

平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局移動通信課新世代移動通信システム推進室

評価年月：平成 27 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

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

2 研究開発の概要等

(1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 2,529 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
996 百万円	890 百万円	643 百万円	2,529 百万円

・概要

今後、携帯電話をはじめとする移動通信システムの通信量が爆発的に増大することが予想されており、それに対応するためには、可搬型基地局を活用することにより個別ユーザーの通信容量を確保しつつ、ネットワークの通信容量を増大する必要がある。しかしながら、現状の可搬型基地局の技術では既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉等の課題により、個別ユーザーの通信容量とネットワーク容量を十分に確保することが困難である。

そのため、ワイヤレスブロードバンドアクセスの進展に伴う移動通信の通信量の増大と基地局間による通信スループット減少に対応するため、以下の周波数高度利用技術の確立を図るための研究開発を行う。

【可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術】

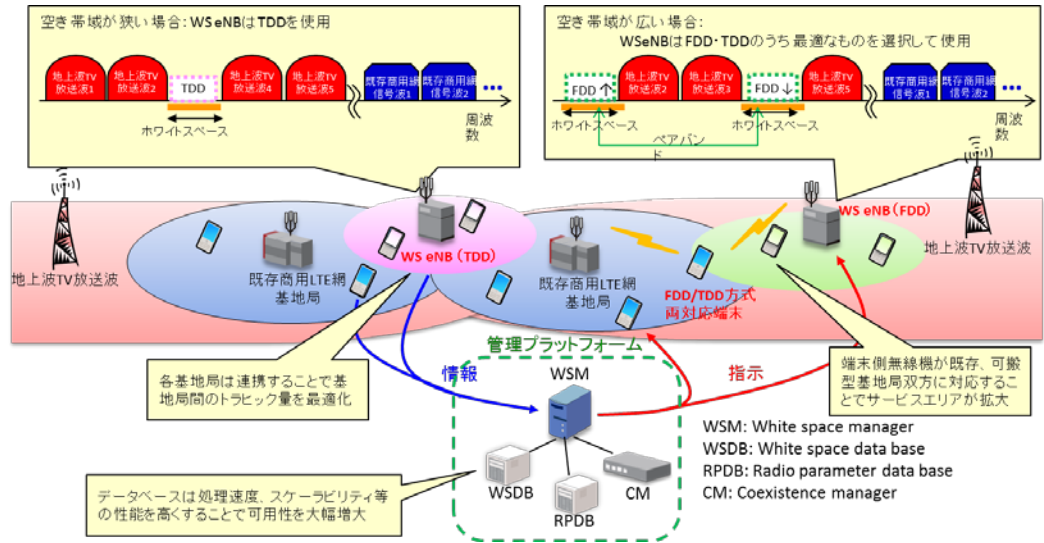
- ・複数周波数/複信方式に対応可能な可搬型基地局を活用して、複数の携帯電話系システムの周波数帯における周波数、送信電力等の無線パラメーター、空き周波数、干渉量を検知し、通信距離や要求条件に応じて動的に切り替える技術。
- ・現状の可搬型基地局で課題となる既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉を克服するとともに、さらにネットワークの通信容量を拡大するために、複数の周波数及び復信方式を使い分け、基地局間干渉を低減する技術

【広帯域離散 OFDM 技術】

- ・移動通信方式の主流である OFDM 技術を対象とし、既存システムに影響を与えずに、周波数軸上に飛び地状に存在する複数の空き周波数帯域をまとめて活用する技術

技術の種類	技術の概要
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	携帯電話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(Frequency Division Duplex, 周波数分割復信)方式と TDD(Time Division Duplex, 時間分割復信)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(時間当たりの情報伝送量)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ための研究開発。

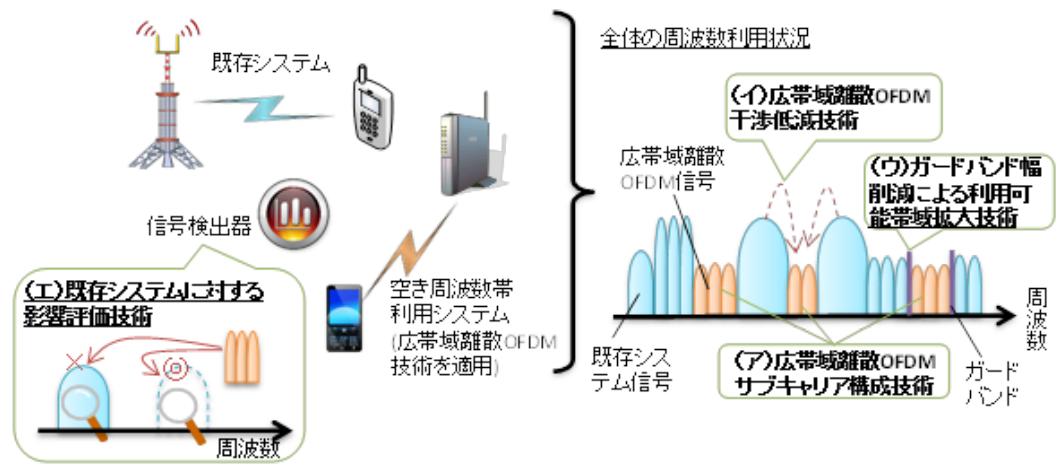
図1：研究開発概要



170MHz～1GHz の周波数帯において周波数軸上に飛び地状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 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 直行周波数分割) サブキャリア (搬送波) 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。

