

氏名	リム アズマン オスマン LIM, AZMAN OSMAN
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第169号
学位授与の日付	平成17年5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	Power and Rate Control in Wireless Ad Hoc Networks (無線アドホックネットワークにおける電力とレート制御)
論文調査委員	(主査) 教授 吉田 進 教授 森広芳照 教授 高橋達郎

### 論文内容の要旨

最近の近距離無線通信技術の著しい進展に伴ない、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 規格で採用されている MAC (Medium Access Control) プロトコルである CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) を前提として、それに送信電力制御機能やレート制御とマルチホップ接続を組み合わせるにより、ネットワーク・スループットの向上やノード消費電力の削減等、性能改善に向けた研究の成果を取りまとめたものである。

すなわち、IEEE802.11 無線 LAN はバッテリーで動作する機会も多く、送信電力制御は消費電力の削減のみならず空間的な周波数の再利用による周波数利用効率の観点からも重要である。そこで本論文では、送信電力制御を組み入れた PAMAC (Power Adapted MAC) と名づけたプロトコルを提案している。基本的な考え方は各ノードから取得した伝搬環境情報をもとに、送信電力を必要最小限におさえ、過剰な電力消費を削減し、空間的な周波数利用効率を向上させることである。一方、IEEE802.11a/g などの物理レイヤ規格では、受信信号品質に応じて、複数の伝送レートの中から適応的にレートが選択される。このことは、アドホックネットワークの場合、ルートの選択によって伝送レートさらにはルートのスループットが変わり得ることを意味する。具体的には、シングルホップのルートに遮蔽物が存在したり、受信信号強度が弱い場合には、適切な中継ノードが見つければ、そのノードを経由する2ホップのルートを選んだほうがスループットが向上する場合が存在し得る。本論文では、このような観点から2ホップルートの選択により性能改善を目指す 2PSP (2-Hop Path Selection Protocol) と名づけられたプロトコルを提案し解析を行った。

本論文は全5章から構成されている。

第1章は序論であり、集中制御型ネットワークと対比しながら、分散制御型のアドホックネットワークに関する基礎的事項について説明している。また、無線アドホックネットワークに関する従来の研究動向について説明するとともに、本論文の位置づけそして概要について述べている。

第2章は IEEE802.11 無線 LAN における MAC レイヤの基本的事項について説明するとともに、無線アドホックネットワークへ適用するために必要となる MAC プロトコルの設計目標について述べている。

第3章は MAC レイヤで送信電力制御を行うプロトコル (PAMAC) を提案している。この提案方式では固定のペケット長を前提とし、受信した受信信号強度レベルから計算される SINR (Signal-to-Interference plus Noise Ratio) とビジートーンを有効に利用することにより、可能な限り CTS (Clear-to-Send) ペケットならびにそれ以降に送信されるペケットの送信電力レベルを減少させ、ほぼ同等のオーバーヘッドで実現可能なプロトコルを提案した。シミュレーションを行った結果、PAMAC に基づく無線アドホックネットワークのノード当りのスループットとエネルギー消費量が CSMA/CA 方式

に基づく無線アドホックネットワークよりも優れており改善されることを明らかにした。

第4章は電波伝搬条件に依存して複数の伝送速度が選択可能な環境において、マルチホップ接続の選択によりルートのスループット向上を実現し得るプロトコル(2PSP)を提案している。すなわち、ルート上に遮蔽物が存在したり、信号強度が弱い場合には、適切な中継ノードを経由するマルチホップルートを選んだほうがスループットが向上し得ることを積極的に利用しようという方式である。この提案方式では中継ノードでRRTS(Relay Request-to-Send)とRCTS(Relay Clear-to-Send)の受信信号強度から計算されるSINRを利用して、実現可能なレートを計算し2ホップルートを選択すべきかどうかの判断を行う。計算機シミュレーションを行った結果、2PSPに基づく無線アドホックネットワークのノード当りのスループットとエネルギー消費量が既提案方式であるrDCF(Relay-enabled Distributed Coordination Function)に基づくアドホックネットワークよりも改善されることを明らかにした。

第5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

本論文は自律分散制御に基づく無線アドホックネットワークについて、電力制御ならびにレート制御2ホップ通信の適用によるネットワークスループットの改善を狙ったプロトコルに関する研究成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) 無線アドホックネットワークへの適用を前提とし、IEEE802.11で採用されているCSMA/CAプロトコルに修正を加えることにより、常時周辺端末の受信信号強度情報を収集し、それに基づいて送信電力制御を行うプロトコルPAMAC(Power Adapted Medium Access Control)を提案し、端末の消費エネルギーの節約ならびに空間的な周波数利用効率の改善が可能なことを明らかにした。

(2) 提案プロトコルであるPAMAC方式は固定長のパケットベースで電力制御を行う。計算機シミュレーションによりPAMACと既存のCSMA/CAプロトコルとを比較した結果、高負荷時にはPAMAC方式のノードあたりのスループットは約22%向上し、またノードあたりのエネルギー消費量は約45%削減可能なことが明らかとなった。

(3) IEEE802.11a/g規格では電波伝搬環境に依存して適応的に伝送速度(最大54Mb/s)が切り替わる。特に伝搬距離が長い場合や遮蔽物が存在する場合、途中のノードにパケットの中継を依頼することにより、伝送レートの高速化がはかれるプロトコル2PSP(2-Hop Path Selection Protocol)を提案し、その有効性を明らかにした。

(4) 2PSPとCSMA/CAの特性を比較した結果、ノード数が100の場合、2PSPは約10%のネットワークのスループット改善が得られ、ノード数が500の場合には、約13%の改善が得られた。また、最近提案されたrDCF(Relay-enabled Distributed Coordination Function)プロトコルとも比較した結果、2PSPプロトコルがより優れた特性を示すことを明らかにした。

以上要するに本論文は、無線アドホックネットワークの特性改善について電力制御ならびにレート制御の観点から検討を行い、そのプロトコル設計に際して有用となるいくつかの知見を与えたものであり、学術上、実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17年4月25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。