

ノードの移動距離と通信経路の信頼性を考慮した MANET 用ゾーン型ルーティングプロトコル

長内春樹† 小山明夫†
山形大学大学院理工学研究科†

1. はじめに

インフラレスな状況下でも通信を実現する技術として、MANET(Mobile Ad-hoc NETWORK)が注目されている。MANET では、無線端末同士が直接通信を行うことでネットワークを構築する。電波範囲外の端末と通信を行う際は、他の端末をルータとして機能させて通信を行う。さらに MANET は端末の移動が自由であるといった特徴を持つ。よってトポロジは変化し、状況によってはネットワーク性能に悪影響を与える。すなわち MANET では端末の移動を考慮したルーティングプロトコルの開発が重要である。

本稿では、以前我々が開発したゾーン型ルーティングプロトコル EZRP に、ノードの移動性を考慮したルーティング手法を組み込んだ EZRP2 を提案する。さらに実機実験により EZRP と EZRP2 の性能比較を行い、提案手法の EZRP2 の方が従来手法の EZRP よりも優れたネットワーク性能を持つことを示す。

2. MANET 用ゾーン型ルーティングプロトコル

2.1. ZRP(Zone Routing Protocol)

ZRP は 2 種類のルーティングプロトコルを組み合わせたプロトコルである。ZRP は“ゾーン半径”という値によって、自ノードからの最短ホップ数がゾーン半径値以下になるノードをルーティングゾーン内に存在すると判断する。ゾーン内のノードとの通信は IARP, ゾーン外のノードとの通信は IERP を用いる。ZRP はゾーン半径の値を変えることで、様々なネットワーク環境に適応できるプロトコルである。

2.1.1. IARP(IntraZone Routing Protocol)

IARP は各ノードが定期的に IARP パケットを送信し、経路情報を交換することでルーティングテーブルの作成・更新を行う。各経路情報には生存時間が設定されており、生存時間内に更新が行われないとその経路情報は削除される。

2.1.2. IERP(IntErzone Routing Protocol)

IERP は全方向のゾーン境界ノードに対して IERP 要求パケットを送信することで、通信経路の探索を行う(図 1)。IERP 要求を受け取ったノードは自身のゾーン内に宛先が存在するかどうかを確認し、存在すれば IERP 応答パケットを送信元に返送することで通信経路を確立する。

2.2. EZRP(Enhanced Zone Routing Protocol)

IERP は経路探索の際、通信対象とは無関係な方向にも IERP 要求パケットを送信するので、無駄な制御パケットが多くなりネットワーク負荷が増大する。そこで我々は、EZRP(Enhanced Zone Routing Protocol)を提案した[2]。EZRP は通信経路の信頼性に応じたルーティング処理を行うことで、無駄な制御パケットの送出を抑制する。経路信頼値 RRV(Route Reliable Value)は、通信履歴が 10 件に達した時点で算出する。RRV は通信経路ごとの履歴から通信成功値 CSV, 平均遅延時間 D_{ave} , 最新の通信成功時からの経過時間 T を求め、式(1)で算出する。RRV の判断条件とルーティング処理を表 1 に示す。

$$RRV = CSV / (D_{ave} \times T) \quad (1)$$

3. 提案プロトコル(EZRP2)

EZRP2 はノードの移動性を考慮して、EZRP に改良を加えたプロトコルである。IARP, IERP の両方のプロトコルを改良し、ネットワーク性能の向上を図る。

3.1. IARP の改良

EZRP2 は一定時間内のノードの移動距離に応じて、static, move の 2 状態に分け、各状態において適切な IARP パケットの送信制御を行う。

3.1.1. static 状態における制御

static 状態ではノードは静止しているとみなす。この場合、トポロジはあまり変化しないので経路情報を交換する頻度を低く設定する(図 2)。なぜなら、過剰に IARP パケットを送信することは、電波干渉や輻輳などの原因となりネットワーク性能に悪影響を与えるからである。

3.1.2. move 状態における制御

move 状態ではノードが移動しているとみなす。IARP はタイムベースで経路情報を管理しているのでノードの移動によって、実際のトポロジとノードが保持する経路情報の整合性がとれない場合がある。この状態でルーティングを行うと、通信成功率は低下する。その事態を回避するために、move ノードは自身への経路情報を削除するパケットを送信し、その後 IARP パケットの送信を停止する(図 2)。つまり EZRP2 は、move ノードへの経路情報の保持は行わない。

表 1 : EZRP の経路信頼値ごとのゾーン外探索方法(Th1 < Th2)

条件式	信頼性	ルーティング処理
$RRV > Th2$	高	対象経路を使ってデータパケット送信
$Th1 < RRV \leq Th2$	中	対象経路に方向を限定して経路再探索
$RRV \leq Th1$	低	全方向経路探索(ZRP のゾーン外探索)

