

2011 年春の WIDE 合宿における実験報告

樫山寛章 (hiroa-ha@is.naist.jp)

2011 年春合宿 Net PC および実験参加者一同 (camp-1103-net@wide.ad.jp)

2012 年 1 月 17 日

1 概要

本節では、2011 年 3 月 7 日から 3 月 10 日の 4 日間、三重県志摩市伊勢志摩ロイヤルホテルにて開催された WIDE Project 2011 年 3 月合宿における実験ネットワーク（通称 camp-net）の運用および camp-net 上で実施された実験に関して報告する。

1.1 基本コンセプト

2011 年 3 月合宿実験ネットワークの運用の基本コンセプトは「育成」と「原点回帰」、「文書化」の 3 点である。

まず「育成」に関して簡単に説明する。2011 年 3 月合宿実験ネットワークの運用にあたり、Board メンバーから「2011 年 3 月合宿では合宿ネットワーク運用の質の向上と育成に関し取り組み、最終的には、持続可能な育成フレームワークを検討して欲しい」という意向を受けた。これは、近年の合宿ネットワーク運用の質の低下の現状を踏まえ、2010 年 9 月合宿中の議論や 2010 年 9 月合宿終了後のボードミーティングでの議論を踏まえて提起された。このボードの意向を元に、運用の基本コンセプトの一つとして「育成」を掲げた。

次に「原点回帰」に関し説明する。ここでの「原点回帰」とは「今まで誰も試したことのない実験ネットワークを作る」という camp-net の原点に立ち返ってネットワークの設計や実験の募集を行うという意味と、ここ 10 年進められてきた合宿ネットワーク運用の効率化や簡素化によって形骸化してしまった設計・運用などのノウハウの蓄積・習得・利活用などを発掘し、2011 年現在の camp-net 運用に適用する意味の 2 点を元に「原点回帰」を基本コンセプトの一つとして掲げた。

最後に、「文書化」に関して説明する。2010 年 9 月合宿終了後のボードミーティングでの議論において、合宿で実施された実験が近年ほとんど文書化されていないことが指摘された。この指摘を受けて、合宿 PC で引き継いでいく「内部技術文書」と実験の「対外発表文書」の執筆を促進すべく「文書化」を基本コンセプトの一つとして掲げた。

1.2 タイムライン

ここで、2011 年 3 月合宿のタイムラインを掲載する。ここ数年、合宿の準備はプログラム、ネットワーク両方とも 12 月研究会終了後から開始されることが多かった。しかしながら、12 月研究会終了後の開始は実質的に 2 か月しか作業時間がなく、十分な準備が行えていない。そこで、2011 年 3 月合宿では、12 月研究会の準備と同時並行で 2011 年 3 月合宿のプログラム及びネットワークの準備を進めていった。

2010/09/12 : camp-1103-pc メーリングリストオープン

2010/09/17 : camp-1103-pc キックオフミーティング

2010/09/21 : 予算案策定開始

2010/09/21 : 会場下見準備開始

2010/09/22 : 12 月研究会準備開始

2010/10/08 : 3 月合宿実験一次募集開始
(2010/10/29 まで)

2010/10/22 : trac システムオープン

2010/10/26 : 伊勢志摩ロイヤルホテル下見

2010/11/01：camp-1103-net キックオフ

2010/12/04：12 月研究会でのネットワークへの要求聞き取り調査

2011/02/04：アンケート項目第 1 版

2011/02/12：camp 用 address prefix の広報開始

2011/02/12：StarPOD への IPv6 接続性設定完了

2011/02/12：WIDE Cloud を用いたプレホットステージ開始

2011/02/28：StarPOD の停止

2011/02/25：アンケート項目第 2 版

2011/02/27：アンケート項目第 3 版

2011/03/01：NAIST にてホットステージ開始

2011/03/05：NAIST でのホットステージ終了、機材搬出

2011/03/06：前泊

2011/03/07：合宿初日

2011/03/17：StarPOD からの VM イメージ回収開始

2011/03/20：StarPOD からの VM イメージ回収終了

2011/04/11：camp-1103-net 終了

2 育成に関する取り組み

2011 年 3 月 WIDE 研究会の実験ネットワーク準備では、育成に関する取り組みとして「NOC お兄さんの導入」、「trac サーバ, uploader による進捗管理と情報共有」、「WIDE Cloud を用いたプレホットステージの導入」の 3 つを取り入れて実施した。

2.1 NOC お兄さん制の導入

「NOC お兄さん制」は大学拠点（NAIST、JAIST、SFC、名古屋大、東大）において、合宿 PC やネットワーク設計・運用の経験のある博士課程学生（もしくは修士 2 年生）を各拠点の指導役に据え、彼らから技術伝承したい後輩を合宿 PC として選抜してもらい、

インテンシブにネットワーク設計者・運用者としての育成を行うプログラムとして取り組んだ。このため、「NOC お兄さん制」の引き継ぎ役としての学生らをネットワークの設計や基幹部分の構築役を実施してもらった。

2.2 trac サーバ, uploader による進捗管理と情報共有

次に、タスク管理やトラブルおよび回避・解決方法の文書化を行うために、トラブルチケットシステムを合宿 PC の運用に導入した。トラブルチケットシステムとしては trac を用いた。trac への添付ファイルでファイルを共有すると共有すべき情報とファイルが散逸するため、uploader を用意することにした。ファイル共有用 uploader としては当初 CSAW を利用する予定であったが、メンテナンスおよび WIDE クラウドへの移行時期で動作が不安定だったため、合宿 PC の一人である中村遼が作成したファイルアップロードスクリプトを trac 用サーバに設置し、合宿 PC のみで運用管理できる体制にしてファイル共有を行うことにした。

2.3 WIDE Cloud を用いたプレホットステージの導入

次に、ホットステージ期間の前にプレホットステージを導入し、合宿 PC の育成も兼ねながら、ホットステージまでに実施できる仮組や検証を長期間にわたって実施した。ネットワークの基本設定に関してはホットステージ会場である NAIST で機材を仮組して、あらかじめ基礎設定の検証を行った。またサーバ資源、おもに DNS や web サーバ、実験の fu-ring 用サーバなど NEMO マイグレーション機能で移動させる予定にあるサーバ群に関してはあらかじめ WIDE クラウド上にサーバを構築し、準備をしておいた。準備自体は 1 月末から開始され、約 1 ヶ月の準備期間を得ることができた。

2.4 文書化

これまでの合宿 PC では、細かな設定ノウハウ等が文書化されてこなかった。trac はトラブル発生とトラ

ブル回避をログに残すために採用したが、trac だけでなく、今まで口伝で伝わっていた各種ネットワーク機材の設定方法のマニュアルを作成し、初参加の合宿 PC の育成などに役立てる作業を実施した。

