

2013年度 Deep Space One / Nerdbox Freaks Working Group 活動報告

岩橋紘司 (iwahashi@jaist.ac.jp) 榎本真俊 (masatoshi-e@is.naist.jp)
太田悟史 (sota@nict.go.jp) 鍛冶祐希 (yuki.kaji@jaist.ac.jp)
高野祐輝 (ytakano@wide.ad.jp) 櫛山寛章 (hiroa-ha@is.naist.jp)
三輪信介 (danna@nict.go.jp) 安田真悟 (s-yasuda@nict.go.jp)

2013年12月25日

目次

1	はじめに	1
2	発表一覧	1
3	Internet of Things のための大規模エミュレーション環境構築フレームワーク	2
3.1	エミュレータ制御機構	2
3.2	エミュレータ間の通信機構	2
4	WEB Tracking Tracker	3
5	動物指向クラウドネットワークの開発	3
6	おわりに	4

1 はじめに

ここでは、実ノードを用いた大規模なインターネットシミュレーション環境の構築の研究開発を行っている Deep Space One WG および Nerdbox Freaks WG の活動報告を行う。Deep Space One WG は実環境向けのハードウェアおよびソフトウェアを利用した大規模な実験用環境の構築・運用に関する研究に取り組み、Nerdbox Freaks WG では大規模実験環境のユーザ視点から利用方法やノウハウの共有、実験例、新たな利用例の考案、実験・開発ワークショップを行っている。一方、Nerdbox Freaks WG では従来までの大規模実験環境の利用促進や開発ワークショップの開催、インターネットエミュレーションを用いた実験環境構築

手法の研究開発に加え、テストベッド環境を用いた実験手法の確立や、利用者視点によるマニュアルや細かな設定に関する知見などを効果的に実験利用者間で共有する実験環境構築におけるナレッジベースの作成を新たに実施している。

Deep Space One WG 及び Nerdbox Freaks WG では、現在、主に StarBED を対象にして研究活動を行っている。StarBED および StarBED での実験補助ツールである SpringOS に関しては文献 [1] を参照していただきたい。以降 Deep Space One WG 及び Nerdbox Freaks WG の本年度の主な活動について報告する。

2 発表一覧

大規模で複雑化するネットワークの実験において、実験に用いる模倣環境をゼロからの構築は実験者への大きな負担となるため、ネットワーク実験の支援環境の研究は重要である。

Internet of Things のネットワーク実験を大規模に行うためには、センサーデバイスの挙動が必要となる。3章ではネットワークテストベッドで IoT を取り扱うための取り組みについて論じられている。

4章では、秋の WIDE 合宿で WEB トラッキングの状況を観測する実験について概要が述べられている。

ネットワークテストベッドでは、無線ネットワーク実験も行われている。5章では、動物行動モデルに基づいて移動するセンサと、センサデバイスからデータを伝送するネットワークをネットワークテストベッド

上に構築、シミュレートすることによって、実際の野生動物の観測環境の設計に必要な要素を導出した。

3 Internet of Things のための大規模エミュレーション環境構築フレームワーク

Internet of Things(IoT) は、インターネットプロトコル (IP) を用いて「モノ」にも通信させるという概念である。IoT の概念のもとで、ワイヤレスセンサネットワークや遠隔計測に用いられてきたネットワークシステムが IP を用いて通信を行うようになることが予見される。このようなネットワークシステムは、展開後にデバイスの回収を伴うような更改をすることが困難であり、事前検証の重要性が大いにある。そこで、DeepSpaceOne WG では StarBED において IoT 指向の大規模実証実験を行うための研究開発に取り組み始めた。

StarBED は x86 アーキテクチャの汎用 PC ノードと有線のネットワークで構成された計算機クラスタである。StarBED はインターネットや他の実験者から独立したネットワークと実験支援システムを利用することで、実験の可制御性、再現性を有し、実験マシンの追加による規模追従性を確保できる。この特性は IoT 指向のネットワークシステムの研究開発においても有用なものである。

ワイヤレスセンサネットワークや遠隔計測などで用いられる「モノ」の中には電池による長期間の動作を期待されるものがある。このようなネットワークシステムでは、一般的な PC と異なるアーキテクチャのハードウェアや IEEE802.15.4 のような低消費電力の無線通信が採用される。つまり、IoT 指向のネットワークシステムと StarBED の実験環境とではハードウェアのアーキテクチャと通信手段の 2 つの面で差異が存在し得る。この場合、IoT 指向の「モノ」向けに実装されたコードを StarBED の PC ノードで直接実行することができず、また、IoT 指向の「モノ」の生成する L2 フレームを実験ネットワーク上で直接送受信することができない。現在の StarBED のフレームワークにおいて IoT 指向のネットワークシステムを対象とした実験を行うためには、これらの課題に対処する必要がある。

