

移動体通信ネットワークにおける 情報経路の最適化技術に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、無線方式の高速化にともない、広帯域かつ実時間性の高いアプリケーションの普及が進んでいる。一方、これまでの移動体通信ネットワークにおいては、移動管理機能や呼制御機能がその基幹部分にあたるコアネットワークに配置されているため、すべての呼制御メッセージやユーザデータがこのコアネットワークを経由することになり、今後予想される無線方式の更なる高速化への追従が困難な状況となっている。本研究では、この課題を解決するために、これまでコアネットワークを経由していた種々の情報の経路を柔軟に設定し、かつ最適化するための技術について可能なアプローチを示し、実装を通じた検証と評価を行うとともに、将来に向けた新しいアーキテクチャについて提言した。

第 1 章の研究の背景に引き続き、第 2 章では、移動管理プロトコルの評価と複数経路への対応技術に関する提案を行っている。SIP (Session Initiation Protocol) を用いた呼制御システムとして注目されている IMS (IP Multimedia Subsystem) では、アクセスネットワーク間のモビリティを確保するためにアプリケーションレベルで実施する SIP ベースモビリティ、IP レベルで実施するモバイル IP、プロキシモバイル IP などの移動管理プロトコルが用いられる。しかしながら、移動管理プロトコルを IMS に適用する場合、ハンドオフ時間の短縮だけでなく SIP 制御情報に用いる IP アドレスの秘匿、メディアデータの転送遅延の軽減、無線帯域の有効活用、および端末における処理負荷の軽減といった課題を解決する必要がある。本課題に対しては、IMS ネットワークにおける移動管理プロトコルのハンドオフ評価と課題の分析、およびメディアデータの経路最適化を考慮し、複数経路に対応したプロキシモバイル IP の拡張方式の確立と実装評価を行った。第 3 章では、移動管理プロトコル適用時のデータ経路最適化方式の提案を行っている。IMS を含めた移動体通信ネットワークにおいて、移動管理プロトコルとしてモバイル IP やプロキシモバイル IP などを利用すると、SIP の制御情報は位置管理装置である HA (Home Agent) へ転送された後に IMS へ転送される。よって、HA と IMS の距離が大きくなると冗長経路が発生し、呼設定時間やハンドオフ時間に影響する。また、これらの移動管理プロトコルは、移動管理装置とアクセスルータの間でトンネルを確立し、すべてのメディアデータをこのトンネルを介して送受信するため、端末間の通信などの際には冗長経路となる。本課題に対しては、モバイル IP やプロキシモバイル IP を移動管理プロトコルとして用いた移動体通信ネットワークにおいて、SIP の制御情報やメディアデータの経路最適化方式の確立と実装評価を行った。第 4 章では、レイヤ・コンバインによる情報経路最適化方式の提案を行っている。従来の移動体通信ネットワークでは、ダウンロード型やアップロード型がデータ通信の主流であったが、近年、無線方式や有線回線が高速化するにつれ、端末間でデータ通信の送受信を行うピア・ツー・ピア

型が普及し、これらを効率的に提供するためのネットワークが求められている。このためには、従来のコアネットワーク経由型の転送制御に対し、なるべくユーザに近い L2 デバイスで IP レイヤを終端して転送制御を行える枠組みが必要となる。本課題に対しては、一例として IP レイヤを終端したフェムトセルを用い、コアネットワークを介さずにフェムトセル間でメディアデータの送受信を行う情報経路最適化方式の確立とその実装評価を行った。第 5 章では、分散配置されたレイヤ・コンバイン型基地局間の移動管理方式の提案を行っている。第 4 章のアーキテクチャにおいて、スケーラビリティ向上のため、フェムトセルに代表される小型基地局を分散配置した場合、ユーザが移動しながらデータ通信を継続するためには、フェムトセル間のハンドオフ技術が要求される。とりわけ VoIP (Voice over IP) など実時間性の高いアプリケーションでは、フェムトセル間的高速なハンドオフ技術が重要な課題となる。本課題に対しては、複数のプロトコル実装にともなうフェムトセルの負荷増大を軽減し、かつフェムトセル間ハンドオフを実現する方式の確立と実装評価を行った。第 6 章では、無線アクセスなどに用いられる PPP (Point-to-Point Protocol) リンクの高速リンク確立方式について提案するとともに実装評価を行い、総合的なハンドオフ時間の短縮に関して議論を行った。最後に、第 7 章では本研究に関する総合結論として、第 2 章から第 6 章で述べた、情報経路の最適化方式と効率的な移動管理方式を活用し、従来コアネットワークに配置されている機能要素をアクセスネットワークへ分散配置可能とする新しいアーキテクチャの実現形態「ミニマムコア」について提言した。さらに、今後の無線方式の更なる高速化にともなう、広帯域かつ実時間性の高いアプリケーションを効率的に提供可能な機能分散型、かつ情報の経路最適化を実現したミニマムコアにより、災害や障害にも強いシステムを構築可能と結論付け、本論文をまとめる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宮 永 喜 一

