

センサネットワークにおけるイベント伝播のための プロアクティブ型経路構築手法

牧野 雄太[†] 村山 知弥[†] 加古 崇文[†] 横田 裕介^{††} 大久保 英嗣^{††}

[†]立命館大学大学院理工学研究科 ^{††}立命館大学情報理工学部

1 はじめに

無線とセンサ機能を備えたセンサノードにより構成されるセンサネットワークが注目を浴びている。多数のノードを設置することで、広域にわたる観測を実現することができる。

観測対象の状態の変化に合わせてノードの動作を動的に変更させる場合、シンクノード側からノードに動作変更を指示するための通信が多数発生し、バッテリー動作するノードの動作寿命を縮めてしまうという問題がある。

そこで、我々は、センサノード上で動作するルールベースの問い合わせ処理機構を提案している [1]。本機構では、観測データの問い合わせ、およびノードの動作変更を行うためのルールを処理することができる。ノードは、周囲のノードの動作を変更するための通知をイベントという形で伝播させることで、ノード間での協調動作による高度な観測を実現する。

しかし、イベント伝播のための通信は、観測データをシンクノードへ送信するための通信とは目的や性質が異なるため、観測データ送信のための通信経路を利用すると非効率になる。提案機構では、これまでイベント伝播にホップ数を制限したフラッディングを利用していたが、この場合も同様に通信効率の悪化が問題となる。

そこで、本稿では、センサネットワークにおけるイベント伝播のためのプロアクティブ型経路作成手法を提案する。提案手法では、事前にイベント伝播に最適化した経路を作成するとともに、その伝播範囲を任意に設定できる。これによって、センサネットワーク上での効率の良いイベント伝播を可能にする。

以降、2 章ではルールベースの問い合わせ処理機構について述べる。3 章では提案手法の詳細を述べ、4 章ではその実装について述べる。最後に、5 章でまとめを行う。

2 ルールベースの問い合わせ処理機構

2.1 概要

ルールベースの問い合わせ処理機構は、状況に応じてノードが自律的に処理内容を変更し、複数のノードが協調して動作することを可能にする。この処理機構では、観測データを各ノード上のデータベースに保存し、データを集約して送信することで通信量の削減を行う。また、各ノードの動作基準となるルールを事前に定義する。それぞれのノードが動作変更のルールを持つことで、動作変更のための通信が不要となる。このルールは、ノードが持つ複数の状態ごとに行う観測動作、通信問合せ、イベント生成条件、状態遷移規則からなる。各ノードは、ル

ルに基づいて動作し、自身の観測データや周辺ノードからのイベント伝播に応じて自律的に動作を切り替える。このイベント伝播を介して周辺ノードとの協調動作を実現する。また、イベント判定結果をネットワークに送信することで他ノードの動作を切り替えることが可能であり、複数ノードの協調動作が実現できる。

2.2 利用例

センサデバイスの多様化により、同一ネットワークにおいて異なる種類のセンサを搭載したノードを混在して使用する場合が考えられる。また、高度な観測を行う場合、これら異なるセンサを搭載したノードの協調が必要となる。例えば、斜面防災システムでは、温度・照度センサを搭載したノードが天候を観測し、天候が崩れた場合、土砂崩れが発生する可能性が高まったと判断し、地中水分量を計測するセンサを搭載するノードの動作を変更し、短い時間間隔でのセンシングを開始する。このように協調することで、地中水分量を計測するセンサを持つノードは、晴天時の消費電力を抑えることができる。

2.3 協調動作に関する課題

ルールベースの問い合わせ処理機構では、ノードが協調動作するためにイベント伝播と呼ぶノード間通信を行う。これは、各ノードが観測データからイベントを検出し、周囲にこれを通知するものである。通知にはフラッディングを用い、通信の氾濫を防ぐため、マルチホップ通信のホップ数で伝達範囲を制限する。しかし、この方法は、イベントを伝えたいすべてのノードに確実に送信することが難しいだけでなく、不要なノードにも送信してしまうことが避けられず、イベントの発生頻度によっては通信に輻輳が発生する可能性がある。また、センサデータをシンクノードへ送信するために構築した木構造の経路を利用してイベントを伝播させる方法がある。しかし、イベントデータは周囲のノードへの送信が必要となるため、上記経路を用いると隣接したノードへの通信にも非常に長い経路をたどるため、非効率となる。

3 イベント伝播のためのプロアクティブ型経路構築手法

3.1 概要

2.3 節で述べた課題を解決するため、イベント伝播の専用通信手法を検討する。イベント伝播のために経路を新しく構築することは、通信やノードの処理のオーバヘッドが大きくなるため、望ましくない。そこで、周辺ノードへの通信のためのフラッディングによる方法と、離れたノードへの通信のための観測データを送信するための既存の経路を利用する方法を組み合わせることで、効率の良さと、確実なイベント伝播の保証を両立させる