まず、伊勢志摩ロイヤルホテルで初開催だったため、衛星設置確認を熟練している SFC の衛星チームなしに実施するべく、下見マニュアルとチェックリストの作成を AI3 ワーキンググループの横山輝明および SFC の村上滋樹に依頼した。作成したチェックリストおよび横山輝明の補佐によって、合宿初参加の学生がほとんどで占められた下見において、円滑に衛星機材設置の確認場所や情報収集が実施できた。このほか、各種サーバ・ルータ・スイッチ・無線 LAN の設定に関しては担当者に簡易マニュアルを作成するよう依頼し、作成された。

3 ネットワーク 設計

本節ではネットワーク設計に関する詳細を述べる。

3.1 下見

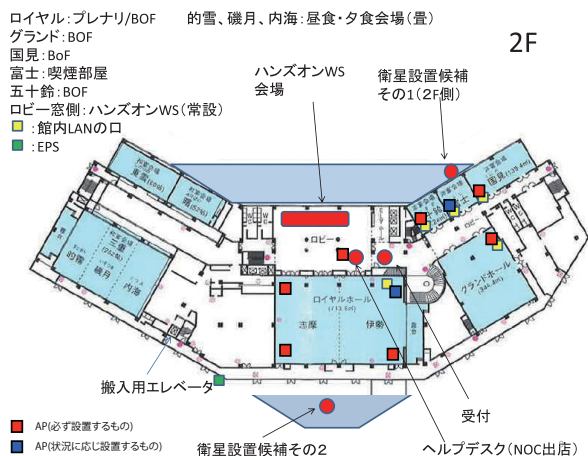


図 1: 衛星機材・アクセスポイント設置候補 (2F)

2011 年 3 月合宿は伊勢志摩ロイヤルホテルで初開催であった。そのため、約 6 年ぶりに会場の下見を実施した。下見経験者としては、Net 長である樫山、AI3 ワーキンググループチェアで衛星係のお兄さん役である横山が参加し、過去の経験や 2001 年までのホテル

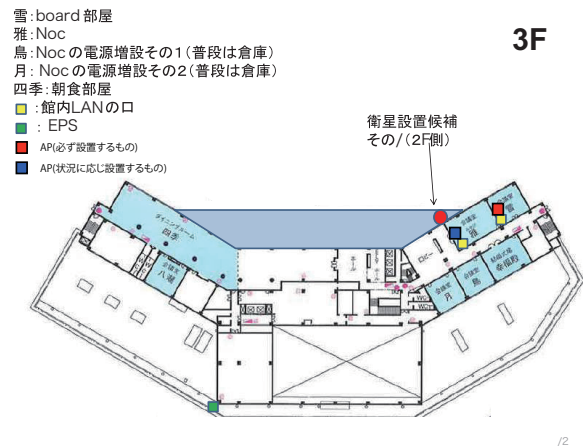


図 2: 衛星機材・アクセスポイント設置候補 (3F)

下見資料を元に、衛星、L0/L1、対外線、スピーカー、マイク、備え付けスクリーン等の会議運用に必要な確認項目を整理し、数回のレビューを得てチェックシートを作成した。

- 9/28 からチェックシート作成
- 衛星関連チェックシートレビュー 1 回目
- 10/01 電源関係の書類入手
- 10/04 衛星関連チェックシートレビュー 2 回目
- 10/20 ホテルレイアウト、電源関連チェックシートレビュー 1 回目
- 10/24 ホテルレイアウト、電源関連チェックシートレビュー 1 回目
- 10/26 下見当日 (13 時ホテル集合、18 時解散)

下見は e-side、JTB の補佐を交えながら PC12 名によって実施された。下見内容は主に電源口、館内 LAN 口の正確な場所、EPS の場所と館内 LAN の配線、衛星機材設置場所および無線 AP 設置場所の候補選び、ホテル備え付け機材の確認、搬入出経路の確認が行われた。下見の結果を踏まえ検討した無線 AP、衛星機材の設置場所を図 1 および図 2 に示す。実際の衛星機材設置場所は前泊時での実際の設置により図 1 中の「衛星機材設置候補その 2」の場所に衛星機材を設置した。また、NOC を 3 階雪に設置し、館内 LAN を用いて各

部屋への配線を行い、ケーブル配線作業を無くすこととした。NOC を3階に設置するため、受付横に NOC ヘルプデスクを設置した。その他、2階ロイヤルホールをプレナリールームに、2階グランドホールを BoF1、2階五十鈴を BoF2、2階国見を BoF3、2階富士を喫煙部屋、3階雅を Board 会議部屋として利用することにした。

3.2 実験・ワークショップの公募

実験・ワークショップに関して新たな試みとして実験・ワークショップの公募を実施した。これは、下見の結果を踏まえ、伊勢志摩ロイヤルホテルのネットワーク環境を補うような実験や、なるべく対外線の帯域を消費せずにホテル内での議論を活発化してほしいという狙いの元に実施した。2011年3月 WIDE 研究会にて公募した実験、ワークショップのテーマは下記の7つになる。

- 1) 対外接続線を拡充する実験
- 2) 対外接続線の消費を管理する実験
- 3) 対外接続線の消費を抑えるための、camp-net 内のエンターテイメント系実験
- 4) v6、アドレ스트ランスレーション技術
- 5) クラウド+狭帯域 / 高遅延ネットワーク
- 6) camp-net 内運用管理、資源管理、解析
- 7) 若手育成

この実験・ワークショップの公募に対しては慶應大学の小澤によりエンターテイメント系実験として「「XMPP を基盤とした『場の空気を読む』遠隔コミュニケーションの実現」」の応募があった。通常の実験応募としては、小原らによる「マルチパス OSPF 経路制御の実験」の応募があった。その他3つの実験は Net 長のコンセプトによる実験として「WIDE Cloud + StarPOD Nemo VM migration を用いたサーバマイグレーション (NEMO VM Migration)」を実施し、合宿 PC の普段の研究活動を合宿の実験に取り入れる試みとして、名古屋大学から参加した合宿 PC による「SAMTK を使ってみて、如何でしょう?」と「NGMS を使ってみて、如何でしょうか?」を実施した。

