

# 大規模センサネットワークエミュレーションの設定が容易な統合システムの提案

馬場 大輔<sup>†</sup> 末松 直樹<sup>†</sup> 宮崎 敏明<sup>†</sup>  
 会津大学大学院コンピュータ理工学研究科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

センサネットワークは実環境の観測に有用なシステムである。しかしながら、大規模なセンサネットワークは、そのシステム規模から実機評価が難しく、エミュレーション・シミュレーションを用いた評価を行うことが有効である。本稿では、設定すべき内容が多岐にわたる日本全国規模を想定した大規模センサネットワーク全体のエミュレーション環境の設定を簡単な設定用記述を用意するだけで可能とする統合システムを紹介する。

## 2. 大規模ネットワークエミュレーション

我々の想定する大規模センサネットワーク環境と、提案する統合エミュレーションシステムの概要を図1に示す。大規模センサネットワークは広域に多数配置された小規模センサネットワークが、複数のルータからなる広域ネットワークを介して接続・統合された構成をとる。上記大規模センサネットワークを、ここでは CORE (Common Open Research Emulator) [1]を実装した複数のエミュレーションサーバにより実現する。CORE は、仮想機器（デバイス）だけでなく、実デバイスも含むシステム全体をエミュレーション可能である。しかしながら、大規模システムをエミュレーションするには設定すべき項目やマシンが多岐に渡るため、それらを一元管理し、目的のエミュレーション環境を容易に構築可能とする統合システムが求められる。

## 3. 提案システム

### 3.1. システムアーキテクチャ

本統合システムは複数台の PC で構成され、それらはエミュレーションサーバと物理ノードに分類される。エミュレーションサーバは仮想デバイス及び仮想ネットワークを実現するために用い、物理ノードは仮想ネットワークにセンサノード等の実システムを接続するために用いる。各 PC は複数のネットワークインタフェースを持ち、異なる 2 つのサブネットワークに属している。一方はネットワークエミュレーション（実験ネットワーク）用であり、他方はシステム管理用である。管理ネットワークは、後述するユーザ定義によりエミュレータ環境を制御するために用いる。実験ネットワークは、L2 ネットワークスイッチで構成され、1 つの PC から発したパケット

Integrated System Allowing Easy Setting of Large-scale Sensor Network Emulation

<sup>†</sup>Daisuke Baba, <sup>†</sup>Naoki Suematsu, <sup>†</sup>Toshiaki Miyazaki  
<sup>†</sup>Graduate School of Computer Science and Engineering, the University of Aizu

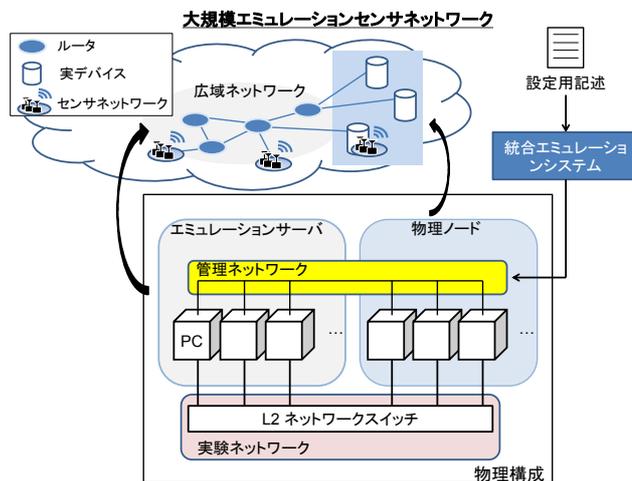


図1：大規模センサネットワークと統合エミュレーションシステムの概要

は、他の全ての PC に届く。そのため、管理ネットワークを介して実験用ネットワークの設定を変更することにより、すべての物理ノードは、論理的に任意のエミュレーションサーバに接続することができ、エミュレーションサーバ群により実現される広域ネットワークのいかなる位置にも物理ノードを接続することが可能となる。

### 3.2. ユーザ定義記述

本システムでは、XML 形式のユーザ定義を用いて図1の要素から成る大規模センサネットワークの生成及び各 PC への設定変更を一括して行う。提案する XML 記述では、ユーザは所定の形式を用いて、リンク単位で定義を行う。図2に、図3に示したネットワークトポロジのユーザ定義記述の一部を示す。

```
<link>
<one> <name>r1</name> <type>0</type> </one>
<two> <name>p1</name> <type>2</type> </two>
<delay>5000</delay>
<bandwidth>10000000</bandwidth>
</link>
```

図2：ユーザ定義記述例

各タグは、以下の意味を持つ。

- one, two: リンクを構成する両端ノード。<name>は名前、<type>はそのノードの分類を表し、0: 広域ネットワークルータ、1: 小規模センサネットワーク、2: 物理ノードを意味する。
- delay: リンクに与える通信遅延。単位  $\mu s$ 。図2の例では、5 ms の遅延を定義している。

