

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19800030
 研究課題名（和文） 信頼性ある無線ネットワーク構築のための端末による適応的データ中継手法に関する研究
 研究課題名（英文） Study on adaptive data relay scheme toward building reliable wireless network systems
 研究代表者
 塚本 和也（TSUKAMOTO KAZUYA）
 九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教
 研究者番号：20452823

研究成果の概要：本研究課題では、将来の無線環境における通信をより信頼性あるものにするために必要となる技術である(1)通信品質を劣化させないハンドオーバ管理手法、(2)移動ノード間の確実なアドホック通信路確立手法に関して研究を行った。その結果、複数台が接続する環境においても通信性能を維持可能なハンドオーバ管理手法を考案し、プロトタイプシステムの開発を行い、実用性を確認した。また、アドホック通信に適用可能な分散チャネル調整手法についても考案し、シミュレーションによってその有効性を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,330,000	0	1,330,000
2008年度	1,310,000	393,000	1,703,000
総計	2,640,000	393,000	3,033,000

研究分野：工学

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：移動体通信, 高信頼性ネットワーク, ハンドオーバ管理手法, コグニティブ無線, 分散チャネル調整手法

1. 研究開始当初の背景

近年、場所にとらわれない柔軟な導入が可能で、高速な通信を提供可能な IEEE802.11 準拠の無線 LAN(WLAN)の普及が進んでいる。これに伴い、更なる通信カバレッジの拡大、通信容量の増強のために大規模な無線ネットワークを構築したいという要求が高まっている。しかし、一台のアクセスポイント(AP)が提供可能な無線通信カバレッジは狭く、その通信容量も限られるため、複数の AP を相互に無線で接続し、メッシュ状に配置す

ることで低コスト、高速なネットワークを提供可能な無線 LAN メッシュネットワークが期待されている。この無線 LAN メッシュネットワークに関しては、国際標準団体 IEEE の 802.11s WG で標準化活動が行われており、既存の 802.11 の MAC(Media Access Control)層、物理層をベースに機能の追加が活発に検討されている[1]。

このメッシュネットワークは AP 間を無線で相互接続することで構成されるため、

802.11s ではスケーラビリティの観点から各ネットワークを構成する AP 数を 32 台程度に限定し、中小規模ネットワークをターゲットとしている [2]。しかし、一つの AP が提供可能な良好な通信環境は従来の研究成果より半径 50m 程度と狭いことが既知であるため [3]、32 台の AP をメッシュ状に配置しても直径 350m 程度の円の範囲しかカバーできない。そのため、大きなエリアをメッシュネットワークによって柔軟にカバーするには、(1) 複数のメッシュネットワーク間の連携/制御手法、(2) 各メッシュネットワークの通信状況に応じたカバレッジ制御(拡大/縮小)手法の双方を実現する必要があるが、これまでに上記を実現する手法に関する研究は行われていない。特に(2)は、通信品質と信頼性の双方を確保しつつ実現する必要があるため困難な問題と考えられる。

一方、WLANでは複数の通信レートと変調方式をサポート (ARF機能) しているため、通信レートに低く値に固定することで、信頼性を保ちつつカバレッジを拡大できる。しかしその場合、ネットワークの構築時に利用アプリケーションの通信特性を考慮した上で AP 数、通信レート及び通信距離を決定する必要があり、柔軟性に欠ける。その結果、動的な (a) 接続端末数の増加に伴う負荷の増加 や (b) AP 間の無線通信環境の変化 には対応できず、その結果図 1 に示すようにマルチホップ通信特性により各ユーザだけでなくネットワーク全体の通信性能も大きく劣化することになる。

2. 研究の目的

そこで本研究では、上記の (a) (b) の問題解決のために、(1) AP の負荷軽減、(2) AP 間の通信の信頼性向上及び負荷分散、(3) 無線カバレッジの更なる拡大 の実現を目的とし、図 2 に示すような各 AP に接続する端末を用いて AP 間の転送データを中継する、アドホック通信をネットワークの状態変化に応じて適応的に利用する手法の確立を目指す。このように接続端末が AP 間の通信を中継することで、AP での送信待ち時間が減少するため、自身の通信性能向上はもちろん、ネットワーク全体の通信性能も向上可能となる。更に、接続端末間のアドホック通信には、効率的な無線資源を実現する コグニティブ無線技術 の利用を検討する。

