

**中小規模コミュニティ向けインフラ構築のための
無線アドホックネットワーク実用化基盤技術の研究開発 (102310009)**
Information Infrastructure for Small Community by Wireless Ad Hoc Networks

研究代表者

高木 宏 株式会社ネットワーク応用技術研究所
Hiroshi Takagi Network Application Engineering Laboratories Ltd.

研究分担者

永田 晃[†] 山本 幹^{††} 池永 全志^{†††} 佐藤 時子^{††††}
Akira Nagata[†] Miki Yamamoto^{††} Takeshi Ikenaga^{†††} Tokiko Sato^{††††}
(株)ネットワーク応用技術研究所[†] 関西大学^{††} 九州工業大学^{†††} (財)九州ヒューメディア創造センター^{††††}
Network Application Engineering Laboratories Ltd.[†] Kansai University^{††}
Kyushu Institute of Technology^{†††} Human Media Creation Center^{††††}

研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

概要

中小規模コミュニティが安価に無線ネットワーク接続インフラを構築・運営する手法として、無線アドホックネットワーク技術を用いた無線 LAN の通信エリアの面的拡張手法に着目する。アドホックネットワークにおいて実用的な転送性能を達成するために必要な基盤技術として、アドホックネットワーク特性を考慮した送信制御機構を有する TCP プロキシ技術、およびフレーム衝突を抑制しネットワーク資源の最大限活用を可能とする MAC フレーム送信制御技術を開発した。現実の公共無線 LAN 環境を利用した実証実験を行い、実用性の検証を行った。

Abstract

Ad-hoc network is expected to have a possibility of extending wireless LAN communication areas and then providing a cost-efficient information infrastructure for small and medium local communities. We developed two key methods to improve disadvantage of its low communication performance caused by channel interference in wireless ad hoc networks; Proxy-based TCP with rate and flow control enhancement designed for wireless ad hoc networks, and MAC frame transmission control scheme based on neighbor node behavior in distributed autonomous manner.

1. まえがき

本研究開発課題では、地方都市の商店街など中小規模のコミュニティが商店同士および顧客向けに提供するネットワーク接続インフラの構築・運用において、これを安価なコストで実施する手段としてアドホックネットワーク技術を用いた無線 LAN のエリア拡張手法に焦点をあて、単なる接続エリアの拡張にとどまらず、ユーザの通信速度やネットワーク全体のスループットといった実用的な性能を達成するために必要な基盤技術を開発し、実証実験による検証を行った。本稿にて主な研究開発成果を示す。

2. 研究内容及び成果

ユーザ通信速度向上のため、代表的なユーザトラフィックである TCP トラフィックを主たる対象として、4 層レベルで実現可能な転送性能改善に着目し、アドホックネットワーク特性を考慮した送信制御機構を有する TCP プロキシ技術を考案し、アドホックネットワーク基盤ソフトウェアを開発した。実機実験により実環境での課題抽出を行い、その課題を解決するために方式改良の検討を進め、実環境での性能向上に向けた知見を得た。

さらに、ネットワーク全体のスループット向上のため、2 層レベルでの転送性能改善に着目し、アドホックネットワークを構成する各端末のフレーム送信の干渉を抑制し、ネットワーク資源を最大限利用できるようにするための MAC フレーム送信制御技術を考案した。

2.1. 送信制御機構を有する TCP プロキシ技術

無線アドホックネットワークでは伝送段数の増加に伴いスループットが大きく劣化する点が指摘され、特に

TCP を用いた場合にはその劣化が甚大である。この問題を解決する一つの方法に、TCP セッションの経路上に TCP プロキシを配置しセッションを複数の短いサブセッションに分割するプロキシ型 TCP がある。しかし、単一チャネルを共有する無線アドホックネットワークでは、分割された前・後段のサブセッションがプロキシホストに対しパケットを送受信する際に、瞬時的にどちらか一方のセッションが無線チャネルを過剰に占有することで他方の通信停止を引き起こし、期待された性能改善が得られないことが問題となる。そこで、TCP の送信レートを敢えて一定以下に抑制するために、アドホックネットワークの特性を考慮した 2 つの送信制御機構(強制フロー制御と適応型レート制御)のプロキシホストへの適用を考案した。

強制フロー制御機構は、TCP のフロー制御を活用して前段セッションに対し抑制したウィンドウサイズを通知することで送信レートを抑制する。このウィンドウサイズは、無線アドホックネットワークにおける TCP 通信のスループットと公平性の両方の向上に適切なウィンドウサイズとした。適応型レート制御機構は、前段セッションからの受信レートに応じて後段セッションのパケット送出間隔を調整するものである。これら技術は特に、プロキシホストのエンハンスだけで実現可能なエンドホスト TCP への改良が不要である点を特徴とする。

計算機シミュレーション評価に加え、本技術のプロトタイプ実装であるアドホックネットワーク基盤ソフトウェアを搭載した実機を用いて 2.3 節で示す公衆無線 LAN 環境にて性能計測を行い、実環境での性能向上のための課題

抽出やそれに基づく方式の改良を精力的に進めた。特に、商店街という非常にノイズの多い環境で経験するバーストロスを十分に考慮したパケット送出間隔調整方針など、さらなる性能改善に向けた知見を得た。