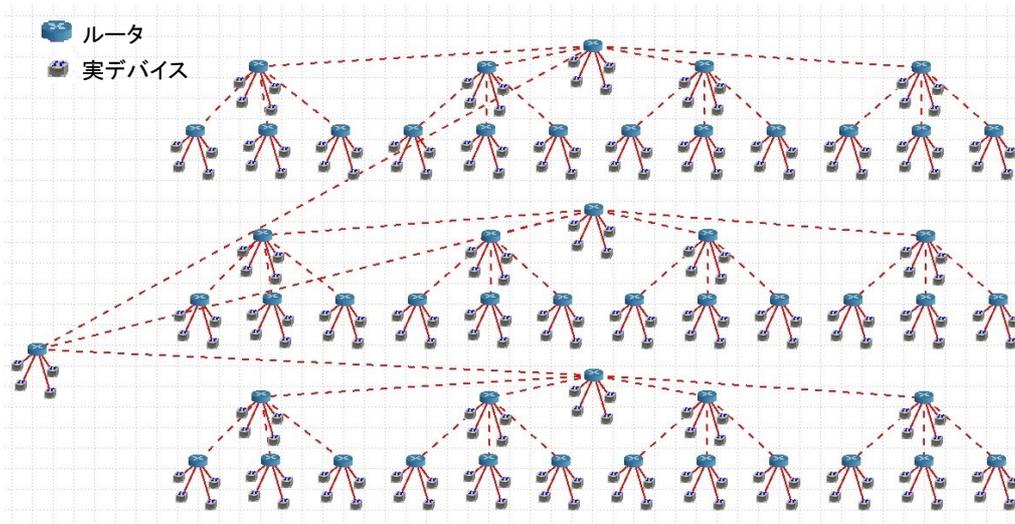


図3：大規模センサネットワークエミュレーション例

● bandwidth: リンクの通信帯域幅。単位は bps。図2の例では、100 Mbps の帯域幅を定義している。ユーザはネットワーク全てのリンクを上記した書式に従って作成し統合エミュレーションシステムに与えることで、エミュレーションネットワークの自動起動、各種マシンへの設定、ネットワークトポロジに従った実験ネットワークの接続切り替えのパラメータが自動生成され、管理ネットワークを介して各PC への再設定が行われる。

#### 4. 評価

提案統合システムが大規模センサネットワークのエミュレーションに有用であることを示すため、図3に示した大規模センサネットワークのエミュレーションを行った。図3は、各地で生成される大量のセンシングデータを格納するための実デバイスで構成された分散データベースシステムを評価するためのエミュレーション環境である。表1にシステムの構築に用いたエミュレーションサーバ・物理ノードのハードウェア仕様を示す。全て同一仕様のPCを用い、エミュレーションサーバとして52台、物理ノードとして208台を利用した。ここでは、ユーザ定義ファイルのシステムへの読み込みから全PCへのオペレーションが完了しエミュレーションが起動するまでの所要時間を計測した。結果を表2、3に示す。表2は、実験に使用したユーザ定義ファイルの行数、及び、ユーザ定義ファイルから生成され、COREで実際に読み込まれた設定ファイルの行数を示している。ここで、ユーザ定義ファイルは、括弧内に示した数のXMLタグを使用して記述されている。表3は、設定に要した時間であり、3回の試行結果とその平均値を示している。表2より、提案統合エミュレーションシステムで使用するユーザ定義記述は、エミュレーションで使用する情報の他、各サーバへの制御情報を内包しているにも関わらず、COREに与える本来の設定ファイルより少ない記述量で全体を定義できていることが分かる。また、表

3より、本提案システムは、仮想及び実デバイス、計260のネットワークノードからなる大規模センサネットワークを3分程度の所要時間で一括設定できることも分かった。これは、手動で個別設定するのに比べ、はるかに効率的であり、しかも、手動制御下での設定ミス誘発を回避できる。

表1：統合エミュレーションシステムの構築に用いたPCのハードウェア仕様

OS	CentOS release 6.7 Final
メモリ	8 GB × 6
CPU	Intel(R) Xeon(R) CPU X5670 @ 2.93GHz × 2

表2：図3のエミュレーション設定に要した記述量

	行数
ユーザ定義ファイル	1141 (1916)
CORE設定ファイル	9168

表3：図3のエミュレーション環境の設定に要した時間

試行回数	時間(秒)
1回目	205.6
2回目	172.2
3回目	197.1
平均	191.6

#### 5. 終わりに

本稿では、設定項目が多岐にわたる大規模センサネットワークエミュレーションを、仮想・実デバイスを問わず、簡便なユーザ定義記述のみで迅速に設定可能とする統合エミュレーションシステムを提案した。また、本システムを用いて、ノード数260規模の大規模ネットワークエミュレーションを、3分程度で自動設定できることを確認した。

**謝辞** 本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE No. 121802001) の支援を受けて実施したものである。また、実験に際しては、JGN-X/StarBED<sup>3</sup>を用いた。

**文献** [1] J. Ahrenholz, C. WA Danilov, T. R. Henderson, J. H. Kim, "CORE: A real-time network emulator," IEEE Military Communications Conference (MILCOM 2008), pp. 1-7, 2008.