

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22700063

研究課題名（和文） 高速無線アドホックネットワークにおけるチャネル制御手法に関する研究

研究課題名（英文） Management of Channel Control Scheme in High Speed Mobile Ad-hoc Networks

## 研究代表者

中村 直毅 (NAKAMURA NAOKI)

東北大学・大学院医学系研究科・講師

研究者番号：50447132

研究成果の概要（和文）：本研究では、高速な無線アドホックネットワークにおけるメディアアクセス制御方式を研究開発した。フレーム結合方式およびチャネル予約方式から構成されるチャネル制御方式をネットワークシミュレータ上に構成した。本方式は、Interference（電波干渉）を軽減することができ、チャネルの状態を安定して維持することができるとともに、高いチャネル利用効率を保持することができる。性能評価を通して、高速な無線アドホックネットワークにおいて、本方式が効果的に機能することを確認し、その有用性を確認した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we proposed a scheme to control media access function for high speed mobile ad-hoc networks. We implemented frame aggregation scheme and channel reservation scheme into network simulator. This scheme can reduce the interference problem in high speed mobile ad-hoc network and provide media access function to keep a stable channel efficiency. Through simulation, we verify the effectiveness of our proposed scheme to control media access function in high speed mobile ad-hoc networks

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000円	450,000円	1,950,000円
2011年度	500,000円	150,000円	650,000円
2012年度	500,000円	150,000円	650,000円
年度			
年度			
総計	2,500,000円	750,000円	3,250,000円

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワーク

キーワード：①移動体通信 ②通信プロトコル ③無線ネットワーク ④電波干渉

## 1. 研究開始当初の背景

国内外において、通信の高度化・多重化を行う IEEE 802.11n や MIMO などをはじめとする無線 LAN 通信方式のメディアアクセス機能の高速化の研究開発が盛んに行われている。これら技術は、無線 LAN 通信における性能の向上に特化している。これらの方式を自律分

散的に構成することでチャネル利用率が大幅に低下する問題が報告されている。さらに、高速な無線アドホックネットワークに適用する場合、単純に性能向上が見込まれないことが予想されるとともに、場合によっては、チャネル利用率が大幅に低下することが大いに懸念される。

我々は、無駄に予約されたチャンネルを効果的に再利用するチャンネル予約方式を提案し、性能が大幅に改善できることを明らかにしてきた。また、複数のフレームを適切に結合するとともに送信間隔を調整することで、Interference問題を軽減し、性能を改善できることを示してきた。

我々は、さらに、チャンネル予約方式である、RTS/CTS 交換制御方式を動的に制御するチャンネル予約方式の改良を行ってきた。これらの研究を通して、IEEE 802.11n などの高速なチャンネル予約方式を利用する場合、特定のトラフィックによるチャンネルの占有や隠れ端末やさらに端末問題の発生が発生し、十分な改善効果が得られないことが予想されることを明らかにしてきた。

そこで、高速なアドホックネットワーク環境において、改善効果の強い通信方式を実現するため、フレーム送信制御方法と、RTS/CTS のチャンネル予約方式を動的に組み合わせ、効果的にチャンネル予約方式を制御することで、公平でかつ効果的にチャンネルを割り当てるメディアアクセス機能の実現が可能とし、より通信効率が高く安定した通信環境を提供することができるのではないかとこの考えに至った。本研究では、高速な無線アドホックネットワークにおける通信効率が高く、安定した通信を提供するメディアアクセス機能の基礎的研究を行う。

## 2. 研究の目的

高速な無線アドホックネットワークにおいて、通信効率が高く、安定した通信を提供するメディアアクセス機能の実現を本研究の目的とする。特に、IEEE 802.11n などの高速な無線アドホックネットワークに対するメディアアクセス層に焦点を当て、高速な無線アドホックネットワークにおいて、チャンネルの干渉(Interference)の影響を軽減し、通信効率が高く安定した通信を実現するチャンネル予約方式およびフレーム結合方式から構成されるチャンネル制御方式の仕組みの確立を目指す。

高速な無線アドホックネットワークにおける、通信効率の大幅な向上により、大容量のトラフィックが必要とされる動画配信などのリアルタイムアプリケーションをストレスなく使うことが可能になり、無線アドホックネットワークの適用範囲が広がる。また、通信の安定性の向上も期待されるため、より安定した通信環境を提供することが可能となる。これにより、高速無線アドホックネットワークにおいて通信効率が高く安定した通信環境の提供が可能となり、無線アドホックネットワークの適用範囲が広がることが期待される。

## 3. 研究の方法

本研究では、高速な無線アドホックネットワークにおいて、通信効率が高く安定した通信環境を提供するメディアアクセス機能の制御方法を研究開発する。

既存のメディアアクセス機能および IEEE 802.11n の基礎的性能を計測・分析を行う。また、チャンネル予約方式およびフレーム結合方式による高速な無線アドホックネットワークにおいて通信効率が高く安定した通信を機能させるためのメディアアクセス機能を構成するための、理論的な枠組みおよび基礎技術を研究開発する。具体的には、以下の項目(1)～(4)を推進する。

