

2013年春のWIDE合宿運営に関する報告

石原知洋 (sho@c.u-tokyo.ac.jp) 北口善明 (kitaguchi@imc.kanazawa-u.ac.jp)

2013年春合宿 PC 一同 (camp-1303-pc@wide.ad.jp)

2013年春合宿実験参加者一同 (camp-1303-net@wide.ad.jp)

2014年1月16日

1 概要

本文書は、2013年3月4日(月)から2013年3月7日(木)にかけて、信州松代ロイヤルホテルにて開催されたWIDE2013年春合宿についての報告書である。

本合宿は「見える合宿」をテーマとして、合宿環境・合宿での活動・合宿参加者のそれぞれについて、参加者が情報を得られるような取り組みをおこなった。合宿ネットワークにおいても、様々なネットワーク情報や環境情報をできる限り可視化し、参加者に提示することを目標に掲げた。この取り組みは合宿PCだけではなく、合宿ネットワークを利用した実験参加者にも可視化への取り組みをお願いする形とした。

本報告書において、合宿のプログラムおよび企画については2節で、合宿ネットワークについては3節にて説明する。

2 合宿プログラム

本合宿は「見える合宿」をテーマとして、合宿プログラムにおいてはプロジェクターを用いたワークショップアクティビティの表示や、学生の興味領域の発見・深化のため、論文百本ノックと題した論文サーベイイベントをおこない、前回までおこなっていたサインコンベンションも継続して実施した。

2.1 研究発表

研究発表には2件の応募があった。以下に発表の概要について示す。

- **タイトル:** 多次元フロー集約によるフロープロファイリング手法の提案
 - 発表者 加藤 碧 (慶應義塾大学)
 - 概要: トラフィック変化の特徴をとらえる有効な方法は、重要なトラフィッククラスタを抽出することである。しかし、5-tuple を用

いたフロー照合によるクラスタリングは、リソースの制約と大きな処理のコストがある。これを解決するために、本研究では効率的かつ柔軟性のあるトラフィックモニタリングのためのフロー集約手法を提案する。提案する手法は、2段階のフロー集約を行う。第1段階のフロー集約では、巨大なサイズのトラフィックデータを効率的に処理して簡潔なサマリーデータを生成する。ここでは、まず5-tupleの項目ごとに分けて、1次元でのフロー集約を行ったのち、多次元のフロー照合を行う。第2段階のフロー集約では、第1段階で生成されたサマリーから、さらに重要なフローの抽出を行い、その推移をビジュアライズする。多次元フローの抽出には、拡張したR-treeのアルゴリズムを用いる。今回の研究発表では、トラフィック監視ツールのデザインとバックボーンネットワークのトラフィックログを用いて行ったツールの評価結果について報告する。

- **タイトル:** Traffic Causality Graph を用いたネットワークアプリケーショントラフィックのプロファイリング
 - 発表者 浅井 大史 (東京大学)
 - 概要: Internet usage has become diversified and various network applications run on the Internet. In this environment, traffic classification is one of the key technologies for IP network management tasks, such as analysis of security incidents, anomaly detection, and traffic engineering. In this work, we focus on the temporal and spatial causality of individual flows for profiling network applications, without looking at packet payload. Our goal is to automatically profile application programs as well as application classes.

We propose traffic causality graphs (TCGs) that represent temporal and spatial causality of flows for analyzing traffic patterns to profile network applications. We discuss a TCG composition method and network application traffic profiling approaches using TCGs. As an advanced use of TCGs, we develop a framework to achieve automated application traffic profiling. We adopt a graph mining algorithm to extract discriminative patterns from TCGs and to construct a feature vector space for profiling. We also use a similarity measure between two TCG feature vectors in the feature vector space to identify the application. We demonstrate that this method achieves 90.0% accuracy in application identification with the similarity measure in the feature vector space that is constructed from discriminative substructures extracted by the graph mining algorithm.