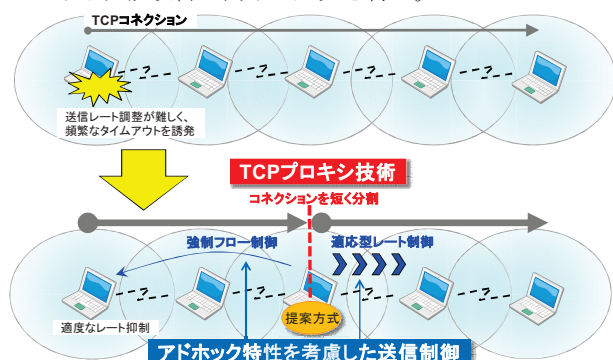


図1 送信制御機構を有するTCPプロキシ技術

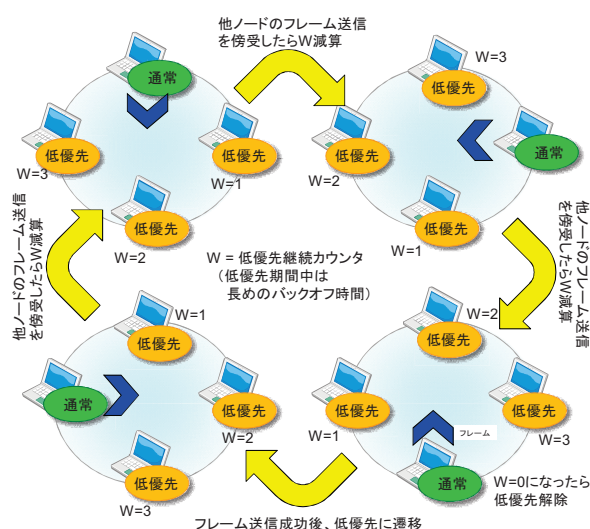


図2 MACフレーム送信制御技術



図3 北九州ユビキタスマールにおける実証実験

2.2. MAC フレーム送信制御技術

無線アドホックネットワークでは、各ノードが単一のチャネルを共有するため、各ノードの通信においてチャネルの干渉が頻発しネットワーク全体の通信性能が低下する。そこで、ノードが周辺ノードの通信状況を監視し、その結果に基づきフレーム送信のタイミングを自律的かつ分散

制御する動的スケジューリング方式を開発した。各ノードはフレーム送信に対する優先度（LOW または NORMAL）を有し、これを周辺ノードの通信状況によって変化させる。各ノードはこの送信優先度に従い CSMA/CA におけるバックオフ時間を調整し、この優先度が低い（LOW）ノードに対して、他のノードのよりフレーム送信待ち時間を長く設定することでノード間の衝突を緩和させる。なお、衝突が検出されない状況においては、この待ち時間を標準規定の初期値の最大値に留めるよう工夫することで、過剰な送信抑制の回避を図っている。

計算機シミュレーション評価により、本技術を用いることによって、送信ノードからのトラフィック量が増加した場合においてもスループット特性が低下することなく最大スループットを維持可能であり、IEEE802.11a の無線アドホック通信を行った場合に比べて約 28% のネットワークスループット改善が得られることを確認した。本研究開発成果について特許出願を行った。

2.3. 商店街の公衆無線 LAN 環境における実証実験

実用性検証のため、実際の商店街の公衆無線 LAN 環境（北九州ユビキタスマール）において、アドホックネットワーク基盤ソフトウェアを搭載した PC で 10 台規模のアドホックネットワークを構成し、3 種類の TCP アプリケーションを用いて実験を行い、無線 LAN アクセスポイントを増設することなく実用的な性能で通信できるエリアを面的に拡張できることを実証した。

3. むすび

無線アドホックネットワークの実用化に関する成果により、経済性と実用性の両面を伴ったネットワーク接続インフラの構築・運用の実現が後押しされ、より多くの中小規模のコミュニティが地域活性化を目的としたユビキタスサービスを展開することが期待できる。大規模災害に強いネットワークインフラとしても注目を集めている無線アドホックネットワークを前提とした新たな通信サービス、アプリケーションの創出に貢献できると考えられる。

【誌上発表リスト】

- [1] M. Matsumoto and M. Yamamoto, "Performance Evaluation of Flow Fairness in Proxy-based TCP for Ad Hoc Networks," Proceedings of IEEE PacRim 2011, pp.780-785, August 24, 2011
- [2] D. Nobayashi, T. Ikenaga, Y. Fukuda, "A Simple Priority Control Mechanism for Performance Improvement of Mobile Ad-hoc Networks," The 36th IEEE Conference on LCN, pp. 167-170, October 5, 2011
- [3] 野林大起、光根隆文、福田 豊、池永全志、永田 晃、"アドホックネットワークにおける周辺ノードの通信状況に基づく動的送信スケジューリング方式の検討"、信学技報 IA2011-85 (2012 年 3 月 15 日)

【申請特許リスト】

- [1] 池永、野林、高木、永田、「ノード及びプログラム」（共同出願）、特願 2012-48770 号、日本、2012 年 3 月 6 日

【受賞リスト】

- [1] 野林大起、「電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会 学生研究奨励賞」、2011 年 3 月 1 日

【報道発表リスト】

- [1] 九州ヒューマンメディア創造センター、ネットワーク応用技術研究所、関西大学、九州工業大学、「魚町商店街の無線 LAN エリアを拡張する実証実験を実施」、市政・経済記者クラブ（北九州市）、2011 年 12 月 1 日。