(1) 高速な無線アドホックネットワークにおける、IEEE 802.11n および既存の方式に対する性能特性分析および解析を行うとともに、チャンネル制御方式の拡張を検討する。

① ネットワークシミュレータ上に既存方式および IEEE 802.11n を構成するための基本設計を行う。

② ①に基づいて、ネットワークシミュレータ上に実装する。

③ ②ネットワークシミュレータに実装した既存方式および IEEE 802.11n をもとに、性能比較および解析を行う。これを通して、高速な無線アドホック環境下における既存方式および IEEE 802.11n の改良点について検討する。さらに、基本機能の修正および拡張を行い、性能の改善が見込めることができるポイントの絞り込みを行う。

④ ③のネットワークシミュレータにおける性能解析に加えて、IEEE 802.11n および既存方式を数式等によるモデル化を行い、性能比較および解析を行う。また、高速な無線アドホックネットワークに適用する際の既存方式および IEEE 802.11n の改良点を検討する。

⑤ ③および④から、高速な無線アドホックネットワーク上において、効果的に機能するためのメディアアクセス機能の基本要件について整理するとともに、(2)で実施するための、チャンネル予約方式およびフレーム結合方式の改良点を明らかにする。

(2) (1)に基づき、高速な無線アドホックネットワークにおいて、チャンネル予約方式とフレーム結合方式が効果的に機能するためのメディアアクセス機能を研究開発する。ネットワークシミュレータを活用し、提案方式の実装、性能比較および解析を行

い、提案方式の修正および拡張を適宜行う。

- ① (1)に加えて、チャンネル予約方式およびフレーム結合方式を、高速な無線アドホックネットワークにて適用可能するためのチャンネル制御方式を検討する。
  - ② ①のチャンネル予約方式およびフレーム結合方式からなるチャンネル制御方式の基本設計に基づき、チャンネル制御方式をネットワークシミュレータ上に実装するための基本設計を行う。
  - ③ ②の設計に基づき提案するチャンネル制御方式をネットワークシミュレータへ実装する。
  - ④ ③のネットワークシミュレータに実装したチャンネル予約方式およびフレーム結合方式からなるチャンネル制御方式の性能比較および解析を行う。検討結果に基づき、基本機能の修正および拡張を行い、性能の改善を見込むことができるポイントの絞り込みを行う。
  - ⑤ さらに、性能評価を繰り返し行うことで、高速な無線アドホックネットワーク上において、効果的に機能するためのメディアアクセス機能の要件について整理し、チャンネル予約方式およびフレーム結合方式から構成されるチャンネル制御方式の改良点を明らかにする。
  - ⑥ 加えて、洗い出した改善点をネットワークシミュレータ上に実装し、提案方式の性能比較および解析を行うとともに、チャンネル制御方式の拡張を行い、さらなる拡張を目指す。
- (3) (1)の性能の解析および分析結果と(2)で構成したチャンネル予約方式およびフレーム結合方式からなるチャンネル制御方式を用いて総合評価を行う。さらに、パラメータの調整、制御方式の改良・拡張を検討し、問題点などを明らかにする。
- ① (1)および(2)においてシミュレータに実装した既存方式、IEEE802.11n、チャンネル予約方式およびフレーム結合方式からなるチャンネル制御方式に対して、移動モデル、トラフィックパターン、ルーティングプロトコルなどのさまざまな側面からシミュレーションを実施し、性能評価および解析を行う。高速な無線アドホック環境下におけるチャンネル予約方式およびフレーム結合方式からなるチャンネル制御方式の改良点についても検討す

る。

- ② ①の性能評価および解析の結果をもとに、提案方式のチューニング・改良・拡張を行う。
  - ③ ②を繰り返し行うことにより、提案方式の有用性や改善効果を分析し、提案方式の改善点の洗い出しを行う。
- (4) (1)～(3)の研究項目を総括し、総合評価を行い、提案手法の有効性を確認する。

