

(続紙 1)

京都大学	博士（情報学）	氏名	徐 亮
論文題目	Studies of Adaptive Radio Resource Management in Wireless Networks （無線ネットワークにおける適応無線資源管理の研究）		
（論文内容の要旨）			
近年、無線通信は著しい発展を遂げており、携帯電話をはじめとして、無線LAN、ブルートゥース、RFID無線タグなどさまざまな無線通信の利用が急速に普及してきている。今後もその利用は拡大の一途をたどることが予想される。しかしながら、周知の通り無線通信に適した電波の周波数は限られており、この有限の資源である無線周波数をいかにして最大限有効活用を図るか、適切な無線資源管理が喫緊の課題となっている。そこで、本論文では次世代携帯電話や次世代の無線LANを念頭において、適応的な高効率無線資源の管理、とりわけネットワークのスループット、遅延特性、周波数利用効率、公平性などの特性改善を図る手法について研究を行い、得られた成果を取りまとめている。 本論文は全9章から構成されている。 第1章は序論であり、無線LANと携帯電話の発展動向について説明するとともに、本論文記載の研究の位置づけ、そして着眼点について述べている。 第2章は次世代無線LANと携帯電話を対象として、本論文で詳細な検討を行う無線資源割当の基本的な手法について説明している。 第3章では無線LANを仮定して広帯域化を実現する2つの手法について検討を行っている。すなわち、IEEE 802.11n無線LAN規格において採用されている、従来の2つの 20 MHz帯域を結合させて一つの40MHz帯域として通信を行うチャネル結合技術と、2つの 20MHz無線チャネルを同時利用するマルチチャネル技術である。これらチャネル結合技術およびマルチチャネル技術について、総帯域が40MHz、かつnon-persistent CSMA プロトコルを仮定して、既知の理論解析手法に基づき性能比較を行った。その結果、低トラヒック時はチャネル結合を、高トラヒック時はマルチチャネル技術を使用すると伝送効率が最も高くなることを明らかにしている。 第4章では、第3章でのCSMAとは異なり、実際に無線LANに搭載されているCSMA/CAを想定し、チャネル結合技術とマルチチャネル技術双方の特性をシミュレーションにより比較している。その結果、理論解析と同様に、衝突の少ない低トラヒック時はチャネル結合を、衝突の多い高トラヒック時はマルチチャネル技術を使用すると伝送効率が最も高くなることを明らかにしている。 第5章では第3、4章の結果に基づき、無線LANメッシュネットワークを対象とした両技			

術の組み合わせ使用を提案している。具体的には、端末・アクセスポイント間の通信ではパケットの衝突を低減できるマルチチャネル技術を、アクセスポイント間同士の通信では大容量伝送を実現できるチャネル結合技術の使用を提案した。計算機シミュレーションを行った結果、本組み合わせにより上りリンクの特性が改善されることを明らかにしている。

第6章では通信路品質に応じて伝送レートを適応的に選択するマルチレート伝送無線LANにおいてマルチチャネルを用いる場合に適したチャネル割り当て法について検討を行っている。すなわち、このような環境においてランダムなチャネル割当を行うと、高速端末と低速端末が同一チャネルに混在し、高い伝送効率を持つ高速端末が伝送効率の低い低速端末に影響される可能性がある。そこで、伝送レートが同じまたは近い端末をグループ化して同一チャネルに割当てする方法を提案し、計算機シミュレーションにより、提案方式がスループットの点で優れていることを明らかにしている。

第7章ではセルラーシステムにおけるFFR (Fractional Frequency Reuse) チャネル割り当てについて研究を行い、セルエッジユーザの周波数利用効率を改善するための適応的な基地局連携送信を提案している。すなわち、WiMAXなど最近のセルラーシステムでは、セル間干渉を避けるためにFFRが採用されることが多いが、セルエッジユーザの周波数利用効率が低い。そこで、一つのセルエッジユーザに対して複数の基地局が連携して同一チャネルで複数ストリームを送信する基地局連携送信が考えられる。しかしながら、同一チャネルで送信する基地局が増えるため、セル間干渉の増加によってセルエッジ周波数利用効率が低下する場合も見られる。そこで、本章では連携送信の容量改善効果がセル間干渉増加を上回るユーザのみに対して選択的に連携送信を行う適応的連携送信法を提案した。計算機シミュレーションを行った結果、提案方式によりセルエッジ周波数利用効率が改善されることを明らかにしている。

第8章ではFFRシステムの公平性を改善できる基地局連携送信法を提案している。すなわち、周波数利用効率の最も低いユーザから順に、基地局連携送信による公平性が改善される場合のみ選択的に基地局連携送信を行うことにより、ユーザ間の伝送容量の差を減少させ、公平性を改善する手法を提案している。計算機シミュレーションにより、提案方式の有効性を明らかにしている。

第9章は結論であり、本論文で得られた主要な成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は次世代の携帯電話や無線LANを念頭において、適応的な高効率無線資源の管理手法、とりわけネットワークのスループット、遅延特性、周波数利用効率、公平性などの特性改善に向けた検討結果を取りまとめたものであり、得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) CSMAプロトコルを前提とし、代表的な2種類の広帯域化手法であるチャネル結合とマルチチャネル技術に対して比較検討を行った。その結果、低トラヒック時はチャネル結合が、高トラヒック時にはマルチチャネル技術が適しており、スループットや遅延特性が改善されることを明らかにした。また、この結果に基づき、無線LANメッシュネットワークに両技術の組み合わせ使用を提案し、上りリンクのスループットと遅延特性が改善されることを明らかにした。

(2) マルチレート伝送無線LANにおいてマルチチャネル技術を用いる場合、低速端末と高速端末が混在するとチャネル利用効率が劣化する。そこで、レートが同じまたは近い端末をグループ化し、同一チャネルに割当ててるチャネル割当法を提案し、計算機シミュレーションにより、ネットワークのスループット特性が改善されることを明らかにした。

(3) FFR (Fractional Frequency Reuse) チャネル割り当て方式を仮定したセルラーシステムに着目し、セルエッジユーザの周波数利用効率を改善する手法を提案した。すなわち、基地局連携送信による容量改善効果がセル間干渉増加による容量低減効果を上回るユーザに対してのみ選択的に基地局連携送信を行う手法を提案し、計算機シミュレーションによりセルエッジユーザの周波数利用効率の改善が可能であることを明らかにした。

(4) 周波数利用効率の最も低いユーザから順に、基地局連携送信により公平性が改善される場合のみ選択的に基地局連携送信を行うことにより、ユーザ間の伝送容量の差を減少させ、公平性を改善する手法を提案し、計算機シミュレーションにより、提案方式の有効性を明らかにした。

以上要するに本論文は、将来の無線LANや携帯電話に代表される無線ネットワークの展開に当たって不可欠な適応的無線資源管理について研究を行い、無線ネットワークの性能改善につながる有用ないくつかの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22年2月23日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。