

平成 21 年 5 月 21 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760252
 研究課題名（和文） 空間的・時間的選択性を利用した高品質・高効率無線マルチキャスト

研究課題名（英文）
 Transmission Control Based on Space- and Time- Dimensional Selectivity
 in Wireless Multicast

研究代表者

新熊 亮一（SHINKUMA RYOICHI）
 京都大学・大学院情報学研究科・助教
 研究者番号：70362580

研究成果の概要：

本研究では、申請時当初のとおり、無線通信品質の空間的・時間的選択性を活用することで、受信品質ならびに周波数の利用効率を向上する無線マルチキャスト技術について研究を行った。端末が複数の基地局や他の端末を送信元として選択できるという空間選択性を活用して、ダイバーシティ利得により、受信失敗率の削減ならびに周波数利用効率の増大を達成した。また、高速車両通信の通信路品質の変動と車両密度の変動を考慮し、送信を受信可能車両数が最大化するタイミングに限る方式によって、周波数利用効率を向上できることを示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1600000	0	1600000
2008年度	1700000	510000	2210000
年度			
年度			
年度			
総計	3300000	510000	3810000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学

キーワード：無線通信，無線アクセス，同報通信，通信品質，電波環境

1. 研究開始当初の背景

無線マルチキャスト通信は同じ情報を必要とする複数の無線端末に同一の信号で情報を Point-Multipoint (P-MP) 伝送することによって、電波資源(周波数・電力)を効率的に利用し、大容量のコンテンツ配信や高品質な映像・音楽ストリーミング配信を実現する技術である。しかし、無線通信では電波環境

に起因して、端末間の受信通信路品質に大きな差異がある。すべての端末が正常に信号を受信するためには、最低の受信通信路品質に合わせて変調方式や誤り制御方式を設定する必要があるため、情報伝送効率[bps/Hz]が低く制限されてしまう。この QoS(サービス品質)と公平性のトレードオフは、原理上解決できない問題と考えられてきた。一方、研究

代表者はこのトレードオフを制御することによって、利用者の享受するトータルの QoS を増大する手法を提案している。しかし、この方式は低品質のグループの多少の犠牲により成り立っており、QoS と公平性の問題を根本的には解決できていない。

そこで、今回、新たに3つの技術要素に着目した。

I. 他端末への影響を考慮した基地局選択法: 上記の原理により、あるグループに通信路品質の低い端末が新たに参加した場合、もともとの情報伝送効率が急激に劣化してしまう。そこで、端末が複数の無線基地局を選択できる場合には、自身が加わることで他端末に及ぼす影響を評価させ、評価の高い基地局を選択させれば伝送効率と QoS を向上できると考えられる。

II. 端末中継による P-MP 伝送: 基地局から遠く受信レートが低い端末には直接受信させず、まず、基地局から近く受信レートの高い端末に高いレートで伝送を行なう。そしてすでに受信を完了した端末がそれぞれ近隣の端末に中継伝送による2次的な P-MP 伝送を行なう。直接通信のリンクを2ホップに分割することでリンクごとのチャンネル利用時間は減少するが受信レートの増分が十分大きければ、伝送効率と QoS の向上が期待できる。

III. 将来の受信通信路品質を考慮した配信: 端末が移動する環境では、端末の将来の受信通信路品質を考慮することが有効である。例えば、ファイル型のコンテンツを配信する場合、端末全体の受信レートが高いタイミングを選んで伝送を行えば伝送効率を改善することができる。また、端末が異なるエリア間をハンドオーバーする際は、ハンドオーバーが始まる前に受信が完了するよう伝送を行ったり、ハンドオーバー完了まで伝送のタイミングを見送ったりすることが有効である。

要素 I, II は空間的選択性に基づいており、要素 III は時間的選択性に基づいている。本研究では、これら3つの要素によって、公平性を損なわずにトータル QoS を向上する。

2. 研究の目的

前節 II の要素を活用した技術について述べる。無線マルチキャストでは、一対一の通信とは異なり受信側がデータを受信失敗した際の補償が課題である。一般的に AP (Access Point) からの再送信では端末の配置が静的な環境では時間ダイバーシチ効果(空間的な選択性)が得られず補償効果は低い。一方、正常にデータを受信できた端末

