

# 同一周波数帯における複数無線システム間無線リソース制御技術の研究開発

## Research and Development of Radio Resource Control Technologies among Multiple Radio Systems on the Same Frequency Band

### 研究代表者

加山 英俊 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ  
Hidetoshi Kayama NTT DOCOMO, INC.

### 研究分担者

三浦 俊二<sup>†</sup> 原田 浩樹<sup>†</sup> 今井 哲朗<sup>†</sup> 小林 聖<sup>††</sup> 宇野 雅博<sup>††</sup> 矢野 一人<sup>††</sup> 塚本 悟司<sup>††</sup>  
Shunji Miura<sup>†</sup> Hiroroki Harada<sup>†</sup> Tetsuro Imai<sup>†</sup> Kiyoshi Kobayashi<sup>††</sup> Masahiro Uno<sup>††</sup> Kazuto Yano<sup>††</sup> Satoshi Tsukamoto<sup>††</sup>

<sup>†</sup>株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ <sup>††</sup>株式会社国際電気通信基礎技術研究所 波動工学研究所  
<sup>†</sup>NTT DOCOMO, INC. <sup>††</sup>ATR Wave Engineering Laboratories

研究期間 平成 20 年度～平成 23 年度

### 概要

需要の高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するため、同一周波数帯において複数の無線アクセスネットワーク (RAN) を共存させて周波数利用効率向上を図ることを狙いとした複数無線システム間の無線リソース制御技術の研究開発を推進した。同一周波数を共有する無線システム相互間で連携制御が緊密に行われる場合を想定した「同一事業者内 RAN 間協調制御技術の研究開発」と、相互間の連携制御が疎なシステムを想定した「複数事業者 RAN 間同一周波数帯共有技術の研究開発」の 2 つの研究開発を進めた。

### Abstract

This research and development had been promoted to realize highly efficient radio resource management techniques for multiple radio access networks (RANs) sharing the same frequency band. For the case where a single network operator manages RANs, we investigated a new RAN coordination control techniques exploiting information exchanges between RANs. On the other hand, for case where RANs are managed by different operators, we investigated new frequency sharing techniques for multiple systems without any explicit information exchange between them.

## 1. まえがき

移動通信システム構築に適する 6GHz 以下の帯域 (VHF、UHF、低マイクロ波帯) については、現状携帯電話をはじめとして極めて稠密に割り当てられており (全無線局の 99%以上) 深刻な電波の逼迫状況が生じ新たな配分は難しい状況である。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ、特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するには、移動通信システムにおける周波数の高度利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。この実現には同一周波数帯において性質の異なる複数の無線システムを共存させることが有効であり、複数の無線システム間の干渉を回避しつつ共存可能とする方式を無線アクセスネットワーク (RAN: Radio Access Network) 間の協調制御技術により実現する技術に対する研究開発が効果的であり、もって将来の電波の有効利用に資するものであると考える。このような背景のもと、我々は、同一周波数帯における複数無線システム間無線リソース制御技術に着目し、その研究開発を推進した。同一周波数を共有する無線システム運用形態として、共有を図ろうとするシステム相互間において緊密な連携制御が可能となるケースへの適用を想定した「ア) 同一事業者内 RAN 間協調制御技術の研究開発」と、互いに連携制御が疎なシステム相互間における周波数共有を想定した「イ) 複数事業者 RAN 間同一周波数帯共有技術の研究開発」の 2 つのカテゴリーからなるサブテーマを設定し、研究開発を進めた。

## 2. 研究開発内容及び成果

### 2. 1. ア) 同一事業者内 RAN 間協調制御技術の研究開発

現在、第三世代携帯電話システムの高度化の検討が盛んに行われているが、その中で同一事業者が複数の異なる RAN を同時に運用するような状況も発生している。将来的には高度化への期待はますます高まると予想され、今後 IMT-Advanced やその他の高度化システムなどの多様なシステムが混在運用されるような環境が想定される。そこで本研究開発では、RAN 間における無線リソース情報の動的な交換により、他の RAN の通信を妨害しない範囲内で別の RAN が同一無線リソースの再利用を許容し、周波数利用を稠密化し無線資源の有効活用を可能とすることを旨とする。本サブテーマにおいては特に同一事業者内の複数 RAN 間であることに着目し、RAN 間において無線リソースや伝搬条件などについてより緊密に情報交換をすることにより、無線リソースを効果的に再利用する無線制御技術を開発する。これにより、都市部で典型的である小セル環境において収容トラフィック量を 2 倍に増加させ、その結果、各ユーザが享受できる実効スループットを倍増させることのできる同一事業者内 RAN 間における無線リソース協調割当制御技術の確立を目標とする。本目標の達成のため、次の 3 つの技術課題について研究開発を実施した。

