1T-07

データ配送優先度を考慮した移動シンクノード郡による センサデータ収集手法

関口直樹　桧垣博章

東京電機大学 未来科学部　ロボット・メカトロニクス学科

1　はじめに

無線センサネットワークでは, 各無線センサノードのセンサデバイスが取得した観測データを固定無線シンクノードへと収集する. 無線マルチホップ配送によってすべての観測データを固定無線シンクノードへと収集する手法には, シンクノード近隣に観測データが集中するために, 無線信号の衝突頻度の上昇, 衝突回避にともなう配送遅延の拡大, シンクノード近隣の無線センサノードの消費電力の拡大といった問題がある. これに対して, 移動シンクノードにより観測データを収集する方法がある. ただし, 移動シンクノードのバッファ容量が十分でない場合には, 固定無線シンクノードの無線信号到達範囲まで移動して観測データを転送するまで隣接無線センサノードからの観測データ収集を中断しなければならない問題がある. 特に, 観測データに優先度が与えられている場合には, priority inversion の問題が発生する.

2　関連研究

無線センサネットワークにおける観測データ配送遅延の短縮を実現するために, TDMA 方式により衝突回避した無線マルチホップ配送を行なう手法が多数提案されている [3]. また, 観測データの優先度に基づいて配送スケジュールを決定する無線センサネットワークの実現手法が論文 [2] 等で提案されている. 以上では, 観測データは固定シンクノードまで無線マルチホップ配送されることを前提としている. 一方, 上記の固定シンクノード近隣で発生する問題を回避するための手法として移動シンクノードを適用することが論文 [1] 等で提案されている. ここでは, DTN (Delay-Tolerant Networks) の考え方を基礎とし, 広域に分布する無線センサノード群からの観測データ収集手法としての移動シンクノード適用の有効性が示されている.

3　提案手法

無線センサネットワークにおける観測データの収集において, 移動シンクノードを導入することによって, 固定シンクノードの近隣における無線信号の衝突頻度の上昇, 衝突回避 (CSMA/CA や RTS/CTS) による観測データの配送遅延の延長, および, 観測データの集中による観測データ転送に要する消費電力の拡大の問題が発生する. 特に, 外部からの継続的な給電が困難な無線センサノードにおいては, 消費電力の偏りは電池交換頻度の上昇を招き, ネットワークの維持コストを上昇させることとなる. この問題を解決するために, 論文 [4] と同様に, 移動シンクノードによる観測データの収集手法を検討する. 各無線センサノードは, 自身が取得した観測データを移動により無線信号到達範囲に含まれるようになった移動シンクノードに転送する. 移動シンクノードは, 一時的に隣接する無線センサノードから受信した観測データをバッファに保持し, 固定無線シンクノードと隣接するときに, バッファに保持した観測データをこの固定シンクノードへと転送する (図 1). 一般に, 無線シンクノードは複数存在することが考えられる. これらは事前に定められたスケジュールに従って移動するものも考えられるが, 無線センサノードにおける観測データの取得頻度があらかじめ予測できない場合や移動シンクノード数を動的に変更する場合には, ランダムウェイポイントモデルやランダムディレクションモデルのような乱数に基づく移動戦略が有効である. 各移動シンクノードのバッファ容量は限られていることから, 収集した観測データでバッファ容量が満たされたならば, 固定シンクノードへ観測データを転送するために, この移動シンクノードは固定シンクノードの無線信号到達範囲へと移動する. ただし, この移動時間においても, 移動シンクノードは観測データを保持する無線センサノードと隣接する. このとき, 隣接無線センサノードが移動シンクノードのバッファに保持された観測データよりも高優先度の観測データを保持する場合に priority inversion が発生する問題がある.

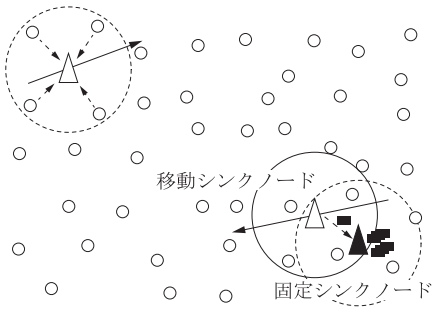

図 1: 移動シンクノードによる観測データの収集.

本論文では, この問題を解決するために, 移動シンクノードのバッファが定められた閾値以上の観測データを保持する場合には, バッファに保持された最低優先度の観測データを隣接無線センサノードへと転送し, より高優先度の観測データを配送するためにバッファの空き領域を拡大する手法を提案する (図 2). ただし, 隣接無線センサノードに転送された観測データは, この無線センサノードにバッファ空き容量のある移動シンクノードが隣接するまで無線センサノードのバッファ

Collection of Sensor Data Messages by Mobile Sink Nodes based on Transmission Priority
Naoki SEKIGUCHI and Hiroaki HIGAKI
†Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

に保持されたままとなる．また，もしこの無線センサノードが観測データを取得し，無線センサノードのバッファが不足する場合には，いずれかの観測データを破棄しなければならない．

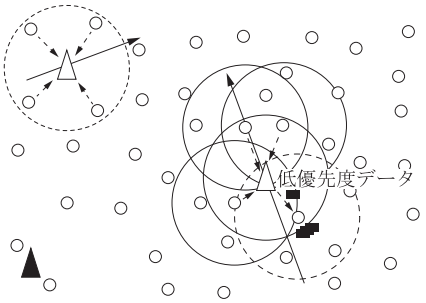

図 2: バッファ領域拡大のための低優先度観測データ転送.

