

センサ・アクチュエータネットワーク制御ソフトウェアの開発 —Middleware for Robotic Sensor Network—

1. 背景

ホームユビキタスコンピューティング環境を構成する機器要素として、従来からの計算機や情報家電機器に加え、センサノードやアクチュエータノード等が増えつつある。これらのノードは部屋の壁や天井等に設置され、IEEE802.11a, b, g や Bluetooth といった各種ネットワークプロトコルを用いて計算機に接続される。開発者は、これら異種複数機器を組み合わせることにより、環境モニタリングやコンテキストウェアサービスといったアプリケーションを構築して、ユーザに機能を提供する。このような環境においては、開発者が即興的に異種複数機器を組み合わせ、アプリケーションを構築できる必要がある。

2. 目的

本プロジェクトでは、実世界の環境情報を取得するセンサノードと、実世界に対して物理的に動作可能なアクチュエータノードやロボットノードを被制御デバイスとした、即興的なセンサアクチュエータアプリケーションの構築を容易にするプログラミングツールキットを提供することを目的とする。開発者が本ツールキットを利用することにより、各種機器を統一的にノードとして抽象化し、それらの関連性を設定し、センサやアクチュエータに特有なデータ処理を行い、新たなアプリケーションを手軽に構築できるようになる。

3. 開発の内容

設計・全体構成

Spinning Sensors ツールキットは、多種多様なセンサ・アクチュエータに対応し、かつ多種多様なアプリケーションに対して必要な機能を提供するために、システム構成を以下の3構成に分けてある：ノード抽象化層、フュージョン層、機能層。また、センサ・アクチュエータ、アプリケーション、Spinning Sensors ツールキットの関係については図1に示した。

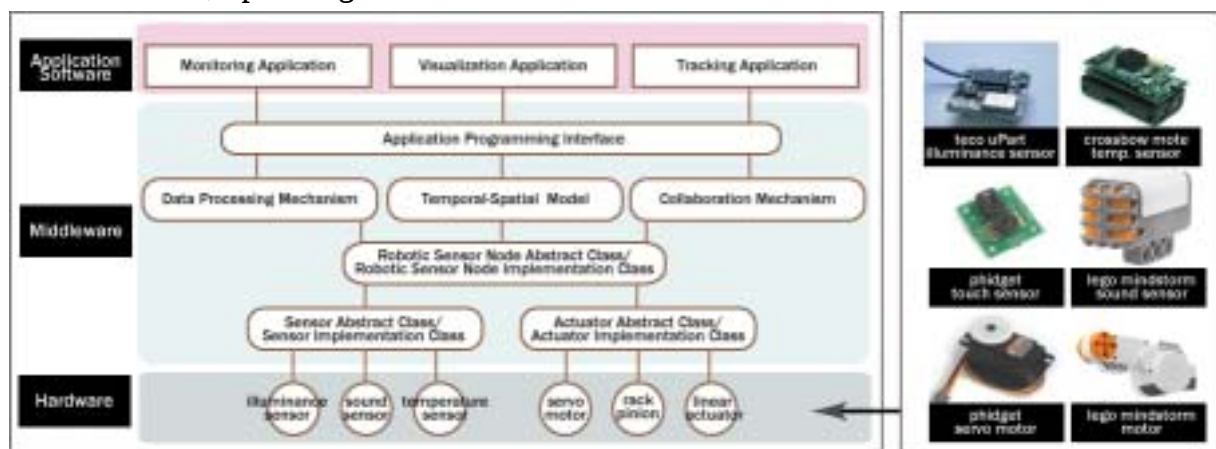


図1: Spinning Sensors ソフトウェア構成図

ハードウェア抽象化層

ユビキタスコンピューティング環境を構成するセンサ・アクチュエータについては、図 1 にも示すようにその開発元、機能、制御方法と多種多様にわたる。本ツールキットではハードウェアの多様性に対応した汎用性と、ツールキットの高機能性を両立するために、ハードウェアの直接制御に関するプログラムを、ツールキットが提供する抽象クラスを継承して実装する。この抽象クラスではセンサとアクチュエータをそれぞれノードとして抽象化し、ツールキットからハードウェアはハードウェアの種別に関わらず透過的に見えるようにした。