#### 4. 研究成果

本研究では、3.の計画に従い、高速な無線アドホックにおけるメディアアクセスの制御方法を研究開発した。具体的には、以下の(1)～(4)を実施した。

- (1) Interference(電波干渉)の軽減  
Interferenceの影響を考慮する必要があるかどうかについて、マルチホップ通信のフレーム転送制御についてネットワークシミュレーションを通して分析・検討を行った。分析・検討の結果、予測可能型 Interference の影響を軽減されることから、フレームを転送する場合、送信するフレーム数が、経路の1/4ホップ数になるように、送信タイミングあるいは送信単位を調整する仕組みとした。フレーム結合方式においては、フレームを結合する、もしくは、送信タイミングに遅延を与えることで、フレームの送信単位を軽減し、Interferenceの影響を軽減することができる。特に、高速な無線アドホックネットワークにおいては、大容量のデータ送信が可能となることから、複数のフレームを結合することにより大量のデータを一度に送信することで Interference の影響を大幅に軽減することができるという効果が得られる。また、チャンネルを再利用する方式では、チャンネルが利用されない期間にキュー中にある別のフレームを送信するため、送信単位が増加する。チャンネルを再利用することによって得られる効果の影響が大きく、同一経路のフレームとして扱わずに制御することと効率が良く安定したメディアアクセス機能を提供できることを明らかにした。
- (2) フレーム結合方式  
Interferenceを軽減するため、同一の

経路を通るフレーム同士を結合することで、経路内のフレーム数を削減する、フレーム結合方式を構成した。本方式では、Interference の発生を予測し、バックオフタイムを延長することで、フレームの送出タイミングの調整を行う。Interference の発生を測るパラメータとして、MAC 層におけるフレームの平均再送回数を活用している。Interference の影響を考慮し、IEEE 802.11 で規定されたバックオフタイムに加えて、結合したフレーム長に相当を基にしたバックオフ時間を付加しながら、経路中のフレーム数や送信タイミングを調整し、Interference の発生を抑制し、通信の干渉が少なく安定したメディアアクセス機能を提供できる。高速な無線アドホックネットワークでは、大量のデータを一度に送信することが可能とであることから、Interference の影響軽減することができる。シミュレーションを通して、高速な無線アドホックネットワークにおいて Interference の影響を効果的に軽減できることを確認し、提案方式の有用性を確認した。IEEE802.11n で採用されているフレーム結合方式と提案するフレーム結合方式との差別化および提案方式における優位性について比較することは、今後の課題である。

(3) チャネル予約方式

フレーム結合方式では、フレーム長が長くなるため、フレームの失敗回数が増加し、フレーム結合を行ったノードの周辺では、チャネル利用率が低下する。フレーム長が増加するフレーム結合方式を利用する場合、無駄にチャネルが予約されてしまうノードが増えてしまう方式となっている。RTS/CTS 交換に用いられる RTS フレームを受信した際に、今後受信することが予想される、CTS や DATA フレームの受信の有無をデータリンク層の信号強度などの変化などから確認し、チャネルを解放・予約するチャネル予約制御方式を構成した。具体的には、チャネルをセンシングし、信号強度に変化があった場合には、RTS/CTS 交換が正常に行われた判断し、通常通りにチャネル制御を行い、データリンク層において信号強度に変化が無い場合には、RTS/CTS 交換が失敗したと判断し、チャネル積極的に利用するようチャネルの再予約を行う。さらに、過度のネットワークトラフィックが流入することを防

止するため、フレーム結合方式の頻度および MAC 層におけるフレームの平均再送回数に応じて、チャネル再利用の利用頻度に基づいてチャネルの予約の適用を制御することも行こととした。高速な無線アドホックネットワークにおいて、無駄にチャネル予約されることが多く発生するが、効果的に無駄に予約されたチャネルを再利用することが可能となり、チャネルの利用効率が向上する。シミュレーションを通して、高速な無線アドホックネットワークにおいて効果的に機能することを確認し、提案方式の有用性を確認した。

(4) ネットワーク情報を用いたチャネル制御方式

無線ネットワークにおける SNMP を用いたネットワーク管理フレームワークの研究成果を活用し、SNMP などから取得したネットワーク情報をもとに、クロスレイヤなアプローチによるチャネル制御方式の検討をした。複数の側面からの情報を取得することが可能となり、高速な無線アドホックネットワークにおいて安定したメディアアクセス制御機能を提供することが期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. Tsutomu Inaba, Takashi Ogasawara, Hideyuki Takahashi, Naoki Nakamura, Norio Shiratori, "A Cloud Type High-Definition TeleVision Conference Service for Heterogeneous Clients with Various Signaling Control Protocols", International Journal of informatics Society, Vol. 4, 印刷中, 2013, 査読有
2. 中村 直毅, 丸山 貴史, 菅沼 拓夫, Mansfield KEENI Glenn, 白鳥 則郎, "移動ネットワーク環境における SNMP を用いた情報収集手法", 情報処理学会論文誌, Vol. 52: pp. 1021-1032, 2011, 査読有
3. Norio Shiratori, Kazuo Hashimoto, Debasish Chakraborty, Hideyuki Takahashim, Takuo Suganuma, Naoki Nakamura, Atushi Takeda, "Kurihara Green ICT Project - Towards Symbiosis between Human's life and Nature -",

Journal of Internet Technology, Vol.  
12, No. 1, pp. 1-11, 2011, 査読有

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 直毅 (NAKAMURA NAOKI)

東北大学・大学院医学系研究科・講師

研究者番号：50447132

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし