

# PAVENET：センサネットワーク向け基盤ソフトウェア

## — 無線センサネットワークの実現と利用 —

### 1. 背景

ユビキタス環境では、われわれが生活している実世界と、パーソナルコンピュータ、携帯電話や家電等に埋め込まれたコンピュータの織り成す仮想的な世界を密に融合させ、ユーザにコンピュータを意識させずに綿密で質の高いサービスを提供することが重要となりつつある。このような世界におけるサービスとしては、たとえば、RF-ID などによって個々に ID のつけられた膨大な数のオブジェクトを利用して、今バーコードで行われている以上に自動化、高速化された品物管理や品質管理を行ったりすることができる。また、単に物理空間の情報を取得して利用だけでなく、交通やエネルギーなどを制御する大規模環境制御サービスのように、仮想世界で処理された情報を基に、アクチュエータやロボットを介して実世界に影響を与えるようなサービスも考えられる。このようなユビキタス環境におけるサービスを提供するための基盤技術の 1 つとして、現在、新しいネットワークの形態であるセンサネットワークが注目を集めている。

### 2. 目的

センサネットワークが機器管理、環境計測などの分野への応用が研究開発されつつあることから、本プロジェクトではその基盤となるソフトウェアを開発することを目指している。加えて、ここで開発した基盤ソフトウェアを利用し、ユビキタス環境の将来性を示す有用なアプリケーションを開発する。このことはセンサネットワークの研究あるいはそのアプリケーションおよびサービスの開発を促進するものと考えられる。

### 3. 開発の内容

U<sup>3</sup> を構成するソフトウェアとしては、大きく分けて二つのソフトウェアが存在する。一つ目は、ネットワークへの接続やタスクの管理、アプリケーションの効率的な実行を行うためのいわば基本機能となる部分である。二つ目は、ユーザが U<sup>3</sup> 用のアプリケーションを開発する際に利用する API として機能するソフトウェアである。(図 1)

本プロジェクトで開発するものとしては、図 1 に示すセンサノードのソフトウェアおよび、PC や PDA などのリソース制限が少ないベースノード用のソフトウェア (図 2)、それぞれの基本となる部分であり、それぞれ図中でオレンジ色で指定されているものである。

