

# センサネットワークのためのスリープモードを考慮した AODVプロトコルの改良

Ganbaatar Enkhbayar<sup>†</sup> 木村 成伴<sup>‡</sup> 海老原 義彦<sup>‡</sup>

筑波大学 情報学群情報科学類<sup>†</sup> 筑波大学 システム情報系情報工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

近年、環境や施設を測定・監視する目的で、多数のセンサノードから構成されるセンサネットワークが注目されている。このネットワークにはネットワークインフラが存在しない。このため、無線を用いて、ノード間でパケットを互いに中継しあい、測定データをシンクと呼ばれるノードに集約する。しかし、各ノードはバッテリーで駆動していることから、ノード寿命を延ばすために、消費電力をできるだけ少なく抑えることが重要な課題となっている。

例えば、センサネットワークで使われるルーティングプロトコルの1つであるAODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [1]では、パケット送信要求に応じて、宛先への通信経路を探索する。まず、送信元ノードはRREQ (Route Request) メッセージをネットワークへブロードキャストする。これを受信したノードは、このメッセージを送付したノードのアドレスを記録するとともに、このメッセージを再びブロードキャストする。宛先ノードがこのメッセージを受け取ると、RREP (Route Reply) メッセージを送信元へ向けてユニキャストする。そして、RREQメッセージが中継された順序とは逆順に、このメッセージは送信元に転送される。これによって、送信元と宛先の間位置するノードの経路表上に、宛先と送信元への経路が登録される。

しかし、以上のメッセージのやり取りには電力を使用するため、制御メッセージの送信量を最小限に抑える必要がある。パケットを待ち受けるときにも電力を消費することから、パケットを送信しないときに、一時的にノードの電源を切ってスリープモードに入ることは、ノードのバッテリー寿命を延ばすための重要な技術の一つである。このため、パケットがシンクに確実に届けられるという条件の下で、ノードを計画的にスリープモードにするスリープスケジュー

リングを用いたルーティング方式が提案されている [2]。しかし、全てのノードを計画通りにスリープさせるのは難しいと考えられる。

そこで、本論文では、AODVプロトコルを改良し、それぞれのノードでスリープするまでの時間を広告することで、事前に計画することなく、各ノードがスリープすることを実現する。

## 2. 提案方式

提案方式では、各ノードが予め定めた時間のサイクルでアクティブとスリープを繰り返す。ここで、ノードがスリープする時間  $T_{sleep}$  は式(1)で求め、残存電力  $E_{now}$  と初期電力  $E_{ini}$  の比率から、 $T_{min} \sim T_{max}$  の間で変動させる。これにより、残存電力が少ないほど、長くスリープする。

$$T_{sleep} = T_{max} - \frac{E_{now}}{E_{ini}} \times (T_{max} - T_{min}) \quad (1)$$

各ノードが宛先までの経路を探索する場合、拡張したRREQメッセージに、自身がスリープするまでの時間(アクティブ状態を継続する時間)  $T_{node}$  を追加し、これをブロードキャストする。

これを中継するノードは、図1に示すように、最初に受け取ったRREQメッセージからこの値 ( $T_{rec}$ ) を取り出し、これを予め定めたノード間の往復伝搬遅延 ( $2T_{delay}$ ) を引いた値と自身がスリープするまでの時間 ( $T_{node}$ ) のうちの小さい値を、スリープするまでの時間 ( $T_{trans}$ ) として、RREQメッセージに格納して、これをブロードキャストする。

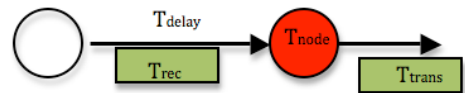


図1 RREQメッセージを中継する場合

宛先ノードは、最初に到達したRREQメッセージだけではなく、ある程度の時間だけ、RREQメッセージを待ち受ける。そして、これらの中から、スリープするまでの時間が最も長いものを選択し、これを中継してきたノードにRREPメッセージを返信する。これ以降は、AODVと同様に

Improvement of AODV to Support Sleep Mode for Wireless Sensor Networks

<sup>†</sup>Ganbaatar Enkhbayar: Collage of Information Science, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup>Shigetomo Kimura and Yoshihiko Ebihara: Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