3.3 実験概要

ここでは、2011年3月合宿の実験として実施された5つの実験の実験概要を記載する。

3.3.1 WIDE Cloud + StarPOD Nemo VM migration を用いたサーバマイグレーション (NEMO VM Migration)

Cloud ワーキンググループによって構築された WIDE クラウドは WIDE メンバーに実験的なクラウド資源として利用されている。camp-1103 ネットワーク PC では、camp-1103 ネットワークの準備や若手ネットワーク PC の練習環境として WIDE クラウドを利用し、且つ、WIDE クラウド上に構築した camp-1103 ネットワーク環境をマイグレーションで伊勢志摩ロイヤルホテルに移動する事ができると準備期間の拡充と設営時の省力化が行える。一方、camp-1103 ネットワークでは利用できる対外線が衛星回線1つと ADSL 回線が2つであり、対外線の実効帯域は最大 15Mbps 程度と予測されている。ブロードバンド環境とナローバンド環境の間でのクラウドマイグレーションは研究としてもチャレンジする価値があるため、今回 camp-1103 ネットワーク PC は Cloud ワーキンググループと NICT 北陸リサーチセンター（現 NICT StarBED 技術センター）と共同で“WIDE cloud + StarPOD in camp-net”という題名の実験を実施する。この実験では、伊勢志摩ロイヤルホテル内に HRC が開発した可搬型 PC クラスタである StarPOD を持ちこみ、WIDE クラウド（ブロードバンド環境）と StarPOD（ナローバンド環境）間のマイグレーションを試みる。合宿ネットワークのサーバセグメントは事前に WIDE クラウド上に構築され、NEMO マイグレーションルータによりセグメントごと StarPOD 上にマイグレーションされる。ストレージマイグレーションや経路設計、運用管理など課題は多く非常に難しいが、この実験を通し、帯域幅の違う環境間での現実的なクラウドマイグレーションの方法を模索する。

3.3.2 マルチパス OSPF 経路制御の実験 (OSPF マルチパスルーティング)

実験ネットワークの一部に、OSPF 網を作り、ここでマルチパス拡張された新しい OSPF 実装および

FreeBSD カーネル実装を動作させる。FreeBSD カーネルは、経路表の radix trie を patricia で置き換え、マルチパス拡張し、ToS/Flowlabel によりネクストホップを切り替える。OSPF 実装は、GNU Zebra ospfd/ospf6d を改変し、Dijkstra アルゴリズムを MARA で置き換える。この実験は、Drouting アーキテクチャの初の実装・実験である。

3.3.3 「XMPP を基盤とした『場の空気を読む』遠隔コミュニケーションの実現」(Fu-ring)

合宿の参加者同士が、ネットワーク越しに「空気」を読み合い共有できることを目的とする。単なる文字だけのやり取りにとどまらず、BoF やプレナリなど各部屋の雰囲気を知ることができるようにすることで、参加者のコミュニケーション／インタラクションをより活発にすることを目指す。具体的には wija という XMPP ベースのインスタントメッセンジャーを参加者に使用してもらい、マイクの音量を用いた「場の盛り上がり」の検出を試みる。各部屋には「風鈴」を設置し、風鈴による光と音によって盛り上がりを直感的に伝える仕組みも構築する。

3.3.4 SAMTK を使ってみて、如何でしょう？(SAMTK)

SAM ワーキンググループでは、マルチプラットフォーム対応多地点間通信基盤ソフトウェア SAMTK の開発を行っている。今回はその SAMTK を用いて作成したアプリケーションにより、WIDE 合宿での BoF 中継と NOC × NOC 出店間通信を実施する。

3.3.5 NGMS を使ってみて、如何でしょうか？(NGMS)

名古屋大を中心として開発している NW 管理システム「NGMS」を camp-net に利用してもらい、ユーザとしての感想やコメントを収集し NGMS の開発促進に活かす。

4 ネットワーク設計および運用

4.1 camp-net 1103

2011 年 3 月の WIDE 合宿において構築した camp-net は、ネットワーク全体が WIDE Cloud WG の実験として構築された。そのため、従来の camp-net の目的である、100 人を超える合宿参加者へのネットワークコネクテビティの提供、ユーザが居る環境での実験用テストベッドという 2 点以外に、ネットワークの設計に関して多くの要求事項があった。本節では、ユーザへのネットワークコネクテビティの提供、WIDE Cloud の実験、実験参加者へのテストベッド提供、という要求を踏まえて camp-net を設計した経緯をまとめる。

4.2 ネットワークへの要求事項とデザインまとめ

4.2.1 ユーザコネクテビティ

camp-net では、第一に合宿参加者へネットワークコネクテビティを提供をする必要がある。また、その際は WIDE の合宿 Prefix(203.178.156.0/22、2001:200:0:ff00::/48) を用いる。基本的に参加者への接続性は無線接続によって IPv4、IPv6 のネットワークコネクテビティが提供される。ユーザ収容セグメントのアドレス数については、参加数は 100 人を超え、さらに WIDE 合宿では 1 人が複数以上の端末を持つことが想定される。そのため、少なくとも /24 以上のネットワークをユーザセグメントに用いる。そこで、無線で /23 を運用すると arp による AP のバグを踏む恐れがあることや、アドレスが足りなくなる可能性を踏まえて、本 camp-net ではユーザ収容に /24 のネットワークを用いた。

本合宿の開催地である伊勢志摩ロイヤルホテルの区域では、平成 23 年 3 月の時点では光回線による対外線サービスが提供されていないため、対外線として ADSL を 2 回線と衛星による回線を用意した。この 3 本の対外線に効率良くトラフィックを分散させるため、合宿地側と対向拠点側でポートベース及びアドレスベースのポリシーベースドルーティングを行った。合宿地と対向拠点結ぶ対外接続について、3 本の対外線のうち、衛星回線については L2 のリンクであるため遅延と帯域以外について留意する必要は無い。しかし、ADSL

は PPPoE によってグローバルアドレスが 1 つ割り当てられる形態であるため、何らかのトンネルを用いて WIDE BB に接続する必要がある。そこで本 camp-net では、Cisco 2800 と Cisco 1812 による L2TPv3 トンネルによる L2 接続を用いた。L2TPv3 を用いた理由は、2010 年 3 月の合宿にて、MTU の減少によって DFbit の立ったパケットが通らなく問題を回避できた実績があったためである。

4.2.2 WIDE Cloud

WIDE Cloud の実験としての要求事項は、WIDE BB 内の HV から合宿地への VM マイグレーションであった。また、このマイグレーションは、NEMO によるネットワークマイグレーションを含むものであった。そのため、要求として NEMO-MR が RA によって IPv6 アドレスを取得できること、合宿開始時に VM のマイグレーションが完了していることがあった。そこでまず、NEMO-MR が RA によってアドレスを取得するために、NEMO-MR のと camp-net のコアルータ間に専用のセグメントを作成した。また、NAIST において開催された Hot Stage では、ネットワークエミュレータ Anue を用いて衛星回線を再現し、VM マイグレーションにかかる時間の計測を事前に行った。

