケジュール

技術の種類	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度
-------	---------	---------	---------	---------

インテリジェント伝搬路制御技術	伝搬路制御機構・制御方式の基本検討	伝搬路制御機構・制御方式の詳細検討・改良	伝搬路制御機構とアクティブアンテナを統合したインテリジェント伝搬路制御系の構築と機能検証
	アクティブアンテナの基本方式検討	アクティブアンテナの改良方式検討とシミュレーション検証	
端末トラッキング技術	端末位置推定に用いる情報の選定	実機による端末位置把握評価	伝搬路制御機構とも連携し端末位置を把握・追尾する系の構築
	端末位置推定方式の基本設計	伝搬路制御機構への情報提供方式の検討	
レイヤ間連携アクセス制御技術	空間多重・マイクロ波・ミリ波連携方式の基本方式の考案	アクセスポイント間連携も含めた時間・空間リソース最適制御方式の検討評価	無線リソース制御とレイヤ間連携アクセス技術の統合制御手法考案 評価用無線通信システムへの機能実装と評価改良検討
	レイヤ間連携プロトコルの基本方式考案	大容量アプリケーション想定レイヤ間連携技術の検討・評価	

統合システムの干渉爆発環境下での評価系構築及び評価(総合検証)

(2) 達成目標

課題ア 干渉抑圧と不感地帯対策を両立させるインテリジェント伝搬路制御技術

アー1 インテリジェント伝搬路制御技術の研究開発

伝搬路状況可変機構を利用しない従来のアクティブアンテナシステムと比較して高い伝送レートで通信可能なエリアを拡大し、面的周波数利用効率を、伝搬路状況の制御に必要なオーバヘッドを加味した上で2倍以上(課題イと統合して4倍以上)に改善し、大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を2.25倍以上(距離換算で1.5倍以上)改善することを性能目標とする。

アー2 端末トラッキング技術の研究開発

端末位置の推定精度として、最も近いアクセスポイントから5m離れた位置において誤差10cmを性能目標とする。

課題イ レイヤ間連携アクセス制御技術

レイヤ間連携アクセス制御を用いない場合と比較して、アプリケーションを実行したとき、レイヤ間連携アクセス制御を用いた場合に、利用可能な周波数帯や帯域幅を変えずに面的周波数利用効率を2倍以上(課題アと統合して4倍以上)に改善し、大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を1.5倍以上改善することを性能目標とする。

○関連する主要な政策

V. 情報通信 (ICT 政策) 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」

○政府の基本方針(閣議決定等)、上位計画・全体計画等

名称(年月日)	記載内容(抜粋)
統合イノベーション戦略2020(令和2年7月17日閣議決定)	「第Ⅲ部 各論 第1章 知の源泉 (1) 社会のデジタル化を支える基盤整備」において、「研究開発として、超低遅延や超高信頼性等を保証可能な通信機能複合型ネットワーク技術や、光・電波融合アクセス技術として6G時代以降のアクセス網でのTbps級通信容量の実現に資するサブTbps級メディア調和アクセス基盤技術の確立、複数の自

	動運転システム群・ドローンに確実かつ効率的に接続するための無線技術の研究開発、極限的な環境でも確実に接続するためのワイヤレス拡張技術等の5年をめどとした技術の確立を目指す。」旨の記載あり。
新たな情報通信技術戦略の在り方(令和2年8月5日情報通信審議会答申)	「第2章 国として重点的に取り組むべき研究開発」において、「タフ環境に適応する無線アクセス技術の研究開発：外来干渉や複雑な構造によるマルチパス等によって電波の利用が困難な環境（タフ環境）において、低遅延・高信頼を提供する無線ネットワークが必要になる群ロボットの制御等への適用を想定し、リアルタイム性を備えた電波の伝わり方の可視化技術、可視化された情報をもとにした周波数チャネル・通信経路等の通信資源最適化技術、高信頼・低遅延・多数同時接続を両立させる無線アクセス技術、及び電力・周波数の利用効率や接続性の向上を図る無線ネットワーク技術を確立する。」旨の記載あり。