- ア-(a) 事業者内リソース割り当て制御技術
- ア-(b) マルチシステム対応信号識別技術

ア-(c) マルチシステム対応チャネルシミュレート技術  
以下、各技術に関する具体的な研究開発内容とその成果について述べる。

#### ア-(a) 事業者内リソース割り当て制御技術

近年の周波数資源のひっ迫への対策としてコグニティブ無線技術 (CRS: Cognitive Radio System) に注目が集まり、実用化に向けた検討を含め多くの検討が行われている。しかし、これらの検討では比較的实现が容易であると考えられることから、放送システムが使用する帯域をコグニティブ無線システムが使用する形態を想定している。本検討では、さらなるコグニティブ無線技術の活用可能性として公衆移動通信網 (PCN: Public Cellular Network) が利用する帯域でのコグニティブ無線の利用について検討した。

初めに、従来主に検討されている放送システムでは、以下の特徴から放送システムが使用する周波数帯域には潜在的にホワイトスペース (WS: White space) が多く存在し、加えて送信局の位置が固定されていることなどの理由により CRS 導入に伴う技術的な困難性も低いと考えられる。

- ・多数の視聴者に対して、一定品質のサービスを配信
- ・再送が許容されない
- ・各エリアで送信されるコンテンツ数は限定的
- ・送信局数が比較的限定

一方、本検討で対象とする、PCN を優先システムとする周波数帯域の WS 利用においては、以下の理由から TVWS の場合に比べ技術的に非常に困難であると考えられる。第一に PCN は人口カバー率が高いシステムであり、近年では周波数繰返し数を 1 とすることが目標であることから、恒常的に存在する WS は非常に限られると考えられる。また、PCN の下り帯域では通信中ユーザの分布により一時的かつ局所的に WS が生じる可能性があるが、ユーザの移動やフレームごとに各ユーザに割り当てる無線リソースが変化することから WS の検出が難しく、この WS 利用自体が非常に困難であると考えられる。さらに、PCN ではミリ秒周期で制御信号が送信され、これらの制御信号についても CRS からの干渉から保護する必要がある。

本検討では、これらの課題を解決する一手段として優先システムが周波数共用に係る一部の機能を負担する方法 (CSAS: Cognitive-radio Supportive Accommodation Systems) を提案した。提案方式では、この周波数共用の機能を負担することにより優先システムにおいて実装負荷及び動作時の処理負荷が生じるが、既存システムである公衆移動通信網において既定されている制御信号フォーマットを利用することで、これらの負荷の増加を抑える。

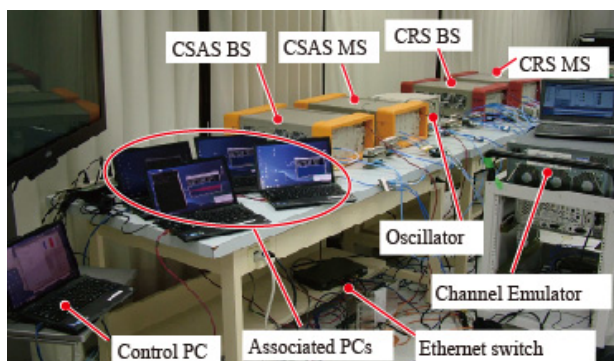


図1 提案周波数共用方法の検証のために構築した屋内実験系

次に、提案する周波数共用方法を実装した装置を試作し、屋内実験系における試作装置の検証を行い提案方式の基本的な動作及び特性を明確化した (図1)。

さらに、より現実的な周波数共用環境での性能評価を行うため、3次元エリアモデルに基づくシステムレベルシミュレーションを実施し、既存の LBT のみを適用の場合に比べ、送信電力制御と空間制御を適用し最適化した場合には単位面積当たり約 2.5 倍程度、通信容量が増大できること等を確認した。

また、コグニティブ無線技術により達成可能な通信容量について理論解析による検討を行ない、コグニティブ無線システムが比較的小さいセルサイズであれば、特に屋内での利用環境においては、潜在的に高い通信容量を達成可能である事を示した。