4.2.3 実験の取り組み

本合宿では、WIDE Cloud 以外の実験として、OSPF マルチパスネットワーク、Fu-ring、SAMTK の 3 つが行われた。このうち SAMTK と Fu-ring に関しては、有線接続による接続性を提供するだけであった。一方、マルチパスネットワーク実験は、camp-net 内に構築されたマルチパス網にユーザトラフィックを通す必要があった。また、合宿中にマルチパス網をデバックすることを想定して迂回路を用意する必要があった。そのため、ユーザセグメントをコアルータで直接 L3 収容するのではなく、一度別のルータで L3 終端し、そのルータのデフォルトをコアルータに向けるか、マルチパスネットワークに向けるかを選択できるように設計した。最終的には、マルチパスネットワーク、コアルータ、ユーザ収容ルータの 3 ルータそれぞれの間に別セグメントを切り、OSPF のコスト設定によってこれを変更できるようにした。

4.3 バックボーンネットワークデザインの変遷

次に、ホットステージ、合宿地でのトラブル対応に沿って変更したネットワークデザインの変遷をここに記す。

4.3.1 2月7日

4.2 節の要求をもとに、2 月 7 日に作成したトポロジー図を図 3 に示す。

4.3.2 2月15日

2 月 7 日 (図 3) に対して、2 月 15 日 (図 4) では対外接続方法が大きく変更された。対外接続の 3 本を同一セグメントにし、トンネル対向拠点である藤沢側で対外線ごとに 3 つのルータで収容する予定であった。しかしこの構成では、主に 4 つの問題が挙げられる。まず 1 点目の問題は、ブロードキャストパケット及びマルチキャストパケットが全ての対外線に流れるため、藤沢のルータから藤沢のルータへと無駄なトラフィックが発生することである。2 点目の問題は、藤沢 NOC のルータであるため何か障害が発生した際には対応できるのが two WG のメンバーのみになってしまうことである。3 点目の問題は、藤沢側のスイッチやルータに camp-net の主要な機器全てを収容するほど潤沢なポート数が無いことである。4 点目は、L1/L2 まで考えると藤沢側に手を入れるべき箇所が多すぎ、且つ広域 L2 はデバックが困難なためである。そこで、図 4 では、対外線が 3 本の別セグメントとなり、cisco14.fujisawa と rtr-3f-core によってトラフィックの振り分けを行う構成となった。

4.3.3 2月17日

2 月 17 日に、3 月から NAIST で行われる Hot Stage 用のトポロジー図 5 を作成した。基本的な構成は図 4 と変わらず、対外線が hitachi2.nara から NAIST 内配線を通り、遅延箱を経由して sw-2f-adsl(L2TP 終端用スイッチ) に収容される形になっている。

4.3.4 3月1日

Hot Stage 1 日目のトポロジー図 6 では、default KVM の構成を変更した。元々サーバ用セグメントとして用意していた legacy-srv セグメントの他に、監視用、キャッシュサーバ用にそれぞれ management セグメント、yasu-mp-demarc セグメントを引き込んだためである。また、運用の容易さ、帯域、NIC 数などから、スイッチから HV へは tagged vlan ではなく、1 セグメント 1 本の形で HV へと引き込んだ。

また、本 camp-net は WIDE Cloud による実験を主としていたため、トポロジー図に仮想化関連を詳細に書き込み始めた。

4.3.5 3月3日

Hot Stage 3 日目のトポロジー図 7 では、tiger.camp の追加、マルチパスネットワーク周りの構成変更を行った。tiger.camp は camp-net 用の監視集約サーバであった。tiger.camp では、cacti による帯域監視、icinga による生存監視、ntop によるトラフィック監視、DHCP log 解析等の監視サービスを行っていた。

また、マルチパスネットワークのデバック用にセグメントを切り出した。これは、Hot Stage 中に life セグメントの代わりとしてマルチパスネットワークの配下に接続し、デバックを行うためである。

他に障害として、藤沢側のトンネル終端ルータである cisco14.fujisawa への疎通性を落としてしまうとあったことがあった。これは、ポリシーベースドルーティングの設定を誤ったためである。その際は SFC に居た学生に、リモートログインできるサーバから cisco14.fujisawa にコンソールを繋いでもらうことで復旧作業を行った。今後、対向拠点にルータを設置する際は冗長なアクセス手段を確保しておくことが必要である。

4.3.6 3月6日

前泊(3月6日)夜時のトポロジー図 8 では、OSPF マルチパスネットワークと srx の間に P2P ネットワークを追加した。これは、マルチパスネットワークと迂回路を柔軟に切り替えるため、ユーザセグメント収容ルータである srx、rtr-3f-core、OSPF マルチパスネットワー

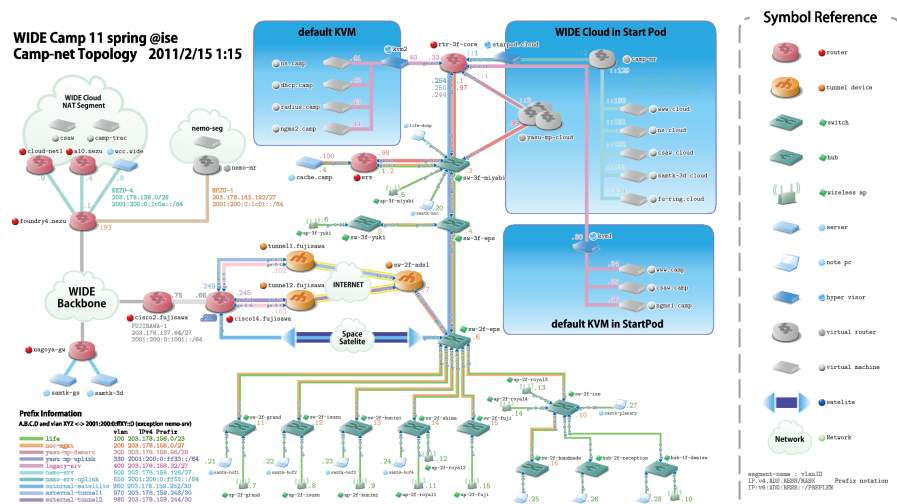
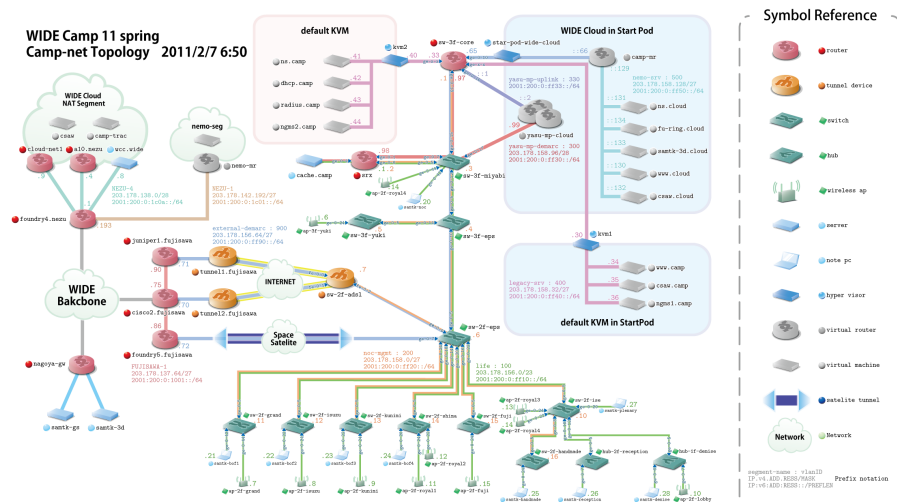
クの 3 点で OSPF による動的な経路制御を行うためである。これによって、srx - マルチパス - rtr-3f-core の経路と srx - rtr-3f-core の経路変更を、rtr-3f-core のコスト設定のみによって行うことができる。

