

## 2.2.2.4 アカデミッククラウド環境の研究開発に関する取り組み

樫山 寛章

### 1. はじめに

2010年7月1日に奈良先端科学技術大学院大学附属図書館は情報科学センターと統合し、総合情報基盤センターとして生まれ変わりました。それに伴い、附属図書館研究開発室も総合情報基盤センターに統合され、次世代システム研究グループとして電子図書館を含めた次世代学術情報基盤システムの研究開発を推進していくことになりました。次世代システム研究グループの中期研究計画の項目の一つとして、アカデミッククラウド環境「NAIST クラウド」の研究開発があります。ここでは、これまで研究開発室で行ってきた研究開発のうち、アカデミッククラウド環境の研究開発に関連した研究開発に関して簡単に紹介したいと思います。

### 2. アカデミッククラウド環境とは

まず、アカデミッククラウド環境に関する研究開発について説明します。ビジネス用語として一般的になりつつある「クラウド環境」、「クラウドコンピューティング」の定義は様々ありますが、ここでは「アカデミッククラウド環境」を「学術における研究開発のための並列計算や分散計算、シミュレーションなど目的とした集中もしくは広域分散した計算資源（コンピューティングリソース）」と定義します。

アカデミッククラウド環境の理想としては様々な分野の研究開発に利用できる計算資源プラットフォームの提供ですが、研究開発室に在籍している研究者の専門がネットワーク技術およびネットワークセキュリティであることから、ネットワーク技術およびネットワークセキュリティに向けたアカデミッククラウド環境の研究開発をここ数年ほど続けています。

中でも、ネットワーク技術およびネットワークセキュリティのためのアカデミッククラウド環境の研究開発として、大規模集中型の計算資源を用いた「ネットワークエミュレーションテストベッドを用いたネットワーク技術検証プラットフォームの研究開発」を行っています。

## 2.1 ネットワークエミュレーションテストベッドを用いたネットワーク技術検証プラットフォームの研究開発

「ネットワークエミュレーションテストベッド」とは集中型のサーバクラスターで構成された、インターネットやユビキタスネットワークに関連する研究開発で開発されたネットワークソフトウェアの動作検証を行うためのテストベッドとしてのクラウド環境です。シミュレーションと実機によるテストの中間にあたるソフトウェアレベルでの大規模検証が可能のため、学術だけではなく産業界からも注目されつつあります。

ネットワークエミュレーションテストベッドは検証対象のネットワークソフトウェアの検証項目や検証規模に合わせて検証用疑似ネットワーク環境を集中型の計算資源（サーバクラスター）上に構築し、検証が終了したら検証用疑似ネットワーク環境を消去して元の状態に戻すという、計算資源を一時的に利用して検証を行います。検証項目によって利用方法は様々です。例えば、国内最大のネットワークエミュレーションテストベッドである情報通信研究機構北陸リサーチセンター大規模シミュレーション施設（StarBED）では、物理サーバの機能を最大限に活用し、様々なネットワーク構成におけるスループット測定実験の並列化や、仮想マシンにより仮想的にサーバの数を増やして検証環境の規模を拡大しネットワークソフトウェアの規模拡張性を検証するという実験、インターネットに接続してイベント用の一次的なウェブサービスサーバとしての実験利用、ITkeys（先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラム）でのインシデント体験演習の実習環境や SOI-ASIA でのネットワーク構築演習環境等、教育の実習環境として利用など、様々な形態で利用されています。

