

協調処理を実現する広域センサネットワークシステムの設計と実装

森 香樹† 横田 裕介† 大久保 英嗣†

†立命館大学 情報理工学部

1 はじめに

近年の計算機や無線通信機器の小型化により、小型計算機にセンサと無線通信機器を取り付けそれらを相互に接続した、無線センサネットワークの利用が広まってきている。センサネットワークは主に環境観測に利用され、無線でセンサノード間を接続することにより、通信インフラのない環境においても一定範囲内からのセンサデータ収集を可能にしている。

従来のセンサネットワークはセンサノード同士で直接通信が行えるような、狭い範囲でのローカルなネットワークで構成されることが一般的であった。しかし近年ではスマートフォンに代表されるような、容易にインターネットに接続可能な小型デバイスが普及してきていることから、より広範囲に存在するセンサからの環境情報の利用が可能になってきている。

一方で、センサネットワークにおける課題として、センサノード間の協調が挙げられる。ノードが観測結果により自律的に状況の判断を行い、その情報を他ノードに伝搬することにより、ホストによる集中管理に依らずにセンサノード間での協調動作を実現することができる。

本稿ではセンサノード間での直接通信を行えないような広範囲に設置されたセンサネットワークにおいて、このような協調処理を可能とするためのシステムを提案し、その実現方法について述べる。

2 関連研究

広域センサネットワークのためのプラットフォームの研究として、文献 [1] がある。[1] では統合通信基盤として JXTA による P2P ネットワークを構築している。センサネットワークごとにゲートウェイとなる機器を設置し、これをピアとすることでインターネットを通じて各センサネットワーク間でデータのやりとりを行うことができる。また、JXTA のリソース発見機能を利用することでノードやセンサネットワークの検索の解決を容易に実現していることが特徴である。

一方で、このシステムはサービスの利用者によるセンシングデータの利用を目的としており、センサノード間での通信は考慮されていない。本稿の提案手法では、センサノード上のアプリケーションから直接他のノードへアクションを起こさせるような記述を可能とする。

また、文献 [2] ではノード間の協調を実現するために、環境観測により自律的に状況を判断し、それをイベント

として他ノードに伝搬させることで協調処理を実現する機構を提案している。本稿ではこの仕組みを参考にし、インターネット上で動作する広域センサネットワークのためのプラットフォーム上に実現している。

3 広域センサネットワークのためのプラットフォーム

本章では広域センサネットワークを構築するためのプラットフォームについて述べ、どのような利用が想定されるかを示す。

3.1 概要

提案するシステムは、直接通信できないノード間でインターネットを通じたデータのやり取りを実現するためのプラットフォームである。具体的にはインターネット上のサーバがノード間の仲介のみを行うことにより擬似的な P2P ネットワークを構築し、ノード主体のアプリケーション開発を実現する。図 1 に、システムの概要を示す。提案システムを用いることで、例えば河川の

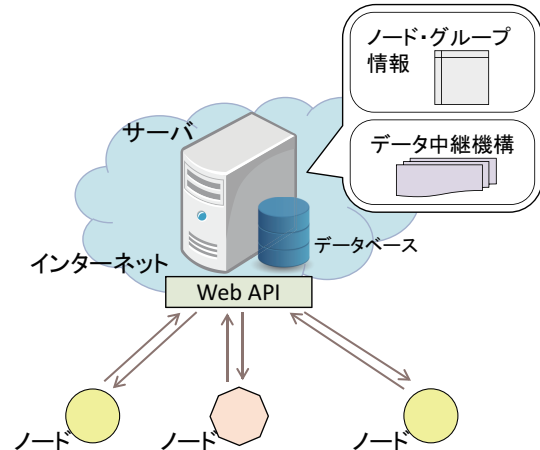


図 1: 提案システムの概要

氾濫予測のために、上流に配置された雨量センサが一定量以上の降雨を観測すると下流の水位センサに通知し、センシング間隔を短くするような観測システムを実現することができる。

3.2 設計

本節では提案手法におけるサーバの設計について述べる。

以下にサーバの持つ機能を示す。

- ノード情報管理機構

Design and Implementation of Wide-Area Sensor Network System for Cooperative Processing