また、衛星回線の L1 収容スイッチが sw-2f-eps から sw-2f-shima に変更された。これは、前泊時の現場の検証から、衛星回線を sw-2f-shima で収容した方が UTP がホテル内の廊下を通る距離を短くできたためである。

4.3.7 3月8日

合宿 2 日目、構成として fix した状態のトポロジー図 9 では、図 8 から大きな構成の変更は無い。ap-2f-royal1 から ap-2f-royal4 までのアクセスポイントの収容スイッチを変更したのみである。トポロジー図上には、OSPF マルチパスネットワークの実トポロジー、及び実際に WIDE Cloud に乗せることができた VM 等が追加された。

また、OSPF マルチパスルータが WIDE BB の経路を受け取りたいという要求をうけ、対外線 3 本全てで cisco14.fujisawa と rtr-3f-core で OSPF による経路交換を行おうとした。しかし、合宿地の対外線は帯域が狭く、全てがユーザトラフィックによって常時埋まっている状態であった。そのため、OSPF の経路交換や Hello が上手くいかず、結果としてリンクによっては OSPF の State が ExChange から進まない、Neighbor UP/DOWN を繰り返すなどの障害が発生した。この障害は合宿終了時まで回避することができなかった。しかし、default route のみ static に設定していたため、ユーザコネクティビティへの障害は無かった。



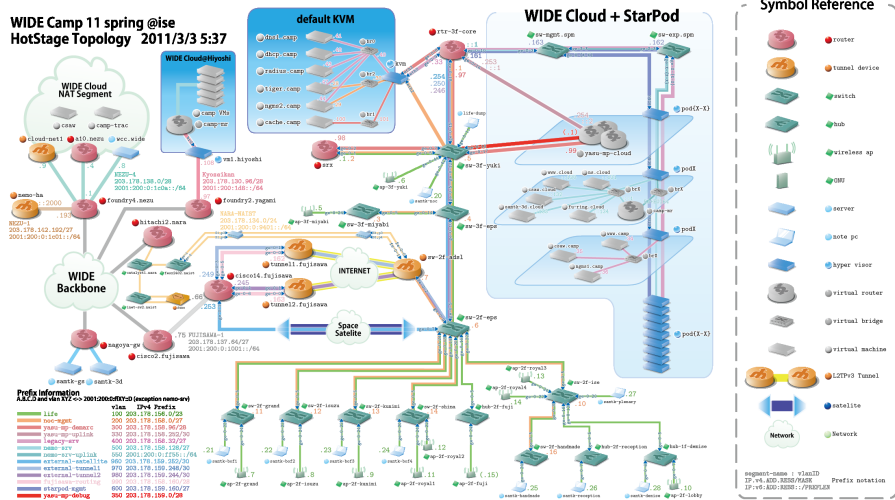


図 7: 3月3日時点のトポロジー図

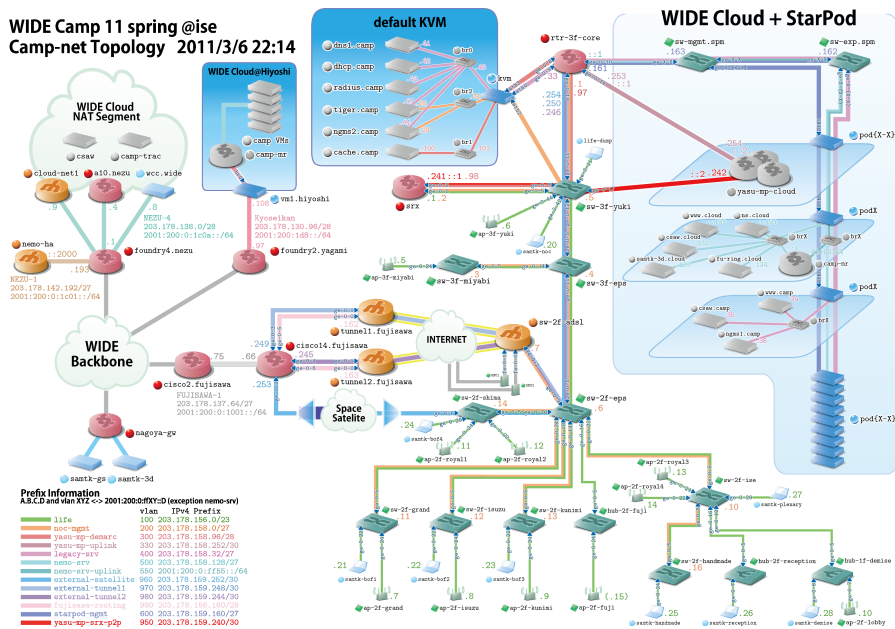


図 8: 3月6日時点のトポロジー図

4.4 無線 LAN 設計・運用について

今回の WIDE 合宿における無線 LAN は WIDE 個人証明書を用いた WPA2-EAP/TLS を用いたアクセス認証をメインの無線 LAN アクセスとした。バックアップとしてステルスモードに設定した認証方式なしの SSID を設定しておいた。

無線 AP の運用には特に問題がなかったが、証明書認証のため無線に繋がらない参加者がいたために個別に対応した。また、個人証明書を持ってきたデバイスにインストールし忘れてい参加者も何名かいたため、個別にステルスモードに設定した認証方式なしの SSID を教え、対応した。