2.2 ワークショップ

前回の WIDE 合宿で好評であったワークショップを継続して開催した。前回のワークショップでは、新規参加者が入りやすいような仕組みが欲しいとの声があった。そのため、今回のワークショップでは2日目にワークショップ主催者によるチュートリアルを開催してもらうようお願いをした。また、各ワークショップブースにプロジェクターを配置しワークショップのアクティビティについて表示してもらい、ワークショップに参加しようとしている人に現在どのような活動が行われているかわかるようにした。

今回のワークショップの反省点は、以下のとおりである。

- ワークショップが BOF の裏にあるため参加が難しいという声が多かった
- お互いのワークショップブースが離れすぎたため、ワークショップ間での移動や交流が難しかった
- ワークショップ代表者への負担が大きく、代表者のワークショップ関連を除く BOF への参加が難しくなった
- いくつかのワークショップ代表者は camp pc を兼任していたため、効果的に運用できなかったワークショップがいくつか存在した

2.3 BOF

合宿では、WIDE の各研究 WG が議論を深めるため、BOF が開催されている。今回の合宿では、BOF 用の会場を2つ用意した。時間については、50分+休憩10分を1単位として、15区間用意した。用意した BOF のスロットは30個であったが、このうち28個が使われて、BOF 全体で9割以上の充填率であった。

プログラムの並列度が低かったため、参加したい BOF の時間がかぶることは比較的少なかったが、反面空き時間がなくワークショップに参加しづらいという参加者の声もあった。

2.4 ポスター・デモセッション

前回まで「屋台村」と呼ばれていたデモセッションをポスターセッションと統合し、「ポスター・デモセッション」として開催した。また、今回はポストイットを配り、閲覧者が各ポスターのコメントを貼付できるようにした。

各ポスターの概要は以下のとおりである。

- 新世代ネットワークアーキテクチャ ZNA における Information Centric Networking の提案
 - 発表者：近藤 賢郎
 - 概要：インターネットを、エンドホスト間の通信を基本としたモデルから、現在の主要な利用法であるコンテンツの取得を中心に再設計する研究として ICN (Information Centric Networking) がある。本ポスターでは、筆者らが新世代ネットワーク向けに提案する階層型アーキテクチャ ZNA (Z Network Architecture) において実現される ZINK (ZNA Information Centric Network) について論ずる。
- 研究参加支援環境の総まとめ
 - 発表者：宮川 祥子, 新 麗
 - 概要：様々な事情があっても研究を継続するために、6年間で行なってきた実験や工夫、ノウハウの総まとめを発表する。
- コンテキストアウェアなデジタルサイネージにおける近距離無線を用いた視聴者数の検出
 - 発表者：田中 碧海
 - 概要：情報の配信や表示にデジタル技術を利用するデジタルサイネージは、その視聴者に関する情報を利用して配信するコンテンツ

を動的に切り替えることができる。本研究では、視聴者のコンテキストとして人数、距離、滞在時間や再訪等に関する情報を、携帯端末の多くに内蔵されている近距離向けの通信規格である Bluetooth を用いて検出する手法を提案し、また実験を行い検出率等の評価を行った。

- CLI 環境における誤操作低減手法の検討と実装

- 発表者：小林 諭
- 概要：サーバシステムの設計・運用において特に考慮すべき問題の一つとしてオペレーションミスが挙げられる。オペレーションミスはその発生状況が多岐にわたるが、中でもデータの削除に関わる事例は、確実な復旧が困難であるから特にその被害が大きい。また、UNIX システムの CLI をはじめとして多くのシステムではオペレーションミスの対策は各運用者に委ねられているため、応急処置的な対策にとどまることが一般的である。本研究では特に UNIX の削除コマンド“rm”に焦点を当て、実用性を意識したオペレーションミス対策手法の検討と実装を行うとともに、削除コマンドにとどまらないより汎用的なオペレーションミス対策システムの構築を目指している。