さらに、優先システムの保護のために課される条件の緩和を目的とした送信ウェイト制御方法について検討を進め、最適な送信ウェイト制御方法を導出し、前述の試作装置に提案する周波数共用方法の一部の機能として実装し、動作検証を行なった。

#### ア-(b) マルチシステム対応信号識別技術

本課題ではマルチシステム対応信号識別技術として、無線信号の周期定常性を利用することにより、復調処理を行うことなく他の RAN の無線リソース使用状況の観測、及び干渉量の推定を可能とする技術を開発した。従来検討されていた周期自己相関関数に基づく信号識別技術の高度化として、同時に受信される複数の信号を高精度に認識する方法、複数のピークを組み合わせてとして利用し検出性能を高める方法、バースト状の短時間信号を高精度に認識する方法、信号識別処理の計算量を削減する方法などを提案し、解析とシミュレーションによってその効果を確認した。また、信号に対して人工的に周期定常性を付加する方法について検討し、低オーバーヘッドで多数の特徴パターンを表現可能な方法を提案した。更に上述の全ての提案技術について、試作装置を用いた実験による検証を行った。また、本検討については後述するように、別にマルチシステム対応空間チャネルエミュレータを使用して、実電波伝搬環境下での特性評価実験も行った。

以上のマルチシステム対応信号識別技術に関する研究開発成果は、電子情報通信学会ソフトウェア無線研究会 (平成 23 年 7 月開催) において、技術展示として信号識別試作装置の展示やデモを行ない (図 2)、多くの参加者から好評を得た。本検討課題については、当初設定の「1 フレーム内の検出時間において検出確率 90 %以上」という目標を達成しただけでなく、干渉信号存在下での検出性能改善やバースト信号に対する検出性能向上など、当初の設定を上回る成果を得られたと考えるものである。

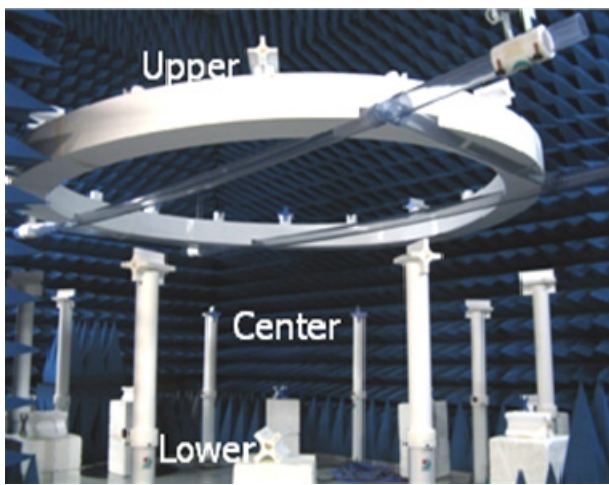
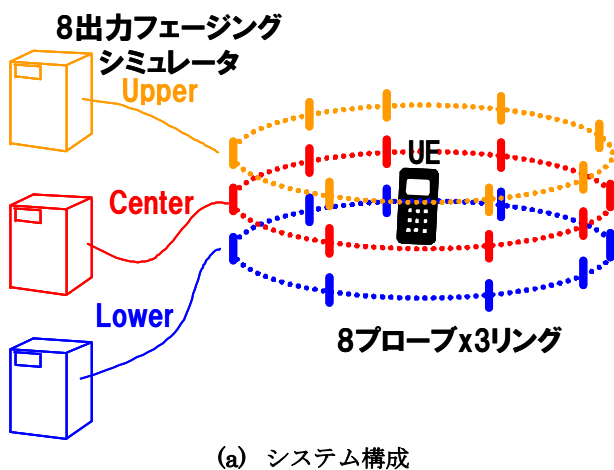


図2 信号識別実験装置とデモ展示の様子 (平成 23 年 7 月)

### ア-(c) マルチシステム対応チャンネルシミュレート技術

本課題では、多様な実伝搬環境の模擬を実現するため、見通し内環境および 3 次元環境に対応した空間チャンネルエミュレータを構築した (図 3)。エミュレータを可能とするシステムは無線 LAN、LTE および LTE-Advanced である。ここで、LTE-Advanced については、その主要な要件である Inter-band Carrier Aggregation にも対応できるようにしている。空間チャンネルエミュレータを 3 次元環境に対応するためには、空間チャンネルエミュレータの放射部を 3 次元化する必要がある。そこで、放射部の 3 次元化については、3 次元プローブアンテナ配置について検討を行い、プローブアンテナ配置が MIMO-OTA 測定に与える影響を被評価端末で観測される空間相関特性より解析する方法を提案した。最適なプローブアンテナ配置を空間相関係数の許容誤差より定義すると、最適配置は被測定端末の受信アンテナ位置に大きく依存する。

