

宛先 IP アドレスを考慮した省電力化の為の Ethernet の通信速度切り替え方式

浅間 美幸† 木村 成伴‡ 海老原 義彦‡

筑波大学 第三学群 情報学類†

筑波大学大学院 システム情報工学研究科‡

1 はじめに

近年、ネットワーク機器の高速化と低価格化に伴い、Gigabit Ethernet を搭載した PC やスイッチング Hub が普及しつつある。しかし、Gigabit Ethernet を 1Gbps (IEEE802.3ab) で接続すると、100Mbps (IEEE802.3u) 接続時と比べて、未通信状態でも 2~4W 消費電力が高い[1]。このため、通信状況に応じて通信速度を切り替えて、消費電力を抑制する ALR (Adaptive Link Rate) が提案されているが、この方式では新たにハードウェアを追加する必要があった[1]-[3]。

そこで本論文では、クライアント PC に搭載された既存の Gigabit Ethernet での省電力化を実現するため、宛先 IP アドレスに応じて、ソフトウェア的に速度を切り替える方式を提案する。そして、通信実験によりその有効性を確認する。

2 提案方式

本論文では、100Mbps と 1Gbps の通信速度を Gigabit Ethernet の速度切り替えの対象とし、消費電力を抑制しつつ、かつ 1Gbps の速度を有効に用いて通信を行うことを目的とする。これを達成するには、PC が通信を行っていないときには Gigabit Ethernet の速度を 100Mbps にし、通信をするときのみ 1Gbps に速度を上げることが考えられる。

しかし、送信元と宛先の間には 100Mbps 以下のリンクがあれば、1Gbps の速度で通信しても無意味である。そこで、提案方式では、宛先 IP アドレスによって速度切り替えを行うかどうかを判断する。具体的には、LAN 内は 1Gbps で通信できるが、外部ネットワークには 100Mbps 以下の回線で接続されている、オフィスや家庭内での典型的なネットワークを想定し、送信元 IP ア

ドレスと宛先 IP アドレスが異なるネットワークにあれば、100Mbps のままで通信を行う。同じネットワーク内にあれば、通信開始時に速度を 1Gbps に切り替え、終了時に (他のプロセスが 1Gbps で通信していなければ) 100Mbps に戻す。但し、予備実験により、通信中に 1Gbps と 100Mbps 間の速度を切り替えるには数秒かかる為、短時間で終わる通信は 100Mbps で行うものとする。

3 評価実験

提案方式の有効性を確認する為、FreeBSD 7.2-RELEASE に標準でインストールされる FTP クライアントプログラムに、提案方式を以下のように実装した。まず、通信を行っていない場合は速度を 100Mbps に設定しておく。そして、FTP クライアントはデータ用コネクションを開いた時のみ、宛先 IP アドレスを参照し、送信元と同一ネットワーク内にあれば 1Gbps に速度を切り替えて通信を行い、データの送受信が終わったら、速度を 100Mbps に戻す。また、FTP コマンドやその応答は短時間で終わる通信であると見なし、100Mbps のままで通信を行う。

次に、クライアントマシン 1 台とサーバマシン 2 台を用意し、図 3.1 に示す環境で、上記の実装プログラムを用いた通信実験を行った。

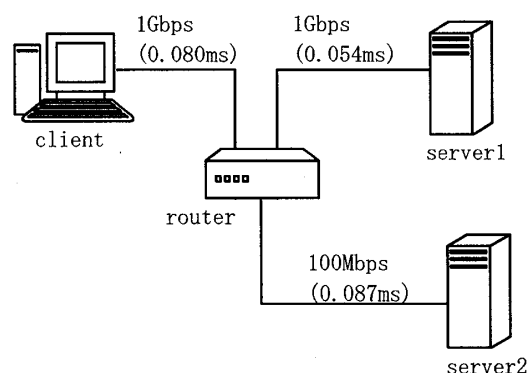


図 3.1 実験環境

Ethernet Link Rate Switching Method Based on Destination IP Address for Power-Saving

†Miyuki Asama, College of Information Science, Third Cluster of Colleges, University of Tsukuba

‡Shigetomo Kimura and Yoshihiko Ebihara, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