ツールキット層

・フュージョン機能

複数のセンサやアクチュエータを協調させて一つのアプリケーションを構築する場合には、フュージョン抽象クラスを継承して実装する。フュージョンクラスでは任意の 2 つ以上のセンサやアクチュエータの実装クラスをメンバーとして保持し、フュージョンとして登録された場合には、任意のセンサの取得、アクチュエータの動作に変化があった場合に、登録されている他のメンバーに変更を通知するような仕組みとなっている。

・イベント配送機能

センサやアクチュエータを実装する際に、ツールキットを利用して各実装クラスに対してイベントリスナを付加できる。これにより、あるセンサの変化を自動的に他のノードに対して通知をし、その変化に応じたコールバック処理をプログラミングできる。

・データ処理

あるセンサの出力を、あるアクチュエータの入力にする場合に、データのフォーマット・ゲイン等が一致しない場合がある。数値データの場合は正規化・単位変換等の処理を行い、マルチメディアデータの場合はフォーマット変換の処理が必要になる。

Application Programming Interface

複数のサービスを統合するために用いられる Jini や CORBA といった分散オブジェクトコンピューティングの利用においてあるような複数のソフトウェアやライブラリの導入、ネットワークの設定、プログラミング記法の学習を減らすべく、Spinning Sensors ツールキットの利用においては本ツールキットのインストールと API を利用したプログラミングでアプリケーション開発が出来るようにした。

開発言語・実行環境・対応ハードウェア

Spinning Sensors ツールキットの実装は Java 言語を用いて行った。ユーザは本ツールキットの圧縮ファイルをダウンロードし、クラスパスの設定をするだけでアプリケーション開発に本ツールキットを用いられる。今回本ツールキットを用いて制御対象としたセンサとアクチュエータと、それらを用いて実現したハードウェアは図 2 の通りである。

分類	機器名	内容	実装クラス名	行数	サイズ
Sensor	TECO uPart	light, temperature, movement	UpartSensorImpl	117 行	2.83KB
Sensor	LEGO Mindstorms	light, sound, ultrasonic, touch	MindstormsSensorImpl	82 行	2.18KB
Sensor	Phidgets	temp, light, rotation, slider, etc.	PhidgetsSensorImpl	98 行	2.22KB
Robotic Actuator	LEGO Mindstorms	motor	MindstormsActuatorImpl	107 行	2.81KB
Robotic Actuator	Phidgets	motor	PhidgetsActuatorImpl	126 行	2.94KB
Service Actuator	Aviosys IPPower	power control	IpPowerImpl	62 行	1.68KB
Service Actuator	JFreeChart	graph viewer	DataViewerImpl	194 行	5.95KB
Service Actuator	Apple Quicktime	movie player	VideoControllerImpl	57 行	1.46KB

図 2: 対応センサ・アクチュエータのリスト

アプリケーション

Spinnin Sensors ツールキットを用いてセンサやアクチュエータを利用したアプリケーションプログラムを作成した。今回作成したアプリケーション例は環境モニタリング、センサ制御ラジコン、コンテキストウェアサービスの 3 種類であり、それぞれの機器構成について図3に示した。これらのアプリケーションでは前章で述べたハードウェアに特化した実装クラスを利用して、アプリケーション用にフュージョンクラスを作成した。

