

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	I Wayan Mustika
論文題目	Distributed Radio Resource Management for Self-Organizing Wireless Networks (自己組織化無線ネットワークのための分散無線資源管理)		
(論文内容の要旨)			
<p>無線通信技術の進展は著しい。とりわけ最近のスマートフォンや各種無線応用技術の広範な進展に伴って利用可能な周波数が枯渇傾向にあり、今後より一層の周波数有効利用策が望まれている。その対策として、周波数を固定割り当てせずに、時間的空間的な空きを他のシステムに共用させることで究極的な周波数利用効率を狙ったコグニティブ無線技術が注目されている。また一方では、トラヒックのオフロード対策として、フェムトセル、ピコセル、無線LAN(WiFi)にトラヒックを肩代わりさせる方法が注目を浴びている。</p> <p>このような背景を受けて、本論文はセルラー方式のみならずアドホックなネットワークをも対象として、自律分散的な制御で周波数利用効率に優れた無線資源管理を行うべく、非協力ゲーム理論の中で有用なポテンシャルゲームを用いた定式化を行うとともに、計算機シミュレーションを駆使して、ポテンシャルゲームにおいて存在が保証されている純戦略ナッシュ均衡点における特性を解析することにより、周波数の有効活用につながる有用な知見を得たものであり、全8章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景や位置づけ、対象とするネットワークやゲーム理論の紹介、そして論文の構成について述べている。</p> <p>第2章は本論文の理解に必要な無線通信システムの基本的な知識や、通信路容量計算手法、スペクトル共用技術等について紹介している。</p> <p>第3章は、高優先度無線系と低優先度無線系が混在するアドホック網におけるスペクトル共有を扱っている。具体的には、低優先度無線系の資源割り当て問題にポテンシャルゲームを用いたモデル化を適用し、新たな効用関数を提案した。すなわち、低優先度無線系がチャンネルと送信電力を分散制御的に逐次更新することによりシステム全体がナッシュ均衡に収束することを確認するとともに、提案効用関数のパラメータ制御により、高優先度無線系に悪影響を与えることなく低優先度無線系のスループット増大が図れることを明らかにした。</p> <p>第4章は、第3章のシナリオから、複数の高優先度無線同士が同一チャンネルを競合利用するシナリオに拡張している。低優先度無線系から高優先度無線系への許容干渉量を導入したうえで、第3章同様に低優先度無線系がチャンネルと送信電力を分散制御的に逐次更新するポテンシャルゲームに従ってシミュレーションを行い、複数の高優先度無線系と低優先度無線系の共存可能性を示している。</p> <p>第5章は、クローズドアクセスのフェムトセルとマクロセルが共存するいわゆるヘテロジニアス網において、同一周波数を共用する場合、異種セル間に強い干渉が生じ得る。フェムトセル間同士のみならずマクロセルとフェムトセル間の干渉も考慮した分散資源割り当て問題を、ポテンシャルゲームを用いてモデル化するとともに、新たな効用関数を提案した。OFDMAにおけるリソースブロックとその送信電力を逐次的に更新することにより、マクロセルへの影響を最小限に抑えつつフェムトセルユーザのスループット増大が図れることを明らかにした。</p>			

第6章は、オープンアクセス型ピコセルとマクロセルを仮定したヘテロジニアス網に対して、基地局並びにリソースブロックの選択を逐次更新することによる自己組織化最適資源割り当て問題の根幹部分に、やはりポテンシャルゲームを用いた定式化を適用し、その特性を解析した。その結果、ピコセルによりマクロセルトラヒックのオフロード化が行えるのみならずシステム全体の容量増大にも役立つことを明らかにした。

第7章は、マクロセルのオフロード対策としてオープンアクセス型無線LAN (WiFi) を導入したシステムを対象として、とりわけWiFiユーザの収容アクセスポイントの自律分散的な選択制御にポテンシャルゲームを用いた定式化を行い、WiFiユーザのスループットと、マクロセルのオフロード量との間のトレードオフを明らかにした。

第8章は得られた主要な結果を要約するとともに、将来に向けた課題について述べている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文はコグニティブ無線やヘテロジニアス網に代表される次世代無線ネットワークにおける分散制御無線資源管理の課題解決に向けて、非協力ゲーム理論(ポテンシャルゲーム)を駆使した手法を提案するとともに、周波数有効利用につながる研究成果を取りまとめたものであり、得られた主要な成果は次の通りである。

(1) 高優先度無線系と低優先度無線系が混在し、スペクトル共有を図るアドホック網のチャンネル・送信電力制御を、ポテンシャルゲームを用いてモデル化するとともに、新たな効用関数を提案した。低優先度系がチャンネル・送信電力を分散制御的に逐次更新することによりシステム全体がナッシュ均衡に収束することを示すとともに、提案効用関数のパラメータ制御により、高優先度無線系に悪影響を与えることなく低優先度無線系のスループット増大が図れることを明らかにした。また、複数の高優先度無線系が同一チャンネルを競合利用する場合にも結果を拡張した。

(2) クローズドアクセスの小送信電力フェムトセルとマクロセルが共存するいわゆるヘテロジニアス網を対象として、フェムトセル間同士のみならずマクロセルとフェムトセル間の干渉も考慮した分散資源割り当て問題を、ポテンシャルゲームを用いてモデル化し、新たな効用関数を提案した。OFDMAを仮定し、リソースブロックとその送信電力を逐次的に更新することにより、マクロセルへの影響を避けつつフェムトセルユーザのスループット増大が図れることを明らかにした。

(3) オープンアクセスのピコセルを仮定したヘテロジニアス網に対して、基地局並びにリソースブロックの選択を逐次更新することによる自己組織化最適資源割り当て問題の最重要部分を、やはりポテンシャルゲームにより定式化し、その特性を解析した。その結果、ピコセルによりマクロセルトラヒックのオフロード化が行えるのみならずシステム全体の容量増大にも役立つことを明らかにした。

(4) マクロセルのオフロード対策としてオープンアクセス型無線LAN(WiFi)を導入したシステムを対象として、とりわけWiFiユーザの収容アクセスポイントの自律分散的な選択制御にポテンシャルゲームを用いた定式化を行い、WiFiユーザのスループットと、マクロセルのオフロード量との間のトレードオフを明らかにした。

以上要するに本論文は、次世代無線ネットワークの自律分散的な無線資源管理の課題解決に非協力ゲーム理論を駆使した手法を提示するとともに、その具体的な活用事例を提示し、無線資源管理手法に関して有用な知見を与えたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年8月29日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。