表 3.1 各マシンの仕様

client	
CPU	Intel Pentium 4 CPU (3.06GHz)
メモリ	512MB
NIC	PLANEX GN-1200TW2 (Realtek RTL8169SC)
server1	
CPU	Intel Core2 Duo E8500 (3.16GHz)
メモリ	4GB
server2	
CPU	Intel Core2 Duo E8400 (3.00GHz)
メモリ	2GB

図 3.1 において, client と server1 は同じネットワーク内にある. client と server2 は異なるネットワークにあり, router を経由して通信を行う. client のあるネットワークでは 1Gbps で通信可能であるが, router から server2 までは 100Mbps でのみ通信可能である. なお, 図の括弧内の値は各リンクの伝搬遅延である.

表 3.1 に各マシンの詳細を示す. 各マシンの OS は全て FreeBSD 7.2-RELEASE を用いた.

提案方式との比較を行う為, 以下の 3 つのシナリオで実験を行った.

- (1)クライアントは通信中も待機中も 100Mbps で接続する
- (2)クライアントは通信中も待機中も 1Gbps で接続する
- (3)クライアントに提案方式を適用する

以上のシナリオにおいて, クライアントは内部サーバ(server1)と外部サーバ(server2)に, 5 分毎に交互に接続し, サーバにファイル (20M バイトと 60M バイト) を転送する.

この操作を 24 時間繰り返し, クライアントの 1 時間当たりの消費電力, server1 及び server2 へのファイル転送時間の平均値と標準偏差を測定した結果を表 3.2 に示す. この表より, 20M バイトのファイルで実験を行った場合は, 提案方式の消費電力は 100Mbps の場合とほぼ変わらず, 1Gbps の場合よりも低くなっている. しかし, 速度切り替えとその後のネットワーク処理に要する時間が通信時間よりも長かったことから, server1 への平均ファイル転送時間が他の場合の 2.8~5.7 倍となった. 一方, 60M バイトのファイルで実験を行った場合, 提案方式の server1 への平均ファイル転送時間は, 速度切り替え時間を含めても, 100Mbps の場合と同程度となった. また, 消費電力は, 1Gbps の場合と比べ, 提案方式の方が 3.7%抑制されていた.

表 3.2 実験結果

ファイルサイズが 20M バイトの場合			
シナリオ	消費電力 (W)	server1 への平均転送時間(s)	server2 への平均転送時間(s)
100Mbps	77.08	2.22±0.30	2.22±0.30
1Gbps	79.58	1.08±0.39	2.23±0.29
提案方式	76.67	6.16±0.34	2.33±0.20
ファイルサイズが 60M バイトの場合			
シナリオ	消費電力 (W)	server1 への平均転送時間(s)	server2 への平均転送時間(s)
100Mbps	77.08	5.49±0.48	6.22±0.30
1Gbps	80.00	1.37±0.15	6.30±0.27
提案方式	77.08	5.31±0.58	6.26±0.36

これより, 60M バイト以上のファイルを送受信する場合に速度を切り替えるようにすることで, 提案方式が有効に機能すると考えられる.

4 まとめ

本論文では, クライアントの消費電力を削減するため, 宛先 IP アドレスを考慮した Ethernet の通信速度切り替え方式を提案した.

今後は更に通信実験を行い, 提案方式の有効性が確認できるファイルサイズを調査すると共に, 速度切り替え時間の縮小方法についても検討していきたい.

5 参考文献

- [1] Himanshu Anand, Casey Reardon, Rajagopal Subramanian, and Alan D. George, "Ethernet Adaptive Link Rate (ALR): Analysis of a MAC Handshake Protocol," Proceedings of 31st IEEE Conference on Local Computer Networks, pp. 533-534, November 2006.
- [2] Baoke Zhang, Karthikeyan Sabhanatarajan, Ann Gordon-Ross, and Alan George, "Real-Time Performance Analysis of Adaptive Link Rate," Proceedings of 33rd IEEE Conference on Local Computer Networks, pp. 282-288, October 2008.
- [3] Chamara Gunaratne and Ken Christensen, "Ethernet Adaptive Link Rate: System Design and Performance Evaluation," Proceedings of 31st IEEE Conference on Local Computer Networks, pp. 28-35, November 2006.