が再送信することでデータを受信できなかった端末のロス補償する手法が提案されているが、これまで MAC (Medium Access Control) レイヤの設計や評価はなされていない。そこで、端末再送信を用いたロス補償方式を MAC レイヤの設計も含めて提案する。提案方式は、受信失敗率の高い端末がセル境界付近に多いという点に着目し、隣接セルの境界を中心としたエリアを制御単位としてロス補償を行う方式である。

3. 研究の方法

図1に想定される無線 LAN のマルチセル環境を示す。図中の Failed station は AP からのマルチキャスト送信でデータフレームの受信に失敗した端末であり、ロス補償フェーズにおけるロス補償の対象である(以下ロス端末と呼ぶ)。AP はそれぞれ R_1 Mbps で1回目のマルチキャスト送信を行う。ロス補償は図1の斜線部において、正常にデータフレームを受信した端末からマルチキャスト送信することで行われる。単一のセルをロス補償エリアとして端末再送信を行う場合に対し、マルチセルにまたがったロス補償エリアで端末再送信を行う際にはロス端末はロス補償エリアの中央付近に存在することになり、少ない再送信回数で多くの端末に対しロス補償を行うことができる。

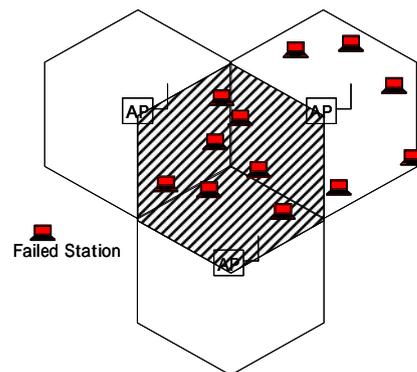


図1: マルチセル環境とロス補償エリア

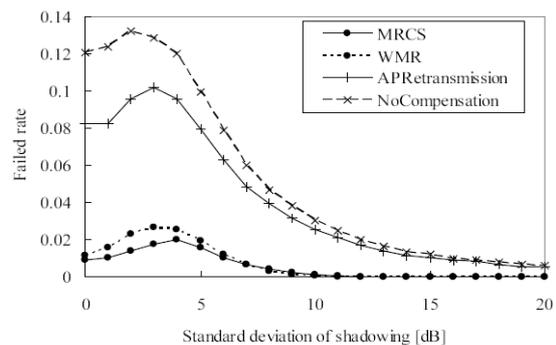


図2: シャドウイングに対する受信失敗率

4. 研究成果

(1) 5GHz 帯 IEEE802.11a 無線 LAN を想定し、シミュレーションによる評価を行った。送信電力は 10dBm, 1AP のエリアは半径 100m に設定した。ここでは、シャドウイング(しゃへい物による減衰)の大きさに対する特性を評価する。図 2 は、横軸にシャドウイングの標準偏差をとった受信失敗率である。まず、端末再送信を行う方式(MRCS および WMR)によって補償なし、AP からの複数回送信に比べ、受信失敗率を大幅に低減できることが示された。また、受信失敗率はシャドウイングの標準偏差が大きいほど減少することが分かった。これは、シャドウイングの標準偏差が大きいほど、端末-端末間のリンクの品質の多様性が高まり、ルートダイバーシチ効果(空間選択性)が高まるからである。一方、シャドウイングの標準偏差が小さいほど MRCS(提案方式)の WMR(簡易方式)に対する優位性が高いのは、シャドウイングが小さいときは、AP や端末同士のリンクの品質は、図 1 のように幾何学的な位置で決定されるが、シャドウイングが大きくなるにつれて、幾何学的な位置に依存しなくなるためである。このように、提案方式の優位性は、ルートダイバーシチ効果が得られにくい、シャドウイングが小さい環境で、特に高いことが明らかになった。

