

MANETにおける省電力トポロジーコントロール

今泉 圭一[†] 原山 美知子[‡]岐阜大学大学院自然科学技術研究科 知能理工学専攻[†] 岐阜大学工学部 電気電子・情報工学科[‡]

1. はじめに

MANET は、災害時などでの利用が期待されている自立分散型ネットワークであるが、端末の消費電力が大きく、バッテリー容量に制限がある。そのため、MANET 通信の省電力化に関する研究が行われている。麻田ら[1]は端末の残量エネルギーの減少に対してフラッディングの送信半径を小さくし、等々力ら[2]は、通信に必要な残量エネルギーを求め、残量エネルギーの小さい端末を中継端末から除外することにより省電力化を行った。また、谷口ら[3]はノード次数に応じてコントロールパケットの送信確率を制御することにより省電力化を図った。一方、林ら[4]は配送率向上を目指して適正次数に基づく送受信電力制御を提案している。

そこで本研究では、林らが提案した送受信電力制御に残量エネルギー情報を組み込み、省電力化を試みた。ここでは、提案方式およびそれによる省電力化の効果を示す。

2. 提案方式

MANET においてノードの隣接関係をリンクとするネットワークトポロジーは、ノードの送信電力、すなわち送信電波範囲を制御することによって変化させることができる。本研究でベースとしたトポロジーコントロールは、各ノードの次数（隣接ノード数）に対して、適正範囲を定め、ノード次数が常に適正範囲内に保たれるように制御する。送信電力を制御すると電波伝搬距離が各ノードで異なるため、片方向リンクが発生し隠れ端末問題を引き起こしてしまう。そこで、送信電波範囲を制御すると同時に受信側の電力検出閾値を制御して、片方向リンクの発生を防ぐ。

残量エネルギーによる制御では、端末の残量エネルギーが低下した時、端末の寿命を延ばすため、式(1)に従って、送信電力を制御する。

$$\overline{E}P_{tx}(t + \Delta t) = (\overline{E}_r)^{ae} \quad (1)$$

ここで、 $\overline{E}P_{tx}$ は正規化送信電力を表し、 \overline{E}_r は各ノードの正規化残量エネルギーを表す。 ae は、残量エネルギー制御のコントロールパラメータである。

適正次数制御では、ネットワークのノード密度が高い場合、適正次数区間内に収まるように式(2)、(3)に従って、送信電力を制御する。

$$\overline{D}P_{tx}(t + \Delta t) = \begin{cases} \min\{\overline{P}(t) + \Delta\overline{P}_{up}(t), \overline{P}_{max}\} & (D(t) < D_{min}) \\ \overline{P}(t) & (D_{min} \leq D(t) \leq D_{max}) \\ \max\{\overline{P}(t) - \Delta\overline{P}_{down}(t), \overline{P}_{min}\} & (D(t) > D_{max}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{up}(t) &= P_{max} \cdot an(D_{min} - D(t)) \\ \Delta P_{down}(t) &= P_{max} \cdot an(D(t) - D_{max}) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $\overline{D}P_{tx}(t + \Delta t)$ は正規化送信電力、 D_{max} は適正次数区間の最大値、 D_{min} は適正次数区間の最小値、 \overline{P}_{max} と \overline{P}_{min} はそれぞれ最大送信電力と最小送信電力、 $D(t)$ はその時刻での次数を表す。また、 $\Delta P_{up}(t)$ と $\Delta P_{down}(t)$ はそれぞれ送信電力増加量と送信電力減少量、 an はコントロールパラメータである。

提案方式では、残量エネルギー送信電力制御の送信電力を利用可能な送信電力の上限とし、その上限までの範囲内で適正次数送信電力制御を行う。制御後の送信電力 $selected\overline{P}_{tx}(t + \Delta t)$ を(4)式に示す。

$$selected\overline{P}_{tx}(t + \Delta t) = \begin{cases} \overline{D}P_{tx}(t + \Delta t) & (\overline{D}P_{tx}(t + \Delta t) \leq \overline{E}P_{tx}(t + \Delta t)) \\ \overline{E}P_{tx}(t + \Delta t) & (\overline{D}P_{tx}(t + \Delta t) > \overline{E}P_{tx}(t + \Delta t)) \end{cases} \quad (4)$$

電力検出閾値制御後 θ の制御量は $selected\overline{P}_{tx}(t + \Delta t)$ の制御量とは大きさが等しくかつ符号が逆となる。そのため、最小受信電力を $P_{r,min}$ とすると、 θ は(5)式で与えられる。

$$\theta = -selected\overline{P}_{tx}(t + \Delta t) + P_{r,min} + P_{max} \quad (5)$$

Power Saving Topology Control in MANET

[†] Keiichi Imaizumi, Dept. Intelligence Sci. and Eng., Grad. Sch. of Natural Sci. and Technol., Gifu Univ.[‡] Michiko Harayama, Dept. Electrical, Electronics and Computer Eng., Faculty of Eng., Gifu Univ.