3. 研究の方法

本研究課題では、上記の目的を達成するために主に以下の 2 つの課題に着目した。

(1) AP 及び AP 間の負荷を軽減し、信頼性を

高めるためのハンドオーバー管理手法

(2) アドホック通信をネットワーク状態の変化に応じて適応的に利用するためのコグニティブ無線技術を用いた分散チャネル調整手法

(1) については、今後普及するユビキタス無線環境では、様々な ISP が提供するメッシュ無線網が相互補完的に接続され、より大きなエリアを提供すると考えられる。そこで本研究では、そのような無線環境上で利用される実時間、非実時間双方に着目する。このような環境においてはより通信状況のよい無線ネットワークを選択し、通信を切断することなく切り替えるようなハンドオーバー管理手法が必要不可欠となる。更に、ユビキタス無線 LAN 環境では、同時に複数の端末が通信を行うため、通信品質の悪い端末がネットワーク全体の性能を劣化させる Performance anomaly 問題や負荷の偏りといった問題が発生する。そこで本研究では、これらの問題を解決するためのハンドオーバー管理手法をそれぞれ提案し、シミュレーション評価を行うとともに実機に実装することでプロトタイプシステムの開発、及び性能調査を行う。

次に(2)については、まず適応的に用いる移動ノードによるアドホック通信に着目し、ノードが移動することで利用可能な周波数が時間的・空間的に変化する劣悪な環境において通信路を確立する手法を考案する。本研究ではコグニティブ無線技術に着目し、1 ホップ通信における送受信ノード間での周波数調整手法を考案する。コグニティブ無線技術では 400MHz~6GHz という幅広い周波数を利用できるため、この周波数の違いによる到達距離や通信速度などの通信特性の違いを利用したチャネル調整が可能となる。そこで提案手法では送受信端末間で迅速にかつ効率的にデータ通信を行うための分散チャネル調整手法を提案し、シミュレーション評価を行う事で性能調査を行う。

4. 研究成果

まず 2007 年度は、信頼性ある無線通信ネットワーク構築のための適応的データ中継手法の要素技術として、以下の二つの事項について調査を行った。

- (1) 実時間/非実時間通信を対象とした無線 LAN 内の複数端末存在時の通信性能劣化改善手法の検討
- (2) 全周波数の利用状況が変動するコグニティブ環境におけるチャネル調整手法の検討

まず複数端末が無線 LAN 内に存在する際の問題点について明らかにした。具体的には、実時間通信では、VoIP 等の代表的なアプリケーションでは通信帯域はそれほど必要ないものの、端末数の増加に応じて AP のキュー長が増加し、それによって通信性能が大きく劣化することがわかった。そこで本研究では、以前から提案していたフレーム再送回数に加えて、端末側において AP のキュー長を推定し、それに応じてハンドオーバを決定する手法を新たに提案した。シミュレーション評価の結果、図 1 に示すように複数台の端末が存在する環境においても通信性能を維持出来ることを明らかにした[学会発表④]

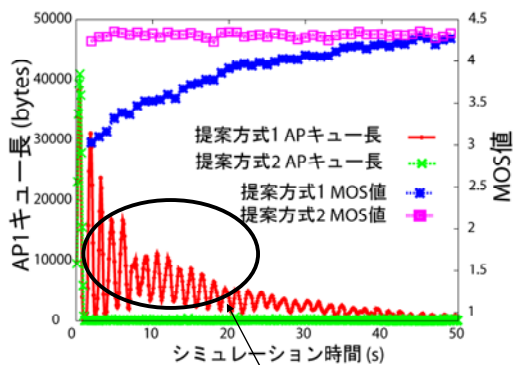


図 1：ハンドオーバ管理手法(実時間通信)

また、非実時間通信では端末の台数、及び各 AP の提供するカバレッジの端に存在する低通信レートの端末が無線 LAN 全体の通信性能を大きく劣化させることを明らかにした(performance anomaly 問題)。そこで本研究では、接続台数、低データレート端末を検知する手法を考案し、適切にハンドオーバを決定するハンドオーバ制御機構を提案した。シミュレーション実験より、図 2 に示すように低レート端末が存在する環境においても通信性能を向上出来ることを明らかにした[学会発表③]。