（３）目標の達成状況

- ・インテリジェント伝搬路制御技術の研究開発においては、フィールド検証やシミュレーションを通して、達成目標である面的周波数利用効率2倍以上については、観測区間の平均収容数及び中央値（CDF² 50%値）において、それぞれ2.4倍、3倍と目標を上回る達成が確認された。また、達成目標である場所率1.5倍についても、1.5倍の距離（面積は2.25倍）においても大容量・低遅延トラヒックのユーザ収容数が上回り目標の達成が確認された。
- ・端末トラッキング技術の研究開発においては、フィールド検証における実測において、本研究で考案した3方式を統合することで、達成目標である端末位置の推定精度5m以遠で10cm以下については、十分に推定可能であることを示した。
- ・レイヤ間連携アクセス制御技術の研究開発においては、フィールド検証やシミュレーションを通して、達成目標である面的周波数利用効率2倍以上については、観測区間の平均収容数及び中央値（CDF 50%値）において、それぞれ2.9倍、4倍と目標を上回る達成が確認された。また、達成目標である場所率1.5倍についても、1.5倍の距離（面積は2.25倍）においても大容量・低遅延トラヒックのユーザ収容数が上回り目標の達成が確認された。

技術の種類	目標の達成状況
インテリジェント伝搬路制御技術	大量の大容量・低遅延トラヒックを同時に収容するために、IRS などにより構成される伝搬路状況可変機構を導入するとともに、これとアクティブアンテナシステムとを適切に制御し、与・被干渉の低減と所望信号の受信電力の確保を実現した。また、端末トラッキング技術との連携等を行うことにより、与・被干渉の低減と不感地帯を解消し、大容量・低遅延トラヒックの収容数改善に寄与する伝搬路状況可変機構とアクティブアンテナシステムの制御技術の研究開発を実施した。 その結果、フィールド検証やシミュレーションを通して、達成目標である面的周波数利用効率2倍以上については、図5のとおり観測区間の平均収容数及び中央値（CDF 50%値）において、それぞれ2.4倍、3倍と達成が確認された。また、達成目標である場所率1.5倍については、図6のとおり、1.5倍の距離（面積は2.25倍）においてもユーザ収容数が上回り目標の達成が確認された。

² 累積分布関数：Cumulative distribution function の略。確率変数がある値以下の値となる確率を表す関数。

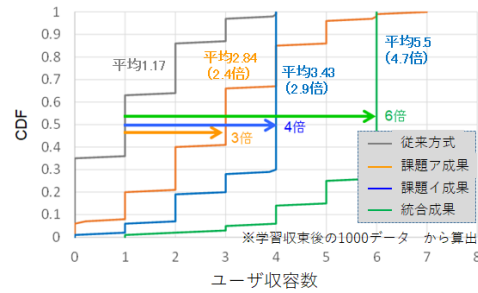


図5 面的周波数効率の達成状況

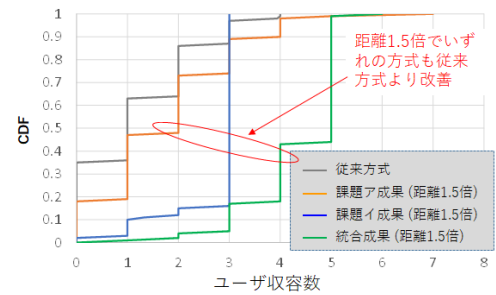


図6 場所率の達成状況

回折や散乱による見通し外伝搬が期待できないミリ波帯通信や GPS 信号の受信が困難な屋内環境においても適用が可能で、かつ無線 LAN 制御フレームのオーバーヘッドの増加を招かない方式として3方式を考案し評価を実施した。その結果、フィールド検証を通して図7の3方式を統合することで、達成目標である端末位置の推定精度5m以遠で10cm以下については、表1の測定結果に示すように推定することが可能であることを示した。

端末トラッキング技術

①回転式電波探査+レイトレース	②3D空間認識+SLAM画像解析	③フィルム状アンテナの面的配置
測定速度は遅いが反射にも対応	高速測定可能だが死角対応はNG	高速測定可能だがアンテナ敷設必要

図7 端末位置推定に用いた3方式

対象端末	方式	X [m]	Y [m]	X誤差	Y誤差
STA1-a 距離* 10m	③	23.64	3.07	-0.25	0.03
	②	23.80	3.05	-0.09	0.01
	①	22.51	3.51	-1.38	0.47
STA2-a 距離* 7.5m	③	21.79	8.23	-0.11	0.21
	②	21.79	7.97	-0.11	-0.05
	①	22.51	8.51	0.61	0.49
STA4-a 距離* 5m	③	--	--	--	--
	②	5.28	4.97	-0.24	-0.05
	①	4.51	5.51	-1.01	0.49