- すれ違い通信によるメッセージの拡散・再拡散による情報伝播を目的としたデモンストレーション

- 発表者：松井 加奈絵 (慶應義塾大学)、妙中雄三 (東京大学)
- 概要：本デモでは Android 端末を対象に、すれ違い通信を用いたメッセージの受信・送信アプリケーションの動作実験を行います。本アプリケーションは、人がすれ違い、情報を交換することによる情報伝播が (1) 平時の近接範囲内コミュニティでのコミュニケーションへ与える効果と、(2) 非常時のネットワークが使えない状態での情報流通に与える効果の評価を目的に試作しています。試作機において、すれちがい通信は bluetooth による定期的な情報交換機能を実装しており、アプリケーションとしての機能は 200 文字のメッセージを送受信する機能に限った実装としています。是非、合宿中にメッセージを送信・伝搬を積極的に実施して動作実験へのご協力をお願いします。対応機種は、Android 2.3.6 以上で bluetooth を搭載したものに限ります。

使用感・新しいアイデア・アプリに対する意見等ご意見いただければ幸いです。

- 通信パス上の資源発見機構の設計と実装

- 発表者：小林 克志
- 概要：我々はアクセス回線収容局舎に計算資源（データセンター機能）を配置するアーキテクチャの研究開発をすすめてきた。このアーキテクチャでは、収容局舎上の計算資源の発見、アプリケーションの展開、分散アプリケーションとしての動作が必要とされる。本発表では、効率的に計算資源を発見する方式の設計と実装について議論する。

- 2012 セキュリティ動向振り返り (仮)

- 発表者：桃井 康成
- 概要：2012 年に発生したセキュリティ関係のトピックをピックアップして概要を紹介し、また、これから想定される脅威や求められる対策、体制などについてディスカッションができれば嬉しいです。

- P2P 型オンラインゲームにおける不正攻撃対策

- 発表者：沼田 進
- 概要：オンラインゲームにおいては複数のプレイヤーが長期的に同一のゲームをプレイするため、その状態データの更新および保管において不正な改竄などが行われないようにする必要があります。本研究ではハイブリッド P2P モデルを用いてオンラインゲームを構築するために考慮すべき不正攻撃について考察し、その予防と検出の方法を提案する。

- D-Root の IPv4 アドレス変更とプライミングの概要

- 発表者：森下泰宏
- 概要：2013 年 1 月 3 日にルートサーバーの一つ、D-Root の IPv4 アドレスが変更されました。今回のセッションでは今回の IP アドレス変更の概要とそれに伴いユーザー側が必要となる作業の内容、およびキャッシュ DNS サーバーにおいて最初のルートサーバーのリストを入手する手法である「プライミング」について解説します。

- SRV レコードの普及状況に関する調査と提案

- 発表者：原田 明梨

今回のサインコンベンションの反省点としては、初日に回りきってしまう人が多く、それ以降のケアができなかったことと、うまく回れない参加者の対応が不十分であったことが挙げられる。ただし、対応についてはPC側の負荷のこともあり、どの程度参加者をケアすべきかは難しいところである。

また、コンシェルジュには学生ではなく、それなりにWIDE歴が長く、各ワーキンググループの活動をひと通り知っている社会人が担ったほうが良いと思われる。

2.7 アンケート結果

アンケートについては、参加者の約半数である65名からの回答が得られた。プログラムに関して、ワークショップが合宿期間中を通じて開催されていたため、BoFに出ているとワークショップに参加できない、逆にワークショップにつきっきりだったためBoFに参加できなかった、などの意見があった。

3 合宿ネットワーク

3.1 方針

本合宿のテーマである「見える合宿」に沿って、合宿ネットワーク(camp-net 1303)でもネットワーク情報や環境情報の可視化に取り組んだ。ネットワーク情報を合宿地で評価するために、オンサイトにてサーバやルータを準備することとし、それらはすべて仮想化基盤上に構築する方針とした。また、参加者に提供する生活ネットワークは、前回までの合宿における実績を踏まえ、IPv6 onlyとしている。

3.2 設計

3.2.1 ネットワーク設計心得

WIDE合宿では、毎回参加者全員が使用可能なネットワークを構築・運用している。合宿開催地の設備や利用可能な地上回線サービスは毎回異なるため、それらに会わせて適切なネットワーク設計を行う必要がある。WIDE合宿において現地のネットワークが満たすべき要件は以下の通りである。