本システムを用いて携帯端末等の性能を評価するためには、チャンネルモデルの実装の必要がある。そこで、伝搬チャンネルの特性を測定データから精度良くモデリングする技術を開発した。具体的にはパスのクラスタリング法ならびに粒子フィルタによるチャンネル動特性モデリング手法を提案している。また、実際に屋外 (市街地) と屋内においてチャンネルサウンダによる伝搬測定を実施し、各々の環境におけるチャンネルモデルを提案法より構築した。



(b) 実際に構築したシステム (放射部)

図 3 空間チャンネルエミュレータ  
実測データを元にしたチャンネルモデルを適用した空間

チャンネルエミュレータを用いて、最後に課題ア-(b)の信号識別技術を実装した試作機の実証実験を行った。ここでは複数の異なる送信局をマクロセル、マイクロセル及びピコセルの基地局と想定し、かつ各送信局は異なる送信電力を持ち、また異なる設置位置、設置形態であると仮定し、屋外の無線環境を模した。各送信局が信号を同時かつ同一周波数で送信している状況を想定し、受信局では提案する信号識別技術を用いて信号認識を行ったところ、ある送信局が受信局近傍にあって大きな干渉を与えている場合においても、信号識別装置の性能で規定される一定以上の信号レベルがある他の送信局からの信号については正しく認識されることが確認された。また受信局の移動に伴い各送信局からの信号レベルが変化すると同時に、検出される信号も変化していく様子が確認された。これにより、マルチシステム対応空間チャンネルエミュレータの正常性と有効性が確認され、同時に周波数共用環境における信号識別方法が実環境下で効果的に動作することが確認された。

以上述べたように、空間チャンネルエミュレータに実測データを基にした電波伝搬チャンネルモデルを適用することで、高度な屋内外模擬電波伝搬環境を構築した。また、本模擬環境において信号識別試作装置の性能評価を行い、実際の屋外伝搬環境下に近い状態での検出特性を取得することができ、これにより本課題に対する当初の目標を達成できたものとする。

### 2. 2. イ) 複数事業者 RAN 間同一周波数帯共用技術の研究開発

ユビキタスネットワーク社会の進展に伴い、ISM 帯等における免許不要のパーソナル通信の需要は増大し、電波の逼迫状況はさらに深刻になることが予想される。ISM 帯等においては既に事業者や管理者の異なる複数の無線システムが共用している。しかし各システムは自律分散的に運用されており、相互の連携や協調は行われていない。従って周波数の共用・融通を効率的に行うことが困難で、周波数・時間軸での無線資源の利用率には限界がある。本研究開発はこのような複数事業者または管理者によって自律分散的に運用される RAN システムの混在環境下で、無線資源の利用率を高める技術とシステムに関して研究開発を行うものであり、もって将来の電波の有効利用に資するものである。

本研究では、ISM 帯のような複数の無線システムが混在する環境下において周波数利用効率の向上を実現する Dynamic Spectrum Access (DSA) システムを提案した。これは、図 4 に示すようにスペクトルセンシングにより未使用無線リソースを適宜検出し、スペクトル分割シングルキャリア変調により送信信号を分断された無線リソースの間に埋め込むように分割・配置し送信するものである。本研究開発ではこの ISM 帯における DSA システムの実現に向け、物理層信号処理方式ならびに MAC プロトコルのクロスレイヤの詳細設計を行った。そして既存 RAN として OFDM 系無線 LAN ならびに周波数ホッピングを用いた無線システムを想定し、これらが混在する屋内環境を主たる評価環境において、既存 RAN が通信処理を行っていない残留スペクトラムの 60 %以上を用いて新規 RAN が信号伝送を行い、かつ各既存 RAN における実効スループット (bit/s/Hz) の劣化を 10 %以下に抑えつつ、無線 LAN (IEEE 802.11g) と同程度の実効スループットの達成を実現した。

