# WSN用仮想マシンの設計と実装
# Design and Implementation of the Virtual Machine for WSN

並木勁汰† 福田浩章†
Keita Namiki† Hiroaki Fukuda†
† 芝浦工業大学　工学部
† College of Engineering, Shibaura Institute of Technology.

**要旨**

無線センサネットワーク（Wireless Sensor Network : WSN）におけるアプリケーション開発者は，プログラムがどのノードに配備されているか把握した上でプログラムを記述しなければならない．特に，プログラムの移動を考慮しなければならないモバイルエージェントアプローチではそれが困難である．

本研究では，プログラムの位置管理を行い，配備場所を取得できる機構を持つ，モバイルエージェントアプローチの WSN 用仮想マシンを提案する．

## 1. 概要

無線センサネットワークは, センサデータを取得できる複数のノードによって構成される無線ネットワークである．ノードを物理的に敷設することが困難であった場所における適応が期待されている．現実的な運用方法として, 費用対効果の麺から, WSN が予め敷設された環境下で複数のアプリケーションを運用するのが現実的である．

WSN を構成するノードは電源が有限であり, 省電力を実現するために表 1 のようにノードの計算資源が極小に抑えられている．したがって, 複数のアプリケーションを運用する際, 必要なノードにだけプログラムを配備する必要がある．また, アプリケーションの稼働場所が変更された場合, プログラムの配備場所を変更する必要がある．このような運用形態では, アプリケーションを構成するプログラムを動的にノードに配備する手法が有効である．

動的なプログラムの配備を実施可能にする研究に Agilla[1]がある．しかし, Agilla ではプログラムがどのノードに配備されているか, 管理を行う機構が提供されておらず, アプリケーションの開発者がプログラムの配備場所を把握した上でプログラムを記述しなければならない．

そこで, 本研究ではプログラムの位置管理を行い配備場所を取得できる機構を持つ, WSN 用仮想マシンを提案する．

## 2. 背景と問題点

### 2.1. リプログラミング

WSN では, ノード上に配備しているプログラムを変更する際, ノード, プログラミングボード, PC を物理的に接続し, ノードにプログラムを再配備する必要がある．しかし, ノードを一度回収しプログラムを配備することは WSN の運用に支障をきたす．そこで, リプログラミング[2]が提案され, ベースステーション（WSN に接続可能な PC）から無線でのプログラム配備を可能にした．リプログラミングは, 大きく分けて以下 2 つのアプローチが存在する．

静的配備 :
　常にベースステーションからノードにプログラムを配備する．
動的配備 :
　ベースステーションからノードにプログラムを配備することができ, 必要に応じて WSN 内部でプログラムを移動し再配備する．

**表 1　代表的なノード MICAz の仕様**

| プログラムメモリ | データメモリ | CPU | 電源 |
|---|---|---|---|
| 128KB | 512KB | 7.4MHz | 単三電池 2 本 |

静的配備はベースステーションからすべて配備するため, ベースステーション周辺ノードの通信コストが高くなる. そのため, 動的配備の方が効率的である.

### 2.2. Agilla

Agilla では WSN 内部へ配備するプログラムをモバイルエージェントとみなし, 個々のノードを渡り歩いて実行する処理を記述できる. また, タプルスペース[3]を用いたプログラム間の通信により, WSN 内部でプログラム同士の通信を必要とするアプリケーションを実現できる.

### 2.3. Agilla の問題点

Agilla はプログラムの位置管理機構を提供していないため, プログラマがプログラムの配備状況を熟知していなければならない. 例えば, 他のプログラムとの通信を要する場合, 通信を実施するタプルスペースが存在するノードの位置, 通信相手のプログラムの位置を意識する必要がある.

## 3. アプローチ

本研究では, ノードに搭載する仮想マシンにより無線センサネットワーク内のプログラム位置管理を提供することで, プログラムの位置を意識することなく, プログラム間の通信を可能にする.

### 3.1. 位置管理機構

本研究では, 分散ハッシュテーブル（Distributed Hash Table : DHT）による, WSN 内部でのプログラム位置管理機構を提供する. ベースステーションで位置管理を行う場合, ベースステーション周辺ノードの通信コストが高くなってしまう. DHT を用いることで, プログラムの位置情報を分割管理し, 探索時に個々のノードのかかる負荷を分散することが期待できる.

DHT のアルゴリズムは複数存在する. 本研究では, 高速に探索でき, 有限時間内に探索が終了するという利点から, Chord[4]を採用する.

### 3.2. 仮想マシン

仮想マシンは, 各ノードに搭載するミドルウェアとして, エージェントベースのプログラムを解釈・実行できるよう設計する. プログラムごとにスタック領域を用意し, 実行状態を維持したまま他のノードに移動し, 実行を再開するようなプログラムを可能にする. また, DHT からプログラムの位置情報を取得する命令を用意し, プログラム間の連携をサポートする.

## 4. まとめと今後の予定

本稿では, DHT アルゴリズムの 1 つである Chord を用いたプログラム位置管理機構を提供する仮想マシンを提案した. 本研究の今後の予定は以下の 2 つがある.

### 4.1. 実装

仮想マシンは, 現在実装中である.

### 4.2. 評価

WSN のシミュレータによって, 仮想マシンが期待通りの動作をしているか評価を行う. プログラムの位置情報を取得し通信を行う際の処理時間, 消費電力, プログラムのコード行数から, 仮想マシンについて評価を行う.

## 参考文献

[1] Fok *et al.*: Agilla: A Mobile Agent Middleware for Self-Adaptive Wireless Sensor Networks. In *Proceedings of the ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, Vol.4, No.3, 2009, Article 16.

[2] Wang *et al*.: Reprogramming Wireless Sensor Networks: Challenges and Approaches. In *Proceedings of the IEEE Network*, Vol.20, No.3, 2006, pp.48-55.

[3] Gelernter.: Generative Communication in Linda, In *Proceedings of the ACM Transactions on Programming Languages and System*, Vol.7, No.1, 1985, pp.80-112.

[4] Stoica *et al*.: Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications. In *Proceedings of the IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.11, No.1, 2003, pp.17-32.