1. IPv4/IPv6ともにWIDEバックボーンにより提供されるWIDE AS(AS2500)内の合宿用 prefix(203.178.156.0/22, 2001:200:0:ff00::/56)を現地で使用可能であること

2. 利用者によるトラフィックに対して十分な収容能力を持つこと
3. 実験者が必要とするネットワーク環境を提供すること

2013年春合宿では、以上の要件のうち1)をトンネリング技術を使用することにより実現した。トンネルに使用する対向エンドポイントはWIDEバックボーン内の藤沢NOCに設置した。トンネリング技術の使用方法については3.3.2節にて述べる。また本合宿では、2)を満たすため、現地にてフレッツ回線を利用し、プロバイダとしてIIJを選択した。その上で、本地上回線において以下のサービスを利用した。

- PPPoEによるIPv4の接続サービス
- IPoE(Native方式)上でRAを利用するIPv6の接続サービス

PPPoEによるIPv4の接続サービスは下り最大100Mbpsであり、IPoE上でRAを利用するサービスは下り最大1Gbpsである。これに加えて、本合宿では衛星回線を設置し、バックアップ及び、衛星回線による遅延が問題にならない用途でのトラフィックを分散させる設計とした。

さらに、本合宿では3)の要求を満たすため特に以下の点についてネットワーク設計に配慮が必要となった。

- The 4th experiment of Life with IPv6に向けたIPv6の利用環境
- OLSR network with pre-planningに向けたNAT機能

The 4th experiment of Life with IPv6は、IPv6移行技術などを使用した環境下においてOSやアプリケーションの挙動を評価する実験である。そのため、各種IPv6移行技術やIPv6 onlyネットワークなどを合宿ネットワークの一部として組み入れ、運用可能な設計とした。

OLSR network with pre-planningは、無線メッシュネットワークの実験である。この実験のベースとして使用したOLSRは大量のIPv4プレフィックスを必要とするため、NATによる広大なIPv4アドレス空間を提供する必要があった。NATの設定方法については3.3.5節にて述べる。

