

無線メッシュネットワーク用 フローベース QoS ルーティングプロトコルの提案と評価

大江 潔昂[†] 小山 明夫[†]山形大学大学院理工学研究科[†]

1. はじめに

近年、モバイル端末の普及により無線 LAN (WLAM) の利用が急激に増加していることから、WLAN エリアを広域に展開する無線メッシュネットワーク (WMN) が注目を集めている。また、アプリケーションの多様化、高品質化に伴い、QoS (Quality of Service) 保証へのニーズが高まっている。従って、データ伝送経路を決定するルーティングは QoS 保証において重要な技術であると言える。

今日の無線ネットワークで標準化されているプロトコルは宛先ベースであり、かつ同時にサポートできるメトリックが 1 種類のみであるため、多種のアプリケーションフローが混在する環境下では QoS を満足できない場合が懸念される。本稿では、各フローに ID を付与してそれぞれを識別し、フロー毎に任意のメトリックを用いて経路を構築するルーティングプロトコルを提案する。また、ルーティングメトリックである Expected Transmission Time (ETT) に負荷状況を考慮させた Expected Queuing and Transmission Time (EQTT) を提案する。そして、異なる要求が存在する環境下において、提案手法が従来手法よりも優れていることを示す。

2. ルーティングメトリック

2.1. ETT (Expected Transmission Time)

ETT はリンク上でパケットの伝送が完了するまでにかかる時間を推定したメトリックである。

リンク上の再送回数 ETX (Expected Transmission Count) を用いて式(1)で計算される。

$$ETT = ETX \times \frac{s}{r} = \frac{1}{d_f \times d_r} \times \frac{s}{r} \quad (1)$$

ここで、 ETX はリンクの順/逆方向成功率 d_f, d_r の積の逆数で求められ、 s はパケットサイズ、 r はリンクレートを表す。ETT の問題点はネットワークの負荷状態が異なる場合でも、同じ値をとってしまうことである。すなわち、高負荷環境下ではネットワーク性能が劣化する恐れがある。

2.2. EQTT (Expected Queuing and Transmission Time)

本稿では ETT にネットワークの負荷状況を反映させるためにキューイング遅延を考慮させた EQTT を提案する。キューイング遅延は中継機器 (ノード) のキュー長 Q 及び伝送レート r 、全隣接ノードとの平均再送回数 ETX_{avg} を用いて計算され、EQTT は式(2)で計算される。

$$EQTT = \frac{Q}{r} \times ETX_{avg} + ETT \quad (2)$$

3. フローベースルーティング

3.1. ルーティングテーブルの拡張

提案手法では、AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) プロトコルを基にフローベースルーティングプロトコルを提案する。本手法では各アプリケーションフローにフロー ID を付与し、ソース IP アドレスと組み合わせることで、各フローを識別する。これにより、フロー毎にルーティングエントリを生成することができる。図 1 に従来手法及び提案手法のルーティングテーブルのフィールドを示す。

3.2. 構築手順

提案手法での経路構築は、経路探索、経路応答、経路有効化の 3 フェーズを経て行われる。以下で各フェーズの大まかな手順を説明する。また、図 2 に制御パケットの流れを示す。

3.2.1. 経路探索

経路探索は、ネットワーク上に存在するソース-宛先間の経路を発見するフェーズである。

a) ソースノードは経路探索メッセージ (Route Request: RREQ) をフラッディングし、経路応答メッセージ (Route Reply: RREP) を待つ。RREQ にはソース IP、Flow ID、宛先 IP、要求帯域・遅延、経路メトリック等の情報が含まれている。

b) RREQ を受信した中間ノードは RREQ の経路メ

Destination IP	Next hop
----------------	----------

(a) 従来手法 (AODV)

Source IP	Flow ID	Destination IP	Next hop
-----------	---------	----------------	----------

(b) 提案手法

図 1. ルーティングテーブル(一部抜粋)

Proposal and Evaluation of a Flow-based QoS Routing Protocol for Wireless Mesh Networks

Kiyotaka Oe[†], Akio Koyama[†]

