

## 無線LAN ツーホップ環境における 階層プロトコルの動作解析

松井 愛子<sup>†</sup>神坂 紀久子<sup>†</sup>山口 実靖<sup>‡</sup>小口 正人<sup>†</sup><sup>†</sup>お茶の水女子大学<sup>‡</sup>工学院大学

### 1. はじめに

無線 LAN マルチホップ通信において、中継ノードは単にデータを中継するだけでなく、データのキャッシュやアグリゲート等の高度な処理を行うことが可能であると考えられる。そのような場合、アプリケーション層までデータを引き上げての処理に時間がかかるため、中継ノードに IP 層で折り返してデータの中継のみをさせる場合よりもスループットが低下することが予想されるが、一般に無線 LAN は帯域が狭いため下位層の処理に比べて上位層の処理には余裕があり、実際のデータ転送性能にはさほど影響を及ぼさない可能性もある。そこで本研究では、モバイル中継ノードを単にデータを中継するノードとして動作させた場合と、中継ノード自身がアプリケーション層で処理を行ってからデータを中継する場合とでどのくらいデータ転送性能に差が出るのか実験を行い、TCP パラメータの振舞、スループット、パケットの流れなどを元に解析を行う。本研究では、無線 LAN マルチホップ通信環境を構築し、中継ノードにおいて単にデータの中継のみをさせた場合と、自身の DB へのデータキャッシュといった高度な処理を行わせた場合について比較実験を行い、TCP パラメータの振舞、データ転送性能、パケットの流れなどの差について解析を行う。

### 2. 既存研究

筆者らは既に、無線 LAN ツーホップ通信環境において中継ノードに単にデータの中継のみをさせた場合と、アプリケーション層における write/read 処理を行わせた場合についての比較実験を行っている [1]。その結果、アプリケーション層における read/write 処理は、何もしないとときと比較して時間はかかるが、無線 LAN の帯域幅が狭いためデータの転送速度が遅く、またパケットの送信ペースもゆっくりであるため、上位層の処理によってかかる時間は通信性能に大きな影響を与えることなく、実際のスループットに差は殆ど出ないということが分かった。

そこで、本研究では、中継ノードにおける上位層での処理を発展させ、自身の DB へデータを書き込んでキャッシュするという処理の実験を行い、結果を解析する。

### 3. DB 転送性能測定

#### 3.1 実験概要

DB を搭載した 2 台の端末の間に中継ノードを設け、2 台の端末間で DB 転送を行う際に、中継ノードに受け取ったデータを自身の DB に書き込みを行いキャッシュさせ

た場合と DB 処理を行わずに単にデータを中継させた場合についてデータ転送性能を比較してみる。実験環境は 3 台の端末を IEEE802.11b 無線 LAN のツーホップ通信で接続したものをを用いた。実験においてはデータ送信側ノードおよび受信側ノードがお互いに直接ではなく必ずマルチホップ通信でパケットをやりとりするように、iptables コマンドによって中継ノード経由以外のパケットを遮断させた。3 台の端末の OS は Linux 2.4.18-3 である。またそれぞれの端末に DB (PostgreSQL7.4.14) を搭載した。DB 転送におけるデータのやりとりとしては以下のような DB アクセスを伴ったソケット通信プログラムを用いた。まず受信側が送信側に送信要求を出すこと送信側が自身の DB から一行ずつ record を取り出し、それらをまとめてソケット通信で送信するという動作を繰り返す。一方受信側はまとめてソケット通信で受けたデータを一行ずつ DB に insert していくという動作を繰り返す。このような環境において、中継ノードに送信側から来たデータを自身の IP 層で折り返して単に転送させる場合と、受けたデータを自身の DB に insert (データキャッシュ) してから受信側ノードに転送する場合との両方について実験を行い、ブロックサイズに対するスループット、輻輳ウィンドウの振舞、パケットトレースを元に解析を行う。

