

アドホックネットワークのクラスタリングにおける プロトコルの改良

蜂須賀 隆太郎[†]

米田 征司[†]

能登 正人[†]

神奈川大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻[‡]

1 はじめに

アドホックネットワークとは基地局や無線LANのようなアクセスポイントなしにノートPC, スマートフォンなどの携帯移動端末が自律的に構築するネットワークを指し, 災害時にインフラが使えないような状況などを想定して作られる [1]. アドホックネットワークの拡大に伴い, 送信元ノードから宛先ノードへのホップ数が増加する. ホップ数が増加するとトポロジーの変化に伴い, ルーティングが安定しなくなりパフォーマンスの低下に陥る傾向にある. そこで複数のノードを一つのノードに見立てるクラスタリング手法が開発されている [2].

しかし, 送信元ノードから送られる RREQ (Route Request) は中継ノードが複数回受信する可能性があり, 複数回 RREQ を受け取ることは電力を無駄に消費していると言える. このことはクラスタリングを行った場合も同様のことが起こりうる.

本研究では, AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) の RREQ パケットに改良を加え, RREQ の重複受信の回避手法を提案する.

2 Hi-AODV

Hi-AODV はクラスタリングを行った際, クラスタ間のルーティングに AODV を使用したプロトコルである.

送信元ノードが宛先ノードへのルートを探す際, 送信元クラスタ内のクラスタヘッドが RREQ を送る. 宛先クラスタが RREQ を受け取った場合, クラスタヘッドが RREP (Route Reply) を送信元クラスタに送り返す. 隣接クラスタから RREP を受け取った中継クラスタは, 次ホップのクラスタとして隣接クラスタを設定する.

送信元ノードが現行クラスタから退出した場合, 送信元ノードを含むクラスタの ID が変わる. この場合, 仮に新しい送信元クラスタのクラスタヘッドが宛先クラスタのルーティングテーブルを持っているとして, 送信元クラスタがルーティングテーブルを照らしてデータパケットを送る. そうでなければ新しいルートを探し出す.

Protocol Improvements in Ad Hoc Network Clustering

[†]Ryutaro Hachisuga, Seiji Yoneda and Masato Noto

[‡]Graduate School of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

データパケットを送る際に使われる中間クラスタと次ホップクラスタのリンクが分断された場合, 送信元ノードまたは宛先ノードから中継クラスタのクラスタヘッドのホップ数とは無関係に, クラスタヘッドはルート修復のために宛先クラスタヘデータを送るルート構築を行う. それと同時に, クラスタヘッドは送信元クラスタに向けて RERR (Route Error) メッセージを送り返す.

送信元クラスタがルートを構築した後で宛先ノードが現行クラスタから退出した場合, 宛先クラスタは宛先ノードが新たに所属する宛先クラスタを探すためにルート修復を行う.

3 提案手法

提案手法の流れを以下に示す.

1. 送信元クラスタと隣接クラスタの ID を RREQ パケットに格納する.
2. 隣接クラスタが複数ある場合, 次の中継者となるクラスタをランダムに選択し, RREQ を送信する.
3. 次に RREQ を送る際に既に RREQ パケットに格納した ID を参照し, その ID とは異なる ID のクラスタを次の中継者に選定する (中継クラスタが複数ある場合はその中の一つをランダムに選定する). 仮に異なる ID のクラスタがない場合はパケットを破棄する.
4. パケットが破棄されない限り, 宛先クラスタが発見されるまで 3 を繰り返す.

4 シミュレーション実験

提案手法の有効性を確認するために, シミュレーションによる評価を行う. 表 1 にシミュレーション環境を示す.

表 1 のネットワークサイズ, ノード数設定時において通常の平面ルーティングではルーティングが安定しなくなり, パフォーマンスの低下, 遅延時間の増大に繋がる. 通常, クラスタリングは平面ルーティングと比べて遅延時間が増大するというデメリットを抱えている. しかし表 1 のネットワークサイズ, ノード数ならば遅延時間を維持しつつルーティングを安定させてパフォーマンスの低下を抑えることが可能となる.