図2：研究開発概要

広帯域離散 OFDM 技術



・スケジュール

技術の種類	平成24年度	平成25年度	平成26年度
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	<ul style="list-style-type: none"> 方式検討 装置開発 	<ul style="list-style-type: none"> 方式評価 機能評価 	<ul style="list-style-type: none"> 計算機シミュレーション評価 実機性能評価
広帯域離散 OFDM 技術	<ul style="list-style-type: none"> 方式検討 装置開発 	<ul style="list-style-type: none"> 方式評価 機能評価 	<ul style="list-style-type: none"> 計算機シミュレーション評価 実機性能評価

(2) 達成目標

今後、移動通信システムのトラヒックが爆発的に増大することが予想されており、可搬型基地局の有効利用が課題となっている。

このため、ワイヤレスブロードバンドアクセスの進展に伴う移動通信のトラヒック量の増大と基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応し、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ため、可搬型基地局を高度に活用したネットワークの通信容量の増大と基地局間干渉の低減をもたらす、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術及び広帯域離散 OFDM 技術を確立する。

○ 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」

(3) 目標の達成状況

3年間の研究開発を通じて、各要素技術について以下のとおり目標を高いレベルで達成した。

本研究開発により、可搬型基地局を有効利用するための制御技術を開発することで、基地局間の周波数干渉による通信スループットの減少に対応する技術を確立し、さらに、時間や場所によって変化する、飛び地状の空き周波数帯の活用を実現可能にすることで、移動通信のトラヒック量の増大に対応する技術を確立した。

また、これらの技術の確立によって、利用可能となる周波数帯域は場所、時間、状況によって異なるが、一例として、実証実験によりある条件下では導入前と比べて、同一帯域においても2倍の通信量を収容可能であることが確認でき、周波数の利用効率の一層の向上に寄与したことから、目標を十分に達成した。

技術の種類	目標の達成状況
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	各可搬型基地局間で協調したパラメータ制御を行う方式を開発し、各基地局の複信方式の変更や、通信の上り方向と下り方向それぞれへの通信時間の配分比率を動的に制御可能とし、基地局間の周波数干渉による通信スループットの発生を抑制を可能とした。この制御技術により、全基地局と全端末のパラメータを最適に制御することにより、同帯域幅で約2倍のトラフィック収容を達成可能とし、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応することによって、携帯電話ネットワーク全体の通信容量を増大させ、周波数の利用効率の一層の向上に寄与した。
広帯域離散 OFDM 技術	他の既存システムからの影響を低減させることにより、広い周波数帯域にわたり、飛び地状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推定される 20 MHz 以上の帯域を利用可能とし、移動通信のトラヒック量の増大に対応する技術を確立した。

3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

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。

上述の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成27年6月26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、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等も調査し、必要性・有効性を分析した。

○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)	2 件 (0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)	7 件 (6 件)	9 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)
口頭発表数	15件(0件)	25件(0件)	26件(1件)	66件(1件)
特許出願数	3件(0件)	9件(0件)	13件(0件)	25件(0件)
特許取得数	0件(0件)	0件(0件)	1件(0件)	1件(0件)
国際標準提案数	1件(1件)	3件(3件)	5件(5件)	9件(9件)
国際標準獲得数	0件(0件)	0件(0件)	1件(1件)	1件(1件)
受賞数	0件(0件)	0件(0件)	1件(0件)	1件(0件)
報道発表数	0件(0件)	1件(0件)	2件(0件)	3件(0件)
報道掲載数	0件(0件)	2件(0件)	4件(0件)	6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。