副 査 教 授 野 島 俊 雄

副 査 教 授 小 柴 正 則

副 査 教 授 小 川 恭 孝

学 位 論 文 題 名

移動体通信ネットワークにおける 情報経路の最適化技術に関する研究

近年、無線方式の高速化にともない、広帯域かつ実時間性の高いアプリケーションの普及が進んでいる。一方、これまでの移動体通信ネットワークにおいては、移動管理機能や呼制御機能がその基幹部分にあたるコアネットワークに配置されているため、すべての呼制御メッセージやユーザデータがこのコアネットワークを経由することになり、今後予想される無線方式の更なる高速化への追従が困難な状況となっている。本研究では、この課題を解決するために、これまでコアネットワークを経由していた種々の情報の経路を柔軟に設定し、かつ最適化するための技術について可能なアプローチを示し、実装を通じた検証と評価を行うとともに、将来に向けた新しいアーキテクチャについて提言している。

第1章の研究の背景に引き続き、第2章では、移動管理プロトコルの評価と複数経路への対応技術に関する提案を行っている。SIP (Session Initiation Protocol) を用いた呼制御システムとして注目されている IMS (IP Multimedia Subsystem) では、アクセスネットワーク間のモビリティを確保するためにアプリケーションレベルで実施する SIP ベースモビリティ、IP レベルで実施するモバイル IP、プロキシモバイル IP などの移動管理プロトコルが用いられる。しかしながら、移動管理プロトコルを IMS に適用する場合、ハンドオフ時間の短縮だけでなく SIP 制御情報に用いる IP アドレスの秘匿、メディアデータの転送遅延の軽減、無線帯域の有効活用、および端末における処理負荷の軽減といった課題を解決する必要がある。本課題に対しては、IMS ネットワークにおける移動管理プロトコルのハンドオフ評価と課題の分析、およびメディアデータの経路最適化を考慮し、複数経路に対応したプロキシモバイル IP の拡張方式の確立と実装評価を行っている。

第3章では、移動管理プロトコル適用時のデータ経路最適化方式の提案を行っている。IMS を含めた移動体通信ネットワークにおいて、移動管理プロトコルとしてモバイル IP やプロキシモバイル IP などを利用すると、SIP の制御情報は位置管理装置である HA (Home Agent) へ転送された後に IMS へ転送される。よって、HA と IMS の距離が大きくなると冗長経路が発生し、呼設定時間やハンドオフ時間に影響する。また、これらの移動管理プロトコルは、移動管理装置とアクセスルータの間でトンネルを確立し、すべてのメディアデータをこのトンネルを介して送受信するため、端末間の通信などの際には冗長経路となる。本課題に対しては、モバイル IP やプロキシモバイル IP を移動管理プロトコルとして用いた移動体通信ネットワークにおいて、SIP の制御情報やメディアデータの経路最適化方式の確立と実装評価を行った。

第4章では、レイヤ・コンバインによる情報経路最適化方式の提案を行っている。従来の移動体通信ネットワークでは、ダウンロード型やアップロード型がデータ通信の主流であったが、近年、無線方式や有線回線が高速化するにつれ、端末間でデータ通信の送受信を行うピア・ツー・ピア型が普及し、これらを効率的に提供するためのネットワークが求められている。このためには、従来のコアネットワーク経由型の転送制御に対し、なるべくユーザに近い L2 デバイスで IP レイヤを終端して転送制御を行える枠組みが必要となる。本課題に対し

ては、一例として IP レイヤを終端したフェムトセルを用い、コアネットワークを介さずにフェムトセル間でメディアデータの送受信を行う情報経路最適化方式の確立とその実装評価を実施した。

第 5 章では、分散配置されたレイヤ・コンバイン型基地局間の移動管理方式の提案を行っている。第 4 章のアーキテクチャにおいて、スケーラビリティ向上のため、フェムトセルに代表される小型基地局を分散配置した場合、ユーザが移動しながらデータ通信を継続するためには、フェムトセル間のハンドオフ技術が要求される。とりわけ VoIP (Voice over IP) など実時間性の高いアプリケーションでは、フェムトセル間的高速なハンドオフ技術が重要な課題となる。本課題に対しては、複数のプロトコル実装にともなうフェムトセルの負荷増大を軽減し、かつフェムトセル間ハンドオフを実現する方式の確立と実装評価を行った。

第 6 章では、無線アクセスなどに用いられる PPP (Point-to-Point Protocol) リンクの高速リンク確立方式について提案するとともに実装評価を行い、総合的なハンドオフ時間の短縮に関して議論を行った。

最後に、第 7 章では本研究に関する総合結論として、第 2 章から第 6 章で述べた、情報経路の最適化方式と効率的な移動管理方式を活用し、従来コアネットワークに配置されている機能要素をアクセスネットワークへ分散配置可能とする新しいアーキテクチャの実現形態「ミニマムコア」について提言した。さらに、今後の無線方式の更なる高速化にともなう、広帯域かつ実時間性の高いアプリケーションを効率的に提供可能な機能分散型、かつ情報の経路最適化を実現したミニマムコアにより、災害や障害にも強いシステムを構築可能と結論付けた。

以上のことより、本論文では、コアネットワークを経由していた種々の情報の経路を柔軟に設定し、かつ最適化するための技術について可能なアプローチを示し、実装を通じた検証と評価を行うとともに、将来に向けた新しいアーキテクチャを提案した。これにより安定で高速な次世代ネットワークシステムに関する研究において、十分な成果を上げている。

これを要するに、筆者は、次世代ネットワークシステムの最適化及び高速化問題について、新たな方式の提案とそのアーキテクチャ実現を行い、その有効性を示した。これにより、次世代ネットワークシステム技術に関する多くの有益な知見を得ており、工学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって筆者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。