

携帯電話アプリケーションとマルチエージェント技術による WSN 簡易構築システム*

大林真人[†] 西山裕之[‡] 溝口文雄[‡]

東京都立産業技術研究所 情報科学グループ[†]
東京理科大学 理工学部[‡]

1 はじめに

ワイヤレスセンサネットワーク (WSN) を構築するデバイスには、既に多くの種類が存在する。小型かつ低消費電力性を基に設計されたセンサノードは、実環境における様々な場所や物体に容易に設置することができるだけでなく、内蔵されたバッテリーによって年単位による長時間駆動も可能となる [1]。さらに、様々なセンサやアクチュエータを組み合わせることによって、より多機能なセンサネットワークおよびロボティックルームを簡便に構築することも可能となると思われる。これらより、センサネットワークは非常に興味深い特徴を持ち、産業要素としての十分な可能性を持っていると考えられる。しかしながら、センサノードは、設置する対象や場所、用途や接続するセンサの種類にしたがって、その動作を変更する必要がある、その設定には、プログラミングに関する知識と技術が大きく必要とされる。そのため、センサネットワーク技術が十分な汎用性を持っているにも関わらず、エンドユーザが要求する機能が提供されずに、限られた分野や事例への適用のみに留まる恐れがある。また、屋外で使用するためには、設置環境や現場における容易な開発が行えることが望ましい。

本研究では、上述した問題を解決するために、携帯電話アプリケーションによって、センサノードの開発環境を提供するシステムを開発する。これは、GUI ベースによる開発環境を提供し、「いつでも、どこでも」センサノードのプログラミングを提供することを可能とするものである。また、開発環境から、センサネットワークに対して一般化されたマルチエージェントとしての機能を提供することによって、異なる機能を持つセンサノード間の動的な認識を容易にし、柔軟なシステム構築を可能とする。

*Mobile Phone Application using Multi-agent Framework for Developing WSN

[†]Makoto Obayashi, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, Information Science Group

[‡]Hiroyuki Nishiyama and Fumio Mizoguchi, Tokyo University of Science, Faculty of Science and Technology

2 設計方針

2.1 携帯電話アプリケーションによる WSN 構築システム

現在、我が国における携帯電話の普及率は非常に高いだけでなく、強力な通信インフラを使用したメールやネットブラウジング、ゲームなどの様々な用途への応用が一般的に認知されている。したがって、現状では携帯電話こそが、誰もが常に常備する情報端末機器と考えられる。よって、携帯電話を使用することによってセンサネットワークの設定および構築を簡便に行うことが可能となれば、普及の拡大および適用事例の開拓に繋がると考えられる。図 1 に本研究におけるシステム構成を示す。ユーザは所有する携帯電話上で実装された専用アプリケーションソフトウェアを使用することによって、センサノードの動作を定義する。動作定義ファイルは、ネットワークを介してコンパイラサーバに送信され、センサノード上で実行可能なバイナリイメージが生成される。バイナリイメージは、コンパイラサーバによって送信され、携帯電話上のメモリに格納される。ユーザは、携帯電話に装備された赤外線ポートを使用して、センサノードにバイナリイメージの書き込みを行う。

2.2 GUI ベースによるセンサノード動作定義手法と視覚化技術の設計

携帯電話が一般の PC や PDA と比較して劣る点は、描画領域が狭く、操作インターフェースが貧弱であることである。このため、携帯電話上でプログラミングのようなコード記述作業を行うことは、大きな苦痛を伴う労働となりうる。よって、単純な操作によってセンサノードの動作を定義するためには、GUI をベースとした開発環境を使用することが、一つの解であると考えられる。ここで、本研究における動作定義 GUI は、以下の特徴を備えることを重点に設計を行った。すなわち、携帯電話の限定された操作インターフェースによる十分な操作性の実装、限定された描画エリア内にお