また、本合宿では、対外接続の冗長化のために衛星通信を併用する設計とした。衛星通信の設定詳細に関しては3.3.3節にまとめる。

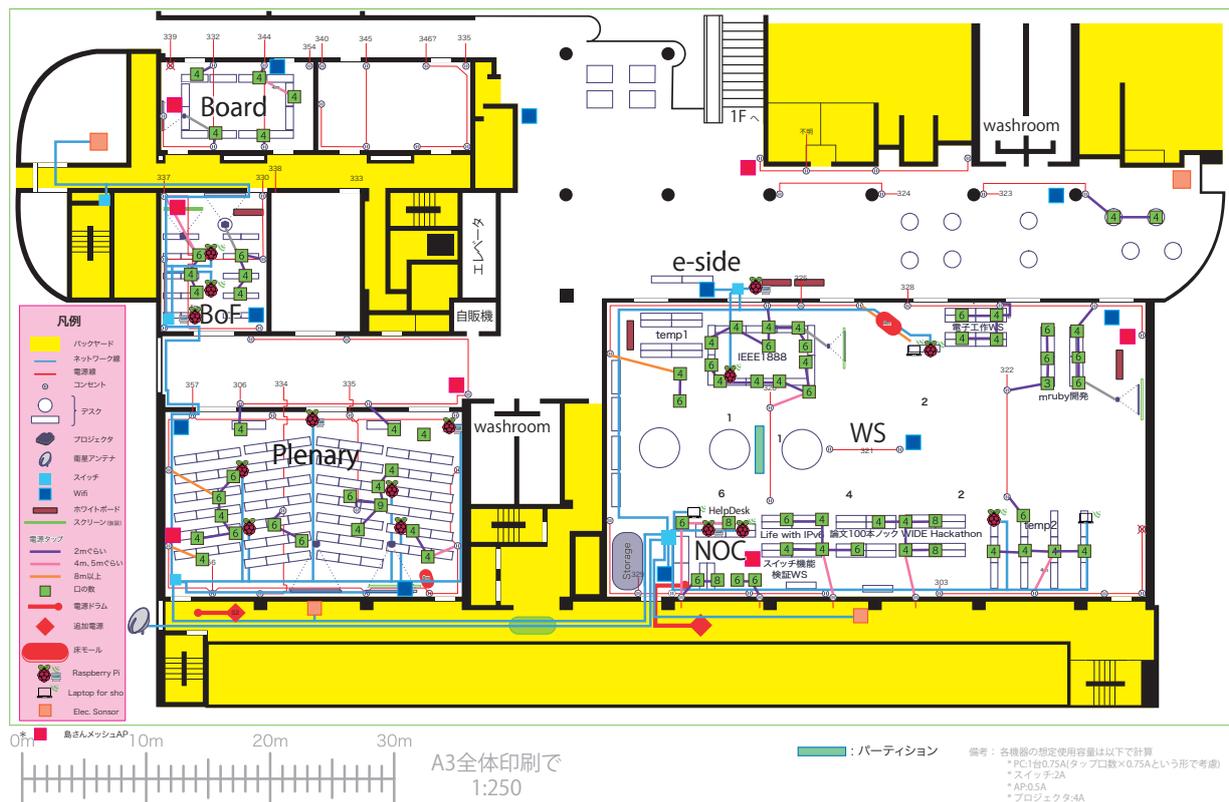


図 1: 物理配線図

3.2.2 物理配線設計

今回の合宿では、環境情報の計測として次の二点を合宿 PC メンバーで実施した。

1. 各システム毎の電力使用量
2. 無線 LAN の電波状態

1) は IEEE1888 を利用してホテル内の各配電盤に計測装置を設置し計測することとした。電力使用量の計測を実施するため、分電盤の現地調査を事前に実施し、電源系統の設計を実施している。2) は計測端末として Raspberry Pi を利用して各部屋に配置し、合計 10 台の計測ノードにて計測・分析を行うこととした。これらの詳細な報告はそれぞれ 4.3 節、4.4 節に記す。また、計測したデータはそれぞれ可視化表示することとし、可視化情報を表示する端末としても Raspberry Pi を利用している。この表示端末は各部屋の入り口などに配置し、合計 5 台の構成で参加者に計測情報を提示することとした。

これらの計測機器や可視化端末は、無線 LAN の電波状態に左右されることなく計測や表示が求められるため、有線による接続が必要となる。そのため、各端

末を接続するために、多数の UTP ケーブルの配線が必要となる。前回の WIDE 合宿 (2012 年秋合宿) では、合宿用サーバを StarBED に配置する構成などにより UTP ケーブルの物理配線を最小限にしていたが、今回は図 1 に示す設計した物理配線図のように大幅に配線量が増すこととなった。

なお、無線 LAN の設計は、前回の実績とこれ以上の配線増を抑えるために前回合宿と同様のメッシュ構成とした。この他に、OLSR network with pre-planning 実験で無線 AP を設置することになるため、チャンネル設計を調整して設計している。表 1 に提供した無線環境の情報をまとめる。1) と 4) が合宿 PC が提供する生活ネットワーク、2) と 3) が The 4th experiment of Life with IPv6 実験、5) が OLSR network with pre-planning 実験でそれぞれ提供される実験ネットワークとなっている。

3.2.3 アドレス設計

camp-net 1303 では、IPv6 only で生活ネットワークを提供するため、IPv4 グローバルアドレスをほとんど利用しない設計とした。どうしても IPv4 通信が必