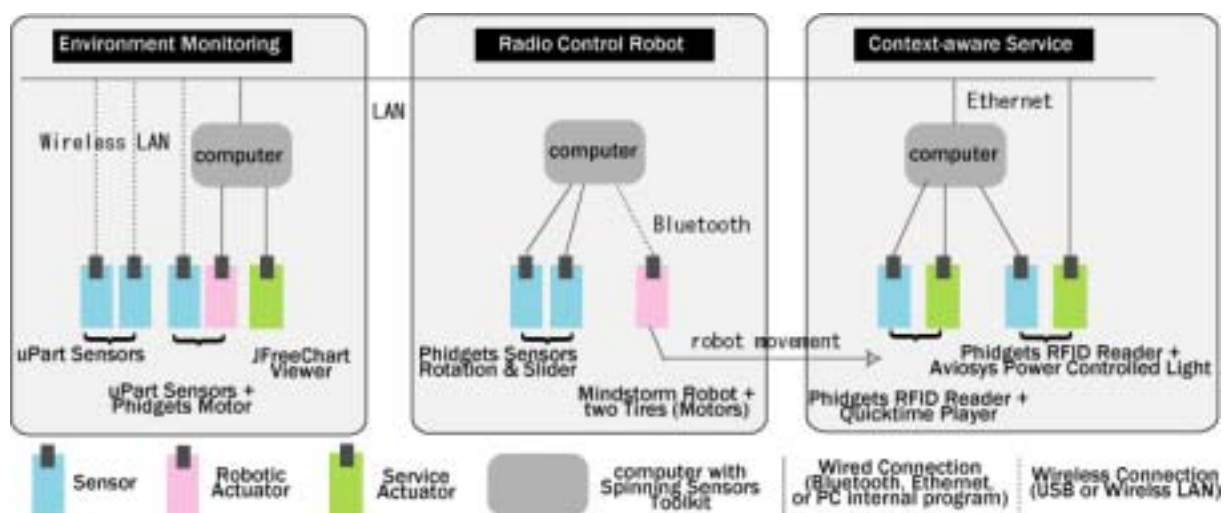


図 3: アプリケーション機器構成

4. 従来の技術(または機能)との相違

ユビキタスコンピューティング環境を実現する為の分散サービス統合ソフトウェア技術に関する研究は、ネットワークに接続された情報家電機器や計算機器上に実現された分散コンポーネントを対象としていくつか行われている。各技術では、ネットワーク上に分散する機能を相互に接続する為のプロトコルや仕様である場合と、分散サービスを用いてアプリケーションを構築する為のツールキットやツールキットである場合がある。これらの技術の多くでは、そのプロトコルやツールキットを使用する為に必要な開発環境の整備が難しかったり、接続する機能が情報家電や分散コンポーネントのように、アプリケーションに特化しており、最近増えつつあるセンサノードやアクチュエータノードに対応した機能を保有していない場合が多い。

センサネットワーク環境用のアプリケーション構築キットとしては、「A Sensor Network

Application Construction Kit (SNACK)がある。本関連研究では、Crossbow 社の MOTE をターゲットとして、無線センサネットワーク環境で特に重要なメモリリソースや電源リソースの低減の為に、SNACK と呼ばれる新たなコンフィギュレーション言語を用意している。SNACK では、MOTE での開発言語である NesC の非効率さに着目しており、本論文のような汎用性、時空間モデルの検討、ロボティックセンサノードへの適用等は現在のところは行われていない。

ロボット用ツールキットとしては、ロボット制御に関するソフトウェアのモジュール化を推進する RT Middleware がある。RT Middleware は CORBA をベースにした分散コンポーネント技術であるが、使用するにあたって CORBA の動作環境を構築する手間がかかる。また、必ずしもセンサ特有の検知範囲やデータ処理に対応したものではないので、センサに関する考慮がされているとは言えない。

5. 期待される効果
本ソフトウェアは研究開発者を対象としており、期待される効果としては本ソフトウェアをベースに、センサネットワーク研究やユビキタスコンピューティング研究が物理的な動作を可能にするロボット・アクチュエータを統合し、進化することが挙げられる。また、その過程で開発者がより簡便にセンサやアクチュエータを用いたシステム・アプリケーションの開発ができることを目的としている。

6. 普及(または活用)の見通し

本プロジェクトは、大学等の開発・研究機関での使用を想定しており、現在のところさらなるブラッシュアップを目標としており、普及の見通しはたっていない。

7. 開発者名(所属)

青木崇行(慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程)

桐原幸彦(株式会社トリプルダブル)

(参考)開発者URL

青木崇行: <http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/~soko/>

桐原幸彦: <http://www.triple-double.co.jp/>