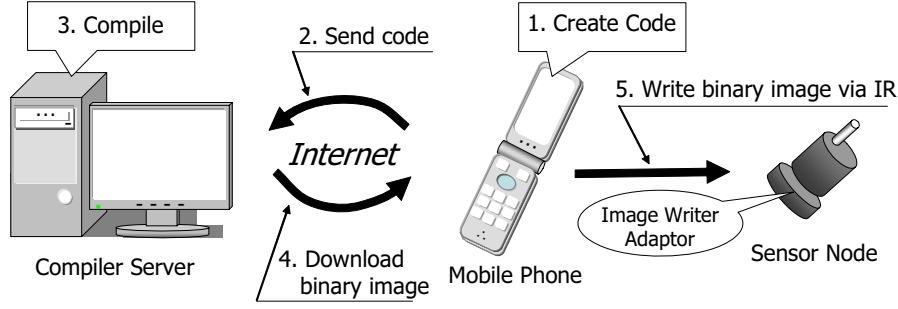


図 1: System Configuration of our Mobile WSN Developing Environment

ける効果的な視覚化、の2点である。本研究では、各センサノードの振舞いを GUI で定義するため、その動作を UML2.0 に準じたステートマシン図によって表現した。ステートマシン図は、状態ノードと呼ばれる記号と、遷移の方向を示す矢印の集合によって構成される。ここで、携帯電話の限られた描画領域において、ステートマシン図の全体を効率的にユーザに伝達するために、3D による視覚化アルゴリズムを開発した。この手法は、ステートマシン図の全体を一画面内に表示する一方で、ユーザの注視領域を拡大して表示する。GUI 上における各状態ノードの描画変換位置は以下のアルゴリズムによって算出される。ここで、平面内に配置された、ある状態ノードの座標を (x_{pi}, y_{pi}, z_{pi}) ($i = 1 \dots n$) とすると、3次元座標 (x_{si}, y_{si}, z_{si}) に投影される変換式は以下のように表される。

$$\begin{aligned} (x_{si}, y_{si}) &= C_s \tan^{-1} Z_s (x_{pi}, y_{pi}) \\ z_{si}^2 &= R - (x_{si}^2 + y_{si}^2), \quad (z_i \geq 0) \end{aligned}$$

ここで、 Z_s , C_s , R は収束係数、描画領域係数、曲率係数であり、これらの係数を変更することによって、3次元に投影されたステートマシン図のバランス、注視領域の拡大率を変更することが可能である。

2.3 センサノード動作記述言語

GUI によって定義されたセンサノードの振舞いは、アプリケーション内部でプログラミング言語として変換される。本システムにおいては、TinyMRL[2] を使用することによって、GUI による動作定義とコード生成のシームレスな変換を実現した。TinyMRL はルールベースによって状態を記述することが可能であり、GHC(Guarded Horn Clause) による記述形式と同様に、ルール名、条件節、実行節の3部から構成される。そして、実行可能状態にあり、かつ条件節の内容与センサノードの内部状態が一致したルールが実行される。この構造により、UML によるステートマシン図との対応が容易であり、さらに GUI ベースでの編集に適している。また、ファシリテータを使用した、“subscribe”, “broker”, “recruite”, “recommend” 等の動的なサー

ビス発見機能をシステムコールとして実装しており、センサネットワーク上のノード構成の変化や新たな機能の追加に対して柔軟なシステムを構築することが容易である。

3 実装

DoJa-4.0 による i アプリ (901iS およびその上位機種対応) によって実装を行い、N901iS (NEC) 上で動作確認を行った。コンパイラサーバには、linux (Fedora core4) を使用しており、Tomcat+Servlet によってユーザからのリクエストが処理される。コンパイラサーバから携帯電話に送信されたセンサノードのバイナリイメージは、スクラッチパッドに保存される。よって、アプリケーションを終了しても端末上から消去されないため、コンパイル済みのバイナリイメージは何度でも使用することが可能である。携帯電話からセンサノードに対するバイナリイメージの書込みは、赤外線ポートによる IrOBEX プロトコルによって実現される。

4 まとめ

本研究では、携帯電話アプリケーションによってセンサネットワーク開発環境を実現した。携帯電話は、通常の計算機環境と比較して、描画領域および操作インターフェースに大幅な制約を受ける。このため、携帯電話に特化した視覚化手法を用いることにより、GUI ベースでの開発環境を実現した。これにより、屋内外の様々な場所におけるセンサネットワークの簡便な構築および設定を実現した。

参考文献

- [1] B.Warneke, M.Last, B.Liebowitz, and K.Pister. “Smart dust: Communicating with a cubic-millimeter computer,” IEEE Computer, pages 44-51, January 2001
- [2] M.Obayashi, H.Nishiyama and F.Mizoguchi, “Secured Cooperative Multi-Agent Framework in Limited Resources for Intelligent Sensor Network,” Proceedings of the annual conference IECON, pp.2668-2673, Nov 2005.