観点	分析
必要性	<p>今後、携帯電話をはじめとする移动通信システムの通信量が爆発的に増大することが予想されており、それに対応するためには、可搬型基地局を活用することにより個別ユーザーの通信容量を確保しつつ、ネットワークの通信容量を増大する必要がある。</p> <p>しかしながら、現状の可搬型基地局の技術では既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉等の課題により、個別ユーザーの通信容量とネットワーク容量を十分に確保することが困難であるため、可搬型基地局や端末が空き周波数、干渉量を検知し、通信距離や優先度に応じてFDD、TDDを瞬時に判断して使い分ける技術、既存のマイクロセルネットワークとフェムトセルネットワークがリソースを使い分け、双方のネットワークが共存する技術の研究開発が必要である。また、既に割り当てられている周波数の中で、空間的・時間的に利用されていない帯域の利用が検討されているが、利用可能な空き周波数帯域は広い周波数帯にわたって離散的に存在していることから、これらを束ね、移动通信に利用可能な広帯域無線帯域として有効利用する技術の確立が必要となる。このため、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術及び広帯域離散OFDM技術の開発を早急を実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>現在、利用されずに細切れに残されている空き周波数帯を利用可能とすることにより、その帯域の免許等を有する本来の通信システムやその利用者に干渉を与えることなく、基地局間の周波数干渉による通信スループットの減少への対応及び増大するトラフィックを収容可能とする技術が確立できることとなり、ネットワーク全体の周波数利用効率の一層の向上に大きく寄与することから、投資に対する効果は大きく、目標を達成するための他の効率的で質の高い代替手段はなかった。</p> <p>本研究開発の実施により、都市部においても30MHz以上の空き周波数帯を共用可能とし、また、ある条件下では同一の帯域幅において2倍の通信路量を収容可能となるなど、空き周波数帯の獲得とその効率</p>

	<p>的利用が可能となった。加えて、広帯域離散OFDM技術の基盤技術が確立され、周波数軸上に飛び地に存在する複数の空き周波数帯域を有効に活用できるようになった。</p> <p>本研究の開発に当たっては、有識者として通信分野における学識経験者、本技術の活用先となり得る通信事業者やベンダを含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザ省庁等からの意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施している。</p> <p>また、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。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により確立された周波数軸上に飛び地状に存在する空き周波数帯の活用技術や、状況に応じた通信方式の使い分けなどによる利用効率向上技術により、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少と移動通信のトラフィック量の増大に対応し、ネットワーク全体の周波数の利用効率の一層の向上を可能にし、今後、携帯電話をはじめとする移動通信システムの通信量の増大に対応するための技術を開発した。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、電波がちゅう密に使用されている周波数帯において、既存無線システムに影響を及ぼすことなく、周波数の共同利用の促進に寄与するものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の受益となる。</p> <p>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。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>ワイヤレスブロードバンドは社会経済のインフラとなっており、電波利用は今後更に国民生活の中に広がっていくと想定され、電波の重要性が高まるとともに、電波のひっ迫状況の深刻化が懸念される。より周波数利用効率の高いシステムへの置き換えや新システム用の新たな周波数帯の割り当てなどを行う方策が有効であるが、そのためには既存システムの運用停止や別周波数帯への移行が必要であり実現には長い時間を要するのに対し、本技術は既存の無線システムの運用に影響を与えずに、空き周波数帯の活用を可能とすることから、効果の即効性が見込まれる。このため、周波数軸上に飛び地状に存在する複数の空き周波数帯域を有効に利用することは、ひっ迫状況の解消のために必要性が高い。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発により、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術と広帯域離散OFDM技術を確立し、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応し、同帯域幅で約2倍のトラフィック収容を達成することや飛び地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推定される20 MHz以上の帯域を利用可能とするなど達成目標に掲げた周波数の利用効率の一層の向上が実現できており、また、多くの論文の発表、特許の出願、国際標準への反映なども着実に実施されるなど十分に目標を達成しており、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

<今後の課題及び取組の方向性>

電波政策ビジョン懇談会（平成26年12月）において、「周波数がひっ迫する中で、新たなシステムの導入に当たり専用周波数帯としての割当てが難しい場合については、干渉の問題等を解決した上で、時間・空間的要素も加味して、周波数共用を推進していくことが有用である」と述べられており、実用化に向けて取り組んでいくことが必要である。3年間の研究開発期間を通じて周波数共用に必要な個別の要素技術の到達目標を達成したことから、今後は実用化等による成果展開を目指し、実用化の主体となる通信事業者、メーカーと密に連絡調整を行いつつ、実用化に向けた技術課題の検討、国際標準化の推進等に努めていく。本技術の実用化により、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や周波数軸上に離散的に存在する複数の空き周波数帯域のより一層の利活用を進め、ひいては我が国の周波数の利用効率をより一層向上する。

5 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」（平成 27 年 6 月 26 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を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- 過負荷となる携帯電話システムのトラヒックをオフロードすることが可能になり、周波数の有効利用に貢献するものと考えられる。
- 既存の OFDM 技術を工夫すれば時間や場所によって利用可能な空き周波数帯を有効利用できることを明らかにされており、また、開発した技術を実際の機器で電波を発射して評価し、標準化に反映する努力もされていることから、有益であったと考える。
- 170MHz～1GHz はまとまった無線周波数が無く、小さな周波数帯域を集めてブロードバンド通信することが必要であり、本研究はこの目的のため有益であった。

6 評価に使用した資料等

- 電波資源拡大のための研究開発の実施
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>
- 電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html
- 新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 IT 戦略本部決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/100511honbun.pdf>
- 新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>
- 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）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_01000001.html
- 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）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban11_01000002.html