主な実施内容は以下の通りである。

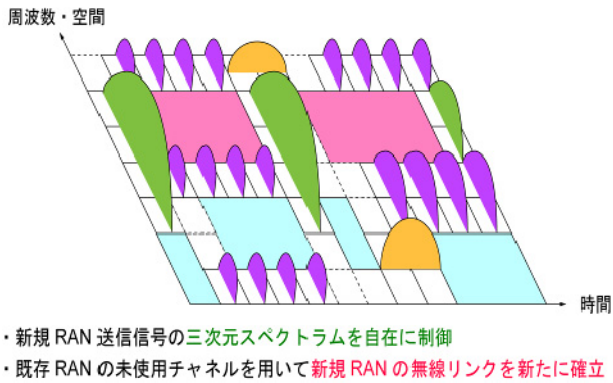


図4 ダイナミックスペクトラムアクセス

イ-(a) 時空間周波数スペクトラムセンシング技術の研究  
 複数システム共用帯域において新たな通信を開始するには、時々刻々と変化する既存 RAN のスペクトラム利用状況を瞬時かつ正確に知ることが必要不可欠である。現在の自律分散型 RAN では各通信ノードが自律的にキャリアセンスを用い、予め設定された周波数における時間軸上での利用状況を把握して新規送信の可否を判断するのが一般的である。ただし、図4に示すように周波数軸上に複数のチャンネルを設ける場合や複数の RAN 間で単一チャンネルの信号帯域幅が異なる場合には、時間軸上のみならず周波数軸方向にも検出を拡張するスペクトラムセンシングが有効である。また、周波数資源のより稠密な利用に向けて空間軸方向に対しても利用状況のセンシングを行う必要がある。そこで課題イ-(a)では具体的なセンシング処理について検討し、これをシミュレータに組み込むことで定量的な評価を行った。そして、目標である「検出失敗確率 10%未満、かつ誤検出確率 20%未満」を達成する、電力検出に基づくスペクトラムセンシング方式を確立した。これに加え、図5に示すようなアレーアンテナを用いてセクタ分割した空間軸スペクトラムセンシングを実施することにより、空間領域における未使用無線リソースを検出し、これを用いて通信を行うことで、図6に示すように帯域全体の周波数利用効率が向上することを確認した。

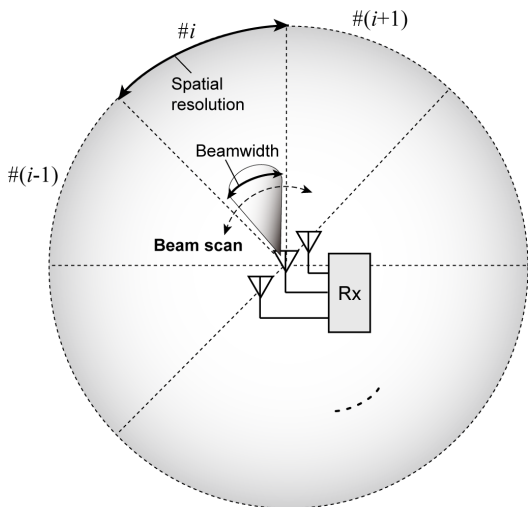


図5 セクタ分割した空間スペクトラムセンシング

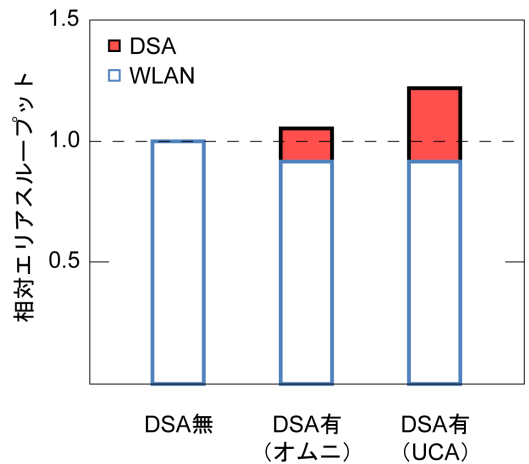


図6 空間スペクトラムセンシングによるエリアスループット改善効果

イ-(b) 時空間無線システム多重方式の研究開発  
 DSA システムがスペクトラムの稠密な利用を実現する手法として、図7に示すような、周波数軸上に離れて位置する複数のチャンネルを束ねて伝送を行うスペクトラム分割シングルキャリア伝送方式を提案した。課題イ-(b)では、この伝送方式を含めた提案 DSA システムの性能評価のために、既存 RAN および図8に示すような新規 RAN のハードウェア構成とプロトコル構成も含めた詳細な性能評価モデルを構築した。具体的には、効率の良い通信を実現するデータチャンネルの誤り検出自動再送要求方式 (ARQ) や上り制御チャンネルの送信時間制御方式、ハードウェア負荷を軽減するデータチャンネル割り当て方法、データ伝送を行うための具体的なプロトコルについて検討を行った。

