

アドホックネットワークにおける SCTP 及び同時通信方式の検討

内藤 壮司[†] マハダド ヌリ シラジ[‡] 美濃 導彦[†]

富士通関西中部ネットテック株式会社[†] 独立行政法人通信研究機構[‡]

1. まえがき

アドホックネットワークはインフラを必要としない無線ネットワークをベースにした技術であり重要な技術となりつつある。しかしアドホックネットワークプロトコルは端末の移動や、無線による干渉の為にパスの切り換えやパケットの消失が高い頻度で発生する。

通常の有線ネットワークにおいてはルーティングプロトコル上でルーティング情報が変更されても上位層に通知されないが、有線ネットワークにおいてはルーティング情報が頻繁に変更されない為に大きな影響を及ぼさない。

しかしアドホックネットでは、パスの切り換えが頻繁に発生する為に、パス情報を上位層に通知しない事が悪影響を及ぼす。特に上位層にTCP/SCTP等のプロトコルを適用すると大きな問題を引き起こす事が知られている。

またアドホックネットワークにおける最近の提案としてマルチパス（並行同時通信）通信がある。しかしアドホックネットワーク上でのマルチパス通信では、TCP/SCTPにおける問題を解決するには至っていない[1]。

本研究ではアドホックネットワークにおけるマルチパス通信を効率よく行う為に、SCTP及びアドホックネットワークプロトコルとのインタフェースの拡張方式において提案を行う。またシミュレータ(NS-2[2])実験により提案方式の評価を行う。

2. アドホックネットワークプロトコルの問題

アドホックネットワークプロトコル上でTCP/SCTP等の転送パスの状態を監視するプロトコルを利用すると、アドホックネットワーク上で発生するパスの切り替えに伴い転送パスの状態を正確に把握できなくなる。この問題はトランスポート層のパケットロス検出精度に影響を及ぼす。さらにパケットロスを検出するトランスポート層では、ロスが発生したパスを区別できない。よって異なるパスで発生したパケット

ロスを一つのパスで発生したとみなし、RTTを連続して更新する。しかしRTTの連続更新はExponential Back-offの問題を引き起こす[3]。これらの問題は通信にDSR等の複数のパスをキャッシュするプロトコルを適用すると、さらに深刻化する。キャッシュされたパスはノードの移動等により利用されない間に利用不可能なパス情報となる(stale化する)可能性が高くなるのである。

3. マルチパス通信の問題

近年アドホックネットワークの品質改善のアプローチとして、マルチパス（並行同時）通信が提案されている。しかしマルチホーム上のマルチパス通信にはLoad Balancing/ Bandwidth Aggregation/ Resiliencyの効果を期待する事ができるが、アドホックネットワーク上のマルチパス通信では、有線とは異なり複数のパスを同時に利用する事で、無線の干渉による問題を大きくしてしまう。さらにアドホックネットワーク上の複数のパスを同時に使う事によって、2章で述べた問題をより顕著にしてしまう。

これらの問題はアドホックネットワーク特有の要素を多く含んでいるが、単一レイヤーだけでなく、トランスポート層との情報交換が不足している事も問題の大きな要因となっている。

よって本研究ではアドホックネットワーク上で効率よくマルチパス通信を行う為にトランスポート層のプロトコルであるSCTPを拡張し、さらにアドホックネットワークプロトコルとのレイヤー間インタフェース方式を拡張する方式を提案する。

4. 提案手法

3章で述べた様にアドホックネットワーク上でマルチパス通信を行う為には、トランスポート層でアドホックネットワーク上のパスの状態を正確に把握する必要がある。

従来のTCP/SCTPでは通信パスのRTTとcwndそれに基づく転送制御（輻輳制御・再送制御）が基本的な転送制御である。本研究ではアドホックネットワーク上で実際に利用するパス毎でこれらの状態を管理する事により、正確な転送制御を行う。

アドホックネットワーク上のパス情報をSCTPが取り扱う為には、パスの生成及び削除情報を

A Case Study on SCTP and Concurrent Transmission in Ad Hoc Networks

[†] Shoji Naito, Fujitsu Kansai-Chubu Net-tech

[‡] Mehdad Nori Shirazi, Minoh Michihiko, National Institute of Information and Communications Technology

レイヤー間で交換し、SCTP からデータを転送するパスを指定できる様に拡張する必要がある。

よって本研究ではパスの状態管理だけでなく、クロスレイヤを目的とした設計を行い必要なパス情報を交換する仕組みを導入した。以降従来のマルチホームにおけるマルチパスと区別するために、アドホックネットワーク上のパスをルートと呼び、本提案システムをマルチルート通信システムと呼ぶ。またこれらの拡張を行った SCTP 及び DSR を MR-SCTP, MR-DSR と呼ぶ。