本プロジェクトで開発したものは、次にあげる 6 つの項目である。

1. センサノード用 SDK
2. センサネットワークプロトコル
3. ベースノード用ソフトウェア

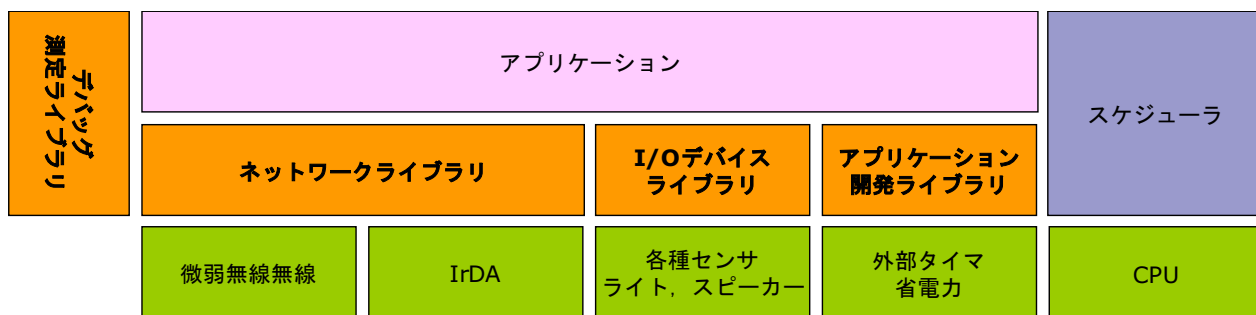


図 1: U<sup>3</sup> のソフトウェア構成

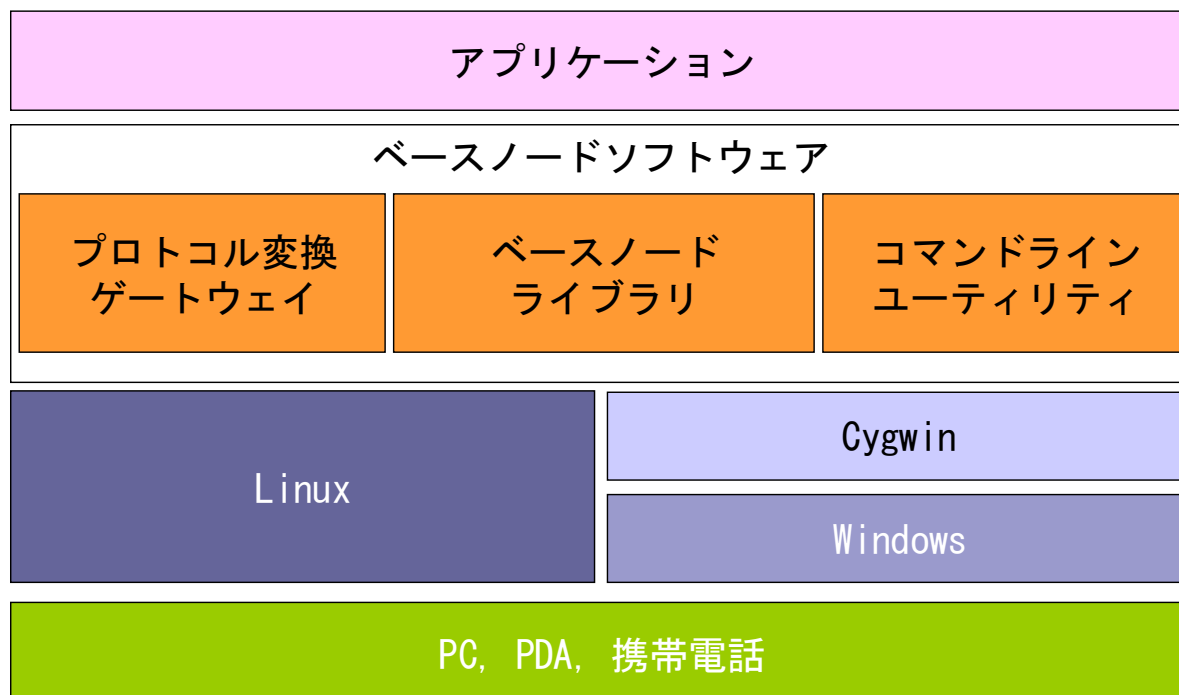


図 2: ベースノード開発環境

4. トランスデューサ機能
5. アプリケーション開発
6. パッケージ

アプリケーションソフトウェアにおける各機能及び無線通信用アプリケーションにおける無線通信機能全体の動作を確認するため、プロトタイプアプリケーションは各機能の仕様を盛り込んだものを実装した。

■ANTS (ANtennary ThingS) 身の回りに複数存在する情報入力機能 (各種センサ類) と情報出力機能 (ライト、IrDA 等) が柔軟に組み合わせてサービスを構築できる非 IP のイベント駆動型のセンサネットワークインフラ ANTS (ANtennary ThingS)』を実装した。その概念図およびシステム構成を図 3、図 4 に示す。ANTS は PAVENET のアプリケーション開発としての応用事例である。

ANTS はライト、スイッチ、目覚まし時計、センサなどの身の回りに存在するさまざまな単機能のデバイスによって構築されたネットワークであり、個々のデバイスは ANTS ユニットと呼ばれ

る。ユーザは ANTS を利用して膨大にある ANTS ユニット同士を随意に組み合わせてさまざまなサービスを構築することができる。

ANTS 上では、主にセンサ入力処理してネットワークにデータを発信する **Emitting device** とネットワークに流れるデータから必要なもののみを処理する **Sympathizing device** の 2 種類のノードがある。通常、Emitting device 1 つに対して、Sympathizing device が複数あるものとする。