## 2.2 ネットワークエミュレーションテストベッドの物理構成

では、次にネットワークエミュレーションが実際どのような構成になっているのかを説明していきます。まずは物理構成から説明していきます。

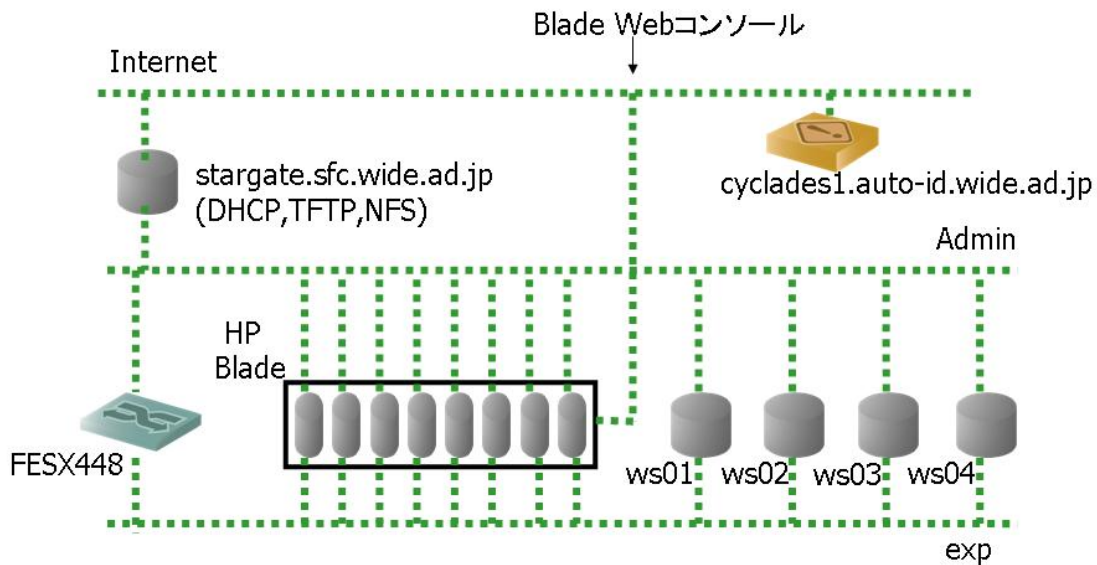


図 1 小規模ネットワークエミュレーションテストベッドの構成図

図 1 は、研究開発の一環として慶應大学でワークショップを開催した際に作成した小規模ネットワークエミュレーションテストベッドの構成図です。これは大学などで小規模なネットワークエミュレーションテストベッドを作成する場合の基本構成図になります。小規模なネットワークエミュレーションテストベッドは、サーバ数台とネットワークスイッチで構成されたものや、サーバとネットワークスイッチが一体化した構成として一般的に販売されているブレードサーバなどを利用して作成できます。

図 1 に示すように、ネットワークスイッチの設定により管理ネットワーク (admin) と実験ネットワーク (exp) のインターネットから隔離されたネットワークを構成します。管理ネットワークおよび実験ネットワークに接続するようにサーバ (図 1 中 ws01 から ws04) やブレードサーバ (図 1 中 HP Blade) を接続します。管理ネットワークおよび実験ネットワークに接続したサーバは実験用物理サーバとして利用することになります。

インターネットからのアクセスは管理サーバ (図 1 中の stargate) やコンソールサーバ (図 1 中 cyclades1) またはブレードサーバの Web コンソールのみで制限されます。管理サーバは DHCP サーバ、TFTP サーバ、NFS サーバを兼ねており、ネットワークブートなどを用いて任意のオペレーティングシステム (OS) を実験用物理ノード起動する

ことができるようになっていきます。



図 2 可搬型小規模ネットワークエミュレーションテストベッド  
(StarPOD)



図 3 小規模ネットワークエミュレーションテストベッド (GARIT)

ここで具体的な小規模ネットワークエミュレーションテストベッドを紹介します。図 2 は情報通信研究機構北陸リサーチセンターによって作成された可搬型小規模ネットワークエミュレーションテストベッド (StarPOD) です。StarPOD の物理的な構成は図 1 とほぼ同じで、ネットワークスイッチ 2 台、KVM スイッチ一台、1U 型ラックマウン