実験ではシミュレーション終了後の各ノードの平均バッテリー使用量，データ到達率，遅延時間を測定する。シミュレーションは100回試行し，それらの結果の平均値を算出する。

表 1: シミュレーション環境

フィールドサイズ	2500m × 1500m
ノードの数	150
ノードの最大移動速度 (m/s)	1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20
ノードの停止時間 (s)	0
シミュレーション時間 (s)	300
パケットタイプ	CBR
ノードの最大接続数	4
パケット送信レート (packets/s)	4

5 結果および考察

シミュレーション結果を以下の図1～図3に示す。

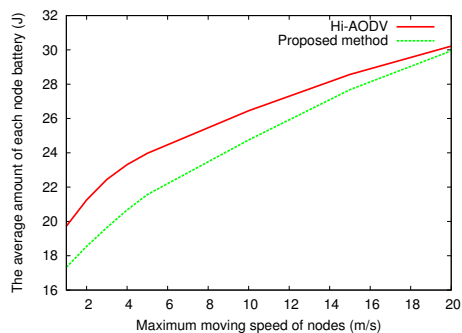


図 1: ノードの平均バッテリー使用量

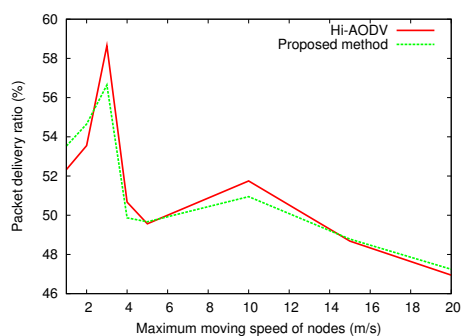


図 2: データ到達率

図1より最大移動速度が増すにつれて従来手法と提案手法の平均バッテリー使用量の差が縮まっていることがわかる。これは最大速度の増加によってクラスタが分断される確率が高まっているからだと考えられる。

図2よりデータ到達率に関して従来手法と提案手法とではあまり変化がないということがわかる。これは

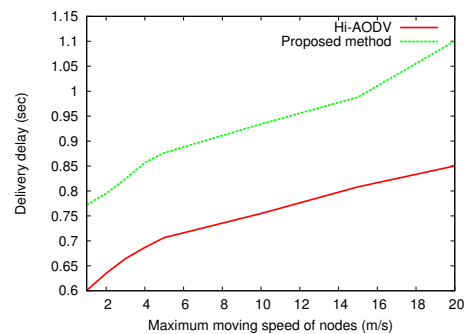


図 3: 遅延時間

平面ルーティングを使用した場合，提案手法ではパケット破棄率の増加による大幅なデータ到達率の減少が起こることに対して，クラスタリングを使用することによってルーティングが安定したからだと考えられる。

図3より最大移動速度が増すにつれて従来手法と提案手法の遅延時間の差が拡大していることがわかる。これは最大移動速度の増加と提案手法の複雑な処理の相乗効果によるものだと考えられる。

これらのことから最大移動速度は低い程，提案手法の有効性が増すと考えられるが，最大移動速度 3m/s 設定時において提案手法は従来手法と比べて最も平均バッテリー使用量を削減し，最も遅延時間の増加が少なく，設定した最大移動速度の中で最も高いデータ到達率を出している。

以上をまとめると，提案手法では，データ到達率を維持しつつ，消費電力を削減できたため，有効性を示すことができたと考えられるが，従来手法よりも複雑な処理を行っているため遅延時間が 0.17～0.25 sec 程度増加した。

6 おわりに

本研究ではクラスタ間に使用するルーティングプロトコルに改良を加えることによって消費電力の削減に成功した。今後の課題としてはノード数を増やし遅延時間の増加を限りなく少なくし，その上で本研究を実環境に則した形で応用していきたい。

参考文献

- [1] 小田亮太郎，日高大輔，大田知行，角田良明：アドホックネットワーククラスタリングにおける隣接ノード数に基づく適応型電力制御法，電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J93-B, No. 2, pp. 211-229 (2010).
- [2] Ohta, T., Fujimoto, M., Oda, R. and Kakuda, Y.: A Class of Hierarchical Routing Protocols Based on Autonomous Clustering for Large Mobile Ad Hoc Networks, *IEICE Trans. Commun.*, Vol. E87-B, No. 9, pp. 2500-2510 (2004).