3.1 エミュレータ制御機構

StarBED において IoT 指向の実験を行ううえで、ハードウェアのアーキテクチャの違いに対処する必要がある。ここでは、ハードウェアのエミュレータを利用することによって、StarBED のフレームワーク内で IoT 指向のネットワークシステムを対象とした実験を行う方法を検討する。

StarBED での検証環境構築支援システムである SpringOS は、実験ノードとして物理マシンや仮想マシンを想定している。つまり、物理マシンや仮想マシン上で実行されるプロセスであるエミュレータを実験ノードとして細かく制御・管理することを想定していない。そのため、IoT 指向の実験を行うためにエミュレータを利用する場合、実験ノードとしてエミュレータを制御する機構が必要になる。そこで、我々はネットワークを通じたエミュレータ制御機構の設計・開発を行っている。ここでは、改造を加えずに多くのエミュレータを一般的に利用できることを目標としているため、エミュレータごとの制御インタフェースを汎化し、それぞれのエミュレータを制御できるように設計した。標準入力を用いて制御するエミュレータを対象とした試作では、ネットワークから受信した制御メッセージをエミュレータの標準入力に書き込むことでネットワークを通じたエミュレータの制御を実現した。

3.2 エミュレータ間の通信機構

StarBED において個々のエミュレータを実験ノードとして扱うための課題は、それぞれのエミュレータを実験ノードとして一意に識別することと、1 台の物理マシン上で動作する複数のエミュレータ間の通信、及び互いに異なる物理マシン上で動作する複数のエミュレータ間の通信を実現する必要がある。我々は、多くの種類のエミュレータを一般的に利用可能にするため、エミュレータごとに割り当てられる識別子や L2 フレームの入出力方法など実装ごとに異なる部分を抽象・汎化し、エミュレータ間の通信を実現する機構の設計・開発を行っている。

また、ワイヤレスセンサネットワークのようなネットワークシステムに対応するためには、エミュレータ間の無線通信を模倣する必要がある。今後はエミュレー

タ間の無線通信を模倣する手法の設計・開発を行う予定である。

4 WEB Tracking Tracker

我々は、ウェブトラッキングを可視化するシステムの設計と開発を行っており、今回の合宿で「ウェブトラッキングの可視化実験」と題して、提案システムの実験を行った。本実験では、合宿に参加したユーザのトラフィックすべてをキャプチャし解析して行い、その結果を合宿参加者に提示した。Nerdbox の BoF では、本システムの設計、手法、実験の内容について説明を行った。本稿では本システムの手法について簡単に説明する。

ユーザトラフィックを解析する方法として3つの方法が考えられる。1つ目はブラウザのプラグイン、2つ目はプロキシ、3つ目は Deep Packet Inspection (DPI) によるものである。我々は MacOS, Windows, Linux, Android, iOS などすべての OS および、Firefox, Chrome, Safari などすべてのブラウザで等しく利用できること及び、ユーザ設定なしで利用できることを目標にしているため、DPI ベースの手法を採用した。また、最終的な可視化は、ユーザのウェブ閲覧情報からウェブグラフを生成して、入ってくるリンクの次数が多いサイトほど、トラッキングしている可能性が高いとして可視化を行った。具体的な実験の結果については、実験報告の稿にてまとめているため、そちらを参照されたし。

5 動物指向クラウドネットワークの開発

野生動物の生態調査には、音声・映像・行動軌跡・気象などの情報が用いられる。これらの情報は、ねぐらや獣道付近に設置したビデオやマイク、動物に装着させる GPS ロガーや FM 発信器などによって収集される。しかし、これまでの調査手法は人手に頼る部分も多く、観測対象の森林が広範囲に及び観測者が巡回することが困難であったり、放射能汚染などで対象となる森林に観測者が立ち入ることが困難である場合などでは効果的な観測ができない。

