

MANETの経路安定度を考慮したゲートウェイ間フロー制御方式

清水 正明[†] 高見 一正[†]

創価大学大学院工学研究科情報システム工学専攻[†]

1. はじめに

近年、従来ネットワークとは異なり、固定通信インフラを必要としない MANET(Mobile Ad-hoc Network)を、災害により無線基地局が使えなくなった際の緊急網として応用する研究等が行われている。しかし、MANETは、移動端末で構成される自律分散型ネットワークであるため、固定端末で構成される集中管理型ネットワークに比べ、通信品質が低いことが指摘されており、未だ実用化に至っていないのが現状である。

MANET で使用することで著しく性能が低下してしまう例として、TCP (Transmission Control Protocol)が報告されている[1]。これは TCP の設計基準として、通信の安定したパケット損失の非常に少ない固定有線ネットワークを想定しており、MANET のように無線マルチホップ通信や、ダイナミックなトポロジ変化に起因する頻繁なパケット損失を想定していないためである。具体的には、輻輳制御を遅延増加やパケット損失にもとに行うため、すべてのパケット損失を、輻輳に起因するものだと誤って判断してしまう。そのため、ウィンドウサイズを必要以上に減少させてしまい効率的な通信が出来なくなってしまふ事が挙げられる。MANET において、高い通信品質の確保は重要な課題である。従って、MANET という特殊な環境に適応したプロトコルの実装が必要である。

本稿のねらいは、地震等の自然災害において、全壊を免れた施設内に構築されている企業、大学等の LAN (以下、孤立 LAN) 内のノードが、MANET 経由でインターネットに接続するような

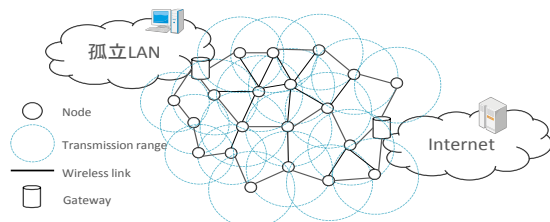


図 1 想定環境図

Flow Control Method between Gateways based on Route Stability Metrics for MANET

[†] Masaaki Shimizu and Kazumasa Takami

Graduate School of Engineering, Soka University

状況 (図 1) における通信品質の向上である。特に、災害直後のため、使用可能な電力が残り少ないこと、輻輳の発生しやすい状況であることを考慮する。効果的な制御を行うために「経路安定度」を判定要素として用いることとし、算出に必要な情報選定のため、経路における各要素間の関係を調査した。

2. 経路安定度を考慮したフロー制御方式

2.1. 既存研究

MANET の性能の改善についての研究はいくつかなされている。ABR[2]では、経路の結合度や安定性をもとにルーティング制御を行うことで改善を図っている。しかし、トランスポート層プロトコルは UDP を前提としているため、TCP による通信品質の確保はなされていない。ATCP[3]では、MANET における TCP の性能低下を改善するために、送信元でアクティブな制御層(ATCP レイヤ)をネットワーク層とトランスポート層の間に挿入している。しかし、経路の安定度という情報をもとに制御を行ってはおらず、また MANET 内の端末全てにレイヤを追加する必要がある。このような点で提案手法は既存手法と異なっている。

2.2. フロー制御方式

エンド・ツー・エンドの通信品質の向上につながるのは、提案するフロー制御機能を、想定環境において MANET を挟むように位置するゲートウェイ上に配備し、当該区間の品質を改善することである。従って、本稿では、適切に MANET 内の制御を行うために、ネットワーク層とトランスポート層の間に制御補助のための新たな層を追加する。図 2 にエンド端末と、ゲートウェイ、MANET 内の端末のレイヤ構成を示す。制御には「経路安定度」を用い、残りの経路接続時間、経路再構築時間などの予測値を決定する。決定した予測時間に合わせてフローを調節し、従来 TCP には予測不可能な経路変更によるパケット損失を抑え、過剰なウィンドウサイズの低下を防ぎ、スループットの向上をはかる。