トサーバ 10 台で構成されています。図 3 は研究開発室の連携講座であるインターネット工学講座内にある小規模ネットワークエミュレーションテストベッド (GARIT) です。GARIT の構成は Sun のブレードサーバ (ケージ 3 台、サーバ 40 台) とゲートウェイサーバ 1 台、管理サーバ 1 台、実験用と管理用にネットワークスイッチがそれぞれ 1 台という構成になっています。



図 4 小規模ネットワークエミュレーションテストベッド  
(ITKeys クラスタ)

図 4 は連携講座であるインターネットアーキテクチャ講座内に設置されている、最新型のブレードサーバ 1 セットを使った小規模ネットワークエミュレーションテストベッド (ITKeys クラスタ) です。ITKeys クラスタでは仮想マシンソフトウェアである VMWare を使って管理サーバや実験用サーバを仮想マシン上に作成して利用しています。

### 2.3 ネットワークエミュレーションテストベッドを用いた実験

では、ネットワークエミュレーションテストベッドを用いた実験方法に関して説明していきます。実験の際には、実験ネットワーク側にソフトウェアなどによって疑似的なネットワーク環境を作成し、検証対象となるネットワークソフトウェアの動作検証を行います。ネットワークエミュレーションテストベッド上で構成可能なネットワークは

インターネットバックボーンから無線メッシュネットワーク、ユビキタスセンサーを交えたホームネットワークなど多岐にわたります。実験ネットワークを構成するツールとしては、StarBED Project で研究開発されているネットワークエミュレーション環境構築ツールセットである Spring OS、無線ネットワークエミュレーション環境構築ツールである QOMET、ユビキタスセンサーネットワークエミュレーションフレームワークである RUNE、奈良先端科学技術大学院大学インターネット工学講座で研究開発されている模擬ネットワーク環境構築ツール AnyBed、XENebula Project で開発されている仮想マシンによる模擬インターネット構築ツール XENebula などが利用可能です。

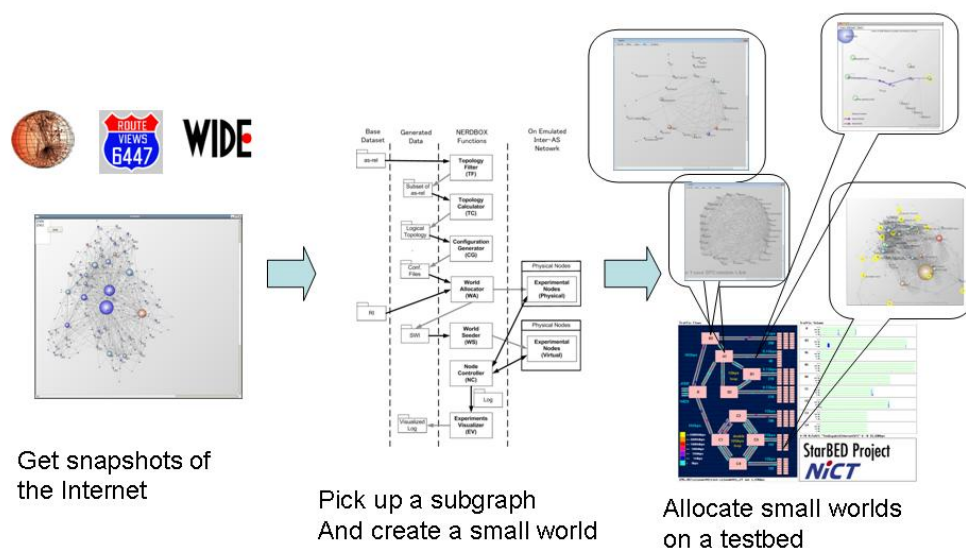


図 5 AnyBed を使った模擬インターネットバックボーン構築

例として図 5 に AnyBed を使った模擬インターネットバックボーンの構築例を示します。インターネットバックボーンの模擬環境をネットワークエミュレーションテストベッド上に構築する場合、まず、インターネットのネットワーク構成図（トポロジーデータセット）が必要になります。トポロジーデータセットは、WIDE プロジェクトや CAIDA プロジェクトが提供しているインターネットバックボーンの観測情報データセットや、実際に動作しているバックボーンルータの経路情報から入手します。

