

論文の内容の要旨

論文題目	A Study on Provision of QoS Services over Ad Hoc Networks by Combining TDMA and DCF Access Methods (TDMAとDCFの組み合わせによるアドホックネットワーク上でのQoS通信の実現方式)
学位申請者	林 晶

アドホックネットワークとは、その場に集まった端末がインターネットなどのインフラを用いることなく、独自に構築するネットワークである。大規模災害時の救援活動用ネットワークなど、既存のネットワークが利用できない場合や、商業施設での案内や自動車間の通信など、局所的な通信や通信料金の負担を避ける目的での利用が期待されている。

アドホックネットワークでは、端末間は無線通信を行うことを基本としており、さらに端末が中継装置となりマルチホップの通信を行う必要がある。通常のアドホックネットワークでは、無線アクセス方法として無線LANで使用されるDCF (Distributed Coordination Function) が使用され、さらに端末間に独自のルーチングプロトコルを導入している。しかしこのような方式でマルチホップ通信を行うと、ある端末の通信と次のホップの通信とが干渉し、十分な性能が得られないことがあることが指摘されている。特に、音声通信や映像通信など遅延や遅延変動を一定以下に抑えるというサービス品質 (Quality of Service: QoS) を保証する必要がある通信では、遅延変動の増大で通信ができなくなる場合がある。

これに対して、本論文では、QoS通信のために専用のタイムスロットを割り当てるTDMA (Time Division Multiple Access) を導入し、通常データ転送はDCFを用いるというハイブリッドな方法を提案している。従来からもアドホックネットワーク上でQoS通信をサポートするための研究は行われている。それらは、QoS通信の開始時にそれを受け付けるかどうかのアドミッション制御に基づくもの、QoS通信に対して通常データ通信よりも優先制御を適用するもの、すべての通信をTDMAで実現するもの、TDMAとDCFを組み合わせるもの (ハイブリッド方式) などに分類できる。しかし、従来の研究では高い品質のQoS通信を実現することはできていない。

本論文の提案は最後のカテゴリに属するものであるが、従来の研究に比べて以下のような特徴を有している。第一に、時間帯をTDMA用のタイムフレームとDCF

用のタイムフレームに区分し、QoS通信はTDMA、通常のデータ通信はDCFと明確に区別した点である。単純なアイデアであるが、従来のハイブリッド方式では行われていなかった。TDMA用のタイムフレームとDCF用のタイムフレームの比率はQoS通信の量により動的に変化することとした。第二が、QoS通信を開始する場合にタイムスロットを動的に割り当てる手順を導入し、割り当てることができない場合はQoS通信を許可しないという形でアドミッション制御を実現した点である。第三が、端末の位置情報を用いて距離を測り無線の干渉範囲から再利用可能なタイムスロットを判断し、効率的なタイムスロットの割り当てを行っている点である。

IEEE802.11eという無線LANの優先制御をアドホックネットワークに適用した場合、すべての通信をTDMAで実現した場合、提案方式の3つを、ソフトウェアシミュレータにより性能評価した。条件はノード数が50、ノードは固定、QoS通信とTCP通信が混在するというものである。QoS通信の帯域が増加した場合も、TCP通信の数が増加した場合も、提案方式が遅延、TCP通信のスループットともに良好な結果を得ることを明らかにした。

さらに本論文では、端末が移動した場合の対応についても以下の二つを提案している。第一に、無線通信のデータレートを動的に変化させるAuto Rate Fallback (ARF)を用いて、端末が移動し端末間の距離が増加した場合は、より低いデータレートに切り替えることで通信を継続させる方法である。このために、タイムスロットの幅を最も低いデータレートに設定し、動的なデータレートの変更に対応させている。第二が、端末の移動で通信経路が変更された場合に、再度タイムスロットの割り当てを行うという方法である。この場合はQoS通信の開始時と同様な手順が行われることになる。上述と同様なネットワークを用いて、端末を移動させた場合の性能評価を行った。その結果、ARFを用いたアプローチが有効に動作し、提案方法が有効に動作することを確認している。