公開していた無線が証明書認証によるもののみであったにも関わらず証明書認証の設定方法のマニュアルの配が前日まで行われなかったため、合宿地では証明書認証がうまくつながらない参加者が一定数見られた。以下につながらなかった際の原因と解決方法を列挙する。

1. 証明書 (WIDE ROOT 証明書、個人証明書) が入っていない。証明書を入れることによって解決。
2. Ubuntu で接続できない。Ubuntu の無線 LAN モジュールが安定しておらず、再起動により解決。
3. 正しい証明書が選択されていない。接続プロパティで WIDE ROOT CA02 を選ぶことで解決。
4. デフォルト証明書の期限切れ。期限の切れていない証明書が入っていてもデフォルト証明書が期限

切れの証明書が選択されていたために期限の切れていない証明書を使い認証を行うことで解決。

証明書認証以外の無線環境も公開して欲しいとの要望も見られたことから、証明書認証での無線 LAN 接続はユーザには設定が面倒、複雑等の印象を与えていたことがわかった。次回以降の合宿での提供ポリシーの決定時には証明書認証以外での無線 LAN 提供も検討するべきである。

4.5 camp-net の設計・運用全般について

最終的に camp-net 自体はうまく動いたものの、運用全体としてはいくつか改善すべき点があった。まず 1 つめは、ポリシーの徹底である。IPv6 アドレスは、IPv4 アドレスと vlan ID の組み合わせで生成するポリシーを決めていた。しかし、addr.txt には、v4/v6 アドレス両方を書いたもの、v6 は書かなかったものなどばらつきがあった。そのため、v6 は v4 アドレスを割り当てられれば自動的についてくるもの、また camp-net のサービス系は基本的に全て Dual Stack で DNS には AAAA レコードを書くというポリシーを徹底させることができなかった。結果として、アドレス割り当ての労力が増えたこと、camp-net における v6 サービスの意識が足りなかったことなどの問題があった。これらの原因は、設定担当への周知の仕方が不足していたためであり、今後ポリシーの徹底は意識すべきである。

また、camp-net の監視情報をもっと積極的に公開すべきであった。とくに今回は、対外線が合計 3Mbps と非常に狭く、対外線の利用率についてはしっかりと公開すべきであった。何を公開すべきで何を公開すべきで無いかは議論する必要があるが、監視情報を集約する html を一枚書くことは今後必要である。

5 各種実験の実験結果概要

5.1 Nemo VM Migration

本実験では、WIDE Cloud 上に構築された camp-net のサーバセグメントを合宿地に設置した StarPOD へ Nemo VM Migration を用いてマイグレーションするという実験を行った。合宿地へのサーバイメージのマイグレーションは3月6日の前泊での設営時に実施され、実験に成功した。詳細は WIDE クラウド WG 2011 年度活動報告を参照していただきたい。

5.2 OSPF マルチパスルーティング

本実験では、文献 [2] にて発表した Maximum Alternative Routing Algorithm を zebra ospfd, ospf6d に実装し、合宿ネットワーク内で OSPF マルチパスルーティングを行う実験を試みた。実装は FreeBSD 8.0 上で行われ、橋本がマルチパスルーティングを行うカーネルを実装し、小原が経路計算のためのダイクストラアルゴリズムのマルチパス拡張 (MARA-SPE) を zebra ospfd, ospf6d 上に実装した。パス切り替えは ToS フィールドにパス切り替え要求ビットを設定し、ospf ルータでは ToS フィールドの値と始点アドレスによりパケットごとにパスを決定する。

実験では StarPOD 上の 4 枚のサーバに FreeBSD 8.0 と マルチパス拡張 zebra ospfd, ospf6d をインストールし、4.3 節で説明した通り マルチパスデバッグセグメントを構築する形式で camp-net の中に取り込まれた。

実験結果は次のようになった。まずホットステージから MARA-SPE による経路計算は正しく動作するが、カーネルモジュールへの経路表投入にバグがあることがホットステージ中の検証で明らかとなった。ホットステージ期間中にトポロジー設計の変更を合宿 PC とともに実施し、ホットステージから合宿期間中にかけてデバッグに取り組んだ。最終的にデバッグは行えたが、camp-net 内で有意義な実験データを取得するまでには至らなかった。しかしながら、実験に参加することで開発が進み、得るものが大きい結果となった。

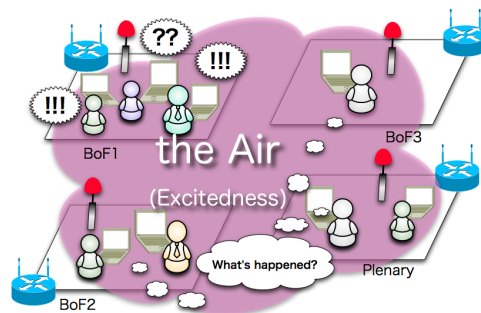


図 10: 合宿地内のユーザ同士が「空気」を読み合う

5.3 Fu-ring

インターネット上の人と人とのコミュニケーションと、実世界の対面のそれには大きな開きがある。例えば次の様な場面がある。大学の教室で多人数の友人同士がおしゃべりをしていて、話が白熱し大変盛り上がった。A さんは知人の B さんにメッセージで話しかけ、参加を促した。B さんは図書館でひとりで勉強しているのに加え、A さんとともにいる人やその場の雰囲気はわからず断ってしまった。こうした不一致が起こる原因として、A さんと B さんが、物理的には隔絶された空間の雰囲気をお互いに知れない、つまり「空気を読めていない」ということがある。本研究では、人が話すときの声の音量に着目し、空気を「場の盛り上がり」と定義し、これをインスタントメッセージ (以下 IM) を通して他者と共有可能な新しいコミュニケーションシステム「fu-ring」の設計と実装を行った。本実験では、この fu-ring システムを用いて、WIDE 春合宿における盛り上がりの検出と共有を試みた。

本実験は、個人のノート PC を音を取得するセンサとみなし、音量の大きさによって部屋の雰囲気の把握を試みるものである。実空間に置ける人と人とのコミュニケーションにおいて、言葉や仕草以外の要素も大きな役割を果たしている。特に人は表情や仕草で思いを伝えるだけでなく、その空間に存在する「空気」を適切に「読む」ことを重んじる場合がある。評論家の山本七平氏は「空気の研究」[3] で、日本人の意思決定における「空気」の影響の大きさについて述べている。文献 [3] で言及されている会議のような重要な場面以外にも、普段の日常生活で「空気」を読むことは前向