さらに、複数システム間フェアネス制御に向けて提案 DSA システムが個別トラフィックの QoS 条件に応じて動的に無線リソースを割り当てる方式を提案しその有効性を評価した。特に、複数システム混在環境における quality of experience (QoE) を指標とする無線資源割り当て方法を提案し、その概念設計を行った。これは ISM 帯のように一次利用、二次利用といったシステム毎の優先順位が定義されない場合の公平な周波数共有のあり方を、経済学、社会学を援用しながら検討を行ったものである。

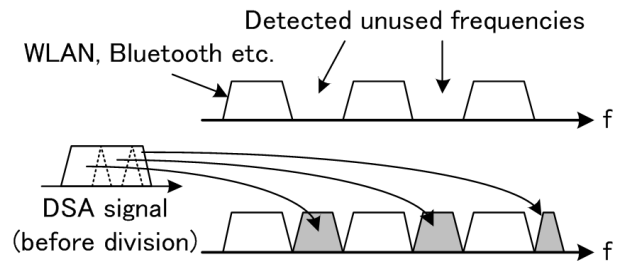


図7 スペクトラム分割シングルキャリア伝送方式

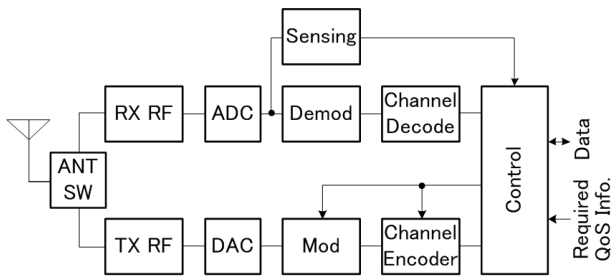


図8 提案新規 RAN の機能構成

イ(c) 複数 RAN システムシミュレータの開発

提案方式の有効性評価には、既存 RAN および新規 RAN に所属するノード複数配置したクロスレイヤシミュレーションが必須である。そこで本課題では、このようなクロスレイヤシミュレータを開発し、無線 LAN、Bluetooth および提案 DSA システムの混在環境でのシミュレーション評価を行った。

ここでは2種類の複数 RAN システムシミュレータを開発した。ひとつは物理層、MAC 層の信号処理を詳細に実装した PHY-MAC クロスレイヤシミュレータであり、伝送特性およびシステム間干渉の物理的な信号レベルの評価を行った。この結果、他システムの通信の保護と帯域全体の周波数利用効率を同時に実現するためには、提案 DSA システムの運用パラメータのみならず、他システムの送信信号スペクトラムおよび受信機の周波数選択度も考慮する必要があることを確認した。

もうひとつはネットワークシミュレータにスペクトラムマスクを定義することで IEEE 802.11g 無線 LAN、Bluetooth および提案 DSA システム間のシステム間干渉および隣接チャネル間干渉の評価を可能にしたものである。これを用いて、PHY-MAC シミュレータと比べ長時間かつ IP 層など上位層モデルを含む系において伝送特性の評価を行った。この結果、提案 DSA システムが目標性能を達成することを確認した。図9に示すように、提案 DSA システムは、既存 RAN (無線 LAN) が飽和スループットの 80% となる高トラフィック状態において、空き無線リソースのうちの 60% 程度を使用し、かつ無線 LAN 飽和時よりも少ない無線リソース使用量ながら、無線 LAN 飽和時よりも高い合計スループットを実現することを確認した。即ち、無線 LAN のみの場合無線リソースの 88.9% を使って 120 Mbps を実現したが、提案 DSA システムを導入することで無線リソースの 87.3% を使って 131 Mbps を達成した。従って提案システムは無線 LAN よりも高い周波数利用効率を実現した。この時、提案システムは、無線 LAN のスループットを低下させていない。さらに、課題イ(b)で提案した QoS 条件を考慮した動的パラメータ制御をネットワークシミュレータに実装し、無線 LAN との混在環境における性能評価を行った。これは QoS 条件が動的に変化した場合の提案 DSA システム、既存 RAN 間に発生する作用の過渡応答を観測、解析したものである。この結果、提案システムが要求 QoS を満たすべく動作することを確認した。ただし、より一般的な状況においても所要 QoS 充足を達成するには、他システムにおけるトラフィックの優先度や、自身の信号送信が他システムに与える影響等を推定する手法の確立等、多くの技術的課題があることも明らかになった。これらは本研究開発を遂行する中で新たに生まれた発展的な研究内容であり、周波数共用環境におけるさらなる無線リソースの有効活用に向けた、導入の検討と位置付けられよう。