(*) ここでの距離は、②で用いたLiDARセンサーからの距離を示す

表1 端末位置推定結果

レイヤ間連携アクセス制御技術

干渉爆発環境下では十分な無線リソースを獲得することが困難となるため、従来のレイヤ毎の独立制御ではなく、アプリケーションにとって効率的なアクセス制御を行うことができるレイヤ間連携アクセス制御技術の確立を目指し、研究開発を実施した。

図8は IRS ありの場合の深層強化学習の学習曲線であるが学習が進むにつれ、各ユーザのトータルスループット (青) が安定し、アプリケーション収容数 (赤) が増えることが確認できた。表2に示すよう深層強化学習を用いた周波数帯選択技術を用いた場合、ランダム選択に対して平均アプリケーション収容数が2.1~2.8倍に向上し、さらに IRS も用いた場合には、ランダム選択に対して平均ユーザ収容数が2.8~3.6倍に向上することを確認できた。

ユーザ収容数のCDFは図9に示すよう中央値 (CDF = 0.5) において最大

3 倍、CDF=0.9 において 2.3 倍の改善効果を確認できた。

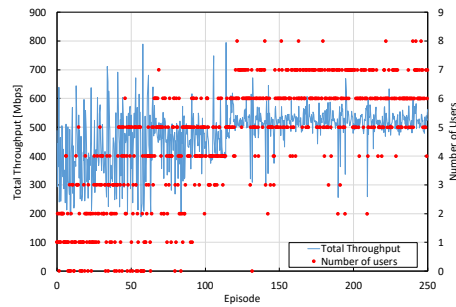


図 8 深層強化学習の学習曲線 (IRS あり)

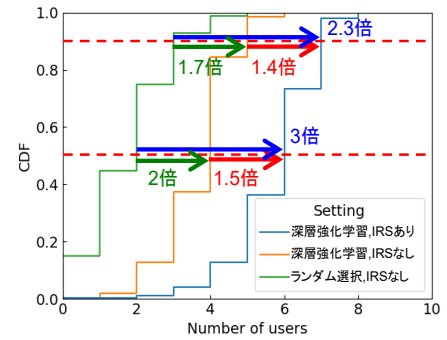


図 9 ユーザ収容数の CDF

表 2 アプリケーション収容数平均値

ユーザ配置	ランダム選択	深層強化学習	深層強化学習+IRS
1	1.74	3.64	5.74
2	1.75	4.98	6.37
3	1.88	4.40	5.23

アプリケーションの要求条件に基づく無線リソース制御である APF³を提案した。APF はシステム映像スループットと STA⁴間の公平性と、ユーザ毎の平均映像レートと瞬時に要求される映像レートを考慮して、無線周波数帯内の無線リソース制御を行う。図 10 に示すように計算機シミュレーションで APF の有効性を確認した。図 10 ではビットスループット(破線)と映像スループット(実線)を示しており、PF は映像スループットがビットスループットから大きく劣化しているのに対し、APF は映像スループットとビットスループットはほぼ同様の特性を示しており、APF がアプリ収容のために無線リソースを有効活用できていることを確認した。

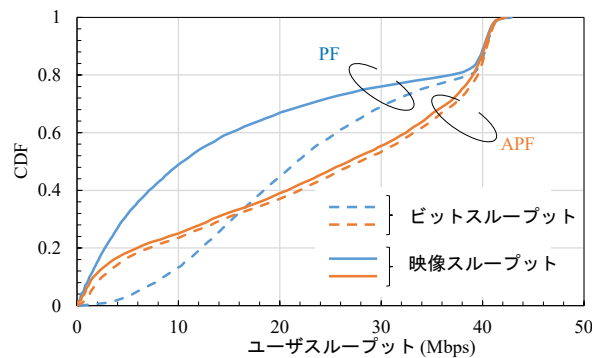


図 10 ユーザスループットの CDF

3 政策効果の把握の手法

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。この観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」(令和 7 年 6 月 20 日)において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、

³ APF : Application Proportional Fairness の略。アプリケーションの要求に基づいて割り当てるデータ量を変化させ、効率と公平さを同時に実現するようにスロットを割り当てる。

⁴ STA : ステーション。端末を指す。

政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数、国際標準提案件数等も調査し、必要性・有効性等を分析した。

