

WLANの再送回数を用いたハンドオーバー決定指標の有効性調査

On Novel Decision Criteria for Efficient Handover in WLANs

井島 亮一¹
Ryouichi Ijima

塚本 和也¹
Kazuya Tukamoto

榎原 茂²
Shigeru Kashihara

尾家 祐二²
Yuji Oie

九州工業大学大学院 情報工学研究科 情報システム専攻¹
Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology.
九州工業大学 情報工学部 電子情報工学科²
Department of Computer Science and Electronics, Kyushu Institute of Technology.

1 はじめに

ユビキタス環境では、モバイルノード (MN) は WLAN と IMT-2000 などの異なるネットワーク間、あるいは同じネットワークでも異なる管理ドメインの WLAN 間のハンドオーバーを行う機会が増加するため、効率的なハンドオーバーの実現が重要となる。また FTP やストリーミング放送といった TCP を用いるアプリケーションの場合は、ハンドオーバー時に通信を継続するだけでなく、それに伴う性能劣化を防ぐことが重要となる。

これまで MN のハンドオーバーを実現するための方式として、Mobile IP [1] や塚本ら [2] の研究が提案されているが、その手法の多くがハンドオーバーを行う際の指標としてパケットロスを用いている [3]。しかし、パケットロスを用いたハンドオーバー決定指標の妥当性に関しては詳細な検討が行われていない。

そこで本研究では、WLAN 環境で MN が移動した際の性能を評価した上でパケットロスを用いたハンドオーバー手法の問題点を明らかにする。そして、この問題点を解決するため、レイヤ 2 の情報をハンドオーバー決定指標として用いた際の有効性を確認する。レイヤ 2 の情報を使用したハンドオーバー方式としては、再送回数を用いた榎原ら [4] の研究がある。しかし、[4] では UDP のみを対象としており、TCP については調査していない。そこで本論文では、TCP 通信において再送回数を用いたハンドオーバー決定指標の有効性について調査する。

2 パケットロスと再送回数

WLAN 上でのパケットロスと再送回数の関係について説明する。有線区間と無線区間を中継する AP は、有線区間から受信したパケットを、無線区間へフレームとして送信する。そして無線区間へ送信したデータフレームに対する ACK フレームを受信することで、パケットが正しく相手に届いたことを確認する。もし、送信したデータフレームに対する ACK フレームを受信できない場合、AP はデータフレームの再送を行う。再送回数の上限値は、RTS/CTS を使用した場合は 4、使用しない場合は 7 に設定される。本論文では比較的大きいパケットを送信する TCP 通信を対象とし、また隠れ端末問題による通信品質の劣化を防ぐために RTS/CTS を使用する。この場合、MN は送信したデータフレームに対する ACK フレームを受信するまで、同じデータフレームを最大 4 回送信 (初送信+再送 3 回) する。そして 4 回目の

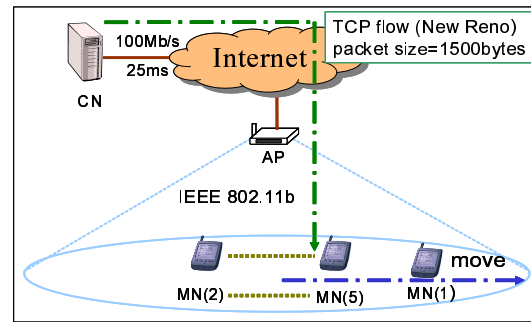


図 1 シミュレーションモデル

送信が行われても ACK フレームを受信できなかった場合、そのパケットは破棄される。その後 TCP の送信側は、自身の再送制御によってそのパケットを再送する。

このように WLAN では、パケットロスが発生するよりも前にレイヤ 2 においてフレームの再送が発生する。フレームの再送が発生する原因としては、電波強度の減衰によるフレーム損失、他の MN とのフレーム衝突が考えられるが、本研究では RTS/CTS を用いるため、電波強度の減衰による再送のみ発生する。従って、本研究では電波状況の悪化を検知するための指標として、フレームの再送回数が有効であると考えられる。次節では、効率的なハンドオーバーの指標として再送回数が有効であることを示すため、シミュレーションを用いて MN の移動時の性能をレイヤ 4 とレイヤ 2 の観点から調査する。

3 シミュレーションモデル

MN の移動が通信品質に与える影響を調査するために、図 1 に示すような環境を想定し、Network Simulator 2(ver.2.27) [5] を用いてシミュレーションを行う。シミュレーションでは、IEEE802.11b [6] インターフェースを搭載した 5 台の MN が相手端末 (CN) と TCP 通信を行い、MN(1) と AP との距離を 0m から 22m まで 1m ずつ離し、各地点における通信品質の特性の変化を調べる。また、TCP のアルゴリズムには NewReno を用いる。MN は IEEE802.11b の 11Mb/s モードで通信を行い、フォールバックは行わないものと仮定する。