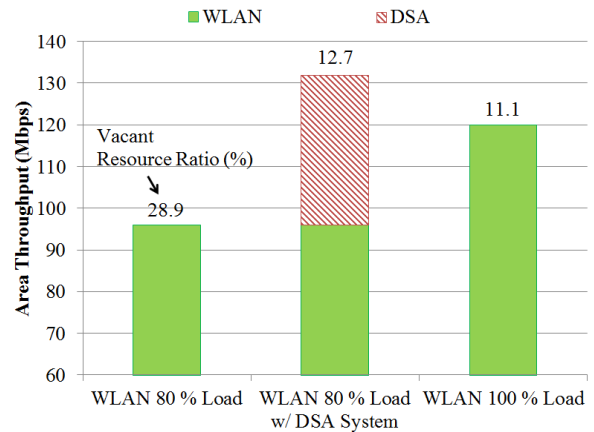


図9 エリアスループット特性

また、実環境における無線 LAN 利用状況の調査を目的として、空港や病院などの公共施設にて測定を実施し、結果を解析することで空き無線リソース量やトラフィックパターン、スループット等を求め、これらに基づくトラフィックモデルを構築した。そしてこのトラフィックモデルを用いて、実環境を想定したトラフィック条件のもとでネットワークシミュレータによる性能評価を行い、提案 DSA システムが実環境においても帯域全体の周波数利用効率を向上させられることを確認した。

標準化活動

標準化活動に関しては、IEEE 802.15 Interest Group Spectrum Resource Usage (IG SRU) において本研究開発の成果を継続して入力して議論を先導し、Technical Document of IG SRU のリリースを実現した。加えて、Asia Pacific Telecommunity Wireless Group (AWG) においても研究開発成果を継続して入力し、アジア・太平洋地域に対して本研究開発課題の先進性・有効性を提示した。これらにより、本研究開発における技術内容に関して国際的な標準化活動を推進した。

3. 今後の研究成果の展開

同一事業者内 RAN 間協調制御技術の研究開発において、その陸上移動通信への実用化のためには、既存無線インターフェースの変更、回路の小型化、検出・制御の高速化などの課題を克服する必要がある技術的に存在し、さらに、運用やコスト、品質管理などの面で世界の事業者、標準化団体等によるコンセンサスの形成が必要になる。しかしながら信号識別技術等の要素技術は応用範囲も広く、周波数を共用するシステム間の干渉信号検出技術として適用可能と考えられることから、まずはこのような分野への技術的適用を模索していく。具体的には、マルチシステム対応信号識別技術について、当初、同技術を搭載した汎用性のある信号認識モジュールを向こう1年程度で開発する。その後、既存の無線システム間で発生している干渉信号源の特定技術や、各種電波測定(電波監視用途等を含む)に用いられる測定技術等へ応用する形で、3年後の事業化を目指し、さらに、上記モジュールを複数無線システムの共用化技術に関して最先端の検討を行っている機関等への展開を図った上で、その検討結果を加味しつつ、5年後を目処に、次世代の移動通信システム他、周波数利用効率を向上する無線システムの仕様等に反映する形で、事業化を目指す。

一方、複数事業者 RAN 間同一周波数帯共用技術の研究開発に関しては、当該研究で開発した DSA システムをもとに引き続き発展的な研究を継続している。特に QoE を制御指標にした無線システム制御については、周波数利用効率の向上とユーザエクスペリエンスの観点から着目されているが、その点において、本研究は比較的先進的な提案と検討を行なっていると考えている。今後はこの成果を引き継ぎ、実用的なシステムの研究に向けて、ハードウェアを含む研究を推進していく。具体的にはスペクトルセンシング技術、動的な無線リソース割当技術、QoE を指標とする無線資源割り当て技術である。これら技術の標準化を目指すと共に、3 年後を目処に本研究成果の実用化技術の開発、5 年後を目処にこの技術を用いた事業化を目指す。