#### 3.2 性能測定

実験の結果を図 1~図 3 に示す。

図 1 は横軸がブロックサイズ [byte]、縦軸がスループットの平均値 [Mbps] を表している。ここでいうブロックサイズとは、ソケット通信において一度に write/read するデータサイズのこと、DB の 16byte のレコードを複数まとめて write/read した時の大きさを示している。また、スループットとは、受信側が受信したデータ量を、受信し始めてからそのデータ (record の集まり) を自身の DB への insert が完了するまでの時間で割って算出しており、通信性能だけではなく DB の読み書きも含んだ DB 転送処理性能を表している。ブロックサイズは 16byte から 2048byte まで 8 段階の値で測定した。

中継ノードの DB にデータをキャッシュさせた場合とさせなかった場合の両方ともブロックサイズに対してスループットが比例に近い形で増加しているのが見て取れる。これは、ブロックサイズが小さいときには無線通信の帯域を効率的に利用出来ていないのに対し、ブロックサイズが 1024byte、2048byte と大きくなると、帯域を有効に活用できていることを表している。また、ブロックサイズが小さい時には、中継ノードにおいて DB 処理をさせなかった方が高いスループットを出しているが、ブロックサイズが大きくなるにつれ、その差は殆ど無くなる。

図 2 は中継ノードにおいて DB 処理をさせた場合の輻輳ウィンドウの時間変化のグラフである。ブロックサイ

Analysis of Hierarchical Protocol Layers  
in a two-hop wireless Network Environment

<sup>†</sup> Aiko Matsui, Kikuko Kamisaka, Masato Oguchi

<sup>‡</sup> Saneyasu Yamaguchi

Ochanomizu University (<sup>†</sup>)

Kogakuin University (<sup>‡</sup>)

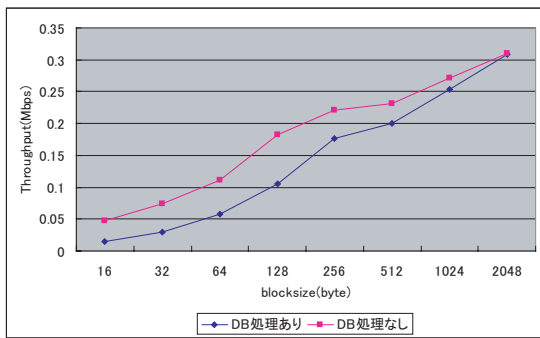


図 1: blocksize に対するスループット (DB 転送)

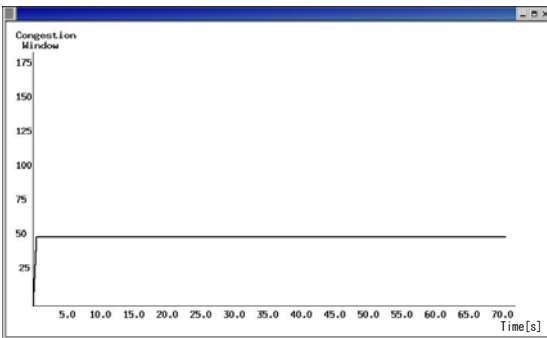


図 2: 輻輳ウィンドウ時間変化

ズは 1024byte であり、送信側ノードにおける測定結果である。中継ノードに DB 処理をさせなかった場合も図 2 と同様な振舞いを見せた。輻輳ウィンドウの値はある程度まで成長したのち、その値を使い切らずに一定となっている。これは、送信側ノードは DB から記録を取り出しソケットに write するという中継ノードや受信側ノードに比べて軽い処理を行っており、中継ノードおよび受信側ノードでの実行時間に比べ短時間のうちに安定した状態で終了するためであると考えられる。