5. 実験結果

以下の環境で NS-2 による提案モデルの検証を行った。エリア：1000[m]x1000[m], 無線プロトコル：802.11(11Mbps), 端末移動速度：10m/s 20m/s 30m/s, ノード数：50, 同時通信数：1/3/5
まず同時通信数の環境において従来プロトコルである DSR と SCTP を用いた実験結果を示す(図1)。図において横軸は受信レートの期待値を表し、縦軸は受信レートの実測値を表す。

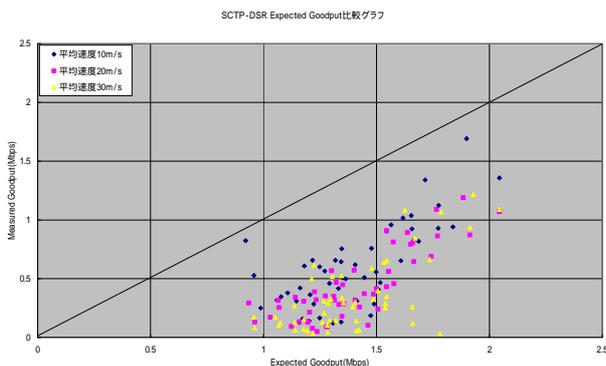


図1 SCTP-DSR Expected Goodput 比較グラフ

DSR/SCTP の実験結果を見ると期待値と実測値の差に大きな幅があり、安定したスループットが得られていない事がわかる。特に移動速度が増加した場合、安定したスループットが得られなくなる。詳細な原因を調べると Stale ルートの発生が原因であることがわかった。これに対して、MR-DSR/MR-SCTP の実験結果を図2に示す。

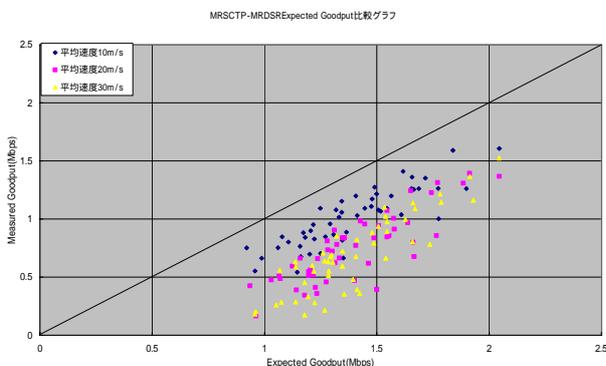


図2 MR-SCTP-MRDSR Expected Goodput 比較グラフ

MR-DSR/MR-SCTP では、DSR/SCTP に比べて

実測値と期待値の差に変動が少ない事がわかる。この結果から MR-DSR は端末の移動速度が変化した場合でも安定したスループットを得る事ができている事がわかった。次にデータの受信レートの比較を行った(表1)。並行して通信する端末が無い環境では移動速度(10m/s-30m/s)に関わらず MR-SCTPの方が高い受信レートを得られた。

移動速度 (m/s)	MR-SCTP (Mbps)	SCTP (Mbps)
10.0	1.015	0.597
20.0	0.753	0.430
30.0	0.687	0.351

表1 受信レート比較表

次に並行して複数の端末が同時に通信を行った場合の結果を図3に示す。

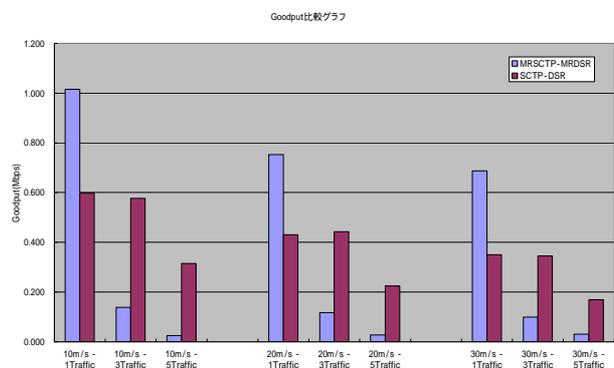


図3 Goodput 比較グラフ

表1に示した結果に比べて MR-SCTP の受信レートが著しく減少している。特定のシナリオにおいてその原因を調べたところ、複数の通信を同時に行う事によって発生する干渉が原因である事がわかった。

6. まとめ

提案した方式についてシミュレーションとその有効性を検証した。シミュレーション結果では既存プロトコルに比べて、スループットの安定性に関して改善が得られた。今後は無線の干渉による問題を抑える方法について検討していく予定である。

7. 参考文献

- [1] S. Mueller and D. Ghosal, "Multipath Routing in Mobile Ad Hoc Networks: Issues and Challenges", Invited paper in Lecture Notes in Computer Science, Edited by Maria Carla Calzarossa and Erol Gelenbe, 2004.
- [2] "The Network Simulator - ns-2.", available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [3] Gavin Holland, Nitin Vaidya, "Analysis of TCP Performance over Mobile Ad Hoc Networks", Proceedings of IEEE/ACM MOBICOM '99