1T-04

イベント通信に基づく協調型センサネットワークシステムの実装

吉田　麻衣子　　横田 裕介
日本女子大学理学部数物科学科

1　はじめに

既存の一般的なワイヤレスセンサネットワークシステムでは，ノードは取得したデータを全てホストに送信し，ホストは受信したデータを処理し，判断を行う．その判断に基づいて制御命令をノードに送信し，ノードは受け取った命令に従いサンプリングレートを変更するといった動作変更を行う．しかし，ノード数が増えればデータは膨大になり，通信量が増えていく．またホストからの制御命令の送信回数も数時間や数日に一度のネットワークへの負担はほとんど無視できるが，数分に一度といったように頻繁に行うようになると，通信量が増え，ネットワークへの負担が無視できなくなる．

センサネットワークシステムでは，観測対象の状態に応じてノードの動作を適切なものに切り替えることが求められる．取得するデータの種類や観測周期を柔軟に変更することにより，最適なノードの利用が可能になる．このような場面では，問い合わせ処理の考え方に基づくシステムの設計が有効である．ホストはノードに対し問い合わせという形式でセンシング動作の指示を送る．ノードはセンシングの結果得られたデータを全てホストへ送信する．ホストは受信したセンシングデータを分析し，必要に応じて動作を変更するために問い合わせをノードに再度送信する．この手法の問題点としては，常に全てのセンシングデータをホストが収集する必要があること，動作変更の度にホストからノードへの通信が発生することによる，通信量の増大に伴うノードの電力消費の増加が挙げられる．

また，ノード数増加による通信量の増大や，異なるセンサ・能力を持つノードが混在した環境における柔軟な観測の実現が困難であるという課題も存在する．そのため，ホストへの不要な通信を削減し，ノード間で自律的に協調し，動作変更を行う仕組みが求められている．

本研究では，ノードの動作をルールとして定め，観測データからから判別される状況に応じて，イベントを送信してノードの動作を動的に切り替えるイベント通信に基づく協調型センサネットワークシステムを開発する．ノードがデータの処理を行い，状況判別の結果をイベントとして他のノードに伝搬することで，ノード間の協調動作が可能なセンサネットワークを実現する．

Implementation of a Cooperative Wireless Sensor Network System based on an Event Communication Mechanism
Maiko Yoshida, Yusuke Yokota, Dept. of Mathematical and Physical Sciences, Faculty of Science, Japan Women's University

2　イベント通信に基づく協調型センサネットワークシステム

イベント通信に基づくセンサネットワークシステムの構成について述べる．センシングデータはローカルストレージに保存され，それを元に判断を行い，必要があればイベントを生成する．

また，必要に応じてホストへセンシングデータを送信することもできる．生成されたイベントは，ホストを経由せずマルチホップ通信によって対象ノードへ直接送信される．イベントを受け取ったノードは，ルール記述内容に基づいて自律的に自身の動作を変更する．

これにより，本システムではアプリケーションが必要とするセンシングデータのみをホストへ送信し，ノードの動作変更に用いられるセンシングデータはイベント通信として置き換えられ，ノード間の直接通信によって処理することを可能にしている．

このようにして，不要なノード-ホスト間の通信を抑制することで，ノードの消費電力の削減を実現すると共に，ノード数の増加によるシステムの大規模化にも対応できるようにしている．システムの概要を図1に示す．

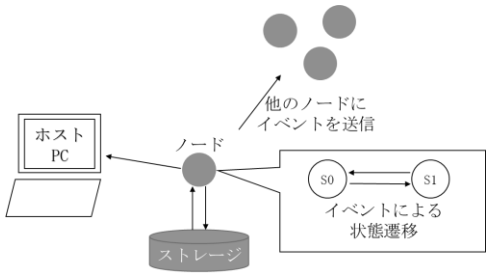

図1　システム概要

2.1　ルール設計

ルール処理部では，センシングを行う度にノードのローカルストレージにデータを蓄積し，その処理結果からイベントを発生させる．イベントが，ユーザが設定した条件に適合していた場合，ノードは自身の動作の切り替えを行う．

この手法では，ノードごとにセンサの種類が異なる場合における異種ノード間の協調動作を自然に記述することができる．

具体例として，ノードに湿度計と照度計を用いた場合について述べる（図 2）．照度計は曇りの時には一分に一回計測を行い，晴れの時には一時間に一回計測するように設定されている．

湿度計の値が x を超過した場合に，照度計を搭載しているノード 2 にイベント 1 を送信する．イベント 1 を受信したノード 2 は，曇りから晴れの状態になったと判断し，一時間に一度計測するよう動作を変更する．また，湿度計の値が y 以下になると，今度はイベント 2 をノード 2 に送信する．イベント 2 を受信したノード 2 は，晴れから曇りの状態になったと判断して一分に一度計測するように動作を変更する．