3. シミュレーション実験

本研究では NS-3 を用いて実験を行った。通信規格として IEEE802.11b を用いて、通信帯域 1Mbps で通信した。ベースとなるルーティングプロトコルは AODV、通信プロトコルは UDP を用いた。シミュレーション時間は 300s、パケット送信間隔は 0.5s とした。また、ノード数は 36 で固定としエリアサイズは $245 \times 245m$ から $849 \times 849m$ までの 12 パターンとし、エリアにノードをランダム性を持たせて格子状に配置し、移動速度 1.5m/s 一定でランダムに移動させた。Wi-Fi デバイスとしては、SimpleLinkCC3200 を使用し、10 回試行した平均値を求めた。

事前に予備実験を行い次の各パラメータを定めた。残量エネルギー送信電力制御のコントロールパラメータ $ae = 0.1$ 、適正次数区間 $D_{min} = 5, D_{max} = 8$ 、適正次数制御のコントロールパラメータ $an = 0.1$ である。ここで、既存の AODV(送信電力 5.2dBm), AODV(送信電力 13dBm), 残量エネルギーのみの制御 EAODV, 適正次数のみ制御 DAODV, 提案方式 PAODV の 5 つのルーティングプロトコルに関して評価実験を行った。EAODV の送信電力初期値は 13dBm, DAODV, PAODV は 5.2dBm である。

Fig. 2 にパケット配送率を示す。AODV 5.2dBm は全体的に配送率が低くなっている。これは送信電力が他のルーティングプロトコルよりも低いため電波範囲が狭く、通信経路を構成できないためだと考えられる。他のルーティングプロトコルは安定して、高い配送率を記録している。PAODV は、残量エネルギー制御による送信電力を上限に設定しており、送信電力に関してより強い制限を与えているが、高い配送率を維持している。これは上限の設定が適正次数による送信電力制御に大きな影響を与えない程度の最適な値が設定されているからだと考えられる。

Fig. 3 に平均エネルギー残量を示す。配送率が低かった AODV(5.2dBm) は通信不良のため残量エネルギーも大きい。配送率が高かった AODV (13dBm) は通信によってエネルギーが消費されたため、残量エネルギーが最も小さくなったと考えられる。PAODV は EAODV, DAODV よりも平均的に残量エネルギーが大きい。これは PAODV が残量エネルギー制御による送信電力を上限とし、その上限の中で、適正次数制御を行うことで、無駄なエネルギー消費が抑えられたためだと考えられる。

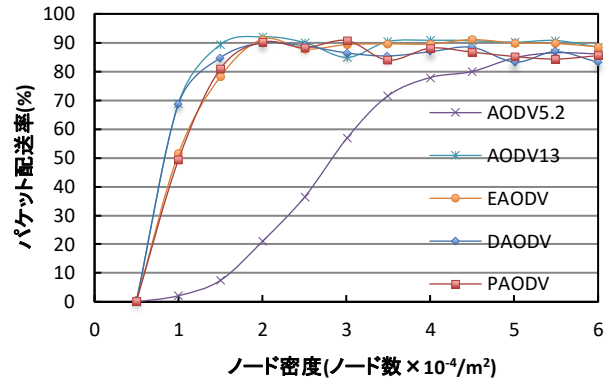


Fig. 2 ノード密度に対するパケット配送率

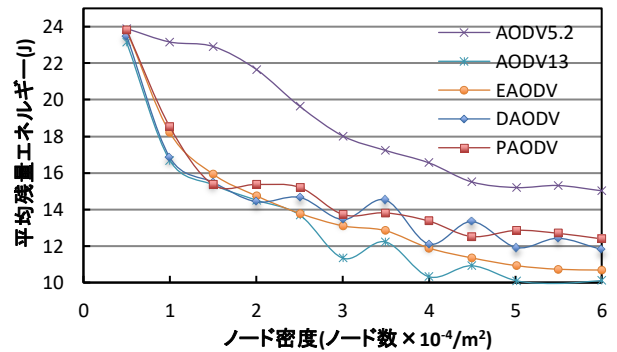


Fig. 3 ノード密度に対する平均残量エネルギー

4. まとめ

エネルギー残量に基づいた送信電力の上限設定と適正次数制御によるトポロジーコントロールを提案した。シミュレーション実験により本制御の省電力効果を示した。今後は通信時の遅延やホップ数を最適化する制御方式を検討していく。

参考文献

- [1] 麻田浩二, 三好力, "MANET 環境における端末バッテリーに依存したフラットリング手法", 情報処理学会全国大会講演論文集 第 72 回, no.3, pp.123-124, 2010.
- [2] 等々力宏之, 高見一正, "MANET におけるマルチメディア通信のための電池残量を考慮したルーティング方式と評価", 電子情報通信学会技術研究報告 LOIS, ライフインテリジェンスとオフィス情報システム, vol. 113(479), pp.113-118, 2014.
- [3] 谷口大志, "AODV における隣接ノード数を用いた制御パケット量の低減手法について", 三重大学大学院 工学研究科 情報工学専攻, 修士論文, 2014.
- [4] Y. Hayashi, M. Harayama, "MANET topology control based on the node degree and energy detection threshold", Proceeding of Internet Technologies and Applications (ITA), pp. 41-46, 2015.