行われ、送信元と宛先の間の経路が確立される

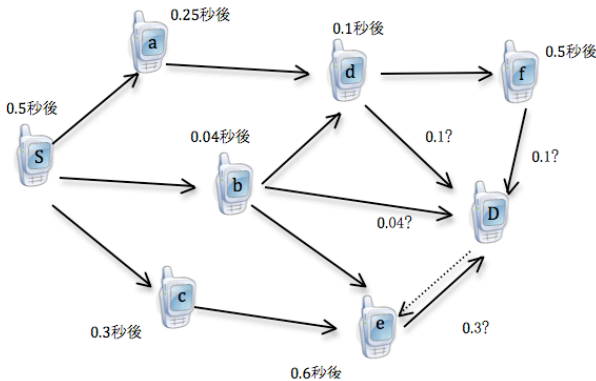


図2 経路選択の具体例

図2を用いて、提案方式を経路選択の例を示す。まず、送信元(S)はスリープするまでの時間(0.5秒)を格納したRREQメッセージをブロードキャストし、これをノードa, b, cが受信する。ノードaは、これからノード間の往復伝搬遅延(例えば、 $0.02 \times 2 = 0.04$ 秒)を引いた0.46秒と自身がスリープするまでの時間0.25秒を比較し、このうちの小さい値(0.25秒)をブロードキャストする。以下同様にして、宛先(D)にはノードd, e, f, gからRREQメッセージを受け取り、このうちでもっとも長い0.3秒を格納していたノードfを通る経路(S→c→f→D)が選択される。

### 3. シミュレーション実験

提案方式の有効性を確認するため、ネットワークシミュレータNS 2.34を用いて、通信実験を行った。本実験において、通信方式IEEE 802.11 (2Mbps), 最大通信距離205m, 初期電力10Jのノード100個を実験エリア(2000m×2000m)にランダムに配置する。そして、BS (Base Station)を実験エリア中央に設置し、全てのノードからBSに、FTPで無限長のファイルを転送し続けた。ノードのサイクルは5秒、スリープ時間の下限と上限は1秒と2秒、ノード間伝搬遅延は20m秒とする。また、アンテナはOmni antennaを、電波伝搬モデルはtwo-ray groundを用いた。

シミュレーション実験を500秒間したときの、残存ノード数の推移を図3に、各ノードの残存電力を多い順に列挙したものを図4に示す。図3において、シミュレーション終了時点で、提案方式はAODVよりも残存ノード数が5台多く、提案方式でスリープモードに対応した効果が見られた。AODVでは、BSの周りの全ノードの残存電力がなくなっており、生存している全てのノードからBSへのデータが送信できなくなっていた。一方、図4から、いずれの方式も残存電力に偏りが

あった。提案方式では、残存電力が多いノードを優先的にスリープさせていたが、この点に課題を残した。

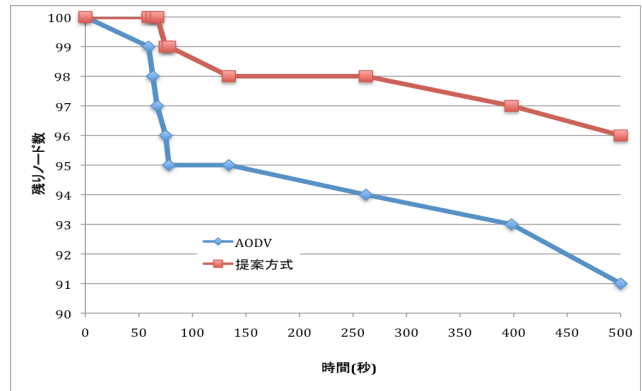


図3 残存ノード数の推移

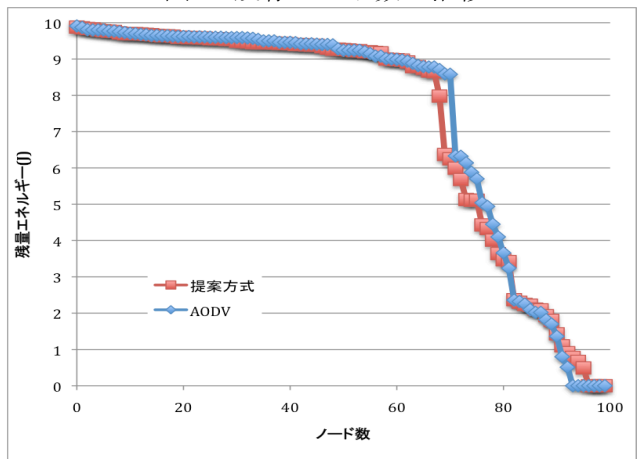


図4 各ノードの残存電力

### 4. まとめ

本論文では、センサネットワークのためのスリープモードを考慮したAODVプロトコルの改良方式を提案し、シミュレーション実験により、その有効性を確認した。しかし、今回の実験では伝送したデータ量などを評価していない。また、ノードの残存電力に偏りがあることから、スリープ時間を隣接ノードの情報を使って決めるなどの改良を今後検討する。

### 参考文献

- [1] Charles E. Perkins, Elizabeth M. Belding-Royer, Samir R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC3561, 2003.
- [2] Amulya Ratna Swain, R. C. Hansdah, Vinod Kumar Chouhan, "An Energy Aware Routing Protocol with Sleep Scheduling for Wireless Sensor Network," Proceedings of 24<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp. 933-940, 2010.