#### 4. むすび

需要の高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するため、同一周波数帯において複数の無線アクセスネットワークを共存させて周波数利用効率向上を図ることを狙いとした複数無線システム間の無線リソース制御技術の研究開発を推進した。同一周波数を共用する無線システム相互間の連携制御が緊密に行える場合想定した「同一事業者内 RAN 間協調制御技術の研究開発」と、相互間の連携制御が疎なシステムを想定した「複数事業者 RAN 間同一周波数帯共用技術の研究開発」の 2 つの研究開発を進め、両研究開発とも当初想定した目標の達成が確認され、本研究開発成果の目指すべき方向性と無線ネットワークに対する運用理念についての一定の方向性と実現・実用化に向けた諸課題が明確になったと考える。今後は、実用化に向けた活動を進めていくとともに、本研究開発課題の中から発生した要素技術について、それを単独で実用化できる領域についても探求し、広く国民・社会に役立つ技術として開花させていきたい。

#### 【国際標準提案リスト】

- [1]ITU・ITU-R WP5D、Doc. 5D/829、945、1043、1111、Report ITU-R M.2242” Cognitive Radio Systems specific for IMT Systems”、提案：平成 22 年 10 月 5 日、修正提案：平成 23 年 3 月 30 日、平成 23 年 6 月 30 日、平成 23 年 10 月 3 日、採択：平成 23 年 11 月 23 日
- [2]IEEE 802.15 IG SRU、doc. IEEE 802.15-12-0184-00-0sru、IG SRU technical document、提案：平成 24 年 3 月 15 日、修正提案：平成 24 年 7 月 18 日、採択：平成 24 年 7 月 18 日

#### 【参加国際標準会議リスト】

- [1]ITU・ITU-R WP5D 会合、Goa、India、開催：平成 23 年 10 月 12 日-19 日他
- [2]IEEE 802 LMSC Plenary Session、Waikoloa、Hawaii、開催：平成 24 年 3 月 11 日-16 日

#### 【誌上发表リスト】

- [1]藤井 啓正、原田 浩樹、三浦 俊二、加山 英俊、 “Achievable Capacity of Closed/Open-Access Cognitive Radio Systems Coexisting with a Macro Cellular Systems”、IEICE Trans. on Communications、vol.E95-B、no.4、pp. 1190-1197、平成24年4月1日
- [2]矢野 一人、大島 浩嗣、塚本 悟司、宮坂 朋宏、佐藤 幹、中本 成洋、北沢 祥一、岡 智広、相河 聡、宇野 雅博、小林 聖、 “ISM 帯の周波数資源有効利用に向けた DSA システムの研究開発”、信学技報 Vol. 111 No. 452 SR2011-113 pp. 65-72、平成 23 年 3 月 7 日

#### 【申請特許リスト】

- [1]原田 浩樹、藤井 啓正、三浦 俊二、大矢 智之、無線

通信システムの無線局で使用される信号検出装置及び信号検出方法、日本国、平成 22 年 7 月 13 日

- [2]藤井 啓正、安田 浩人、原田 浩樹、三浦 俊二、大矢 智之、無線通信方法及び無線基地局、日本国、平成 23 年 1 月 7 日
- [3]矢野 一人、太郎丸 眞、上羽 正純、無線装置およびそれを備えた無線通信システム、日本国、平成 21 年 2 月 20 日

#### 【受賞リスト】

- [1]原田 浩樹、電子情報通信学会 学術奨励賞、“周期定常性に基づく反復型特徴検出法の複数信号識別特性評価”、“OFDM 信号に対する周期定常性付与方法の拡張に関する検討”、平成 23 年 3 月 15 日
- [2]矢野 一人、電子情報通信学会ソフトウェア無線研究会 研究奨励賞、“無線 LAN の複数 BSS・複数チャネル運用時において受信機性能が white space 発生に与える影響” 信学技報、SR2009-80 pp. 39-46、(2010 年 1 月)、“ISM 帯 DSA システム評価に向けた複数無線システム PHY/MAC クロスレイヤシミュレータ” 信学技報 SR2010-66 pp. 185-192 (2010 年 10 月)、平成 23 年 4 月 21 日
- [3]藤井 啓正、三浦 俊二、加山 英俊、APCC2012 Best paper award、“Novel Cognitive Radio Technique for Using White Space in Public Cellular Network”、平成 24 年 10 月 16 日