4 シミュレーション結果

4.1 移動中の MN における通信品質

MN のグッドプット及び再送回数の割合の変化を図 2, 3 に示す。これらの図より、無線区間における再送が 10m

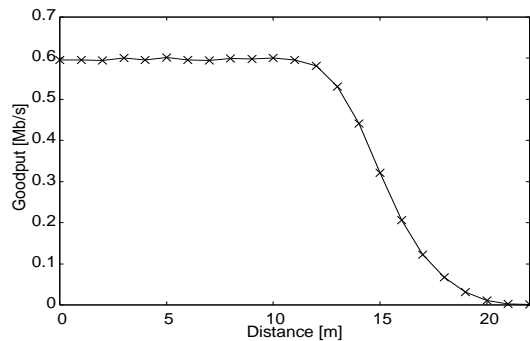


図2 移動したMNのグッドプット特性

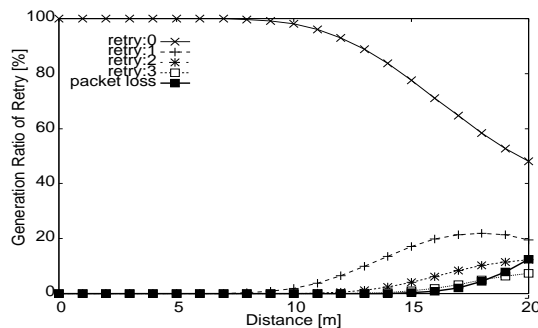


図3 移動したMNの再送回数の割合

付近で発生し始め、その直後にMNのグッドプットが低下し始めていることが分かる。また、パケットロスが発生する15m付近では、既に50%近くグッドプットが低下していることが分かる。このグッドプットの低下は、フレーム再送の発生に伴い、1パケットあたりの送信時間が増加し、送信パケット数が減少するためである。

以上の結果より、パケットロスを用いてハンドオーバを決定する従来手法を用いる場合、パケットロスが発生する時点で大きくグッドプットが減少しているため、効率の良いハンドオーバを実現できないことが分かる。これに対し、再送の発生直後からグッドプットが低下するため、再送回数をハンドオーバの決定指標として用いることが有効であると考えられる。

4.2 無線LAN内の総グッドプット特性

TCP通信中のMNの移動が、WLAN内の総グッドプットに与える影響を調査する。図1において5台のMNの内1台、または3台が移動したときのWLAN内の総グッドプット変化を図4に示す。図4より、移動するMNが1台のときの総グッドプットは、図3において再送が発生し始める10mから17m辺りまで減少を続けるが、18mから増加していることが分かる。これは15m以降に生じるパケットロスにより、送信側が移動中のMNに対する送信レートを下げ、余剰となった帯域を静止中のMNによって分け合うためである。一方、移動中のMNが3台に増加したとき、総グッドプットは約1100Kb/s低下しており、1台の時(320Kb/s低下)の3倍以上となる。つまり、移動するMNが多いほどWLAN内の総グッドプットに与える影響が大きくなる。また図3, 4の結果から、総グッドプットが低下する前

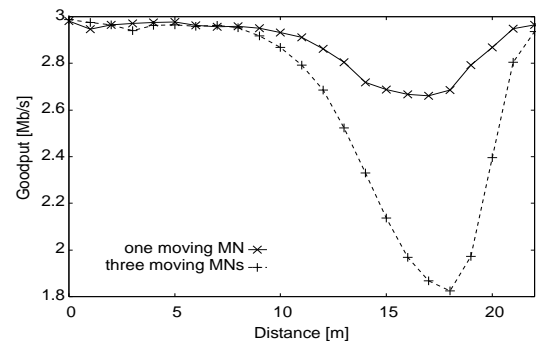


図4 MNの総グッドプット特性

に再送が発生していることが分かる。

以上の結果は、ハンドオーバの指標としてフレームの再送回数を用いることで、MNのグッドプット及びWLAN内の総グッドプットを低下させる前にハンドオーバを行える可能性を示している。

5 おわりに

本論文では、WLANでのハンドオーバ決定指標としてパケットロスを用いた場合の問題点と、新たな決定指標としてフレームの再送回数を用いることの有効性について調査を行った。その結果、パケットロスの発生をハンドオーバの指標とする従来手法を用いた場合、移動するMNのグッドプットを大きく低下させることに加え、そのMNが接続しているWLAN全体の性能も大きく劣化させてしまうことを明らかにした。

以上の結果より、従来手法ではTCPのハンドオーバを効率的に実現できないことが分かった。一方、移動によるグッドプットの低下が、無線区間における再送の発生直後に始まることから、再送回数がハンドオーバ時のグッドプットの性能劣化を防ぐ指標として適していることを示した。今後はこの再送回数を用いて、ハンドオーバの開始時期を判断する手法の提案を行い、評価する。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会による科学研究費補助金(課題番号15200005)及び総務省の支援を受けている。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] C. Perkins(Ed.), "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC3344, August 2002.
- [2] K. Tsukamoto, et al., "Mobility Management of Transport Protocol Supporting Multiple Connections," *Proc of ACM MobiWac2004*, pp. 83-87, October, 2004.
- [3] N. A. Fikouras, et al., "Performance analysis of Mobile IP handoffs," *Proc. of APMC '99*, pp. 770-773, 1999.
- [4] S. Kashiwara, Y. Oie, "Handover Management based upon the Number of Retries for VoIP in WLANs" *IEEE 61st Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC2005)*, May 2005.
- [5] The Network Simulator 2 ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [6] IEEE Standards Department, "IEEE 802.11 standard for Wireless LAN, Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 1999.