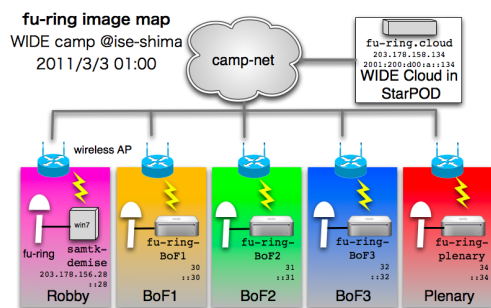


図 11: 実験構成図



図 13: 合宿地の風鈴の動作の様子



各部屋の色に応じて盛り上りを伝える
風鈴デバイス

図 12: 風鈴

きにとらえられることが多い。ユーザが自分の身体を用いて空気を読み合うのと同じように、インターネットを介して遠隔コミュニケーションを行っている様子を (図 10) に示す。

5.3.1 実験手法

本実験では、合宿内の議論 fu-ring の基盤となる技術には既存の IM クライアントである wija[4] を用いる。合宿地内のすべてのユーザを対象に wija を配布し、誰でも実験に参加できるようにした。各ユーザの PC は無線 LAN を用いて自らがいる空間を特定し、マイクから音量を拾う。音量が大きくかつ複数ユーザから同時に同じ様な音がとれた場合、その場が盛り上がっているとして遠隔のユーザに伝えられる。ユーザ同士は、各部屋に設置された「風鈴デバイス」を通して視覚的に盛り上りを感じ取る。具体的な実験構成図を (図 11) に示す。

本実験では風鈴デバイスを BoF1, BoF2, BoF3, プレナリ, ロビーの計五カ所に設置した。風鈴デバイスは Mac mini と小型マイコンボードである

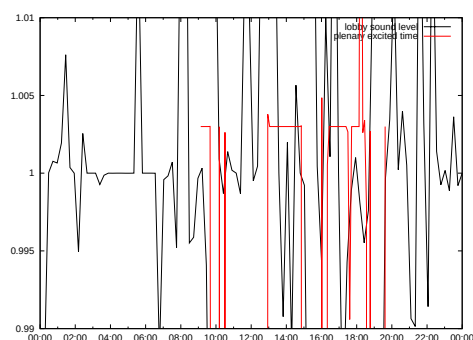


図 14: 検出されたプレナリの音量

Arduino[5], USB マイクから構成される。各デバイスは wija のクライアントになっており、マイクから取得した音量を常を送受信し合っている。また各部屋をそれぞれ赤・青・黄・緑・ピンクの 5 色で分類した。各風鈴は、この 5 色の色のいずれかに光ることで、どの部屋が盛り上がっているかを表現する。この風鈴デバイスによって、いま・どの場所が盛り上がっているのかを合宿参加者が直感的に把握できることを目指した。(図 12) が、実際に会場に設置した風鈴デバイスである。合宿地ロビーに設置された風鈴が、他の BoF やプレナリの盛り上りを検出し、その部屋に対応した色に光っていることがわかる。

5.3.2 実験結果

図 13 が、実際に会場に設置した風鈴デバイスである。合宿地ロビーに設置された風鈴が、他の BoF やプレナリの盛り上りを検出し、その部屋に対応した色に光っていることがわかる。



図 15: NOC × NOC 出店間通信用アプリケーション

実験 3 日目のプレナリの音量の様子を図 14 に示す。黒線が取得した音量であり、赤線が風鈴が光った時間を指す。このグラフによって、参加者が会議に参加している日中から夜にかけて、盛り上がりの取得がなされていることがわかる。また本実験の目的である、複数の部屋間で動作する Fu-ring のスケーラビリティも確認することができた。

5.4 SAMTK

SAM ワーキンググループでは、マルチプラットフォーム対応多地点間通信基盤ソフトウェアである、SAMTK の開発を行っている。今回の合宿では、その SAMTK を用いて作成したアプリケーションにより、BoF 中継と NOC × NOC 出店間通信を行った。

5.4.1 実験 1: NOC × NOC 出店間通信

今回の合宿では、NOC と他の部屋が離れていたため、NOC にいる NetPC と他の合宿参加者や NOC 出店にいる NetPC とが円滑にコミュニケーションを行えるように図 15 に示すような SAMTK を用いたアプリケーションで、NOC × NOC 出店間通信を行った。ノートパソコン、Web カメラ、マイクを各 2 台ずつ用意し、NOC と NOC 出店に対して 1 台ずつ設置した。ノートパソコンには SAMTK を用いたアプリケーションをインストールされており、このアプリケーションを用いて NOC × NOC 出店間の通信を行うことで、合

宿中のネットワークについてのトラブルや、参加者からの要望に対して、NOC で待機している PC と NOC 出店担当の PC とがコミュニケーションを取り、トラブルに迅速に対応できる状態を作った。

実際に使用した NetPC からは以下のようなコメントがあった。

- 常に音声を送信され続けているのは、あまり嬉しくない。
- 音声や動画が途切れてしまうことがあったが、そこを改善すれば大変便利だと思う。
- 非常に助かりました。

また、音声は常に送受信できていたが、画像が止まってしまうことがあった。ノートパソコン内蔵のスピーカーでの再生では、周囲の雑音に負け、相手に気づいてもらうのに時間がかかってしまう場合もあった。

5.4.2 実験 2: SAMTK-3D を用いた BoF 中継

図 16 に示すような SAMTK-3D[1] を用いて BoF 中継を行うことで、BoF 会場に何らかの理由で実際に行くことができない合宿参加者もその BoF の様子を見ることができ、また、発言することが可能とする。また、本実験では、合宿内のネットワークの都合上、合宿外部への中継は難しいと判断し、見送ることとした。

SAMTK-3D をインストールしたノートパソコンを NOC 出店、BoF 会場内、NOC に設置し、合宿参加者に BoF 会場の中継を行った。当初は、各 BoF 会場に 1 台ずつ、受付・NOC 出店に 1 台、ロビーに 1 台設置し、参加者には自身のマシンで参加してもらう予定であったが、合宿ネットワークの帯域を圧迫することが考えられたため、多くの参加者が見込まれそうな BoF 会場内に、発表者の様子、聴衆の様子、スクリーンをそれぞれ写す PC を用意し、多くの人が通る NOC 出店、NetPC が待機する NOC に参加用の PC を設置し、合宿参加者の方々に利用して頂いた。

