

移動センシングのためのデータマイグレーション機構

村山知弥[†] 加古崇文^{††} 富森英生^{††} 横田裕介[†] 大久保英嗣[†]

[†]立命館大学情報理工学部 ^{††}立命館大学大学院理工学研究科

1 はじめに

我々は、センサノードが人と共に移動するセンサネットワーク環境として、移動センシングプラットフォームに関する研究を行っている。センサノードが移動することで、新たなノードを追加することなく、広範囲にわたる観測を行うことが可能となる。しかし、既存のシステムではセンサノードの移動が想定されていない。そのため、ノードが所属していたネットワークを離脱した場合や、別のネットワークに参入した場合に、データが基地局に届かず失われてしまうといった問題がある。今後、センサネットワークが医療や防犯システムに使用されることになれば、ネットワークから離脱した後のセンシングデータも高価値なものとなる可能性がある。これらの環境下においてサービスの質を維持するために、データの損失を防がなければならない。

本稿では、センサノードがネットワークを離脱した時に、バッファ上にセンシングデータを保持する機構を提案する。さらに、離脱したノードが別のネットワークに参入した時に、自身が保持するデータを移動先のネットワークに転送する機構を提案する。

2 移動センシングにおける問題点

これまでのセンサネットワークにおける研究では、データ損失に対する信頼性は、トランスポート層で管理されている [1]。データを損失した場合、ネットワークの輻輳を考慮しながら損失した部分の再送を要求することで、全てのデータの到達を保証している [2]。しかし、これらのデータ損失の回避のアプローチは、同一ネットワーク内にデータが保持されていることが前提となっている。このため、センサノードの移動を考慮した場合、ネットワークから離脱した時のデータは保持できない。そのため移動に伴うセンシング範囲の拡大が十分にできず、ネットワーク離脱時にセンシングデータに大きな変化（イベント）が発生した場合にも、それを検出することができないといった問題がある（図 1 参照）。

また、複数の基地局間でデータ集約を行った後にその結果をユーザが利用する場合、何らかの理由で基地局間の通信が途絶えたとすると、通信が途絶えた基地局に送られるデータは利用されない可能性が高い。基地局側で自身が他の基地局と通信できないことが分かっている場合、過去に蓄えていたデータを離れたネットワークに転送する必要がある（図 1 参照）。

3 データマイグレーション機構

3.1 概要

本研究では、移動センシングを考慮したデータマイグレーション機構を提案する。本研究でのセンサノードは、

A Data Migration Mechanism for Mobile Sensing
Tomoya Murayama[†], Takafumi Kako^{††}, Hideo Tomimori^{††}, Yusuke Yokota[†] and Eiji Okubo[†]

[†]College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

^{††}Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

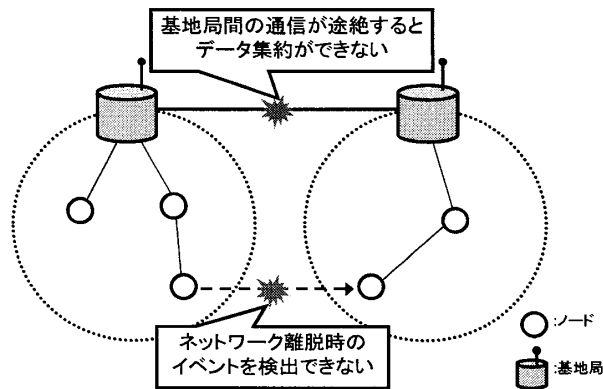


図 1 提案機構の想定環境と問題点

人と共に移動する携帯電話や PDA のような端末であり、ユニークな ID を持つことを想定している。一般的にこのような端末は、ユーザによる充電が可能であるため、電力枯渇によるデータの損失は考えないものとする。

本機構の処理内容として、バッファリング処理とマイグレーション処理の 2 種類を考えている。バッファリング処理では、ネットワークを離脱した場合にノード上へセンシングデータのバッファリングを行う。これにより、離脱に伴うデータ損失を回避することを目的としている。また、マイグレーション処理では、複数の基地局間でデータの集約を行う環境を想定している。ここでの複数の基地局では同様の命令が発行されており、移動ノードが異なる基地局のネットワークに参加した場合も引き続きセンシングができるものとする。このような環境において、ある基地局間の通信が途絶した場合には、孤立した基地局が保持するデータを別の基地局へ転送する。これにより、通信の途絶した環境における、データ利用率を向上させることを目的としている。

本機構を利用することで、センサノードが移動する環境においても、センシングデータの損失がなく、信頼性の高いセンサネットワークを実現することが可能となる。

3.2 アルゴリズム

提案機構におけるバッファリング処理の流れを以下に示す（図 2 参照）。なお、新規参入ノードはネットワークを離脱したノードとして扱う。

1. ネットワークから離脱したノードは、基地局から定期的に配信される Beacon が届くまで待つ。この間のセンシングデータは全てバッファに書き込む。
2. Beacon 受信後、センシングと並行して、バッファデータの送信を開始する。離脱時と同様に、センシングデータは送信する前に全てバッファに書き込む。

