

# Micro Smart Hot-spot Network を実現する ミドルウェアの設計と実装

米澤 拓郎<sup>1</sup> 小泉 健吾<sup>1</sup> 守分 滋<sup>2</sup> 永田 智大<sup>2</sup> 徳田 英幸<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 <sup>2</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

## 1 はじめに

近年、情報技術の進歩により、ネットワーク接続性を持ったセンサやデバイスが普及している。そのため、これらのセンサとデバイスを協調動作させてユーザのニーズに合ったサービスを提供する知的空間の構築が可能となった。我々は部屋としての知的空間 SSLab(Smart Space Laboratory[1]) を構築し、さらに、即興的な知的空間、MSH(Micro Smart Hot-spot) に関する研究を行っている。この MSH を実現する手段として我々は Smart Furniture[2] を開発した。

本稿では、この MSH を複数つなげた MSHNet(Mirco Smart Hot-spot Network) を提案する。本稿では特に、複数の MSH 内のユーザや機器の移動に対するアプリケーションコードの移動性を実現することに焦点をあて、MSHNet を構築するための2つのミドルウェア NICOLA, SaRaRi と MSHNet 内で動作するアプリケーション MovePhone を構築し、MSHNet を実現した。

## 2 即興的広域ユビキタス空間

本節ではまず MSH とそれを実現する Smart Furniture について述べる。その後我々の提案する MSHNet について述べ、それを実現するための機能要件と関連研究を述べる。

### 2.1 MSH

建物内に部屋としての知的空間を構築すると、構築完了までに多くの時間と手間を要し、また移動することが困難であった。MSH の目的とは時間的コストを抑え、移動可能な知的空間を即興的につくりだすことである。MSH は、Hot-spot の特性である単純なネットワーク到達性に加え、様々なサービスを提供する。MSH の使用が想定される環境として、家庭環境に加え、オフィスやバス停、イベント会場などの公共空間が挙げられる。

MSH を実現する手段として、我々は Smart Furniture を考案した。Smart Furniture は基本的にタッチパネルと埋め込み型の PC から構成されているが、用途に応じてカメラ、スピーカや照明等、また、温度や音声、位置を認識するセンサを取り付けられる。本稿で使用する Smart Furniture には位置情報センサ [6] とカメラがとりつけられている。

### 2.2 MSHNet

1つの MSH では、カバーできる空間の範囲と提供できるサービスおよび利用できる入出力デバイスに限界がある。MSHNet は MSH 同士に単純なネットワーク通信だけを提供するだけでなく、それぞれのセンサ、デバイス、アプリケーションが相互に協調して動く環境を実現する。この MSHNet を実現することで、サービスを実現するために必要な台数の Smart Furniture を置くだけで広範囲の知的空間を創造できる。

本稿では、特に MSHNet 内におけるユーザ、機器の動きに注目し、アプリケーションがユーザの動きに応じ

て各機器間を移動するサービスローミング機構を実現した。

### 2.3 MSHNet 構築のための機能要件

本稿で実現する MSHNet 構築に必要な機能を挙げる。**サービス発見機構**

MSHNet は複数の MSH を協調させて動作させる。よって、空間内に存在する MSH、及びそれを構成するデバイスやサービスを発見する機構が必要である。

#### ユーザ・機器の位置・動きを認識する機構

ユーザ、機器は MSH 間を移動することが想定される。その位置・動きを捉える機構が必要である。

#### MSHNet を制御する機構

ユーザが実現したい要求に応じて MSHNet の動作を定義できる機構が必要である。

#### 時間的連続性を保ったアプリケーション移送機構

MSHNet 内を移動するユーザに連続してサービスを提供するためには、アプリケーションが時間的な連続性を保ったまま複数の MSH 間を移動する機構が必要である。

## 2.4 関連研究

知的空間を構築する研究として、SSLab の他に Microsoft の EasyLiving [3]、MIT の Oxygen[4]、CMU の AURA[5] 等が挙げられる。これらの研究では、デバイス類がネットワークで相互接続され、それらを扱うミドルウェアが開発されている。しかし、いずれも特別な空間を建物内に作り上げたものであるため、移動性および即興性に欠ける。MSHNet は移動性と即興性を持った知的空間を構築できる。