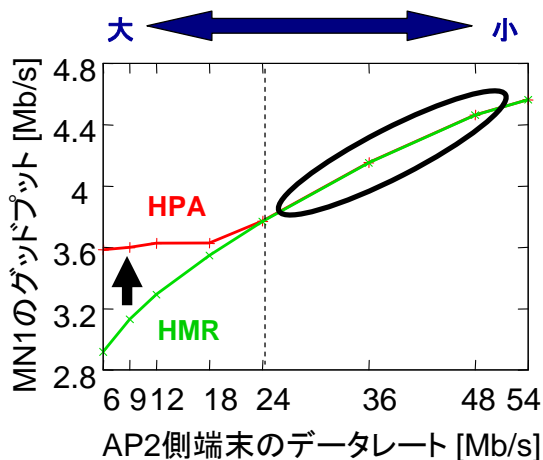


図 2：ハンドオーバ管理手法(非実時間通信)

以上より、実時間/非実時間ともに信頼性ある無線ネットワークを構築できることを示し、その成果を IN 研究会において発表した。

次に、今後更に多様な無線通信技術の普及が予想されるため、これらの技術を状況に応じて使い分けるコグニティブ無線技術に着目した。そこで、まずコグニティブ無線の概念について調査した上で、コグニティブ無線環境において適切にチャンネルを決定するためのチャンネル調整手法が必要となる点に着目した。そこで、周波数毎に通信データレートと到達距離が異なる点を利用したチャンネル調整手法を考案した。提案手法では、図 3 に示すように同エリアに同時刻に存在する端末が通信に周波数を共有するために、GPS を用いて時刻、位置情報を取得し、ハッシュ関数を用いることで周波数の決定を行った。また、この際に到達距離が大きな低周波数帯から決定することで確実な周波数決定を実現した。更にこの周波数を用いて互いの情報を交換することで、送受信ノード間の通信状況を確認しつつ、要求を満たす事が可能なデータ通信の周波数を決定可能となる。シミュレーション実験を通して、この提案手法によって 1 ホップ通信において確実に周波数を調整できることを明らかにした。

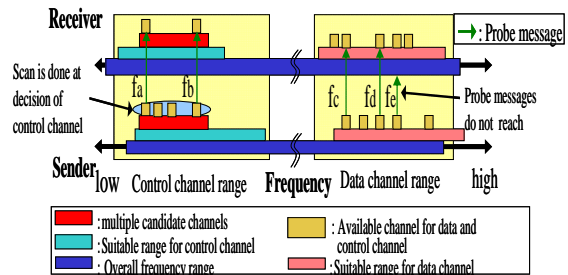


図 3：コグニティブ無線を用いた分散チャネル調整手法

次に 2008 年度は、以下の二つの事項について調査を行った。

- (1) 非実時間通信を対象としたインタードメイン間無線 LAN ハンドオーバ手法の実装についての詳解、及びその実装を用いた実環境における有効性評価
- (2) 全周波数の利用状況が変動するコグニティブ環境における分散チャネル調整手法についての特許出願

まず、昨年度提案したインタードメイン間無線 LAN ハンドオーバ時に TCP などの非実時間通信を継続するための手法を図 4 に示すように Linux ベースの実機に実装し、そのプロトタイプシステムの構築を行った。また、その実装を用いてシンプルなトポロジで実験

を行い、図5に示すように提案手法が実環境においても信頼性ある無線ネットワークを構築できることを示した。最後に、その成果を3月のIN研究会において発表した[学会発表①]。今後、国際会議、ジャーナルへの投稿を予定している。