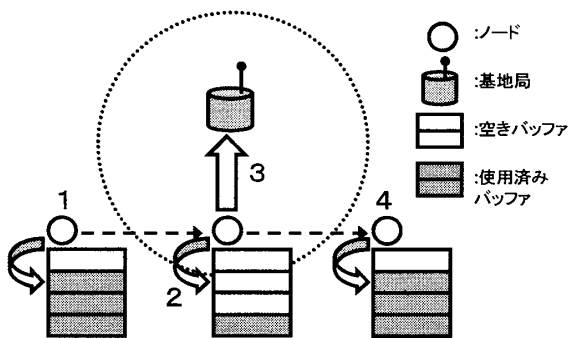


図2 バッファリングの流れ

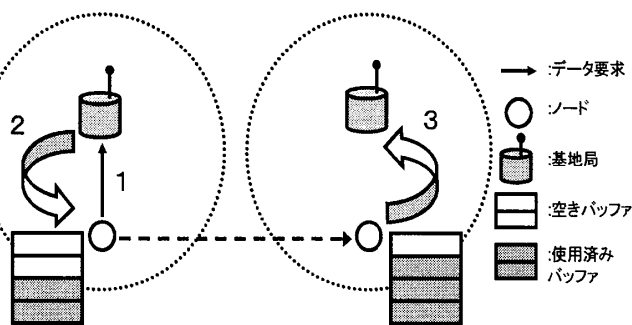


図3 データマイグレーションの流れ

3. バッファに書き込んだセンシングデータを基地局に向けて送信する。送信先から ACK が返された後、バッファのデータを消去する。
4. 次のセンシング時まで ACK が返らない場合、ネットワークから離脱したものと判断され、1. の処理に戻る。

バッファリング処理の途中に、基地局間の通信が途絶し基地局が孤立した場合には、データのマイグレーションを行う。ここでの基地局の孤立については、基地局側で判断できるものとする。マイグレーション処理の流れを以下に示す(図3参照)。

1. 基地局が孤立したことを知ったノードは、基地局上に保持されたデータを要求する。ノードへの孤立の通知に関しては、Beacon を用いて行う。
2. 基地局は自身の保持するデータを送信する。データを受信したノードは自身のバッファに書き込む。
3. データを受け取ったノードが移動し、新たなネットワークに参入した場合には、それらのデータを新たな基地局へ転送し、移動先でのデータの利用を試みる。

4 実装する機能

本提案手法の実装は、Sun Microsystems 社の SunSPOT [3] 上で行う。SunSPOT には、Squawk と呼ばれる VM が搭載されており、Java による制御が可能となっている。以下、4.1 節でノード上に実装する機能、4.2 節で基地局上に実装する機能を述べる。

4.1 センサノード上の機能

センサノード用 SunSPOT は、人と共に移動しながらセンシングを行う。3 章で述べた機構を実現するために、ノード上への実装が必要となる機能の詳細を以下に示す。

● バッファリング機能

センサボードからのセンシングデータ取得時、および他のノードからの送信データの中継時に、データをフラッシュメモリに書き込む。

SunSPOT 上のフラッシュメモリの容量は 4MB である。メモリの容量が不足した場合には、アプリケーション毎に相応しいデータの価値基準を定め、価値

の低いデータから順に置き換えを行う。具体的な価値基準として、時刻、閾値との差、平均値との差、変化率の大きさの 4 種類を実装する。

● バッファデータ送信機能

Beacon 受信後、Beacon 送信元である基地局のアドレスを送信先アドレスに設定する。フラッシュメモリにデータがあれば、メモリ上のデータを基地局に送信する。

4.2 基地局上の機能

基地局用 SunSPOT は PC と接続され、受信データの表示を行う。基地局上への実装が必要となる機能の詳細を以下に示す。

● 離脱ノード発見機能

基地局から定期的に Beacon を送信することにより、離脱ノードが新たなネットワークの通信範囲へ移動した時にバッファデータの送信を開始させる。

● データマイグレーション機能

基地局が他の基地局と通信できなくなった場合、Beacon に孤立のメッセージを載せて周囲のノードへ送る。応答があったノードに対して、基地局に保持された過去のデータのコピーを、価値の高いものから順に転送する。

5 おわりに

本稿では、ノードの移動を考慮したセンサネットワークにおける、センシングデータの損失を回避するためのデータマイグレーション機構について述べた。今後は、本機構を実機上で動作させた上で、データ利用率を基にマイグレーションの有用性について評価を行う。

参考文献

- [1] Jennifer Yick , Biswanath Mukherjee , Dipak Ghosal: "Wireless sensor network survey ," Computer Networks 52(2008)
- [2] Wan, C.Y. and Campbell, A.T. and Krishnamurthy, L.: "PSFQ: a reliable transport protocol for wireless sensor networks ," Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications(2002)
- [3] Sun Microsystems,inc: SunSpotWorld , <http://www.sunspotworld.com/>