4 政策評価の観点・分析等

○研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績からの分析

研究開発による特許出願・取得、論文・研究発表の実績から、多数の発表を行い、特許も7件取得するなど、インテリジェント伝搬路制御技術、端末トラッキング技術、レイヤ間連携アクセス制御技術に必要な技術を実実に確立しており、本研究開発の必要性、有効性等が認められた。

主な指標	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0件 (0件)	1件 (0件)	0件 (0件)	3件 (0件)	4件 (0件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0件 (0件)	2件 (2件)	3件 (3件)	3件 (3件)	8件 (8件)
その他の誌上発表数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)
口頭発表数	7件 (0件)	12件 (0件)	10件 (0件)	13件 (0件)	42件 (0件)
特許出願数	10件 (4件)	16件 (4件)	19件 (6件)	28件 (7件)	73件 (21件)
特許取得数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	7件 (0件)	7件 (0件)
国際標準提案数	0件 (0件)	0件 (0件)	1件 (1件)	3件 (3件)	4件 (4件)
国際標準獲得数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)
受賞数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)
報道発表数	0件 (0件)	4件 (0件)	4件 (0件)	6件 (0件)	14件 (0件)
報道掲載数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	5G の普及に伴いトラヒックが爆発的に増加していくなかで、トラヒックの分散のために Wi-Fi 等のプライベートネットワークで大容量伝送を行うことが強く求められる。だが、代表的な既存プライベートネットワークである Wi-Fi は、周波数を切り替えることなくベストエフォートの CSMA 方式（他の機器が送信している間は送信を停止する）を用いるため、一定量の通信帯域を継続して確保することが必要となる大容量伝送には不向きであり、特にトラヒックの多いプライベートネットワークが隣接した場合、通信帯域の確保が困難な干渉爆発の状態となる。 このような中、「統合イノベーション戦略 2020」（令和 2 年 7 月 17 日閣議決定）などにおいても、超低遅延や超高信頼性等を保証可能な通信機能複合型ネットワーク技術の確立を目指す旨が記載されているところである。 本研究開発の技術は、これら課題に取り組むものであり、国民の財産である電波資源の有効利用に資するものであることから、国が実施すべき研究開発として推進する必要がある。 よって、本研究開発には必要性があったと認められる。
効率性	本研究開発の実施にあたっては、研究開発課題について、専門的知識や研究開発遂行能力を有する内容によって、委託事業者がそれぞれ得意な分野を担当することで、効率的に研究開発が進められた。 また、本研究開発の実施期間中においては、受託各社の研究代表者及び実務者の定期的会合において各社の進捗状況や課題が調整・共有され、外部有識者による継続評価において、研究進捗や進め方等について助言を受けるなど、更なる効率的な実施のため情報交換が積極的に行われた。 経費執行の効率性については、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施した。 よって、本研究開発には効率性があったと認められる。
有効性	本研究開発において、インテリジェント伝搬路制御技術、端末トラッキング技術、レイヤ間連携アクセス制御技術を確立することを目標としており、インテリジェント伝搬路制御技術については、面的周波数利用効率を伝搬路状況の制御に必要となるオーバーヘッドを加味した上で 2 倍以上に改善するとともに、大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を 1.5 倍以上改善し、目標を達成した。端末トラッキング技術については、端末位置の推定精度として最も近いアクセスポイントから 5m 離れた位置において誤差 10cm 以下を実現し、目標を達成した。また、レイヤ間連携アクセス制御技術については、レイヤ間連携アクセス制御を用いない場合と比較して、アプリケーションを実行したとき、レイヤ間連携アクセス制御を用いた場合に利用可能な周波数帯や帯域幅を変えずに面的周波数利用効率を 2 倍以上に改善するとともに、大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を 1.5 倍以上改善し、目標を達成した。 これにより、インテリジェント伝搬路制御技術、レイヤ間連携アクセス制御技術それぞれにおける結果を統合したうえで面的周波数利用効率 4 倍以上を改善し、目標を達成した。 これにより、干渉や不感地帯の低減がされるとともに、大容量アプリケーションを安定的に伝送することが可能となるため、周波数の有効利用の一層の向上に寄与することができた。 また、本研究開発は、外部有識者や専門家で構成される研究開発運営委員会など、研究開発成果の利用者や情報通信業界に限らない多様な専門家や利用者との連携・協力を得つつ、研究開発と実証実験を一体的に推進しており、研究成果の実用化等へ向けた高

