

## IoT技術の検証を可能とするテストベッドへ

## ■概要

テストベッド研究開発運用室においては、北陸StarBED技術センターに設置されている大規模エミュレーション基盤StarBEDを用いた研究開発及びその活用を行ってきた。平成28年度から開始したStarBED4（スターベッド・フォース）プロジェクトでは、これまで主にICT技術の検証基盤として開発を進めてきたStarBEDの機能を拡張し、IoT技術の検証を可能とするための研究開発を行っている。インターネットや企業内ネットワークで利用されているハードウェア・ソフトウェアをそのまま動作させるエミュレーション技術を使った検証は、環境構築のコストが大きいため、大規模な実験を行うことが一般的には難しい。StarBEDの特徴は、このエミュレーション技術により、大規模な検証環境を構築し、精緻な実験を実施できることである。StarBED4プロジェクトでの達成を目指すIoT技術の検証基盤でも、この特徴を活かした環境の提供を目指す。

IoT検証基盤としてStarBEDを飛躍させるためには、移動体やセンサーといったIoTデバイスとその上で動作するソフトウェア、無線環境、温度場や湿度場といった物理場、人や車などの移動体の動きなどをStarBEDの上に再現する必要がある。エミュレーション基盤として、

多種多様なIoTデバイスや移動体のハードウェアそのものをStarBEDの一部として用意することも選択肢の1つとして考えられるが、汎用テストベッドとしての柔軟性が失われ、様々な運用負荷が増大するといった懸念がある。これを回避するため、機材としてはこれまで通りの一般的なPCを用意し、その上に様々な技術を用いて、IoT技術が必要とする環境を構築することとした。図1に示すとおり、ICT技術についてはエミュレーション技術を使って環境を構築し、IoTデバイスの導入については仮想マシンを活用、物理量場と移動体や人の挙動部分については数式等でのモデル化を前提とするシミュレーション技術を用いて再現し、エミュレーション環境とリアルタイムで接合を行う。これにより、人・地形・天候などをも取り込んだ実証環境の構築を実現する。

## ■平成28年度の成果

第4期中長期計画の目的を達成するため、初年度となる平成28年度は、IoTデバイスの模倣基盤の確立、物理量場のシミュレーションとの連携機能の構築、IoT技術が前提とする無線環境の模倣技術、既存シミュレータとICT技術の検証環境のリアルタイム統合について、それぞれ要素技術の研究開発を行った。

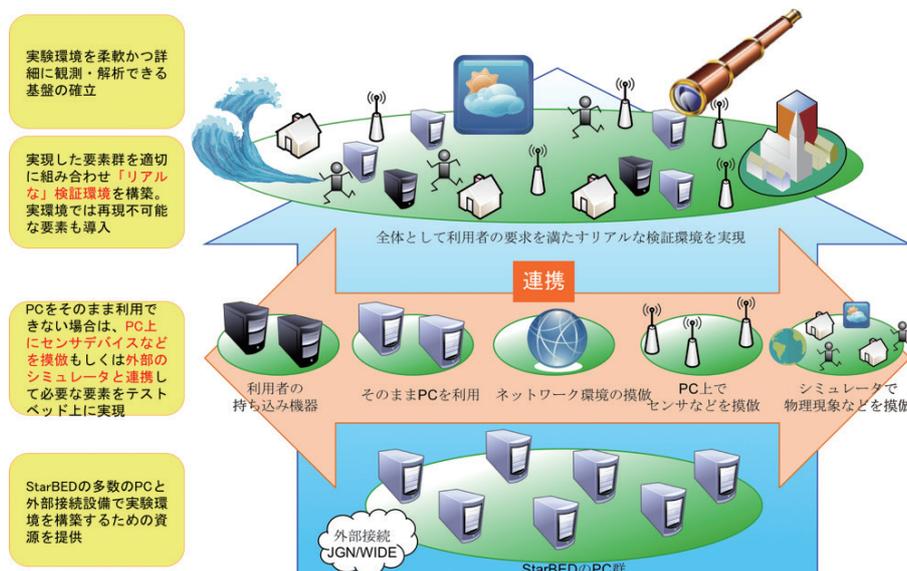


図1 StarBED4プロジェクトが描くIoTテストベッド

### 1. IoTデバイスの模倣基盤の確立

IoT技術は多種多様なデバイス上で動作し、また、それぞれの技術が動作するネットワーク環境に存在するデバイス数はICT環境と比較してはるかに多い。このような環境を構築するために、複数種類のIoTデバイスを仮想技術によりソフトウェア的に再現し、汎用的なPC上で動作させることで、デバイスのバリエーションやその割合、そして環境全体の規模を柔軟に変更可能とするアプローチを採用した。本年度は既存のAndroidエミュレータを多数動作させるフレームワークとしてGigandroidの開発を行うとともに、IoT技術に利用されることが多いアーキテクチャのリファレンスボードをソフトウェア的に再現した。具体的には、ARMプロセッサを搭載したAtmel SAMD21 (ARM Cortex M0+) 及びNXP KinetisK64 120 MHz (ARM Cortex M4) の2種類の仮想マシンを開発し、それぞれで動作するソフトウェアをStarBED上の検証環境に導入することを可能とした。

