

# 携帯電話アプリケーションによる UML ステートマシン図に 基づく WSN ビジュアルプログラミングシステム\*

大林真人<sup>†</sup> 西山裕之<sup>‡</sup> 溝口文雄<sup>‡</sup>

東京都立産業技術研究センター ITグループ<sup>†</sup>  
東京理科大学 理工学部<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

アドホックネットワークプロトコルを用いたワイヤレスセンサネットワーク (WSN) は、屋内外において広域的な環境情報を取得するためのシステムを簡易かつテンポラリに構築することを可能とする。このため、インフラの存在しない環境におけるモニタリングシステムや、防災・防犯システムを容易に展開することができるものと思われる。しかしながら、アプリケーションの内容、適用場所によって、各センサノードの振舞いを変える必要が生じる。通常のセンサネットワークは、C 言語や OS に特化した言語によるプログラミングによって、その動作を記述する必要があり [1]、ワイヤレスセンサネットワークの利便性・汎用性に関わらず、その利用者は、専門の技術を保有するエンジニアのみに限られる恐れがある。

本研究では、ワイヤレスセンサネットワークを、ユビキタス環境を構築するための、より一般化されたツールとして普及させることを目的とした、通常の携帯電話アプリケーションによるセンサネットワーク構築システムを開発する。このとき、携帯電話は表示および操作インターフェースにおいて、通常の計算機と比較して大きな制約を受ける。我々は、この問題を解決するために、携帯電話に適したビジュアルプログラミング技術と情報視覚化アルゴリズムを開発し、直観的な操作によるセンサネットワークのモバイル構築システムを実現する。

## 2 設計方針

### 2.1 開発環境および描画アルゴリズムの設計

携帯電話を計算機と比較した場合、描画領域および操作インターフェースの点において、大幅な制約を受ける。このため、携帯電話上で通常のプログラミング

のようなコード記述作業を行うことは、非常に困難である。ここで、本研究による動作定義システムは、(1) 限定された操作インターフェースによる十分な操作性、(2) 限定された描画エリア内における効果的な情報視覚化、の 2 点を実現することを重視し、GUI ベースによるビジュアルプログラミングの手法を使用する。このとき、センサノードの動作が、各種センサ情報や他のノードからの入力および内部状態によって変化することを考慮し、UML2.0 におけるステートマシン図に基づく動作表現を用いる。ステートマシン図では、状態ノードと有向アークの集合によって、オブジェクトの動作を表現することが可能であるが、状態ノードの数の増加に伴い、携帯電話の限られた描画領域での表示は困難となる。本研究では、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、携帯電話の小型ディスプレイに対応する 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多くの情報を一画面内に表示する一方で、ユーザの注視領域を適切に表示することを可能とする。ステートマシン図における各状態ノードの描画変換は以下のアルゴリズムによって算出される。平面内に配置された、 $n$  個の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。

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

ここで、 $Z_s$ ,  $C_s$ ,  $R_s$  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。また、各状態ノード間の遷移を表す有向アークの曲線は、遷移元と遷移先ノードを始点  $(x_1, y_1, z_1)$  および終点  $(x_4, y_4, z_4)$  とし、2 つの制御点  $(x_2, y_2, z_2)$ ,  $(x_3, y_3, z_3)$  と使用するベジェ曲線を、3 次元空間で展開することによって実現される。有向アークは、 $0 \leq t \leq 1$  の範囲における任意の数  $t$  によって複数のポリゴンとして構築される。アークの生成アルゴリズムは以下の式に示される。

\*Mobile Visual Programming System for Wireless Sensor Network based on UML State Machine Diagram

<sup>†</sup>Makoto Obayashi, Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, R&D Division, IT Group

<sup>‡</sup>Hiroyuki Nishiyama and Fumio Mizoguchi, Tokyo University of Science, Faculty of Science and Technology