次に、入手したトポロジーデータセットから利用可能な実験用物理ノード数や、実験用物理ノード上で起動可能な仮想マシン数に合わせたサブグラフを作成します。そして、作成したサブグラフをもとに疑似環境を構成するために必要なネットワークソフトウェアの基本設定を AnyBed を使って自動生成します。最終的に自動生成されたネットワークソフトウェアの基本設定を SpringOS や AnyBed を使ってネットワークエミュレーションテストベッドの実験用サーバに配布して実験環境を構築し、実験を行います。

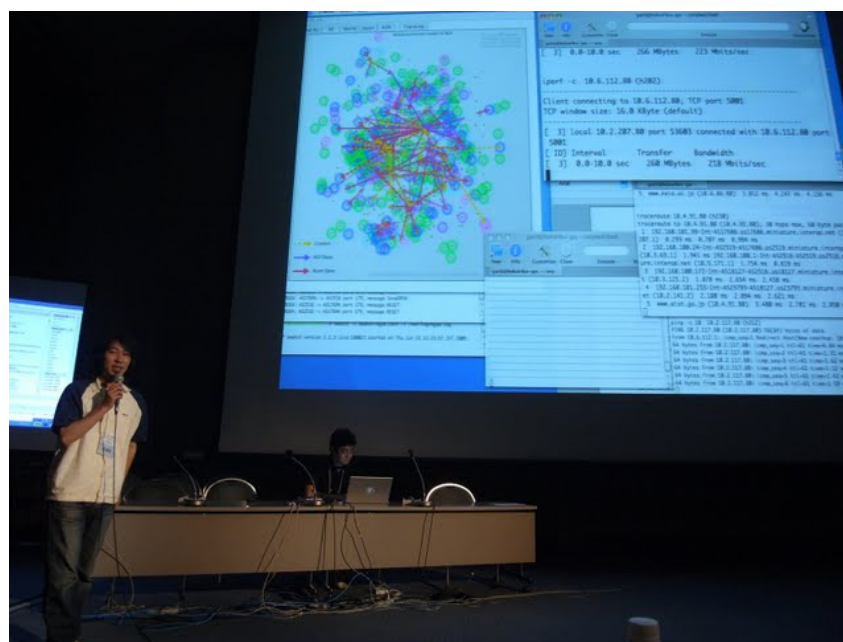


図 6 BGP ネットワーク模擬環境構築実験のライブデモンストレーション

さて、ネットワークエミュレーションテストベッド上に構築した疑似環境を用いたネットワークソフトウェアの検証を実際どのようにして行うのかについて簡単に説明します。図 6 および図 7 は 2009 年 6 月に東京幕張メッセで開催されたインタロップクラウドコンピューティングコンペティション（以降 Interop CCC と略記）にて、筆者が関連したライブデモンストレーションの写真です。

Interop CCC は、情報通信研究機構北陸リサーチセンター内にある大規模ネットワークエミュレーションテストベッド（StarBED）上にコンペティション参加者各位が独自に開発したクラウド環境構築ソフトウェアやクラウドアプリケーションの動作環境を構築し、ライブデ

モンストレーションにより技術力を競う競技会として 2009 年から開催されています。2009 年の Interop CCC で筆者らは、StarBED から割り当てられた実験用サーバ上に AnyBed と XENebula を用いて疑似インターネット環境を作成し、他の参加者に対して疑似インターネット環境を提供するというデモンストレーションを実施しました。提供した疑似インターネット環境は 2009 年 5 月ごろの日本国内の ISP 事業者網（EBGP ネットワーク）を模した環境で、約 600 台の仮想マシンを割り当てられた 50 台の StarBED 上の物理ノード上に構築しました。