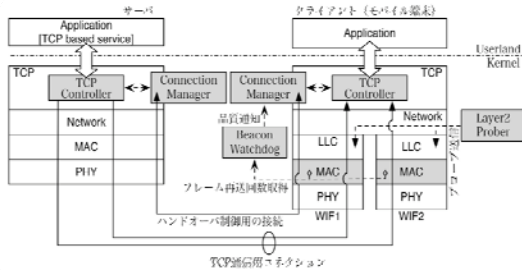


図4：実装プロトタイプシステム

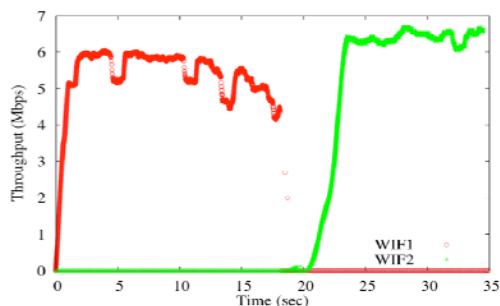


図5：プロトタイプシステムを用いた実験結果

次に、昨年度から着目しているコグニティブ無線技術について、昨年提案した、送受信間における分散チャネル調整手法の有効性を幅広いシミュレーション実験を行う事により詳細に示した。その結果、図6に示す基本性能評価に加えて、提案手法の「通信速度」、「移動パターン」それぞれの変化に対する適応性について調査を行い、その有効性を確認した。また、これらの成果は既に国際会議において発表が完了しており、外部発表後にはその成果を2件の特許を出願し、現在審査中となっている。今後は、この研究成果をジャーナルへ投稿すると共に、1ホップに限定されないマルチホップ通信を対象とすることで、より信頼性ある無線ネットワーク構築を目指す。具体的には、経路制御や周波数割当技術に着目して研究を進める予定である。

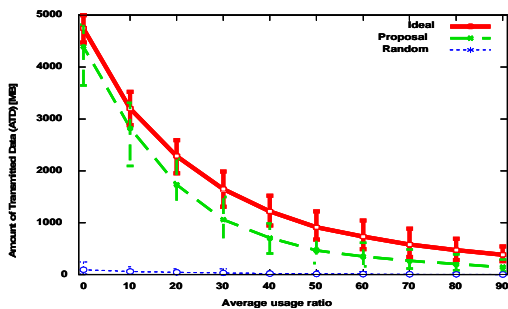


図6：分散チャネル調整手法の有効性評価

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)

[学会発表] (計 4件)

- ① 妙中 雄三, 塚本 和也, 榎原 茂, 山口英, 尾家 祐二, TCP通信を対象とした異なるIPサブネット間のハンドオーバー制御機構の実装, 電子情報通信学会 情報ネットワーク (IN) 研究会, 2009年3月4日, 沖縄県
- ② 夏井宣匡, 山口剛史, 池永全志, 塚本和也, 榎原茂, 尾家祐二, 移動端末を収容するユビキタスネットワーク制御管理システムの実証評価, 電子情報通信学会 2008年総合大会, 2008年3月21日, 福岡県
- ③ 山口剛史, 塚本 和也, 榎原 茂, 尾家 祐二, ユビキタス無線LAN環境におけるPerformance Anomaly問題を考慮したシームレスハンドオーバー制御機構の提案と評価, 電子情報通信学会 情報ネットワーク (IN) 研究会, 2008年3月6日, 沖縄県
- ④ 堀内栄吾, 榎原茂, 塚本 和也, 門林雄基, 山口英, VoWLANsにおけるAPのキュー長を考慮したハンドオーバー制御機構の提案, 電子情報通信学会 情報ネットワーク (IN) 研究会, 2008年3月6日, 沖縄県

[産業財産権]

○出願状況 (計 2件)

名称：特許権

発明者：アルトウンタシュオヌル・尾家祐二・鶴正人・塚本和也

権利者：同上

種類：特許

番号：2008-312544

出願日：2008/12/8

国内外の別：国内

名称：特許権

発明者：アルトウンタシュオヌル・尾家祐二・鶴正人・塚本和也

権利者：同上

種類：特許

番号：2008-312545

出願日：2008/12/8

国内外の別：国内

[その他]

インターネットドラフト

- S. Kashihara, K. Tsukamoto, Y. Kadobayashi, S. Yamaguchi, Y. Oie, "Handover management scheme for different IP WLAN subnets," Internet Engineering Task Force, Internet Draft, draft-shigeru-wlan-handover-management-00.txt, November 2007.

受賞

- IEICE 2007 年度 CQ 研究会奨励賞 (電子情報通信学会 コミュニケーションクオリティ研究会 奨励賞) (2008 年 7 月)
 - 塚本 和也, 中野 雄貴, 山口 剛史, 檜原 茂, 尾家 祐二, "マルチモーダル環境における最適な通信媒体選択機構の実装詳解と基礎特性評価," 電子情報通信学会, 技術研究報告, CQ2007-33, pp. 113-118, 2007 年 7 月

ホームページ等

<http://infonet.cse.kyutech.ac.jp/~kazuya/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塚本 和也 (TSUKAMOTO KAZUYA)
九州工業大学・大学院情報工学研究院・
助教
研究者番号：20452823