実際に合宿参加者に使用してもらい、以下のようなコメントがあった。

- 合宿地内のみでやると、その意味が少なくなってしまう。

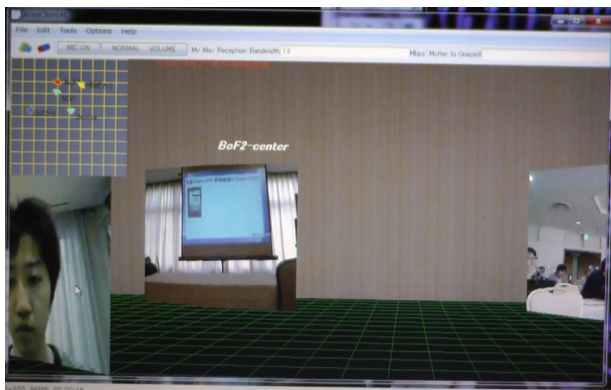


図 16: SAMTK-3D

- SAMTK で 3D 会議みたいなものを行うのは良いと思うが、会場移動の面倒さは再現しなくていい部分ではないか。
- パソコンの制限だと思うが、音量が聞き辛いときがあった。
- UI がパソコンでなく少し変わっていくと、より面白くなるだろうと思った。
- 音声の取り方が悪い。話している人の声を重点的にとるべき。
- 思い通りの場所に行くのが難しい。
- 仮想空間を用いるメリットが少ない。スライドと音声があれば十分。

5.4.3 まとめ

今回の合宿では、SAMTK を用いたアプリケーションにより、NOC × NOC 出店間通信と BoF 中継を行った。実験前のアナウンス不足や実験方法の詳細が決まっていなかったことなどにより、多くの人に実際に体験してもらうことができなかった。実験後のコメントから、操作性や通信、使用方法などの点で改善、特に、仮想空間であることが生かせるようなシステムの設計を検討する必要がある。

今回は BoF 中継で SAMTK-3D を用いた。しかし、BoF のように移動を伴わないイベントでは、仮想空間を用いるメリットが少なくなる。よってポスターセッ

ションのような移動を伴うイベントで SAMTK-3D を用いた中継を行いたいと考えている。

また、合宿地内だけに設置するのではなく、合宿地に行くことができない WIDE メンバへの中継を行う必要がある。

5.5 NGMS

現在、名古屋大学河口研究室を中心に、次世代ネットワーク管理システム NGMS (Next Generation Management System) を開発している。この NGMS を、camp-net のネットワーク管理ツールの中の一つとして利用してもらい、ユーザとしての感想やコメントをもらうことで、今後の開発に生かす事を目的とし実験を実施した。

5.5.1 実験内容

今回、Camp-net PC2 名に NGMS を使って頂いた。インストール作業等は、あらかじめ開発側で用意していたインストールスクリプトを利用してもらうことにより、比較的簡単に行ってもらうことが出来た。Camp で使用されていた 20 台程度のデバイスの管理を NGMS を通して、行って頂いた。現在、NGMS は、NGMS シェルを立ち上げることで、CLI から操作出来る。2 名の PC の内、1 名の PC が NGMS を利用していた時の、tree コマンドを実行した結果を図 17 に示す

NGMS は、階層構造によるデータの表現が可能である。上記の tree コマンドの結果から分かるように、今回、2 階にあるスイッチと 3 階にあるスイッチとで、階層が分けられてデータが管理されている。このように、複数の場所を利用したネットワーク構築において、NGMS のデータ表現の手法が有効に活用されたといえる。

5.5.2 実験結果

2 名の PC の、NGMS を利用した感想とを以下に示す。

```

/# tree devices
devices
'-- ise
    |-- 2f
    |   |-- adsl
    |   |-- eps
    |   |-- fuji
    |   |-- grand
    |   |-- handmade
    |   |-- ise
    |   |-- isuzu
    |   |-- kunimi
    |   '-- shima
    '-- 3f
        |-- cache
        |-- core
        |-- eps
        |-- miyabi
        |-- ns
        |-- srx
        '-- yuki

```

図 17: NGMS で監視しているサーバー一覧の表示結果

5.5.2.1 1 人目の感想

- Linux ライクなインタフェースで直感的に操作出来た
- インストールスクリプトを用いることで、インストールが容易だった
- 管理用の Web インタフェースだけでなく、閲覧用の Web インタフェースが欲しい。
- レイヤ毎のトポロジ図が自動で生成されると非常にうれしい

5.5.2.2 2 人目の感想

- UNIX ライクな CLI からデバイスの追加, 登録が可能な点がとても使いやすい
- 登録したデバイスについて, cacti の設定を自動的に作成する機能も, GUI や PHP の CLI を用いて設定を行うより容易
- デバイスの設定をもう少し柔軟に行ないたい
 - cacti に登録するリソース名が ngms から変更できる
 - 作成するグラフやリソースを ngms から指定できる
- ネットワーク機器だけでなく, 各ノードについても登録, 管理したい
 - 登録ノードに関する種別の設定 (SNMP, Unix, ...)
 - 手動で snmp コマンドを実行, 結果をデバイス情報として格納
- ngms で取得した情報を容易に取り出せるコマンドが欲しい
 - ある vlan に関連する全てのインタフェースの情報
- デバイスの静的な情報だけでなく, 現在のステータスについても ngms から情報を取得したい
 - 定期的なステータスのアップデート

– link state 等の取得

全体として、Linux ライクなインタフェースや、インストールスクリプトによる簡易なインストールが良かった点として挙げられた。逆に、より詳細な管理も可能になることが今後の課題として挙げられた。今回頂いた感想やコメントを参考に、今後、NGMS の開発を進めていく。

6 おわりに

2011 年 3 月合宿のネットワークは、当初の想定通り対外線帯域が埋まるという状況になったが、それ以外は安定運用を実施できた。また、NEMO VM migration などの実験も成功し、実験ネットワークとして構築し意義のある成果を得ることができた。また、今回は育成に目を向け、様々な取り組みを実施した。このうち、trac サーバとアップローダは 2011 年 9 月合宿、2012 年 3 月合宿でも引き続き利用されることとなり、合宿運用や合宿ネットワーク設計のナレッジベースとして今後利用されることを期待する。

参考文献

- [1] 西浦俊太郎, 河口信夫, “3 次元仮想空間を用いた多地点ビデオコミュニケーションシステム”, 情報学ワークショップ (WiNF), pp343-346, 2009.
- [2] Y. Ohara, S. Imahori, R. Van Meter, “MARA: Maximum Alternative Routing Algorithm”, IEEE INFOCOM 2009, April 2009 (Rio de Janeiro, Brazil)
- [3] 山本七平, “空気の研究”, 文春文庫, Oct. 1983
- [4] 斉藤賢爾, “地産地消 P2P ネットワーク”, UNIX magazine, Oct. 2006
- [5] Arduino, <http://www.arduino.cc/>