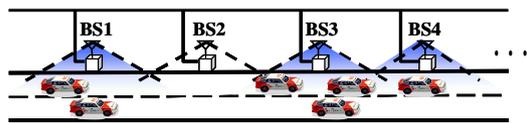


図 3: 送信タイミングを制御する車両へのマルチキャスト送信方式

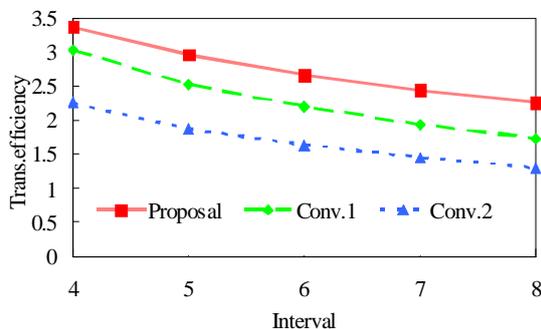


図 4: AP 間隔に対する送信効率

(2) 1 節 III で述べた時間選択性を活用する方式について、以下のような成果が得られた。図 3 のような車両に対するマルチキャストを想定し、受信可能な車両数が最大になる

よう送信タイミングを制御するアルゴリズムを設計した。これにより一斉送信や単一の AP で送信を行う方式に比べ、受信成功率を高められるとともに送信回数を減らすことができ、送信効率(周波数利用効率)を高めることができる。

IEEE802.11a 無線 LAN を想定し 1000 フレームの情報を 6[Mbps] で連続的にマルチキャスト送信するシミュレーションを行った。車両数は 20[台]とした。先頭基地局でのみマルチキャスト送信する方式(Conv.1)と、未受信車両が端の基地局を通過するタイミングに端末が存在する基地局から一斉に送信する方式(Conv.2)と比較する。図 4 に車両間隔に対する送信効率(車両の総受信フレーム数/基地局の総送信フレーム数)を示す。車両間隔によらず、2 つの従来方式に比べて送信効率を向上できることが示されている。このように時間選択性を活用し、送信タイミングを制御することで、大幅な送信効率の改善が得られることが示された。

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 2 件)

久保広行, 河村篤志, 新熊亮一, 高橋達郎, “無線マルチキャストのための端末再送信を用いたロス補償方式,” 電子情報通信学会論文誌 B, 有, vol. J91-B, no.11, pp. 1380-1392, Nov 2008 : 2008 年度テレコムシステム技術学生賞(佳作).

河村篤志, 寒川知生, 新熊亮一, 高橋達郎, “無線マルチキャストのための最適ルーピングアクセスポイント割当アルゴリズム,” 電子情報通信学会論文誌 B, 有, vol. J90-B, no.5, pp.476-489, May 2007: 2007 年度テレコムシステム技術学生賞.

〔学会発表〕(計 5 件)

青木 良, 久保広行, 新熊亮一, 高橋達郎, “車速情報を用いた車両へのマルチキャスト送信タイミング制御,” 電子情報通信学会総合大会, 愛媛大学, B-15-14, 19 Mar 2009.

H. Kubo, A. Kawamura, R. Shinkuma, and T. Takahashi, “Loss Compensation Method Using Route Diversity for Wireless Multicast,” APCC, Akihabara Convention Hall, 16 Oct 2008.

久保広行, 河村篤志, 新熊亮一, 高橋達郎, “無線マルチキャストのための端末再送

信を用いたロス補償方式の性能評価," 信学技報, MoMuC2008-14, 沖縄県青年会館, 22 May 2008: 奨励講演.

久保広行, 河村篤志, 新熊亮一, 高橋達郎, ``無線マルチキャストのための端末再送信を用いたロス補償手法の検討," 信学技報, MoMuC2007-60, 福岡工業大学, 16 Nov. 2007: MoMuC 若手研究奨励賞.

河村篤志, 新熊亮一, 高橋達郎, ``メッシュネットワークにおける高品質・高効率マルチキャストのための経路制御法," 信学技報, MoMuC2007-50, 愛媛大学, 21 Sept 2007: MoMuC 若手研究奨励賞.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ

<http://cube.kuee.kyoto-u.ac.jp/shinkuma/publication.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新熊 亮一 (SHINKUMA RYOICHI)

京都大学・大学院情報学研究科・助教

研究者番号: 70362580