

博士論文審査報告書

論 文 題 目

Studies on Multiple Access Schemes for
High Performance

Wireless Local Area Networks

高能率無線ローカルエリアネットワーク
における多元アクセスに関する研究

申 請 者

HIEU

DINH CHI

国際情報通信学専攻・情報通信システム分野
無線・衛星通信研究 II

2012 年 7 月

無線 LAN は主として IEEE802 委員会において標準化が行われ、現在では多くの IEEE 標準方式が世界中で利用されている。また、これらの標準方式は室内におけるアクセスが殆どであったが、屋外対応、移動体対応など、そのカバーエリアが拡大化する傾向にあり、更に利用形態も多様化しユーザ数が増加している。このような高まる需要に反して、周波数資源は今後益々逼迫することが予想されることから、更なる効率的なアクセス環境を提供することが重要課題と言える。また、無線 LAN は現在では ITU を中心とした携帯電話の標準方式と両立する存在にまで普及しているが、一方で移動体通信など通信環境が厳しい状況での利用が元来あまり想定されておらず、信頼性確保のための工夫が益々重要である。本論文は、無線 LAN におけるアクセスの効率化や高信頼化を目的として、無線 LAN における通信性能の要である MAC (Media Access Control) プロトコルの提案を行い、その導入効果をシミュレーション及び理論解析によって評価した結果をまとめている。具体的にはデータ転送の権利譲渡や予約の概念をランダムアクセス方式の一部に取り入れることで、データ間の衝突の可能性を軽減させる方式を提案している他、消費電力の観点を含めた多角的な方式評価が理論、シミュレーション双方により行われ、提案方式の有効性を検証している。尚、本論文は英語で記述されており、以下に各章ごとにその概要を述べ評価を加える。

第 1 章「Introduction」は現在のワイヤレス通信の状況及び将来動向を述べている。ワイヤレス通信の多様化、高速データ転送の需要の増大化などの動向を紹介し、その解決手法としてフェムトセルや無線 LAN などの技術が有望視されていることを示している。本章では本研究の背景を紹介しており、更に次章以降の論文構成を示している。

第 2 章「Multiple Access Techniques」では、本研究の対象となる MAC プロトコルに関する技術的な調査を行っている。MAC プロトコルの研究は歴史も古いが、一方、最適な方式開発までには至っておらず、現在でも活発な研究分野である。本章では FDMA (Frequency Division Multiple Access: 周波数分割多元アクセス)、TDMA (Time Division Multiple Access : 時分割多元アクセス)、CDMA (Code Division Multiple Access : 符号分割多元アクセス) の基本方式の概要から、関連する時間軸でのアクセス方式である ALOHA 方式や CSMA (Carrier Sense Multiple Access: 搬送波検出多元アクセス) 方式等の関連方式の概要を示している。

本章では関連技術の概要を紹介することで、現在の技術動向が把握可能となっており、

各章での提案手法の位置づけを明確にしている。

第3章「Continuous Contention-Assisted Transmission MAC Protocol for Wireless Ad-Hoc Network」では、ランダムアクセスの一部に排他的な送信権を導入し、送信権保持者のみが優先的なデータ送信を行うことで衝突を回避する方式を提案している。送信権は、現在の送信局から次の任意に選択された局に譲渡され、送信要求のない局に譲渡された時点で送信権を消滅させる手法をとっている。提案方式は低トラフィックの場合は送信権の消滅が多く発生しランダムアクセスプロトコルと類似の特性を示し、高トラフィックの場合は送信権に基づくデータ送信が増加し、送信権の無い場合と比較してデータ間衝突が縮小化されるという特徴を持っている。提案方式は理論的な解析と数値シミュレーションで評価され、その有効性が検証されている。

本章ではランダムアクセスに送信権を取り入れた柔軟なアクセス環境を与えることに成功しており、高く評価できる。今後多様化するトラフィック状況のもとでは柔軟なアクセス環境が重要だが、提案方式はトラフィックの変動にも追従可能な優れた方式といえ、理論解析での評価も行われており、優れた研究成果と評価できる。

第4章「One-ACK Protocol」では対象とする One-ACK プロトコルの概要を紹介し、その理論解析を行っている。高速通信を行う場合などでデータ長が長い場合、ワイヤレスチャネルを適用した際にフレーム誤り率が高くなる問題点がある。従って、データを複数の小さなサイズのフラグメントに分解した方が再送を含めた効率が向上する可能性がある。一方、複数データに分解した場合、転送確認等のオーバーヘッドが増大化し、効率が低下する問題が発生する。One-ACK プロトコルでは小サイズでのフラグメントでの転送を基本としており、更に ACK (Acknowledgement : 確認応答) の回数を最小限に抑えることで、分割による発生するオーバーヘッドの増加を抑えている。本章では One-ACK プロトコルの評価をマルコフ連鎖に基づく理論解析により行っている。

本章では One-ACK プロトコルを移動体通信路に適用した場合の性能評価を理論解析に基づいて評価している。このようなアクセス方式の評価はシミュレーションによるものが殆どであるが、本論文では理論解析を行っており、高く評価できる。その解析手法は他の類似モデルの解析の際に参考となる優れたものと評価できる。

第5章「Intelligent Local Avoided Collision (iLAC) MAC Protocol for Very High Speed Wireless

Network」では高速ワイヤレス通信ネットワーク向けに衝突を抑制する iLAC 方式の提案と評価を行っている。iLAC 方式では送信局は次のバックオフ値をヘッダーフレームに挿入して他局に知らせることで、他局は送信局の状況が把握可能となり、他局は各々のバックオフ値を調整することで現送信局との衝突が事前に避けられる。このような協調通信の仕組みをランダムアクセスの一部に取り込む事により、データ間の衝突が軽減され消費エネルギー量が削減可能となると考えられ、本論文では更にマルコフ理論を利用した数学的な解析による評価を行い、各局の電力消費が改善することを示している。

本章は無線 LAN におけるアクセス方式として iLAC 方式を提案しており、評価結果から回線利用効率の向上が確認され非常に有効な方式といえる。また、衝突削減効果によって所要電力消費の削減が可能であることを、理論解析のみならずシミュレーションによっても実証しており高く評価できる。

第 6 章では論文の結論と将来の研究課題について述べている。

以上要するに、本論文では無線 LAN におけるアクセス方式の提案と理論解析による性能評価を行った結果をまとめている。方式提案では衝突防止として送信時に送信権を特定の局に与えることで衝突を防止する方式や、送信時に次送信要求を含めることで他局との衝突を防止する方式を提案しており、評価結果からいずれも有効な方式と判断できる。また、理論解析による性能評価を行うことで方式の持つ特性がより明らかとなっており、その理論解析手法は今後の他方式の解析の指標となるものと判断できる。益々その需要が高まっている無線 LAN における有益な方式提案とその解析手法の提案は、今後の関連分野の発展に貢献するところ大であり、本論文は国際情報通信学の発展に大きく寄与するものと高く評価できる。よって博士 (国際情報通信学) の学位を授与するに値するものと認められる。

2012年7月25日

審査員

(主任) 早稲田大学教授	工学博士 (東北大学)	嶋本 薫
早稲田大学教授	工学博士 (新潟大学)	佐藤拓朗
早稲田大学教授	博士 (工学) (早稲田大学)	松本充司
早稲田大学教授	工学博士 (早稲田大学)	朴 容震