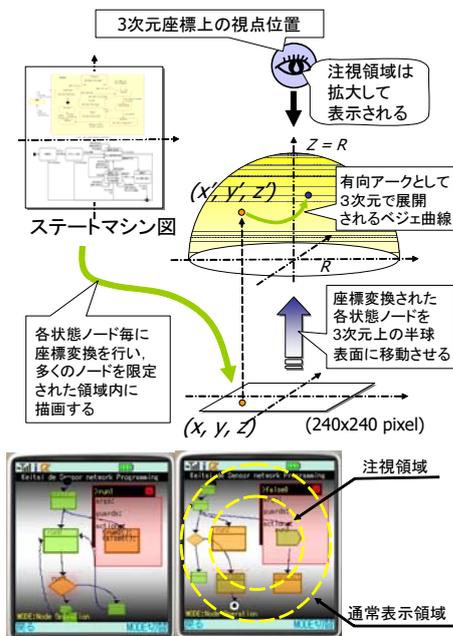


図 1: 描画アルゴリズム (上) および限定された描画領域における編集画面例 (下)

通りである。

$$\begin{aligned} x &= (1-t)^3 x_1 + 3(1-t)^2 t x_2 + 3(1-t)t^2 x_3 + t^3 x_4 \\ y &= (1-t)^3 y_1 + 3(1-t)^2 t y_2 + 3(1-t)t^2 y_3 + t^3 y_4 \\ z &= (1-t)^3 z_1 + 3(1-t)^2 t z_2 + 3(1-t)t^2 z_3 + t^3 z_4 \end{aligned}$$

図 1 に、我々の視覚化手法による描画結果を示す。図より、全ての状態遷移ノードを一画面内に描画しつつ、ユーザの注視領域となる中央付近に位置するノードは拡大されて表示されることが確認できる。逆に、その他の状態遷移ノードは、画面端に縮小されて表示されることが確認できる。各状態ノードの動作内容は、編集フォーム上で、システムコールやイベント種別等を選択することによって実現される。

## 2.2 ネイティブコードへの変換手法

ステートマシン図をベースとして定義されたセンサノードの振舞いは、コンパイル処理に際してプログラミング言語に変換する必要がある。このとき、各種状態や遷移、遷移条件、送受信シグナル等の動作定義をネイティブコードに一意に変換することが必要となる。本システムにおいては、我々の先行研究によって開発した言語および言語処理系である、TinyMRL[2]を使用した。TinyMRL は、ルールベースによって動作記述を行う言語であり、一つのルールは、ルール名、条件節、実行節の 3 つによって構成される。明示的に呼び出されたルールのみが実行可能状態となり、条件節に合致したときに実行節の内容が実行される。これは、ステートマシン図における条件付き状態遷移や分岐の記述と一致するため、GUI による動作定義とコード生成のシームレスな変換が実現できる。



図 2: 本研究による開発環境の対象となるセンサノード

## 3 実装

DoJa-4.0 環境によって実装を行い、N901iS (NEC) 上で動作確認を行った。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。また、本システムは、東京都立産業技術研究センターで開発されたセンサノード (図 2) に対応して実装されている。センサノードの CPU には H8S2238R (ルネサステクノロジ)、7.3728MHz を採用しており、256kbyte の ROM と 16kbyte の RAM 空間を持つ。OS には、 $\mu$ ITRON version4.0 仕様に準拠した NORTi (株式会社ミスポ) を使用した。このセンサノードには、2.4GHz 帯の特定小電力による無線ユニットを使用しており、理想状態で約 300m の通信距離を持つ。

## 4 まとめ

本研究では、ワイヤレスセンサネットワークを屋外で構築することを目的とした、携帯電話による開発環境を実現した。ワイヤレスセンサネットワークは、ユビキタスコンピューティングの構成要素として、大きな可能性を持つ技術であるが、アプリケーションに応じて、各ノードの動作内容を定義する必要が生じる。そのため、一般のユーザが屋外においてシステムを展開することが困難となる。我々が開発したセンサネットワーク構築システムは、普及率の高い一般の携帯電話によるアプリケーションを使用し、ビジュアルプログラミングを取り入れることによって、センサノードの直観的な動作構築を可能とする。これにより、センサネットワークの普及に貢献することが可能となると思われる。

## 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] 大林真人, 西山裕之, 溝口文雄: "TinyMRL: センサネットワークへのマルチエージェント言語の導入によるセキュアな相互協調システム," 電子通信情報学会論文誌, Vol.J89-D, No.8, pp.1764-1776, 2006.