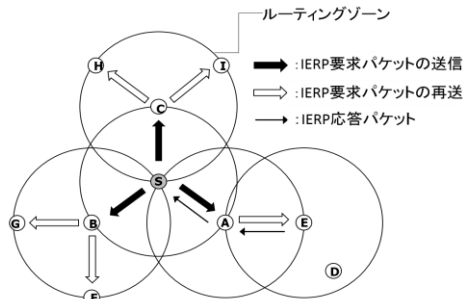


図 1 : IERP のルーティング

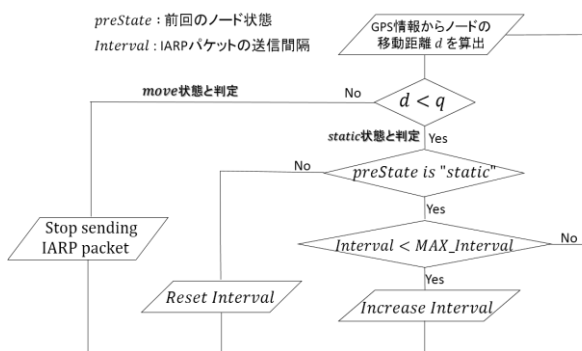


図 2 : IARP パケットの抑制アルゴリズム

3.2. IERP の改良

EZRP の IERP は、その経路の通信履歴数が 10 件に達した時点で RRV の算出及び、適応的なルーティング処理を行う。しかしノードの移動性が高い環境では通信経路が切り替わりやすく、履歴数が 10 件に達しにくい、あるいは 10 件に達した後、直ちに通信経路が切り替わる可能性が高い。この場合、適応的なルーティング処理の実行数が少なく、オーバーヘッドが大きい。そこで本研究ではゾーン外ノードに対する通信履歴が 10 件未満であっても RRV を算出し、適応的なルーティング処理を行うように改良した。それゆえ、移動性が高い環境であっても効率的なルーティングが可能である。

4. 性能評価

EZRP2 の性能評価は実機実験で行う。

4.1. 実験シナリオ

実験環境を図 3 に示す。はじめに、受信ノードは初期地点から移動を開始する(実験開始時点)。その後のノードの振る舞いは図 3 を参照せよ。最後に受信ノードは初期位置に戻る(実験終了時点)。実験開始時点から終了時点までの時間を 155 秒とし、送信ノードは実験中、データパケットを各受信ノード宛に発生させる。

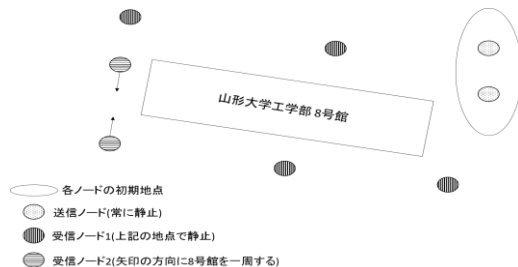


図 3 : 実験環境

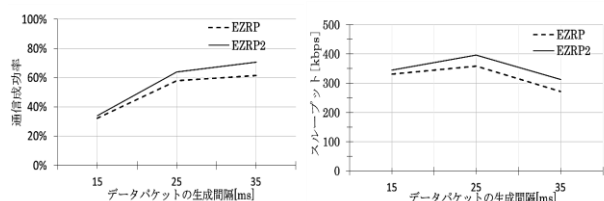


図 4 : 実験結果

4.2. 実験結果

実験結果を図 4 に示す。データパケットの生成間隔が 25ms, 35ms のとき EZRP2 の方が EZRP に比べ通信成功率が 10%程度向上、スループットが 40kbps 程度向上した。この結果の要因は move ノードに対する通信成功率の向上である。EZRP は境界ノードが move ノードへの経路情報を参照して IERP 応答するが、EZRP2 は宛先自身が応答を行う。すなわち IERP 要求が実際に宛先に届いた際の通信経路が使用される。よって通信経路の信頼性は高く、通信成功率は向上する。一方、15ms のときは輻輳が発生し通信成功率とスループットが著しく低下した。

5. おわりに

本研究では、ノード移動を考慮した MANET 用のルーティングプロトコルを提案・実装し、実機実験によって評価した。その結果、本研究で提案する EZRP2 の方が従来手法の EZRP よりも高いネットワーク性能を示すことができた。

参考文献

[1] Z. J. Haas, M. R. Pearlman and P.Samar: "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks", IETF MANET INTERNET DRAFT, draft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt, 2002.

[2] H.Osanai, A.koyama and L. Barolli: "An Implementation and Evaluation of Zone-Based Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Networks", Proc of NBSWS2011 pp.517-522, 2011.