## 3 ミドルウェア

前節で挙げた MSHNet に必要とされる機能を実現する手法として、NICOLA と SaRaRi というミドルウェアを設計・実装した。NICOLA はサービス発見機構、ユーザ・機器の位置・動きを認識する機構、MSHNet を制御する機構の3つを実現する。SaRaRi は時間的連続性を保ったアプリケーション移送機構を実現する。本節では NICOLA と SaRaRi について説明する。

### 3.1 NICOLA

NICOLA は、MSHNet 内に存在するセンサ類が提供するコンテキスト情報を利用し、空間内の状況に応じた機器の動作をユーザが柔軟に定義できる環境を提供する。ユーザはその定義を Space Program と呼ばれる制御文を記述することで行う。以下はその例であり、ユーザが Smart Furniture の 1m 以内に近付くとライトが ON になる、ということを示している。

```
If User approach SmartFurniture within 1.0, Light on.
```

Space Program は If-部分のイベント部と、それ以後のタスク部に分かれている。ユーザは空間内にあるイベントがおこった時、あるタスクを実行させる、という動作原理を記述する。

NICOLA のシステム構成を図1に示す。NICOLA は5つのモジュールから構成されている。ユーザはまず Space Programming Interface を使用して、Space Program を作成する。次に Checker はユーザの作成した

Space Program を解析し、EventCapture がユーザの定義したイベントが空間内に発生するのを監視する。イベントが確認されると、TaskSender がユーザの定義した通りに機器を動作させる。NICOLA を用いることで、ユーザの要求に柔軟に回答する知的空間の構築が可能となる。また、NICOLA を構成するコンポーネントの一つにサービス発見機構が存在し、MSHNet 内のデバイスと、そのサービス情報が管理される。

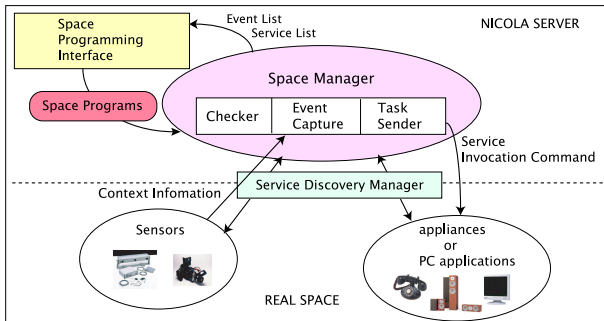


図 1: NICOLA システム構成図

### 3.2 SaRaRi

SaRaRi は、サービス断絶時間を伴わないサービスローミングを可能にするミドルウェアである。サービス断絶時間とは、アプリケーションが情報端末間を移動する際に生じる、ユーザに何もサービスが提供されない時間のことを示す(図 2 の左側)。アプリケーションを移動させる前には一度アプリケーションをバイト列化する必要があるため、実行状態のまま別の情報端末へ移動させられない。そこで SaRaRi では、まずコピーを非実行状態で別の情報端末へ送り、そこで実行状態に遷移させてからオリジナルのアプリケーションを終了させる「Copy and Move」モデルを用いてサービス断絶時間をなくしている(図 2 の右側)。これにより、ユーザにサービス断絶時間を意識させることなくサービスローミングを実現している。

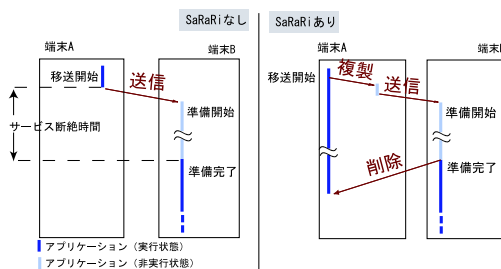


図 2: SaRaRi の構成図

## 4 MSHNet アプリケーションの実装

MSHNet を移動するアプリケーションとして、テレビ電話アプリケーション「MovePhone」を作成した。MovePhone は Smart Furniture に接続された USB カメラとマイクから動画と音声をキャプチャして通信相手に RTP を用いて送信し、相手からも同様に動画と音声を受け取る。送信方式にはマルチキャストを用いているので、複数の通信相手に動画と音声を送信することができる。MovePhone の実装には Java2 と JMF (Java Media Framework) を用いた。NICOLA が MovePhone が移動するタイミングと移動先を指定し、SaRaRi が MovePhone のサービス断絶時間をなくした移動を行う。