	い確実性が得られた。 さらに、本研究開発で開発された伝搬路制御技術を用いることで、端末位置推定の精度や推定速度を高めることが可能である。このような成果を今後の研究に活用していくことで、技術の発展ひいては社会実装に貢献することが期待される。 よって、本研究開発には有効性があったと認められる。
公平性	本研究開発は、5G の普及によってトラヒックが爆発的に増加するなかで、多数の端末が存在する環境下で端末位置を把握し、アクティブアンテナ技術や IRS 等の連係動作により伝搬路を動的に制御することで干渉や不感地帯を低減するとともに、大容量アプリケーションをより安定的に伝送するためにレイヤ間連携アクセス制御を行うものである。これにより、周波数の利用効率を向上し、多くの国民が使用する Wi-Fi 等の無線ネットワークのトラヒック解消に資することから、受託者や関係者のみならず広く国民の利益となる。 また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定した。 よって、本研究開発には公平性があったと認められる。
優先性	国内において 5G サービスが始まり、今後、爆発的にトラヒックの増加が見込まれる中、5G 時代における干渉爆発の状態を回避するためには本技術の導入に向けた取り組みを優先的に実施していく必要があったと認められる。

5 政策評価の結果（総合評価）

5G の普及に伴いトラヒックが爆発的に増加していくなかで、トラヒックの分散のために Wi-Fi 等のプライベートネットワークで大容量伝送を行うことが強く求められていた。だが、Wi-Fi のような代表的な既存プライベートネットワークは大容量伝送には不向きのため、通信帯域の確保が困難な干渉爆発が生じる可能性があり、トラヒックの増大に対応可能な技術の確立を行う必要性があった。

本研究開発において、インテリジェント伝搬路制御技術については、面的周波数利用効率をオーバーヘッドを加味した上で 2 倍以上改善するとともに、大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を 1.5 倍以上改善し、端末トラッキング技術については端末位置の推定精度 5 m 以遠で 10cm 以下を達成した。また、レイヤ間連携アクセス制御を用いた場合に利用可能な周波数帯や帯域幅を変えずに面的周波数利用効率 2 倍以上改善するとともに大容量・低遅延アプリケーションが実現可能な場所率を 1.5 倍以上改善した。これにより、課題全体での面的周波数利用効率 4 倍以上の改善を実現し、目標の達成が確認された。

また、論文、口頭発表、特許取得や国際標準化の提案など、本研究開発の実用化に向けた検討もあわせて実施されている。

よって、本研究開発には有効性、効率性等があると認められた。

＜今後の課題及び取組の方向性＞

前述のように、本研究開発において目標としていた要素技術の確立を達成したが、今後は確立した技術を実用化していくため、受託者において、社会での活用や実用化に向け応用研究、国際規格化活動、論文などによる情報発信を行い、これらについて追跡調査等でフォローアップしていく予定である。

6 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（令和 7 年 6 月 20 日）において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、外部有識者から以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・開発した伝搬路制御及び連携アクセス技術により、目標とした周波数利用効率の向上が達成できる

ことを、シミュレーション結果並びにフィールド実験により検証できている。開発した連携アクセス方式において採用されている3方式による端末位置高精度推定技術やビームフォーミング技術の効果を、同じく開発した伝搬路制御により高めることも期待できるのではないかと。

- ・電波伝搬の詳細な測定・解析に基づいて空間無線リソースの有効利用を可能にしているが、実際のフィールドの伝搬環境の詳細な測定・解析を行う経済的・時間的コストをどこまで抑えることができるかについてさらに検討が必要と考えられる。
- ・本研究開発の高精度な端末位置推定技術は、電波資源の飛躍的な拡大に貢献する。これにより、面的周波数利用効率は4倍以上、場所率は2.25倍以上となり、周波数利用効率に優れた無線通信システムの構築が可能となる。これは、限られた電波資源の有効活用と、より高密度な通信環境の実現に繋がるものである。

7 評価に使用した資料等

○統合イノベーション戦略 2020（令和2年7月17日閣議決定）

https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020_honbun.pdf

○新たな情報通信技術戦略の在り方（令和2年8月5日情報通信審議会答申）

https://www.soumu.go.jp/main_content/000701531.pdf

○電波利用料による研究開発等の評価に関する会合

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>