

アドホックネットワークにおける近隣端末数に基づく経路構築手法の検討

稲葉健吾[†] 油田健太郎[†] 岡崎直宣[‡]
大分高専[†] 宮崎大[‡]

1. はじめに

近年、無線通信の技術の発展にともなう、無線端末のみで構成されたアドホックネットワークが注目されている。しかし、端末の移動や電波障害によるリンクの信頼性の低下、バッテリー等の資源の制約などの課題がある。目的の端末へデータを送信するために、上記の課題を考慮した効率的な経路構築手法が必要となる。

データ転送時に経路が切断されると、経路の修復または再探索を行う必要がある。経路が修復可能ならば再探索を行うよりも効率が良い。しかし、端末数が少ない場所において経路の修復は困難である。従来手法では、経路周辺の端末数は考慮されていないため、経路切断時に再探索による遅延とパケットの損失が発生する。

本論文では、周辺端末数が多い経路を構築する NBR (Neighbors Based Routing) を提案する。端末数が多い場所に経路を構築することで、経路切断時の経路修復に周辺端末が利用できると考えられる。

2. 関連研究

経路構築手法には、GPS 等の技術で取得した位置情報を近隣の端末と交換し、経路構築に利用する地理情報ルーティングが提案されている。GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) ^[1] がその 1 つであり、宛先の端末に距離が最も近い隣接端末を次にデータを送信すべき端末として選択する。GPSR では、経路の長さが最短となるが、電波障害による通信の信頼性を考慮しないため、障害の影響がある場所にも経路を構築する。信頼性が低いと通信を行ってもデータを正しく受信できない場合が多く、データの再転送が頻繁に発生して消費電力が増加してしまう。

GPSR を通信の信頼性についても考慮するように改良したものに PRR×Distance アルゴリズム ^[2] がある。図 1a に経路構築例を示す。この手法は各端末ごとに、端末間の距離に基づくパケット受信率 (PRR : Packet Reception Rate) と、各端末と宛先の端末間の近さを表す比率 (Distance) を計算する。この PRR と Distance の積が最大となる端末にパケットを送信する。しかし、この手法では、PRR の予測に多量のパケット交換が必要となり、消費電力が増加してしまう。

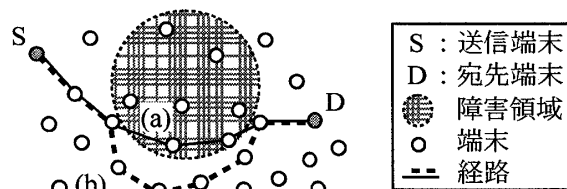


図 1. 従来手法による経路構築例

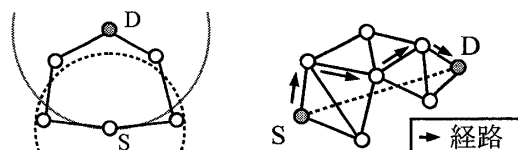


図 2. トポロジ例 図 3. Face Routing の例

各端末が特別なデバイスを用いて自身の場所における障害の強さを取得することで、通信における電力効率が最良となる経路を構築する手法に IGR (Interference-aware Geographical Routing) ^[3] がある。図 1b に経路構築例を示す。この手法は、取得した情報を元に端末間の通信に必要な受信電力を計算し、データ送信に必要な消費電力 E を求める。経路の選択では、周辺の各端末に対して、中継端末と宛先端末の距離から隣接端末と宛先端末の距離を引いた値 ADV を求めて、 E/ADV が最小となる隣接端末にデータを送信する。

アドホックネットワークにおいて障害領域が拡大すると、多くの端末が障害の影響を受けることになり、通信可能な隣接端末が減少する。これらの地理情報ルーティングでは、中継端末よりも宛先端末に近い隣接端末にデータを送信していくため、通信可能な隣接端末が減少すると、次にデータを送信すべき端末が検出できなくなるトポロジが頻繁に発生する可能性がある (図 2)。このような場合において、GPSR では Face Routing に動作を切替える (図 3)。Face Routing は、中継端末と宛先端末を直線で結び、その直線に沿うような経路を構築する。しかし、電波障害について考慮していないため、消費電力が増加してしまう。IGR ではネットワーク全体にパケットを送信し、その応答により宛先までの経路を構築する AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) ^[4] を利用するが、頻繁に利用するとパケットの損失が発生するなどの問題がある。経路構築において、端末数の少ない場所に経路を構築してしまうと障害によって経路が切断され、経路の再構築が難しい場合がある。さらに、地下やビルが密集した場所などの位置情報が取得できない環境において地理情報ルーティングは使用できない。

A study of the routing method based on the number of neighbor nodes in ad hoc networks