†Mori Koki †Yusuke Yokota †Eiji Okubo

†College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

- データ中継機構
- ノードへのインタフェース

サーバはノード間の中継のみを行うが、そのためにネットワークに参加しているノードの存在を把握する必要がある。また、使用するアプリケーションや地域などによってノードのグループ分けを行うことができる。これらの情報を、データベース上の以下のようなテーブルで管理する。

Node サーバが管理する全ノードの ID

Group グループとそれに属するノード ID

GroupAttribute グループの属性メタデータと属するグループ ID

ノード ID はノードを一意に識別するための ID で、ノードからネットワークへの参加要求を受けた際にサーバが割り振る。グループがどのような用途や場所でグループ分けされているかをノードのアプリケーションから検索できるようにするために、それらの情報をメタデータとして管理する。

データ中継機構はノードごとに管理領域を持ち、キューのような構造で中継データを保管し、順番にノードへ中継を行う。

ノードへのインターフェースとして、Web API を提供する。ノードは HTTP アクセスによりサーバと通信を行う。

4 実装と評価

4.1 センサノード

センサノードには Arduino UNO を用いた。また、プロトタイプシステムでは Ethernet シールドを使用し有線 LAN 経由でネットワークに接続しサーバへの HTTP アクセスを行った。将来的には無線通信を用いる予定である。

4.2 サーバ

サーバは Node.js を使用して構築した。Node.js はサーバサイドの JavaScript 環境であり、比較的容易にサーバアプリケーションを作成できる。また、後述する RESTful API の実装が容易であるという特徴を持つ。

4.3 ノードとサーバの通信

提案システムではノード間の通信をサーバが仲介するために、サーバとノードが相互通信を行う。その際サーバ側からノードにアクセスを開始する非同期双方向通信の技術を使用できることが望ましいが、それを実現する WebSocket などのプロトコルは、軽量な実装は困難であり、センサノードでの使用には向かない。加えて、ノード間の通信にはそれほどリアルタイム性が重要でないと考えられることから、ポーリングによる実装を行う。

ポーリングはクライアントが定期的にサーバへ要求の有無を問い合わせる方式である。本システムではサー

バは中継データを一時的に蓄積し、ノードからのポーリングによる自身宛ての中継データが無いかという要求を受けてデータの送信を行う。この仕組みにより、非同期にノード間のデータの受け渡しを実現する。

ノードによるサーバへのアクセスは、サーバが提供する Web API を使用する。センサノードに様々なデバイスが使用されることを想定し、どのようなデバイスであっても対応が容易な RESTful な API を公開する。ノードからのアクセスは "メソッド (ホスト名)/api/(リソース名)" の URI に対して行い、メソッドには情報を取得するときは GET、データをアップロードする際には POST を用いる。

4.4 評価

現時点までにプロトタイプシステムとして、サーバとノードにおける最低限必要な機能を実装した。サーバは受信した HTTP アクセスのメソッド名 (GET もしくは POST) により受信データの格納もしくは送信の処理を行い、ノード側では一定時間ごとにサーバに対してデータを送信するものとデータを取得する役割に分けた 2 台を設置して実験を行った。その結果、一方のノードから送信した情報を非同期にもう一方のノードで受信できることを確認した。

以上より、ノード主体のプログラム記述による単純なノード間のデータの送受信が可能であることが確認できた。今後はシステムの実装をさらに進め、比較的多数のノードによるサンプルアプリケーションを構築した上で、サーバへの負荷とレスポンスの時間を計測するなどベンチマークを行いたいと考えている。

5 おわりに

本稿ではセンサネットワークにおいてノードが広範囲に設置され直接通信ができないような環境で、ノード間の通信を実現するシステムを提案した。インターネット上に設置されたサーバがノード間を仲介することにより擬似的な分散型アーキテクチャを実現し、イベント情報などをノード間で主体的に処理を実行することができる環境を提供することで、協調処理を実現するプラットフォームとして利用できる。

現在はプロトタイプとしての実装しか行えていないため、今後はノードの検索機能などを追加し、プラットフォームとしての完成を目指すことを予定している。

参考文献

- [1] 磯村学, 井戸上彰, 堀内浩規: “広域に分散するセンサネットワークのための統合通信基盤の提案”, 情報処理学会論文誌, vol.49, No.6, pp.1803-1818(2008).
- [2] 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よる協調型センサネットワークの実現”, 情報処理学会研究報告. MBL, vol.2009, No.8, pp.57-64(2009).