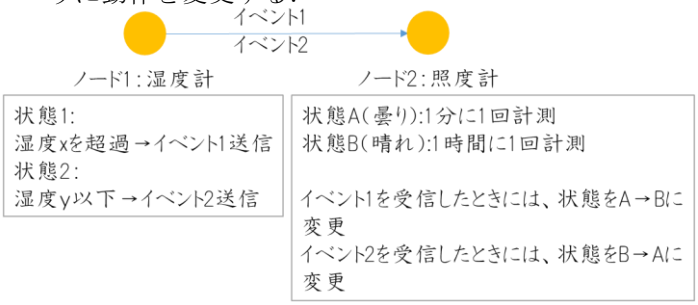

図 2　ルール処理動作例

2.2　システム設計

システムのモジュール構成を図 3 に示す．ノードはホストからの制御命令および他のノードからのイベントを受信し，ホストへセンサデータ，および他のノードへイベントを送信する．一方ホストはノードにルールを送信し，ノードからセンサデータを受信する．

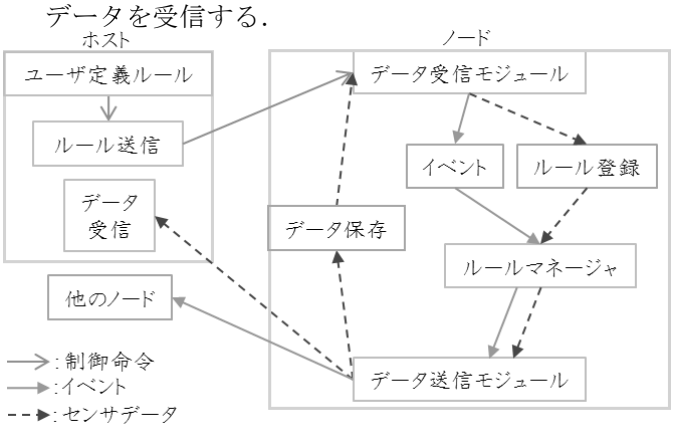

図 3　モジュール構成

3　実装

Arduino Leonardo と XBee を用いてセンサノードを作成する．通信モジュールである XBee は，ZigBee 規格に準拠した通信デバイスであり，2.4GHz の周波数帯を使用している．XBee の API モードを用いることにより，任意のノード間での通信を可能にする．ルールの記述には JSON 形式を用い，Arduino 上で，JSON で書かれたルールを解釈しながら動作する．

```
n1
{ "INITIAL": "S1",
  "STATES": [
    { "SID": "S1",
      "Interval": 1000,
      "SendEvent": {
        "Val": [500, ">"],
        "Event": "E1",
        "Node": ["N1","N2"]
      }
    },
    { "SID": "S2",
      "Interval": 1000,
      "SendEvent": {
        "Val": [500, "<"],
        "Event": "E2",
        "Node": ["N1","N2"]
      }
    }
  ],
  "TRANSITION": [
    { "Event": "E1",
      "From": "S1",
      "To": "S2"
    },
    { "Event": "E2",
      "From": "S2",
      "To": "S1"
    }
  ]
}
```

```
n2
{ "INITIAL": "S1",
  "STATES": [
    { "SID": "S1",
      "Interval": 1000,
      "SendData": "host"
    },
    { "SID": "S2",
      "Interval": 3000,
      "SendData":
"local"
    }
  ],
  "TRANSITION": [
    { "Event": "E1",
      "From": "S1",
      "To": "S2"
    },
    { "Event": "E2",
      "From": "S2",
      "To": "S1"
    }
  ]
}
```

図 4　JSON 形式のルールの例

n1，n2 はそれぞれノードの種類を表しており，INITIAL は初期の状態を示している．Interval は観測の時間間隔を，SID は状態の ID を示している．

ノード n1 における状態 S1 は，観測周期は 1000，値の大きさが 500 以上のときに E1 を n1 と n2 に送信する．状態 S2 は，観測周期は 1000 で値の大きさが 500 以下のときに，E2 を n1 と n2 に送信する．

そしてノード n1 の値が 500 以上になったときには再び E1 を送信する．

ノード n2 における状態 S1 は，観測周期は 1000 で取得したデータは全てホストに送信する．状態 S2 では観測周期が 3000 で取得したデータはローカルストレージに送信するようになる．

このルールを元にノード n2 にイベントを送信し，イベントによってノード n2 は観測周期やデータ送信場所を変更する．E1，E2 はそれぞれイベントを表しており，E1 は状態 S1 を状態 S2 に，E2 は状態 S2 を状態 S1 に変更する命令になっている．

4　おわりに

本稿では異なる種類のノードが混在する環境において、柔軟な動作変更を可能にすると共にノード数増加時の電力消費の抑制を実現するシステムを提案した．ユーザが定めたルールを基に，ノード間のイベント通信を用いて協調動作を行う．

今後はアプリケーションの開発を進め、提案した機構の有用性の確認を行う．

参考文献

[1] 冨森 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，2009-MBL-48，pp. 57-64 (2009)．