

氏 名	カク 郭	ヒョン 賢	ソン 善
学位の種類	博 士 (情 報 学)		
学位記番号	情 博 第 121 号		
学位授与の日付	平 成 16 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	Study on Access Protocols for Multi-hop Wireless LAN (マルチホップ無線LANのアクセスプロトコルに関する研究)		

論文調査委員 (主 査) 教 授 吉 田 進 教 授 高 橋 達 郎 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

近年、近距離無線通信技術の著しい進展に伴い、いつでもどこからでもきわめて容易にインターネットに接続し、必要な情報を送受信することが可能になってきた。なかでもIEEE802.11a/b/g規格に代表される無線LANは、煩わしい配線が不要で電波が届く範囲であれば誰でも容易に高速インターネットアクセスが可能な手段として注目を浴びている。本論文では主としてIEEE802.11規格に含まれているアクセスポイントによる集中制御（ポーリング）を仮定したPCFモード、および時分割制御を用いたHiperLAN/2の2種類の無線LANプロトコルを取り上げている。

一方、身の回りの多数の機器に無線通信機能が搭載されるに伴い、全機器を集中制御するのではなくて、機器同士が臨機応変に自律分散的に通信ネットワークを構成するいわゆるアドホックネットワークが注目されつつある。そこでは、情報をバケツリレーの原理を用いて固定の通信インフラを用いずに伝送可能なマルチホップ接続が用いられる場合が多い。マルチホップ接続は、特に既存のネットワークのサービスエリアを広げるのに有効であるほか、建物や什器等により電波が遮蔽（シャドウイングと呼ばれる）されて受信信号強度が劣化し、アクセスポイントと直接通信できない場合にも近くにいる端末に中継を依頼することによりアクセスポイントと通信が可能になる利点がある。しかしながら、一般にマルチホップネットワークでは、同一情報を多段階中継するためにホップ数に反比例してスループットが落ちるほか、周波数利用効率も劣化する。そこで、スループットの低下を補償するために空間的に周波数を再利用することを考え、周波数利用効率の劣化を補償するとともにさらなる改善の可能性について検討している。

すなわち、本論文では、将来このマルチホップ技術が無線LANに導入される可能性に鑑み、マルチホップ無線LANの性能改善につながる新しいアクセスプロトコルや、空間的な周波数の再利用を導入した場合のスループット特性、さらには全体スループットとマルチホップ端末毎のスループット公平性との間のトレードオフについて研究を行いその基本的な特性を解明している。

本論文は全7章から構成されている。

第1章は序論であり、電波伝搬や無線通信に関する基礎的事項について説明するとともに、本論文の概要と構成について述べている。

第2章は研究成果を論ずる準備として、既存の無線LANのアクセスプロトコルの基本的な仕様やマルチホップ接続の基本的事項について述べている。

第3章はIEEE802.11無線LANの集中制御型のPCFモードを仮定して周波数の空間的再利用を実現する方式を提案している。提案方式はビジートーン信号を利用して、自律的に空間的な周波数の再利用を実現し、上りリンクトラフィックの性能改善を明らかにした。

第4章はHiperLAN/2無線LANの規格に基づいて周波数の空間的な再利用を実現する方式を提案している。提案方式では各端末で受信した受信電力レベルから計算されるCIR（所望信号対干渉信号電力比）を利用して、可能な限り周波数の空

間的な再利用を行い、上りリンクトラフィックのみならず下りリンクトラフィックの特性の改善を実現した。また、シャドウイングの影響についても検討し、シャドウイングにより特性の改善量がさらに大きくなることを明らかにした。

第5章は空間的な周波数の再利用に関する理論的な解析を行っている。一つのサービスエリア内で空間的な周波数再利用を行うことにより約25%のスループットの改善を、また、隣接サービスエリア間周波数の再利用により最大2倍の性能の改善を得ることが可能であることを示している。この結果、マルチホップネットワークでの1端末当りのスループットがシングルホップネットワークでの1端末当りのスループットより改善される場合があることを明らかにした。

第6章はマルチホップネットワークでの、スループットと公平性とのトレードオフについて述べている。シングルホップネットワークとは異なり、マルチホップネットワークでのスループットはネットワークの状況、即ち、無線資源の割り当て方式や端末の分布により大きく変化する。ここではそれらがスループットに与える影響を分析している。また、ネットワーク全体のスループットと端末毎のスループット間の公平性との間のトレードオフについて検討を行っている。

第7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

無線によるインターネットアクセスを容易に実現する無線LANにマルチホップ接続を導入することにより、サービスエリアの拡大はもとよりデッドスポットの解消が容易に実現される。本論文ではこのマルチホップ無線LANの基本性能について主として計算機シミュレーションにより解析を行った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). ビジートン信号を活用して空間的な周波数の効率的な再利用を実現する方式を提案し、IEEE802.11の集中制御型のプロトコルPCFの上りリンクのスループット特性の改善量を明らかにした。

(2). HiperLAN/2のプロトコルを仮定し、各端末で受信した受信電力レベルから計算されるCIR（所望信号対干渉信号電力比）を利用して、周波数の空間的な再利用を実現する方式を提案し、上りリンクのみならず下りリンクの特性の改善量を明らかにした。また、シャドウイングの影響について検討し、シャドウイングにより、特性の改善量がさらに増加することを明らかにした。

(3). 計算機シミュレーションのみならず理論的な解析により、空間的な周波数再利用の有効性を明らかにした。即ち、提案方式を利用することにより、無線LANのサービスエリア内では約20%の性能改善をはかることができた。また、隣接した無線LANのサービスエリア間では最大2倍の性能の改善が得られることを明らかにした。その結果、ネットワーク条件によっては、空間的な周波数の再利用により、マルチホップネットワークのほうがシングルホップネットワークよりも優れた性能が得られる場合があることを示した。

(4). マルチホップネットワークは、シングルホップネットワークと異なり無線資源の配分方法が複雑である。全体のスループットを優先すると端末間の不公平性が増す。ホップ長が異なる端末間の公平性を優先すると全体のスループットが低下する。そのトレードオフについて明らかにするとともに、一定の無線資源を公平に配分するとともに残りをスループット優先に配分する方式を提案した。

以上要するに本論文は、無線LANにマルチホップ接続を導入するうえで不可欠となる技術的な課題について研究を行ない、無線資源管理に関するいくつかの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16年2月24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。