## 5 評価

NICOLA はユーザの動きに応じて機器の動作を柔軟に定義できる環境を実現し、SaRaRi はサービス断絶時

間を伴わないサービスローミングを実現した。本節では、この2つのミドルウェアによって加えられたオーバーヘッドについて評価する。

移動させるアプリケーションは、前節で述べた MovePhone を用いる。なお、計測環境として PC を 3 台用意し、2 台を Smart Furniture 用、もう一台を MovePhone の通信相手用 PC として使用した。それぞれの端末は 100Base-T で相互に接続されている。

まず NICOLA で以下の Space Program を作成した。

If User approach SF2 within 1.5 m , SF1 send MovePhone to SF2 .

この Space Program はユーザが Smart Furniture2 の 1.5m 以内に近付くと、MovePhone が Smart Furniture1 から Smart Furniture2 に移動するということを定義している。この「近付く」というイベントを NICOLA が認識してからアプリケーションの移送が完了するまでの各段階における所要時間を計測した。

イベントの発生から MovePhone の移送完了までの合計時間は約 4.1 秒であった。このうち、本稿で構築した MSHNet によるアプリケーション移送のオーバーヘッドは 176 ミリ秒で、時間全体の約 4% であった。つまり、176 ミリ秒のオーバーヘッドを加えることで、NICOLA と SaRaRi によって提供される機能を用いることができる。

## 6 まとめ

本稿では、Smart Furniture によって即興的に構築される知的空間 MSH を複数繋げた MSHNet を提案し、実現した。MSHNet は、それぞれの MSH に接続された入出力デバイス、それぞれに動くアプリケーションを協調動作させる環境を実現し、単体の MSH より広範囲を知的空間化する。本稿では特に複数の MSH 内のユーザ、機器の移動に対する、アプリケーションコードの移動性を実現することに焦点を当て、NICOLA と SaRaRi という2つのミドルウェアを構築した。NICOLA は Space Program を作成することで MSHNet の制御を可能とし、SaRaRi はサービス断絶時間を伴わないサービスローミングを可能とした。

また、MSHNet のアプリケーション例として MovePhone を作成した。評価として、MSHNet 内でユーザの位置と動きを認識してから MovePhone が移動するまでの時間的なオーバーヘッドを計測した。MSHNet によって付加されるオーバーヘッドは 176 ミリ秒であり、移動全体に要する時間の約 4% に抑えられた。

今後はさらに対象とする領域を増やし、より複雑な MSHNet のサービスを実現する。

## 参考文献

- [1] T.Okoshi, S.Wakayama, Y.Sugita, T.Iwamoto, J.Nakazawa, T.Nagata, D.Furusaka, M.Iwai, A.Kusumoto, N.Harashima, J.Yura, N.Nishio, Y.Tobe, Y.Ikeda, and H.Tokuda: Smart Space Laboratory Project: Toward the Next Generation Computing Environment. *IEEE Third Workshop on Networked Appliances (IWNA)2001T*.
- [2] M.Ito, A.Iwaya, M.Saito, K.Nakanishi, K.Matsumiya, J.Nakazawa, N.Nishio, K.Takashio, H.Tokuda: Smart Furniture: Improving Ubiquitous Hot-spot Environment *IEEE 3rd International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing*. May. 2003 pp. 248-253
- [3] Brumit, B., Meyers, B., Krumm, J., Kern, A. and Shafer, S.: Easyliving: Technologies for intelligent environments *International Workshop on Cooperative Buildings*. 1999
- [4] MIT Project Oxygen. <http://oxygen.lcs.mit.edu/>
- [5] Garland, D., Siewiorek, D., Smailagic, A. and Steenkiste, P.: Project Aura: Toward Distraction-Free Pervasive Computing. *IEEE Pervasive Computing*. April-June 2002
- [6] 西田佳司, 西谷哲史, 相澤洋志, 堀俊夫, 溝口博: ポータブルな超音波 3 次元タグ-簡単なキャリブレーション手法- *The 21st Annual Conference of the Robotics Society of Japan(2003)*