

論文の内容の要旨

論文題目	Studies on Resource Allocation for OFDMA-based Cellular Cognitive Radio Networks (和訳：OFDMAに基づくセルラーコグニティブ無線ネットワークのためのリソース割り当てに関する研究)
学位申請者	彭海蘭

無線通信の急速な発展に伴い、周波数不足の問題が深刻になってきている。無線ネットワーク内の増え続けるサービスとアプリケーションに対応するため、プライマリユーザ (PU: Primary User) とセカンダリユーザ (SU: Secondary User) との周波数共有を可能にするコグニティブ無線 (CR: Cognitive Radio) は、深刻な周波数不足を緩和する有望な技術の1つとして期待されている。CRの端末はダイナミックな無線環境を認知し、その結果に適応することで、限られた周波数資源の利用効率を最大化することができる。コグニティブ無線ネットワーク (CRN: Cognitive Radio Network) 内のSUの無線リソース割り当ては、システム間の干渉を回避しながらダイナミックに周波数資源を配分する必要があることから難しい課題である。PUの性能を保証しつつ、SUの通信品質 (QoS: Quality of Service) を高めることが求められる。

PUとSU間のスペクトル共有と周波数資源を効率的に複数SUに割り当てることを柔軟に実現するため、本研究ではOFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) に基づくセルラーCRN上の効率的なリソース割り当てを対象としている。OFDMAは、マルチユーザCRNのような柔軟なネットワークのアクセスのための魅力的な技術である。

一つ目の研究は、単一セル・マルチユーザのCRNのために、プライマリ・アシスタンスに基づく共存アーキテクチャを構築し、クロスレイヤーの資源配分と干渉回避を同時に実現するアルゴリズムの提案である。提案する共存アーキテクチャでは、セカンダリ基地局 (CBS: Cognitive Base Station) はプライマリ基地局 (PBS: Primary Base Station) の支援によって、必要な情報を取得することが可能となる。提案するリソース割り当てアルゴリズムでは、制約付きの2変数非線形最適化問題を解決するためにクロスレイヤー近似とラグランジュ双対性を利用している。提案するアルゴリズムはPUの必要とする通信品質を維持しながらSUの通信品質も保証できる。さらに、本提案はスループットを従来の設計と比較して大幅に高めることが可能である。また、本研究が提案するハイブリッドスペクトルオーバーレイ・アンダーレイ共有法は、従来のスペクトルオーバーレイ共有

法と比較して極めて高いスペクトル効率が達成できる。

二つ目の研究は、マルチセル・マルチユーザのコグニティブ無線ネットワークのために、セル間のスペクトルオーバーレイ、セル内のスペクトルアンダーレイ共有方法、分散型資源配分方式の3つを検討した。提案するスペクトル共有方法によって、CBSはセル内干渉と同一チャネル干渉を容易に回避することが可能となる。マルチセル環境の場合には、CBSは全ての干渉チャネル情報を取得するのが難しいため、提案する分散方式は適切であり、かつ、有効な方法である。提案する方式は、プライマリの性能を保証し、CBSの協力が無い状況でも干渉量を考慮しながらセカンダリのスループットを最大化することができる。また、各SUの瞬時データレートは定められた最小レートよりも大きいことが保証されている。さらにシミュレーションによって、提案アルゴリズムは、数回の反復計算で均衡に収束することが判明している。したがって、マルチセルのCRNの場合における提案方式は、大きなオーバーヘッドがなくても効果的に分散リソース分配が可能である。

このように本研究は、CRNのリソース割り当てに注目して行った。この研究の課題は、セカンダリとプライマリが存在する複数の無線システム間での干渉低減とSUの通信品質の向上である。本研究は、これらの課題を解決し、単一セル及びマルチセルCRNのための効率的なリソース割り当てアルゴリズムを実現したものである。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名	彭 海蘭
審査委員主査	藤井 威生
委員	唐沢 好男
委員	橋本 猛
委員	山尾 泰
委員	大木 英司