A Proactive Routing Method for Event Propagation in Sensor Networks

[†]Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

^{††}College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

手法を提案する。

本手法では、ユーザが定義したルールからイベントを抽出し、イベントの種類をそのままノードのグループ ID としてグループを作成する。発生したイベントは、同一グループ ID を持つノードにのみ伝達する。

図 1 のように、同一グループ ID を持つノードの集合は複数のサブグループに分割される。各サブグループ内のノードは、1 ホップの通信で接続されている。サブグループ内のイベント伝播は制限フラッディングと呼ぶフラッディングをベースとした方法で行い、サブグループ間のイベント伝播は既存の経路を利用する。図 1 におけるイベント発信ノード A は、自身が所属するサブグループ内で制限フラッディングを実行すると同時に、他のサブグループへ既存の経路を利用した通信を行う。他のサブグループの代表ノードであるヘッダノード H はイベントを受け取ると、制限フラッディングによってサブグループ内の通信を実施する。

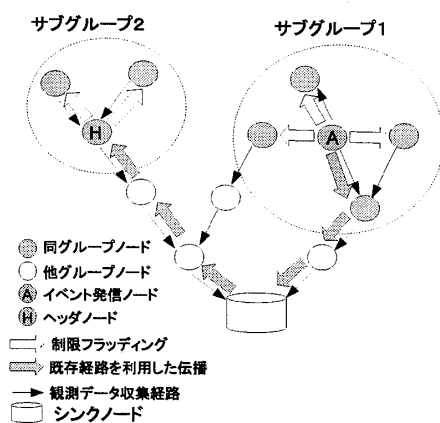


図 1 イベント伝播のための経路

3.2 ルーティングテーブルの構築

本機構では、観測データやイベント伝播の通信衝突を防ぐため時分割方式の通信を行っている。

各ノードは、シンクノードからフラッディングされる時刻同期のための時刻データ受信後、観測を開始する。

その際、各ノードは 1 ホップで通信できるノードのアドレスとグループ ID を記録したテーブルを作成する。イベント伝播のための通信ではこのルーティングテーブルを利用する。また、ノードはフラッディング時の送信元ノードを親ノードとして記憶し、シンクノードへのデータ送信の経路を設定する。時刻同期を行ったノードは設定されたグループ ID を基に制限フラッディングのためのサブグループを作成する。最後に各サブグループにおいて、シンクノードからのイベントを受け取るヘッダノードを設定する。

3.3 イベント伝播時のノードの動作

制限フラッディングによる伝播: イベントが発生した場合、ノードは自身のルーティングテーブルを参照し、1

ホップ内の同じグループ ID のノードにイベント伝播を行う。イベントを受け取ったノードも、同じ様にイベントを伝播させる。これにより、サブグループ内のすべてのノードにイベントが伝わり、またグループ ID が異なるノードには通信が行われない。

既存の経路を利用した伝播: イベントを発信するノードが所属するサブグループ以外のサブグループに所属するノードにイベントを伝達するため、イベント発信ノードは、制限フラッディングと同時に既存の経路を用いてシンクノードに向けてイベントを伝播させる。イベントを受け取ったシンクノードはイベント発信ノードと同一グループ ID を持つ他のサブグループのヘッダノード群に対し、イベントを転送する。イベントを受け取った各ヘッダノードは、制限フラッディングを行う。

4 実装する機能

本問合せ処理機構は、Sun SPOT[2] センサノードデバイス上に実装されている。デバイスの計算機資源が豊富であり、Java 言語による制御が可能で実装が容易である。3 章で述べた手法を実現するため、以下の機能を実装する。

周辺ノードのグループ ID 検知機能: 制限フラッディングを行うためには、ノードが 1 ホップで通信可能な同じグループのノードを認識する必要がある。そのためにはノードのアドレスだけでなくグループ ID が必要になる。よって、ノードのアドレスとグループ ID を記録するルーティングテーブルが必要となる。

ヘッダノード決定機能: シンクノードからのイベントを受け取るためには、シンクノードにサブグループの位置を通知する必要がある。ヘッダノードは自身の情報や経路情報をシンクノードに向けて送信する。

シンクノードのイベント中継機能: これまでの実装では、シンクノードは時刻データの送信と観測データの受信しかできない。イベントを中継するにはイベントの送受信機能が必要になる。

5 おわりに

本稿では、ルールベースの問合せ処理機構における省電力化と通信効率化のためのイベント伝播のためのプロアクティブ型経路作成手法について述べた。今後は、シミュレータを用いて従来手法との通信量の比較による評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 富森 英生, 横田 裕介, 大久保 英嗣: ルールベースの問合せ処理機構に基づく協調型センサネットワークシステム, 情報処理学会研究報告 2009-MBL-48, Vol. 2009, No. 8, pp. 57-64 (2009).
- [2] Sun Microsystems: SunSPOTWorld website, <http://www.sunspotworld.com/>.