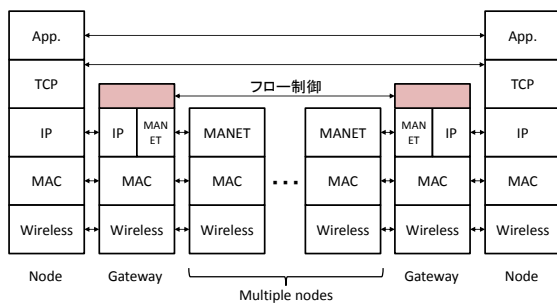


図 2 レイヤ構成

2.3. 経路安定度

前節で述べたように、本稿では、MANET 内の制御に「経路安定度」を用いる。安定している経路とは、(1)経路の維持時間が長く、(2)ローカルリペアに要する時間が短く、(3)比較的高い通信品質を維持している経路だと考える。経路安定度を算出するための要素は、クロスレイヤアプローチにより、ネットワーク層以下の各層から取得する。安定度の算出には、式(1)(2)に示すように、平均経路切断間隔(MTBRD: Mean Time Between Route Disconnection), 平均経路修復時間(MTTRR: Mean Time To Route Repair)を用いる。これらの指標と端末移動速度、電池残量, RTT, ホップ数, 端末数などの各種要素との相関関係を調査し、経路安定度の評価に適切な要素を選定する。

$$MTBRD [s] = \frac{\text{経路切断時間 [s]}}{\text{経路切断回数 [回]}} \cdots (1)$$

$$MTTRR [s] = \frac{\text{経路接続時間 [s]}}{\text{経路切断回数 [回]}} \cdots (2)$$

$$\text{経路安定度} = \frac{MTBRD}{MTBRD + MTTRR} \cdots (3)$$

3. シミュレーションによる評価

本稿では、シミュレーションに、本学で開発された MANET エミュレータ[4]を使用する。ルーティングプロトコルは AODV を使用する。様々な状況において各パラメータのログをとり、相関関係を調査する。そのシミュレーション条件を表 1 に示す。図 3 に速度を変化させながら経路安定度を、エミュレータにより評価した例を示す。グラフから、ゲートウェイ間の端末数が少ないと経路は安定せず、速度によっては、あるところを境にあまり上昇しなくなっている。この経路安定度が、フロー制御を行う上で使用可能な指標となっていることが確認できた。

表 1 シミュレーション条件

項目	設定
試行回数	5 [回]
フィールドサイズ	500[m] × 500[m]
端末数	30 ~ 50 [台]
端末配置	ランダム
モビリティモデル	Random Way Point
電波伝搬範囲	100[m]
無線リンク遅延	20 [ms]
端末移動速度	1.4, 6, 10, 14 [m/s]
パケットサイズ	5 byte
計測時間	5 [min.]
ゲートウェイ間距離	約 565 [m]

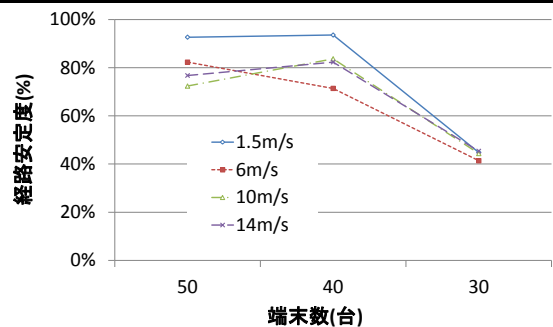


図 3 速度による経路安定度の変化

4. まとめ

MANET 内の通信品質向上のための制御用レイヤにおいて用いる経路安定度を定義するために各パラメータの MANET への影響を調査した。

今後の課題として、相関関係があると判断出来た要素を付加し、経路安定度の式を改良する。その式から算出された推測時間を用いてどのようにフローの制御を行うかの考察を行い、実装・評価を行う。評価については、シングルパス環境にて、孤立 LAN が複数存在する場合についても行う。また、さらなる通信品質向上のため、マルチパス環境における提案方式の適用を行う。

参考文献

- [1] X. Chen, et al., "TCP performance over mobile ad hoc networks," *Canadian J. Elect. Comput., Eng.*, vol. 29, no. 1/2, pp. 129-134, Jan.-April 2004.
- [2] C. K. Toh, "Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks," *Wireless Personal Commun.*, vol. 4, pp. 103-139, 1997.
- [3] J. Liu and S. Singh, "ATCP: TCP for mobile ad hoc networks," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 19, no. 7, pp. 1300-1315, July 2001.
- [4] D. Kasamatsu and N. Shinomiya, "Implementation and Evaluation of Emulator for Testing Service Programs in MANET," *Proc. IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)'10*, pp. 496-501, April 2010.