図 5 は模擬インターネット環境の構築の様子を可視化する為に作成した可視化ツール Inview にて実施したライブデモンストレーションの様子です。また、構築した疑似インターネット環境は慶応大学黒宮氏が実施した P2P オーバレイネットワークのネットワーク構成最適化技術のデモンストレーション（図 6）に用いられました。

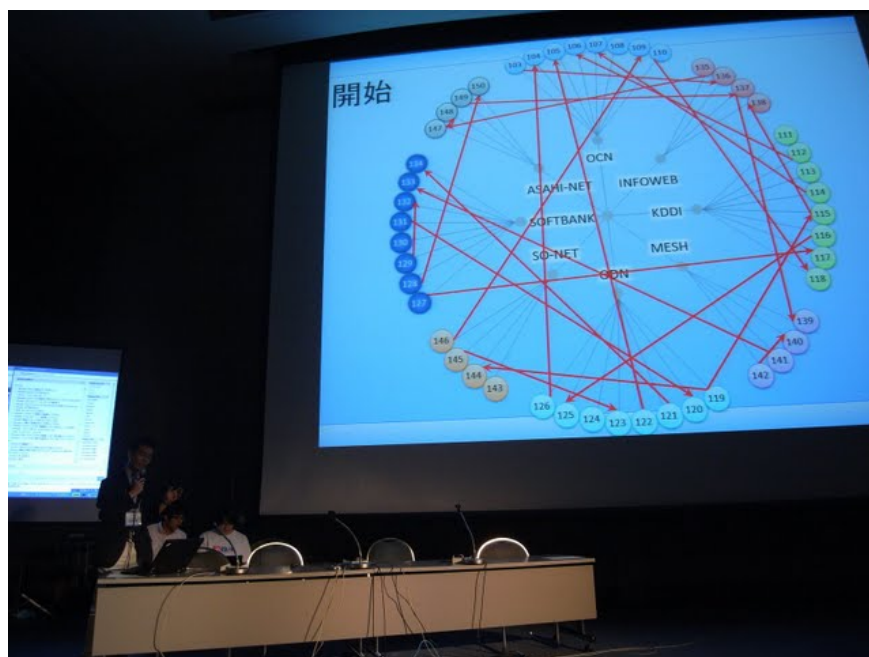


図 6 模擬インターネット上で行われた P2P ネットワーク構築最適化アルゴリズムのライブデモンストレーション

このほかにも、P2P オーバレイオンラインゲームプラットフォーム (libcookai) や広域分散ネットワーク観測プラットフォーム (ntap)、



インターネットにおけるトレースバックアーキテクチャ (intertrack) などの研究開発において、各種ソフトウェア実装をネットワークエミュレーションテストベッドを利用して実験し、評価を行っています。

### 3. おわりに

ここでは、簡単ながらアカデミッククラウド環境の一部を構成するネットワークエミュレーションテストベッドの研究開発に関して説明しました。アカデミッククラウドの研究開発としては、ネットワークエミュレーションテストベッドの他に、情報通信研究機構との共同研究で実施している仮想ネットワークインフラストラクチャ提供サービスプラットフォーム (JGN2plus IaaS) や WIDE プロジェクトとの共同研究で進めている大学間連携広域分散ネットワーククラウド環境 (WIDE クラウド) の研究開発のような広域分散型アカデミッククラウドの研究開発も進めています。

また、2010年7月から新たに発足した総合情報基盤センターでは「NAISTクラウド」という次世代アカデミッククラウド環境の研究開発を次期中期計画に盛り込んでいます。NAISTクラウドでは、ネットワークエミュレーションテストベッドのような研究開発利用だけでなく、電子図書館システムなどのサービス利用としてのクラウド環境を大学としてどのように構築していくか、また、商用クラウドサービスとは異なる形で先端性をどのように打ち出すかが課題となります。NAISTクラウドの実現に向けた研究開発は、総合情報基盤センター内次世代システム研究グループに引き継いで推進していきます。