WIDE CAMP 2013 Spring Topology Rev.15

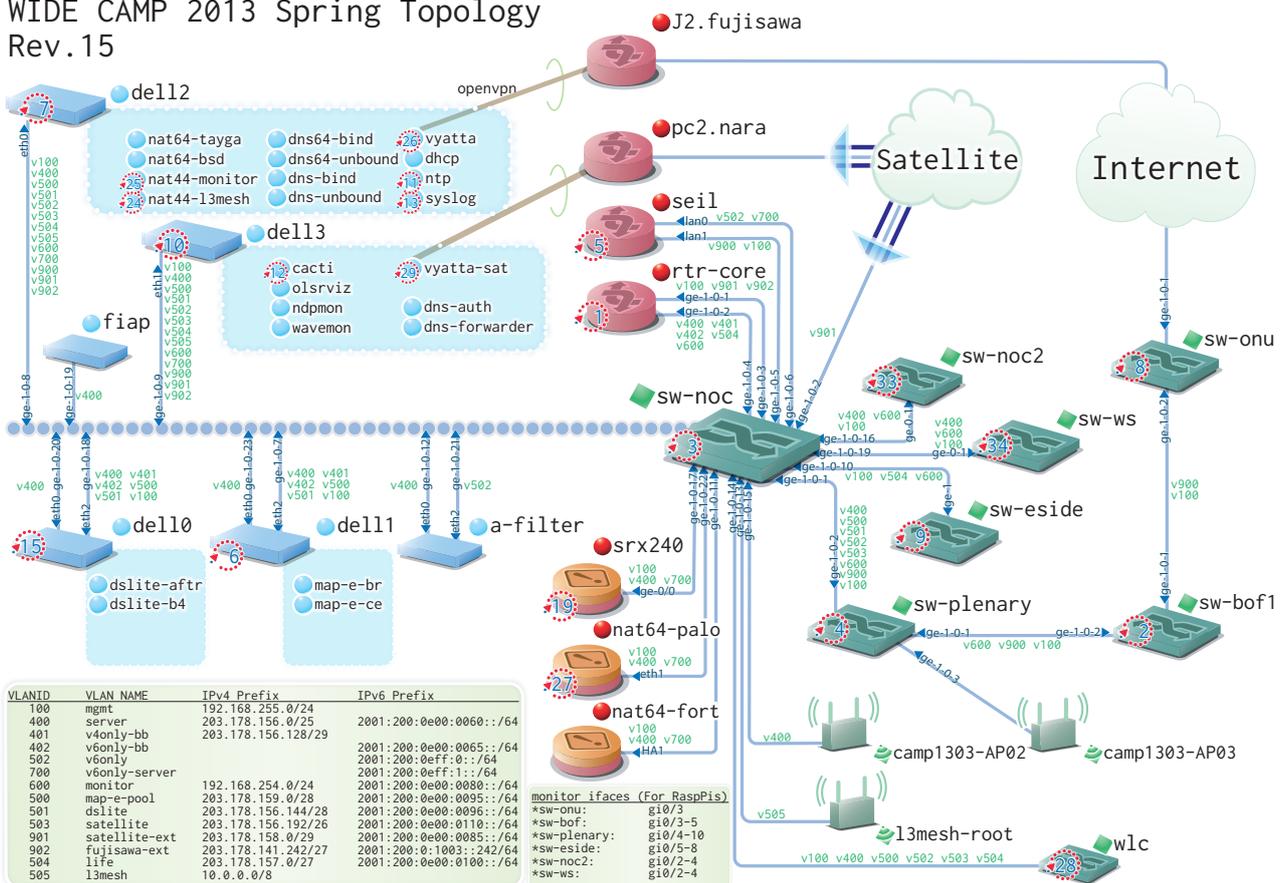


図 2: camp-net 1303 のネットワークトポロジ

表 1: 提供無線 LAN 情報

	SSID	プロトコル	特徴
1	v6only	IPv6	DHCPv6 +DNS64+NAT64
2	dualstack-map-e	IPv4/IPv6	MAP-E 環境
3	dualstack-dslite	IPv4/IPv6	DS-Lite 環境
4	dualstack-sat	IPv4/IPv6	IPv4 が衛星回線
5	Meshy-ap0*	IPv4	無線メッシュ

表 2: VLAN 番号の設計

VLAN ID	用途
1xx	管理用
4xx	NOC 用
5xx	ユーザセグメント用
6xx	計測用
7xx	特殊用途
9xx	対外接続用

要な参加者には、各実験で提供されるデュアルスタックおよび IPv4 only セグメントや衛星回線の利用を勧めることとした。

VLAN 番号は表 2 に示すように、用途別に百の桁を定義している。

3.3 構築

camp-net 1303 の構築は、合宿直前のホットステージにて組み上げを行い、機材をまとめて合宿地へ送る従来同様の手法で行った。camp-net 1303 にて構築したネットワークトポロジを図 2 に示す。対外接続に Flets