このような安定的な通信が困難な地域でネットワークを構築する為に、遅延耐性ネットワーク

(DTN:Delay/Disruption/Disconnection Tolerant Networking) を利用した情報収集・転送技術が提案されている。しかし、DTN の構築に必要な技術や最適な設計は、ノードの移動特性による通信環境の変化や不連続性の時間粒度によって異なり、汎用的な設計はまだない。そこで我々は、森林地域への立ち入り作業を最小限に抑えて長期のモニタリングを可能とする、センサネットワークや遅延耐性ネットワーク技術を応用した動物指向クラウドネットワーク (WAOC:Wild Animal Oriented Cloud/Crowd Network) の開発を目指し、ネットワーク設計と技術課題の検討を行っている。動物指向クラウドネットワークを構成するノードは、低消費電力で通信が可能である IEEE802.15.4 を用い、動物をキャリアとしてデータを運搬・リレーすることで広域の森林環境でも効率的にデータを収集可能する事を検討している。しかし、野生動物の生態、とりわけ生態の変化を調査するための長期のモニタリングを行う場合、キャリアとなる動物の生態、センサデバイスのバッテリー等、ネットワークを設計する上で考慮すべき事項は多い。また、広域にわたる機器の設置、動物への通信デバイスの装着を行った場合、ソフトウェアの不具合などの改修は困難であり、事前に十分な検証を行って実際の運用を行う必要がある。

今回我々は、このようなネットワークにおける、各デバイスの役割や、通信プロトコルを最適化する為に、想定環境を定義して設計に必要なパラメータを導出する手法を検討した。そして、テストケースを基に、WAOC Network を設計する為に必要な自然環境での野生動物の移動を Homesick Levy Walk モデルを用いてシミュレートし、野生動物行動による DTN の有効性を検討した。その結果、アライグマをキャリアとして想定した WAOC 上では、低密度状態の生息域 2000ha、デバイス個体数 25 頭の場合で 4 日程度にデータのライフライン設定する事で、調査領域内の全ノードにデータが伝播し、Gateway の役割を持つ調査領域外縁部のねぐらノードであってもデータが到達することが確認された。また、各ノードは 1 日に数回ねぐらノードと接触することから、時間同期は首輪ノード同士では無く、ねぐら基地局からの基準信号のみで可能である事が示唆された。これらの結果から、野生動物をキャリアとした DTN が成立し、センサーネットワークとしての有用性が示唆された。

一方で、今回のシミュレーションでは、各ノードが

1日に他の首やノードやそのねぐら基地局と通信可能となる時間は200首輪・ねぐらノード時で1日平均で約11058秒、50ノードで約826秒であった。WAOC Network上で発生するデータ量を検討した結果、個々のノード間の帯域から見ると全データをフラッディングで伝播するには帯域が不足しており、データの圧縮、ルーティングによるネットワーク全体に伝播する情報量の削減等、ノード間の通信量の削減が必要となる事が明らかとなった。

今後、これらの知見をもとに、必要な要素技術の選定・開発を行い、首輪+ねぐら間ネットワークによる動物指向クラウドネットワークの実現を目指す。

6 おわりに

Deep Space One WG および Nerdbox Freaks WG の活動は、開発ワークショップによる知識/技術の共有、WIDE 合宿との連携した実験環境の利用が挙げられる。

ネットワークテストベッドは複数のエミュレータ/シミュレータの連携環境など、今後も複雑化する実験環境へ対応しなければならない。今回の活動では、Internet of Things の大規模なデバイスのエミュレーションでは、無線ネットワークエミュレーションとの連携を前提としており、また、動物指向クラウドネットワークで用いられている遅延耐性ネットワークの検証では、無線ネットワークエミュレーションをベースに動物行動モデルシミュレーションとの連携を図る必要がある。

ネットワークテストベッドそのものが注目されつつあることから、共用環境として提供されている StarBED では割り当てられる利用期間がタイトになりつつある。そのため、ネットワーク実験環境の構築効率の向上などの検討が必要である。

WEB トラッキング可視化実験では DPI(Deep Packet Inspection) を用いているため、プライバシーの問題などから複数の一般利用者を対象とした検証は難しい。秋の WIDE 合宿でのネットワーク実験では有意義な結果を得られた。利用を快諾していただいた皆様に感謝したい。

来年度も Deep Space One WG と Nerdbox Freaks WG との協調により、柔軟な実験環境を構築するためのツール群の研究開発とともに、ナレッジベースの整備および、より現実的な実験を行うための実験環境構築手法の研究開発も平行して行っていく。

参考文献

- [1] 宮地利幸, 中田潤也, 知念賢一, ラズバン・ベウラン, 三輪信介, 岡田崇, 三角真, 宇多仁, 芳炭将, 丹康雄, 中川晋一, 篠田陽一, “StarBED: **大規模ネットワーク実証環境**”, 情報処理, 第 49 巻, 第 1 号, pp. 57-70, 2008 年, 1 月.