

氏 名	か 加 やま ひで とし 山 英 俊
学位の種類	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 105 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	無 線 パ ケ ッ ト 通 信 方 式 の ア ク セ ス プ ロ ト コ ル の 研 究

論文調査委員 (主 査) 教 授 吉 田 進 教 授 森 広 芳 照 教 授 佐 藤 亨

論 文 内 容 の 要 旨

インターネット等のデータ通信においては、送信情報を短いメッセージ単位に分割しヘッダー情報を付加した後、蓄積交換型のネットワークを介して伝送するパケット伝送方式が伝送効率の面から多用されている。近年普及が進みつつある携帯電話のインターネット接続サービスや無線LAN等においても、無線パケット伝送技術が幅広く用いられている。これらパケット無線伝送は回線交換と異なり共通のパケットチャネル上で信号が多重されるため、高効率なパケットチャネルを実現するためには時間、周波数、符号あるいは空間のいずれかの次元で各パケットを分離し、パケット同士の衝突を避ける制御技術が重要である。これらアクセスプロトコルは1970年代頃から盛んに研究が行われているが、本研究では特に (1) セルラーシステム、(2) マイクロセルラーシステム、(3) マルチホップ無線LAN (IEEE802.11)、(4) 高速CDMAパケットの4つの具体的なシステムをターゲットとし、各々の技術的な特徴と課題を考慮しつつ効率的な無線パケット伝送を実現するためのアクセスプロトコルについて検討を行っている。本論文はその成果をまとめたものであり、以下の6章から構成される。

まず第1章では無線パケット通信システムの沿革、既存アクセスプロトコルの体系化、及び本研究の目的と研究課題について述べている。

第2章ではセルラーシステムへ適用した場合において、例えばラッシュアワー時の列車内乗客所有の端末による位置登録等のように局所的なトラヒックの集中が発生した場合のスループット低下を改善する方法を提案している。ここではセルラー方式で実際に用いられているアクセスプロトコルであるICMA方式を前提とし、トラヒック負荷に応じて送信許可確率を変化させることでチャネルにかかる負荷を最適に制御する方法を提案している。トラヒックを固定した静特性の評価から、負荷に応じた最適な送信許可確率を明らかにし、次いでそれを用いて時間的にトラヒックが変化する場合の評価を行い、提案方式の有効性を明らかにしている。

第3章ではPHSのように通信開始毎に共用チャネルの中から未使用のチャネルを選択・使用するダイナミックチャネル割り当て (DCA) を行うシステムにおいて、回線交換と共存しながら効率的にパケットチャネルを設定する方式の提案と評価を行い、その有効性を明らかにしている。また後半ではTDDパケットチャネル構成に起因するパケットアクセスの問題点を明確化し、高効率化の技術としてブロック予約方式、送信タイミングランダム化等の提案を行っている。評価は計算機シミュレーション、及び理論解析の両面から行なわれ、その有効性を明らかにしている。また提案方式を検証するために構築された実験システムの概要についても述べている。

第4章ではIEEE802.11無線LANをターゲットとし、標準規格に準拠しつつマルチホップでカバーエリアを広げる際に効果的なAP (アクセスポイント) 間パケット転送方法について、2つの方式の提案と評価を行っている。まずAPが複数の周波数チャネルを用いる際、各チャネル負荷を均一化する方法の提案と評価を行い、その有効性を明らかにしている。次いでポーリング方式の特性に着目し、AP間の転送で特に中継トラヒックの集中する区間にPCF (Point Coordination

Function) を適用することを提案し、シミュレーションによってスループットが改善できることを明らかにしている。

第5章では第4世代移動通信として想定されている高速CDMAパケット通信をターゲットとし、CDMA伝送に不可欠な送信電力制御を行いながら、予約アクセス制御を適用して高効率でパケット伝送が可能な方式の提案と評価について述べている。また優先的にリソースを割り当てるPRA (Prioritized Resource Allocation) 方式の提案を行い、評価結果から上位レイヤのQoS制御が要求する優先機能が実現できることを示している。さらにCDMAにおけるパケット間の干渉の特徴(バースト的で変動大)と課題を明確化し、その結果dBではなく真値でマージンを設定する電力制御法を提案している。評価の結果、適切なマージンを選択することでトラヒック変化によらず一定の真値マージンで高い効率を実現できることを示している。

第6章はまとめであり、本研究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、今後益々需要が伸びると予想されるセルラー方式移動体通信や無線LANなど無線情報ネットワーク上での高効率パケット伝送を狙いとして行われたアクセス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) セルラー方式で実用されているアクセスプロトコルICMA方式では高負荷時におけるパケットの衝突がビジー期間終了直後に発生しやすい。そこで、負荷に応じて送信許可確率を制限するのみならず、高負荷時には各端末がパケットを生起させる確率を制限する手法を併用することにより、高負荷時のスループット特性を大きく改善することに成功している。

(2) ダイナミックチャネル割り当てやTDDチャネル構成といった、マイクロセルラーの技術的制約に合致した効率的なパケットチャネルの設定、及びパケットアクセスプロトコルの提案と評価を行っている。そして、試作機による実証実験によってその基本的な動作特性を確認している。

(3) マルチホップ無線LANについて研究を行ない、マルチホップによるスループットの極端な低下に対し、複数チャネルを効率的に使用する方法を提案し有効性を確認している。またポーリングを中継パケットの集中する区間に適用することで、ネットワークのスループットが向上することをシミュレーションにより明らかにしている。これらの提案方式は標準規格と完全な互換性を有しており、装置への応用がきわめて容易である点も評価できる。

(4) CDMAでは送信電力制御が不可欠であるが、本研究ではパケット通信において効率的な手段でこれを提供する方法を明らかにしている。また分散待ち行列環境においてパケットの優先制御を可能にする方法を示し、受付制御と併用することでパケット無線においてリアルタイム通信の実現を可能とする手段を明らかにした。またCDMAパケット特有の電力制御の問題に対してもこれを解決する手段を与えている。

以上要するに本論文は、セルラー方式移動通信及び無線LANといった実際の無線情報ネットワーク上でパケット無線伝送を実現する高効率なアクセスプロトコルを提案するとともにその優れた特性を明らかにしている。これらの研究成果はマルチホップ、リアルタイム通信といったパケット無線の新たな可能性を拓くものであり、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16年1月27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。