[†]Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

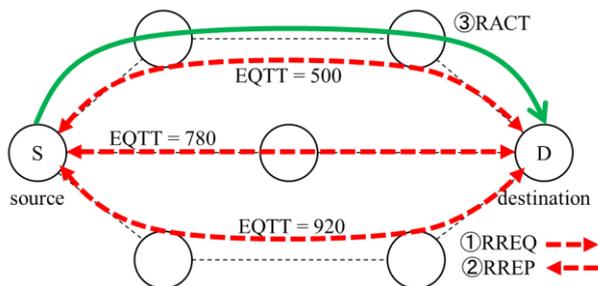


図 2. 制御パケットの流れ

トリックフィールドを更新し、ソースノード方向への経路情報を更新した後、RREQ をブロードキャスト中継する。

複数の RREQ を受信した場合、経路メトリックが以前の RREQ よりも優れている場合に限り、RREQ を中継する。

c)自身が宛先ノードである場合は経路応答フェーズへ移行する。

3.2.2. 経路応答

経路応答は、経路探索時に発見された経路をソースノードへ通知するフェーズである。

a)宛先ノードは RREP を生成し、ソースノードへユニキャスト送信する。RREP にはソース IP, Flow ID, 宛先 IP, ソース-宛先間経路メトリック等が含まれている。

複数の RREP を受信した場合、経路メトリックが以前の RREP よりも優れている場合に限り 2 つ目以降の RREP を返す。

b)RREP を受信した中間ノードは、宛先ノード方向への経路情報を更新し、RREP をユニキャスト中継する。

c)RREP がソースノードに届くまで中継が繰り返される。最初の RREP がソースノードに届いたら、経路有効化フェーズに移行する。

3.2.3. 経路有効化

経路有効化は、発見された経路の中から 1 つをデータ伝送経路として選択し、構築するフェーズである。

a)ソースノードは 2 つ目以降の RREP を一定時間待機する。

b)発見した中で最もメトリックが良い経路に対して経路有効化メッセージ(Route Activation: RACT)をユニキャスト送信する。RACT にはソース IP, Flow ID 情報が含まれている。ただし、遅延要求、帯域を共に満たせる経路が存在しない場合、経路の有効化は行わず、データフローを削除する。

c)RACT を受信した中間ノードは帯域を確保、経路確定フラグをセットし、RACT をユニキャスト中継する。

表 1. シミュレーション結果

試行回数	成功率[%]		遅延[ms]	
	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
1	2.9	84.4	2901.3	2203.8
2	74.8	100	252.9	19.6
3	20.1	75.5	1824.2	2636.8
4	3.3	44.3	7873.6	6629.3
5	90.5	100	297.89	16.7

d)宛先に RACT が届くまで中継が繰り返される。

4. 性能評価

性能評価は、ns3 によるネットワーク性能の比較によって行う。

4.1. シミュレーションシナリオ

アクセスポイント(AP)25 個を 100m 間隔で 5×5 の格子状に配置したトポロジにおいて、ランダムに送信、宛先ノードを 1 つずつ選択し、2 本の CBR フロー(350kbps)を 30 秒間送信させたときの従来手法(AODV_ETT)と提案手法の平均伝送成功率・遅延を測定した。なお、ネットワークにある程度の負荷をかけるため、同様のフローをランダムに 10 本流してある。また、今回のシミュレーションでは遅延要求を行っていない。

4.2. 結果

シミュレーション 5 回分の結果を表 1 に示す。表から、従来手法では著しく低下しているパターンが観察できるが、これは負荷集中によるものであると考えられる。一方で提案手法では EQTT 及びフローベースルーティングにより、負荷分散をしつつフロー毎に経路を構築したため、伝送成功率をより高い水準で維持している。伝送遅延は全体的に改善が確認できるが、劣化するパターンも見られる。しかし、その場合においても伝送成功率は大幅に改善されていることに留意すべきである。

5. おわりに

本稿では、ルーティングメトリック EQTT 及び各フローを ID によって識別子するフローベース QoS ルーティングプロトコルを提案した。ns3 によるシミュレーションの結果から、提案手法が従来手法よりも高い性能を示すことが確認された。

参考文献

[1] D. S. J. De Couto, D. Aguayo, J. Bicket, and R. Morris, "A High-Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing," *Wireless Networks*, vol.11, no.4, pp.419-434, 2005.

[2] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>, 2003.