[†] Kengo INABA [†] Kentaro ABURADA [‡] Naonobu OKAZAKI

[†] Oita National College of Technology

[‡] University of Miyazaki

3. 提案手法

従来手法では、各リンクの信頼性を考慮して経路を構築するが、経路周辺の端末数を考慮していないため、経路切断時の修復において周辺の端末を利用できない。提案手法では、隣接端末数の多い端末を次にデータを送信すべき端末として選ぶことにより、端末数の多い場所に経路を構築できる。図4に提案手法による経路構築例を示す。障害によって通信ができない端末との間にリンクを確立しないため、障害の影響が強い領域を回避できる。また提案手法は位置情報を必要としないため、GPS等を用いる従来手法よりも消費電力が少なくなる。

提案手法による経路の構築手順を示す。

- (1) 通信要求が発生すると、通信要求端末は宛先端末を探索するための経路要求パケットを作成し、ネットワーク全体にブロードキャストする。経路要求パケットには送信端末ID、宛先端末ID、パケット送信端末ID、ホップ数が含まれる。
- (2) 経路要求パケットを受信した中継端末はパケットに含まれるホップ数と送信元の端末のIDを記録する。また、自身のホップ数を設定する。その後、パケットの情報を更新して、ブロードキャストする。その後、別のパケットを受信した場合はブロードキャストを行わず、情報の更新のみを行う。
- (3) 経路要求パケットを受信した宛先端末は、送信端末に向けて経路を構築するための経路構築パケットを返信する。経路構築パケットには経路要求パケットの内容に加えて経路情報、経路の隣接端末数の合計、経路拡張変数が含まれる。
- (4) 経路構築パケットを受信した中継端末は、パケットに含まれる経路の隣接端末数の合計に自身の隣接端末数を加算し、自身のIDを経路情報に加えパケットを更新する。その後、自身よりもホップ数が少ない隣接端末にパケットを返信する。また、経路拡張変数が0でなければ、1減算して自身よりもホップ数が多くなる端末にも同パケットを返信する。
- (5) 経路構築パケットを受信した通信要求端末は経路長に対する隣接端末数を評価する。受信した全ての経路の中で最も評価値が高い経路を用いて通信を開始する。評価値は経路の隣接端末数の合計をホップ数で割った値である。□

経路拡張変数は返信される経路情報の数を増やすために利用する。図5に経路拡張変数を用いた経路の1つを示す。各端末の添字は送信端末からのホップ数である。通常はホップ数が減る方向に経路を構築するが、図では経路拡張変数を用いることで端末Aはホップ数が増える方向の端末Bに経路を構築する。これにより、経路は

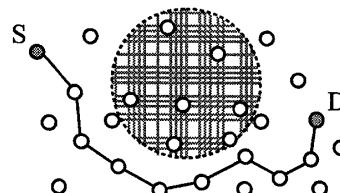


図4. NBRによる経路構築例

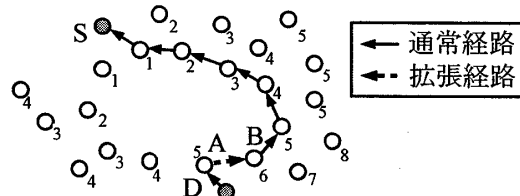


図5. 経路拡張変数

長くなるが、評価値の高い経路が構築される。経路拡張変数の値を大きくすると経路本数が増えるため、最短ホップ数よりも少ない値が望まれる。

4. 比較

従来手法と提案方式について比較を行った。従来手法のPRR×DistanceアルゴリズムはPRRの予測に多量のパケット交換を必要とするが、端末の移動が頻繁に起きるとPRRの有効性を保つために再計算を頻繁に行う必要がある。また、IGRは電力効率が良い経路を構築するが、障害が強くなると、データ転送が停止するトポロジが頻繁に発生するため、有効な経路を構築することが困難となる。NBRは一度ネットワーク全体にパケットをブロードキャストするが、経路切断時における経路の修復に周辺端末の利用が考えられる。

5. まとめ

提案手法は、端末数の多い場所に経路を構築することで、経路切断時の経路修復に周辺端末が利用できると思われる。今後は、シミュレーションによる性能評価を行う予定である。

参考文献

- [1] B. Karp and H. Kung, "Gpsr: greedy perimeter stateless Routing for Wireless Networks", Proc. MobiCom, Boston, MA, USA, pp.243-254, Aug. 2000.
- [2] K. Seada, M. Zuniga, A. Helmy and B. Krishnamacharim "Energy-efficient forwarding strategies for geographic routing in lossy wireless sensor networks", Proc. SenSys, Baltimore, MD, USA, pp.108-121, Nov. 2004.
- [3] J. Kim and Y. Kwon, "Interference-aware Geographical Routing for Sensor-nets in Indoor Environments", Proc. ICOIN 2009, Chiang Mai, Thailand, Jan, 20-23, 2009.
- [4] C.E. Perkins, "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing," Internet Draft, Nov. 1997.