平成25年8月6日に論文審査のための公聴会および最終試験を、5名の審査委員出席のもとで実施した。当日は学位申請者から45分かけて論文内容の発表を行ってもらい、その後約1時間、研究内容に対する学術的かつ実用的な視点双方からの質疑応答を行った。今回審査を行った学位論文は、コグニティブ無線における周波数共有を実現するための効果的な無線リソース割り当てに関する研究を行っている。ここでは、OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)に基づく単一セルおよびマルチセルコグニティブ無線ネットワーク上の効率的なリソース割り当てアルゴリズムを提案し、PUの必要とする通信品質を維持しながらSUの通信品質も保証できることを確認している。

各章の構成は以下のような内容となる。

第一章では、本論文の背景技術について説明し、コグニティブ無線における周波数リソース割り当ての重要性について示し、本研究の位置づけについて述べている。

第二章では、無線ネットワークにおけるリソース割り当ての基礎として、基本的なリソース割り当て技術について説明し、その最適化手法について、詳しく述べている。さらに、従来のOFDMのリソース割り当て法をその課題と共に説明している。

第三章では、コグニティブ無線ネットワークとして、周波数共有を前提とした無線ネットワークについてその要素技術と応用について概説し、今回の研究での従来技術であるOFDM型のコグニティブ無線におけるリソース割り当て法をその課題共に述べている。

第四章では、本研究の一つ目の研究として、単一セル・マルチユーザのコグニティブ無線ネットワーク(CRN: Cognitive Radio Network)のために、プライマリ・アシスタンスに基づく共存アーキテクチャを構築し、クロスレイヤーの資源配分と干渉回避を同時に実現するアルゴリズムの提案を行っている。提案する共存アーキテクチャでは、セカンダリ基地局(CBS: Cognitive Base Station)はプライ

マリ基地局 (PBS: Primary Base Station) の支援によって、必要な情報を取得することが可能となる。提案するリソース割り当てアルゴリズムでは、制約付きの2変数非線形最適化問題を解決するためにクロスレイヤー近似とラグランジュ双対性を利用している。提案するアルゴリズムはPUの必要とする通信品質を維持しながらSUの通信品質も保証できる。さらに、本提案はスループットを従来の設計と比較して大幅に高めることが可能である。また、本研究が提案するハイブリッドスペクトルオーバーレイ・アンダーレイ共有法は、従来のスペクトルオーバーレイ共有法と比較して極めて高いスペクトル効率が達成できることを示している。

第五章では、本論文二つ目の研究として、マルチセル・マルチユーザのコグニティブ無線ネットワークのために、セル間のスペクトルオーバーレイ、セル内のスペクトルアンダーレイ共有方法、分散型資源配分方式の3つの検討結果を示している。提案するスペクトル共有方法によって、CBSはセル内干渉と同一チャネル干渉を容易に回避することが可能となる。マルチセル環境の場合には、CBSは全ての干渉チャネル情報を取得するのが難しいため、提案する分散方式は適切であり、かつ、有効な方法である。提案する方式は、プライマリの性能を保証し、CBSの協力が無い状況でも干渉量を考慮しながらセカンダリのスループットを最大化することができる。また、各SUの瞬時データレートは定められた最小レートよりも大きいことが保証されている。さらにシミュレーションによって、提案アルゴリズムは、数回の反復計算で均衡に収束することが判明している。したがって、マルチセルのCRNの場合における提案方式は、大きなオーバーヘッドがなくても効果的に分散リソース分配が可能となる。

最後に第六章で、本論文全体をまとめ、コグニティブ無線の将来の方向性についてまとめている。

上記の論文の内容と公聴会当日の質疑応答の結果、これらの研究活動は本学術分野の発展に大きく寄与するものであり、本学位申請者彭海蘭は博士(工学)の学位を授与されるにふさわしい人物であると評価し論文審査を合格と判定した。