### 2. 物理量場シミュレーションとの連携機構の構築

センサー等のIoTデバイスは、温度や湿度といった物理量を検知し、そのデータをサーバに送る等の動作を行うため、検証環境でもこのような物理量場の導入は必須となる。そこで、StarBED2プロジェクトで構築したRUNEを汎用化するとともに、上記のIoTデバイスの仮想マシンとの連携を行いやすい形に修正し、さらに、最近のプログラム言語と容易に連携しやすいよう拡張を行った。これにより、物理量場のシミュレーション空間とその入出力を接続し、相互の影響がリアルタイムに影響するようなシミュレーション場を構築、さらには、その結果を模倣IoTデバイス及びStarBED上に構築したエミュレーション環境へ入力することを可能とした。

### 3. IoT技術が前提とする無線環境の模倣技術

StarBED2プロジェクトでは、ユビキタスネットワークをキーワードとしてStarBEDの有線環境上に特定の無

線プロトコルの挙動をも模倣し、PC上で動作しているソフトウェアからはネットワーク部分が無線環境であるように見せかける技術を構築してきた。本技術を利用することで、コストが高い無線技術のフィールド検証の頻度を低減し、さらに、実験結果の再現性を確保できる。無線空間は、これまでシミュレーションの結果を単純に有線ネットワークインターフェースのパラメータとして適用していたが、本年度はRadio Frameの動作をモデル化し再現するプログラムNEToriumを開発、現実的な挙動を模した無線ネットワークの再現を可能とした。

### 4. 既存シミュレータとICT技術の検証基盤のリアルタイム統合

人流や災害時の地形等の変化のシミュレーションについては、東日本大震災以降、様々な組織が様々な手法を用いて研究開発を進めている。StarBEDにおけるIoTテストベッドにも人流等の特性を取り入れることで、より具体的かつ実用性の高い検証を実施できるが、新たにシミュレータやそのモデルを構築するコストは低くない。そこで、既存のシミュレータとStarBED上に構築したエミュレーション環境をリアルタイムに接合し、それぞれで発生したイベントを共有することで、ICT基盤から人の動きまでをカバーする実証基盤を構築するためのプラットフォームを構築した。図2に示すように、構造計画研究所が開発しているマルチエージェントシミュレータArtisocのプラグインとしてシミュレータ内部の任意の位置の情報を取り出し、さらに、ICT環境上でのイベントを入力するシステムとして実装を行った。

これらはすべて初年度のプロトタイプとして実装したものであり、今後動作検証とその改良を進めるとともに、さらには、より汎用的に多くの実験者が利用可能なオープンテストベッドの一部として提供できるよう開発を進めていく。今後もStarBEDプロジェクトでは実用的なテストベッドを広く活用してもらえよう環境構築のための研究開発と運用を続けていく。

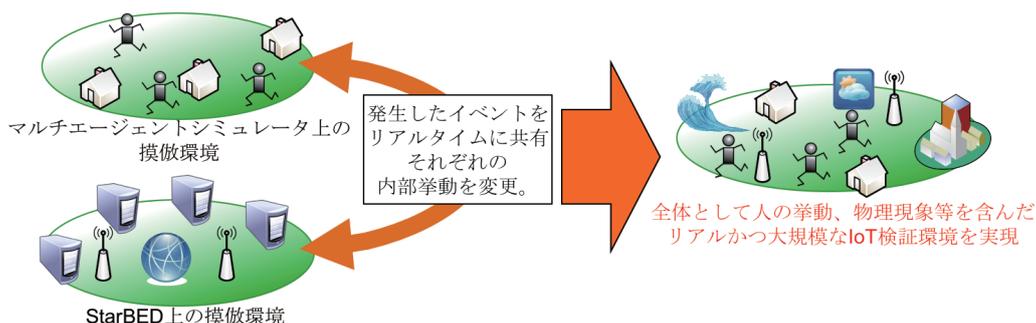


図2 マルチエージェントシミュレータとStarBED模倣環境の接合