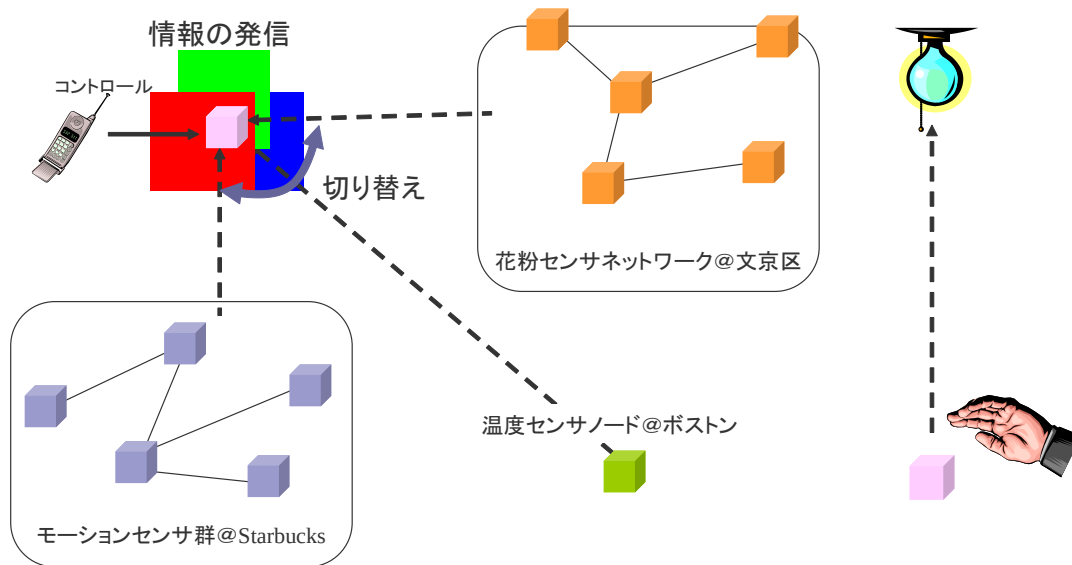


図 3: ANTS 概念

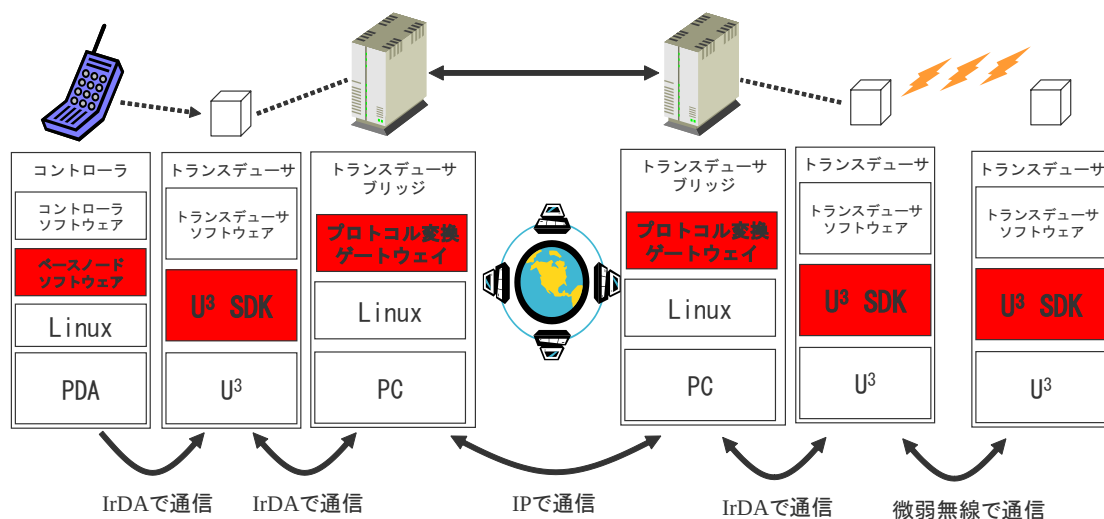


図 4: ANTS の機能構成

#### 4. 従来の技術（または機能）との相違

カルフォルニア大学バークレー校 (UCB) を中心とした DARPA 支援の Smart DUST プロジェクトとして開発された MICA MOTE には既に販売実績が多数あり、1 個 100 ドル程度と既に安価

な研究用センサノードデバイスの地位を確立しつつある。しかしながら、NesC というセンサノード用の新しい開発言語で使って、ユーザはノード用ソフトウェアを作る必要があるため、敷居が高い。一方で、センサネットワークアーキテクチャ構築には様々なプロトタイプアプリケーションの実装が必要であり、その点においては、汎用性に富みかつ柔軟な開発が可能なソフトウェア構成であることが望まれる。本プロジェクトで対象としている  $U^3$  は、各ボードを交換可能にするなどセンサノードとしての拡張性を重視している。さらに、今回開発しているソフトウェアに関しても一般的な C 言語で開発することが可能であること、マルチタスクを実現するための機構が用意されていることが大きな特徴である。

## 5. 期待される効果

本プロジェクトで開発したソフトウェアは、特定のハードウェアを対象としているため、現在ではハードウェアなしの展開は難しいと考えられる。しかしながら、センサネットワークの実現例は前述の MICA を除いてほとんどなく、実装したソフトウェアとしての利用価値が高いと考えられる。

特に、採用している無線チップの性質上物理レイヤからのコーディングを行い、MAC レイヤもアプリケーションごとに変えられるようにネットワークレイヤを意識した実装は、TCP/IP に限らない無線センサネットワークのネットワークアーキテクチャを検討する場合に大いに参考になると考えられる。

## 6. 普及（または活用）の見通し

CDMA などの基本的な MAC アルゴリズムを実装することでネットワークアーキテクチャを肌で理解できることは貴重であり、教育に適していると考えられる。また物理レイヤの誤り検出、誤り訂正部を実際に実装することもでき、教育用での広範な利用が期待できる。特に、専門課程において通信方式を学んだ学生が演習実験用キットとして利用することを想定している。

また、専用ハードウェアなしでもセンサネットワークが構築できるように、PC や PDA がノードになれるような機能が必要だと考えている。エミュレーション機能により、無線 LAN を利用して、さまざまな形式のコンピュータをノードに持つ無線センサネットワークが実現する。本プロジェクトで開発した基本ソフトウェアを拡張し、ネットワークアーキテクチャの教育用ツールキットとして使用することを予定している。

## 7. 開発者名

- 猿渡 俊介（東京大学大学院 新領域創成科学研究科 saru@mlab.t.u-tokyo.ac.jp）
- 鹿島 拓也（東京大学大学院 情報理工系研究科 kashima@mlab.t.u-tokyo.ac.jp）
- 谷田部 智之（(株) 三菱総合研究所 情報技術研究部 tyatabe@mri.co.jp）