

氏名	ふじ 藤	わら 原	あつし 淳
学位(専攻分野)	博士(情報学)		
学位記番号	情博第265号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
研究科・専攻	情報学研究科通信情報システム専攻		
学位論文題目	マルチホップ伝送における無線リソース割当法の研究		

論文調査委員 (主査) 教授 吉田 進 教授 高橋 達郎 教授 高橋 豊

論 文 内 容 の 要 旨

現在の携帯電話は、サービスエリアをセルと呼ばれる小ゾーンに分割し、移動端末がセル内に位置する基地局を介して電話回線網と接続されるセルラ方式が用いられている。このセルラ方式において、音声伝送に加えてデータ伝送サービスが提供されている。これらのサービスにおける伝送ビットレートを増大させると、一般に受信 SINR (Signal to Interference plus Noise power Ratio) が劣化しセル半径が縮小する。また一方使用周波数帯が高くなると伝搬損が増大し、同様にセル半径が縮小する。従って、従来と同様のエリアカバレッジを確保するためには、設置される基地局の密度を増大させることが必要となり、基地局設置費用が増大する。このような問題に対し、マルチホップ中継伝送を適用したセルラ方式、あるいは基地局を用いずに無線端末どうしが相互に接続される無線メッシュネットワークなどが、柔軟なエリアカバレッジの確保を実現する技術として大いに注目されている。そこで、本論文では、マルチホップ伝送を適用した CDMA セルラ方式、および IEEE802.11 方式無線メッシュネットワークに着目し、伝送効率を向上させるための無線リソース割り当てについて検討を行っている。

本論文は全6章から構成されている。

第1章は序論であり、研究の背景、無線ネットワーク構成に関する基本的事項、本研究の位置づけならびに本論文の構成について述べている。

第2章では、CDMA セルラにおいて伝送品質、エリアカバレッジおよびシステム容量に大きな影響を与える干渉電力に着目し、CDMA セルラ方式にマルチホップ伝送を適用した場合の効果を評価している。上りリンクおよび下りリンクのそれぞれにおいて、基地局-移動局間を直接接続するシングルホップ伝送と、基地局-移動局間の間に位置する中継局が中継を行うマルチホップ伝送について、経路上のすべての無線局の送信電力の合計値である総送信電力を比較した。その結果、CDMA セルラ方式においてマルチホップ伝送を適用することにより、無線伝送リンクにおいて発生する干渉電力を低減できることを明らかにしている。

第3章では、システムレベルの計算機シミュレーションを行うことにより、CDMA セルラ方式にマルチホップ伝送を適用した場合の効果について評価している。上りリンク、下りリンクともに、システム容量が比較的小さな領域では、カバレッジ拡大効果が得られることを明らかにしている。またエリアカバレッジが小さな領域においてシステム容量を増大できることも確認している。特に直交符号を仮定する下りリンクについては、直交度が高い場合には、中継複信方式として周波数分割方式を用いることがマルチホップ伝送の利得を得るために有効であることを明らかにしている。

第4章では、IEEE802.11方式に基づいて構成される無線メッシュネットワークにおいて、さらし端末問題が伝送特性および品質に与える影響を検討し、複数チャネルを使用することによりさらし端末問題を回避する手法を提案している。本提案では、マルチホップ伝送においてさらし端末問題を防ぐためのチャネル割り当てがグラフ理論における点彩色問題に帰着できることを示し、2次元平面に無線局が配置されるマルチホップ伝送において、さらし端末問題を防ぐために必要となる

チャンネル数を明らかにしている。本提案をマルチホップ伝送のみならず、無線メッシュネットワークへの適用に拡張し、メッシュネットワークにおいて、必要とされるチャンネル数を評価している。さらに、自律分散制御によるさらし端末問題を防ぐチャンネル割り当てを実現するために、2ホップ先までのトポロジ情報のみを用い、彩色グラフのグルーピングによるチャンネル割り当て法を提案した。本方式を用いることにより、最小の無線チャンネル数による割り当て法の探索精度が向上することを明らかにしている。

第5章では、メッシュネットワークにおける仮想キャリアセンスの適用効果について計算機シミュレーションを用いて明らかにした。3ホップ以上のマルチホップ伝送においては、さらし端末問題に加え、制御フレームが正常に機能しないことによるフレーム衝突が頻発するため、メッシュネットワークにおいて仮想キャリアセンスはその効果を十分には発揮できないことを明らかにしている。

第6章は結論であり、本論文で得られた主要な研究成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

将来の移動通信では広帯域化やより高い周波数帯の利用が不可欠である。セルラ方式においては送信電力一定の条件下では両者ともセル半径の縮小をもたらす。本論文では、これらの問題を解決するために、マルチホップ伝送のセルラ方式への適用あるいは基地局を用いない無線メッシュネットワークに着目し、マルチホップセルラ方式あるいは無線メッシュネットワークにおける無線リソース割り当て法に関する検討を行った。得られた主要な研究成果は以下の通りである。

(1) CDMA セルラ方式の無線伝送リンクにマルチホップ伝送を適用した場合、上りリンクおよび下りリンクともに、経路上の送信電力の総和がシングルホップ伝送と比べて小さくできる領域が存在することを明らかにした。CDMA セルラ方式は、無線リンクにおいて発生する干渉の大きさによりシステム容量が制限されるため、経路上の送信電力の総和の低減はシステム容量増大効果をもたらす。

(2) CDMA セルラ方式の無線伝送リンクにマルチホップ伝送を適用したシステムレベルの計算機シミュレーションを行い、システム容量が比較的小さな領域では、カバレッジ拡大効果が得られること、そしてエリアカバレッジが小さな領域においてシステム容量を増大できることを明らかにした。下りリンクについては、直交度が高い場合には、中継複信方式として周波数分割方式を用いることがマルチホップ伝送の利得を得るために有効であることを明らかにした。

(3) IEEE802.11方式によって構成される無線メッシュネットワークにおいて、さらし端末問題を防ぐためのチャンネル割り当てが、グラフ理論における点彩色問題に帰着できることを明らかにした。その上で、9ホップまでのマルチホップ伝送および9無線局までのメッシュネットワークにおいて、さらし端末問題を防ぐために必要な無線チャンネル数の上限を明らかにした。さらに、無線メッシュネットワークにおける各無線局がネットワークトポロジに関し2ホップ先までの情報のみを有する場合における自律分散制御チャンネル割り当て法を提案した。

(4) IEEE802.11方式に基づく無線メッシュネットワークにおいて隠れ端末問題を防ぐために用いられる仮想キャリアセンスについて、3ホップ以上のマルチホップ伝送においては、制御フレームが正常に機能しないことにより、適用効果が低くなることを明らかにした。

以上要するに本論文は、次世代無線情報ネットワークにおいて重要な役割を果たすと期待されるマルチホップ無線伝送について研究を行い、高能率無線伝送を実現する無線リソース割り当て法に関する新たな知見を明らかにしたものであり、学術上、実際に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19年2月21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。