このバッファオーバフローによる観測データの破棄を削減するためには，できるだけ大きな空き領域がバッファにあり，今後このバッファがオーバフローする可能性がより低くそして，次に移動シンクノードと隣接する，すなわち，移動シンクノードが無線信号到達範囲内に到着するまでの時間がより短い無線センサノードを選択して観測データを転送することが必要である．論文 [4] では，各無線センサノードがひとつの移動シンクノードと隣接してから次の移動シンクノードと隣接するまでにの時間の分布をシミュレーション実験している．ここでは，実験領域を正方形領域とし，移動シンクノードはランダムディレクションモデルを採用している．図 3 に示すように，無線センサノードの位置によって隣接する確率の実数値は異なるものの，隣接後の一定時間は次の移動シンクノードとの隣接確率が低く，その後に急速に高い確率となり，以降は隣接確率が指数関数的に低下するという傾向を持っていることがわかる．

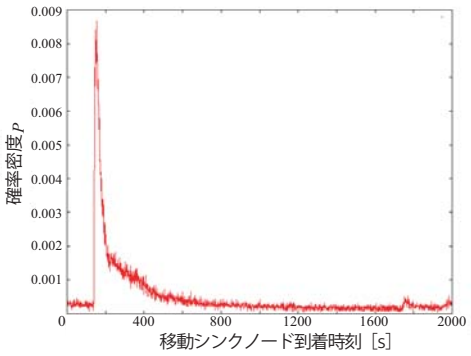

図 3: 移動シンクノードの到達確率.

一方，同一時刻における次の移動シンクノードと隣接するまでの時間期待値は，連続的に分布することが予想される．隣接する無線センサノードにバッファオーバフロー回避のために保持する最低優先度の観測データを転送する移動シンクノードは，次の移動シンクノードと隣接するまでの時間期待値がより短い無線センサノードに観測データを転送することが求められている．したがって，現在の移動シンクノードの進行方向に対して，隣接するまでの時間期待値が延長する傾向にあるならば直ちに隣接無線センサノードのひとつに観測データを転送することが望ましく，隣接するまでの時間期待値が短縮する傾向にあるならば観測データをしばらく保持することが望ましい．これを実現するために，本論文では，移動シンクノードの来訪頻度を次の移動シンクノードと隣接するまでの時間期待値の指標とし，移動シンクノードが隣接無線センサノードから移動シンクノードの来訪頻度の情報を収集し，移動シンクノードが自身の進行方向前方の隣接無線センサノードと進行方向後方の無線センサノードの来訪頻度を比較する．そして，前方の来訪頻度が後方の来訪頻度よりも高い傾向がある場合には，観測データを保持することを基本方針とし，前方の来訪頻度が後方の来訪頻度よりも低い傾向がある場合には，観測データを直ちに後方の隣接無線センサノードのひとつに転送する (図 4).

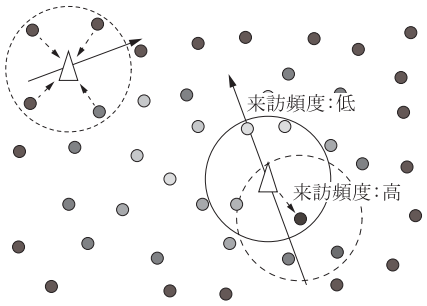

図 4: 来訪頻度比較による転送タイミングの決定.

移動シンクノードが次の移動シンクと隣接するまでの時間期待値の短い無線センサノードを選択して低優先度観測データを転送する本提案手法により，観測データの配送遅延の短縮，特に低優先度観測データの配送遅延が短縮されることが期待できる．

4 まとめ

本論文では，ランダム移動する複数の移動シンクノードによって観測データを収集する無線センサネットワークにおいて，バッファオーバフローを回避するとともに低優先度観測データの配送遅延 (固定シンクノードに収集されるまでの時間) を短縮する手法を提案した．移動シンクノードは，隣接無線センサノードへの移動シンクノードの来訪頻度を収集し，前方/後方で比較することで観測データの転送タイミングを決定する．

参考文献

[1] Khan, M.I., Gansterer, W.N. and Haring, G., “Static vs. Mobile Sink: The Influence of Basic Parameters on Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks,” Computer Communications, *Elsevier*, vol. 36, no. 9, pp. 965–978 (2013).

[2] Karim, L., Nasser, N. and Taleb, T., “An Efficient Priority Packet Scheduling Algorithm for Wireless Sensor Network,” Proceedings of the IEEE International Conference on Communications (2012).

[3] Ozlem, I., Amitabha, G., Bhaskar, K. and Krishnakant, C., “ Fast Data Collection in Tree-Based Wireless Sensor Net- works, ” IEEE Transactions on Mobole Computing, vol. 11, no. 1, pp. 86-99 (2012).

[4] 鶴巻, 桧垣, “移動シンクノードへのセンサデータ配送手法,” 情報処理学会研究報告, pp. 1–8 (2012).

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.