以上のように、本論文では、アドホックネットワーク上でQoS通信と通常のデータ通信の双方を安定して実現するために、TDMAとDCFの双方を導入し、さらにTDMAにおいては動的かつ効率的なタイムスロットの割り当てとアドミッション制御を実現する手順を提案した。これらは従来の研究にはない新たな方法であり、その結果安定したQoS通信を実現することが可能であるとの見通しを得た。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 林 晶

審査委員主査 加藤 聰彦

委員 本多 弘樹

委員 小川 朋宏

委員 笠井 裕之

委員 大坐 島 智

本論文では、アドホックネットワーク上でQoS通信と通常のデータ通信を安定して実現するために、QoS通信用に専用のタイムスロットを割り当てるTDMA (Time Division Multiple Access) を導入し、データ転送には無線LANで採用されているDCF (Distributed Coordination Function) を用いるというハイブリッドな方法を提案している。従来からもアドホックネットワーク上でのQoS通信については研究が行われているが、本論文は、TDMAとDCFのタイムフレームを明確に区分し、QoS通信はTDMA、通常のデータ通信はDCFで実現すること、動的なタイムスロット割り当てとアドミッション制御の手順を導入していること、端末の位置情報を用いて効率的なタイムスロット割り当てを行っていることの3つを特徴とする。

本論文は以下の内容から構成されている。

第1章では、序章として、アドホックネットワークの概要について論じている。さらに本論文における研究のアプローチと論文の構成を示している。

第2章では、IEEE802.11無線LANの基本技術の解説と、アドホックネットワーク上でQoS通信を実現する方法の既存の研究のサーベイを行っている。既存の研究は、QoS通信の開始時にそれを受け付けるかどうかのアドミッション制御に基づくもの、QoS通信に対して通常のデータ通信よりも優先制御を適用するもの、すべての通信をTDMAで実現するもの、TDMAとDCFを組み合わせるもの(ハイブリッド方式)などに分類できる。しかし、従来の研究では高い品質のQoS通信を実現することはできていない。

第3章では、提案方式の詳細な手順を述べている。具体的には、TDMAとDCFのためのタイムフレームの構成、タイムスロットの割り当てとアドミッション制御の手順、タイムスロットの割り当ての広告と衝突回避の手順などを示し、アルゴリズムの詳細を手順例により説明している。さらに提案方式が導入する処理オーバーヘッドの見積りを行うとともに、アドミッション制御・QoS通信とベストエフォート通信の分離・アクセス方法・マルチホップのサポートなどの技術項目について

既存のアプローチと提案方式を比較している。

第4章では、QualNetという広く利用されているソフトウェアによるネットワークシミュレータを用いて、提案方式を実装する方法を示すとともに、その性能評価を行っている。性能評価においては、IEEE802.11e方式、TDMA方式、提案方式の3つを対象とし、QoS通信のエンドエンド遅延とTCP通信のスループットを評価した。条件はノード数が50、ノードは固定である。QoS通信の帯域については、16Kbpsから1024Kbpsまで、TCP通信の数については1から10までそれぞれ変化させた。いずれの場合も、提案方式が他の方式に比べて良好な結果を得た。

第5章では、端末が移動した場合の対応方法を提案している。この方法は、無線通信のデータレートを動的に変化させるAuto Rate Fallback (ARF) を用いることと、通信経路が変更された場合には再度タイムスロットの割り当てを行うことを組み合わせている。4章と同様な条件で性能評価を行い、提案方式の有効性を明確にした。

第6章では、本論文のまとめと今後の研究項目を提示している。

アドホックネットワークの研究は10年以上前から行われているが、なかなか実用に結びつかない。近年、自動車間のネットワーク (Vehicular Ad hoc Network) やセンサーネットワークとして再度注目を集めている。アドホックネットワークの実現のための重要な課題の1つが、性能の安定化と音声などのリアルタイム情報の転送であると考えられる。本論文はQoS通信の実現に向けて現実的なアプローチを提案し、シミュレーションによりその有効性を示している。今後のアドホックネットワークの普及に向けて有効な提案であると判断できる。このような点を考慮すると、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として、十分な価値を有するものと認める。