図 3 は中継ノードにおいて DB 処理をさせた場合のパケットトレースの図である。各端末において tcpdump コマンドを用いてパケットをキャプチャし、パケットの送受信の様子をグラフ化して可視化した。横軸が経過時間、縦軸がノードを表している、各パケットが各ノードをどのタイミングで通過しているかが分かる。説明のため、パケットを 6 つのみ抽出し簡素化してある。中継ノードにおいてデータを DB にキャッシュする処理にかなりの時間がかかっていることが分かる。

### 3.3 測定結果に対する考察

以上見たように、中継ノードにおいてデータを自身の DB に書き込みキャッシュさせるという処理は、かなりの負担がかかることが分かった。図 1 で見たように、中継ノードにおいて処理をさせた方がさせなかった場合よりもスループットは少し低くなった。しかし、ブロックサイズが大きくなるにつれ、その差が殆ど無くなるという結果が得られた。これは、ブロックサイズが大きくなるほど、レコード数が増えて DB の処理も増えることで、中継ノードと受信ノードにおける DB の insert 処理がオーバーラップする時間が増加し DB の転送処理全体の効率が上がるためではないかと考えられる。

無線通信においては通信処理に対して上位層での処理

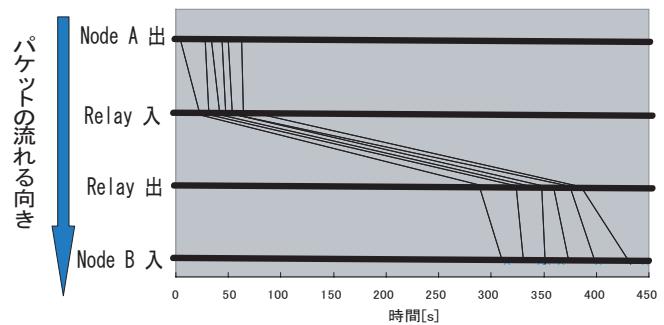


図 3: 中継装置に DB 処理をさせた場合のパケットトレース

に余裕があるため、この実験で中継ノードにおいて DB にデータキャッシュさせることを試みた。実験を行いパケットトレースを見ると、中継ノードにおける処理にかなりの時間がかかっており、やはりソケット通信と比較して DB への書き込み処理は重いことが分かる。このことから、中継ノードにおいて処理をさせた方がさせなかった場合よりも DB 転送処理性能が少しだけ低くなるが、中継ノードと受信ノードにおける DB 処理がオーバーラップしてくるにつれ、その差は殆ど無くなるという興味深い結果が得られた。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では無線 LAN ツーホップ通信環境を構築し、中継ノードにおいて DB にデータをキャッシュさせた場合とさせなかった場合とでデータ転送性能の比較を行った。スループットの平均値と輻輳ウィンドウの時間変化、中継ノードにおけるパケットの流れ等を元に議論を行った結果、本実験環境において中継ノードの DB にデータをキャッシュさせる場合、さほど大きく DB の転送処理性能が低下しないことを確認した。以前に行った中継ノードのアプリケーション層において read/write 処理をさせた場合の実験結果 [1] と合わせて考えても、中継ノードにおける処理は上手に実行させれば多くの場合に有効である可能性が高いと考えられる。

今後の課題としては、実験において、record サイズやブロックサイズの値によっては DB 転送をうまく行えない場合があったため、モバイル DB 環境における最適な record サイズやブロックサイズの値について詳細に調べたい。更に今後は、ツーホップではなくホップ数を増やしたマルチホップ環境を構築する等、発展的な実験を行う。また、各端末のアプリケーション層とトランスポート層、ネットワーク層をパケットが通過する時間について、タイムスタンプ記録コードを各層に挿入することで取り出し、パケットの流れを解析できるようなパケットトレースシステムを構築し、より詳細な解析を行うことを目標とする。

## 参考文献

- [1] 松井愛子, 神坂紀久子, 山口実靖, 小口正人: "無線 LAN マルチホップ環境下における階層プロトコル上のパケットとレース", 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2006 - 38, pp.19-23, 2006年12月