と衛星回線を利用し、仮想化基盤を用いてオンサイトでのサーバ設置という構成になっている。

以下に、ホットステージを含め、今回の構築で行った設定などについてまとめる。

3.3.1 ホットステージ

ホットステージは 2013 年 2 月 23 日から 28 日までの期間で東京大学で実施した。ホットステージでは実験参加者も平行して準備を進めることから、外部到達性を事前に確保しておく必要がある。そこで、2 月 21

		プレホットステージ		ホットステージ					
		2月21日	2月22日	2月23日	2月24日	2月25日	2月26日	2月27日	2月28日
ネットワーク	対外接続環境の構築	疎通完了							
	L2/L3トポロジ作成		rev.01		rev.02	rev.06	rev.07	rev.11	rev.12
	L0/L1トポロジ作成		rev.02		rev.03	rev.04	rev.07		rev.08
	VLANアサイン		完了						
	IPv4/IPv6アサイン		完了						
	コアルータ設定		トンネル完了	NAT完了		衛星用完了			
	コアスイッチ設定								
	無線LAN設定				SSID決定		構築完了		
	仮想化環境構築		構築完了						
基本サーバ	DNSサーバ構築			auth完了 a-filter完了		forwarder完了			
	DHCPサーバ構築				構築完了				
	NTPサーバ構築			構築完了	機器設定完了				
	DNS64サーバ構築			BIND版完了	unbound版完了				
	NAT64サーバ構築				pf版完了		SRX版完了	FG版完了	
	Syslogサーバ構築				構築完了	収集開始			
	可視化(cacti)サーバ構築			構築完了	収集開始				
可視化	監視(nagios)サーバ構築						構築完了	local版完了	
	可視化端末構築				構築完了				
	可視化作り込み								
	梱包作業								

cold restart 1

cold restart 2

図 3: ホットステージの作業進捗

日、22日の二日間でプレホットステージを開催した。

今回のホットステージは、作業期間がちょうど東京大学の後期課程入試の期間と被ってしまい、音に敏感な対応をする必要があった。特に英語のヒアリングテスト時間は、万が一のことを考え、cold restart テストと併用し、外出してのミーティング時間に当てるなどの対策を取った。

概ね、スケジュール通りに構築作業が進んだが、上記の対応やネットワーク構築のトラブル対応などにより予定していた可視化対応に時間が十分割くことができなかつた点があり見通しが甘かつたと言わざるを得ない。今回の合宿では仮想化環境を利用する予定にしていたため、事前にサーバの設定作業などを計画することができたと思われ、DNS や NTP、Syslog などの基本的なサーバ群の仕込みは、事前に担当を決めて取り組むことが重要と言える。参考までに、図 3 にホットステージの作業進捗を示す。

また、外部接続部分が合宿値と同様な Flets 接続を用意できない以上、ホットステージでは異なる設定での構築となる点が課題となった。結局は合宿前日のネットワーク構築時に取り組み、無事開通することができたが、ホットステージにおいても同等の接続回線契約ができたほうがより安全ではないかと言える。

3.3.2 対外線トンネルの設定方法

本合宿では、WIDE AS 内の合宿用 prefix を合宿地において利用者に提供するため、レイヤ 2 のトンネリングを使用した。トンネリングは、ソフトウェアルータである vyatta に付属する OpenVPN を用いて行った。以下に vyatta におけるトンネリングの設定例を示す。

```

interfaces {
  bridge br0 {
    aging 300
    hello-time 2
    max-age 20
    priority 0
    stp false
  }
  ethernet eth0 {
    address [合宿地における対外アドレス]
  }
  ethernet eth1 {
    bridge-group {
      bridge br0
    }
  }
  openvpn vtun0 {
    bridge-group {
      bridge br0
    }
    mode site-to-site
    remote-host [対向 vyatta ルータのアドレス]
    shared-secret-key-file [共有鍵のパス]
  }
}

```

上記設定例において、eth0 は合宿地の対外線をレイ

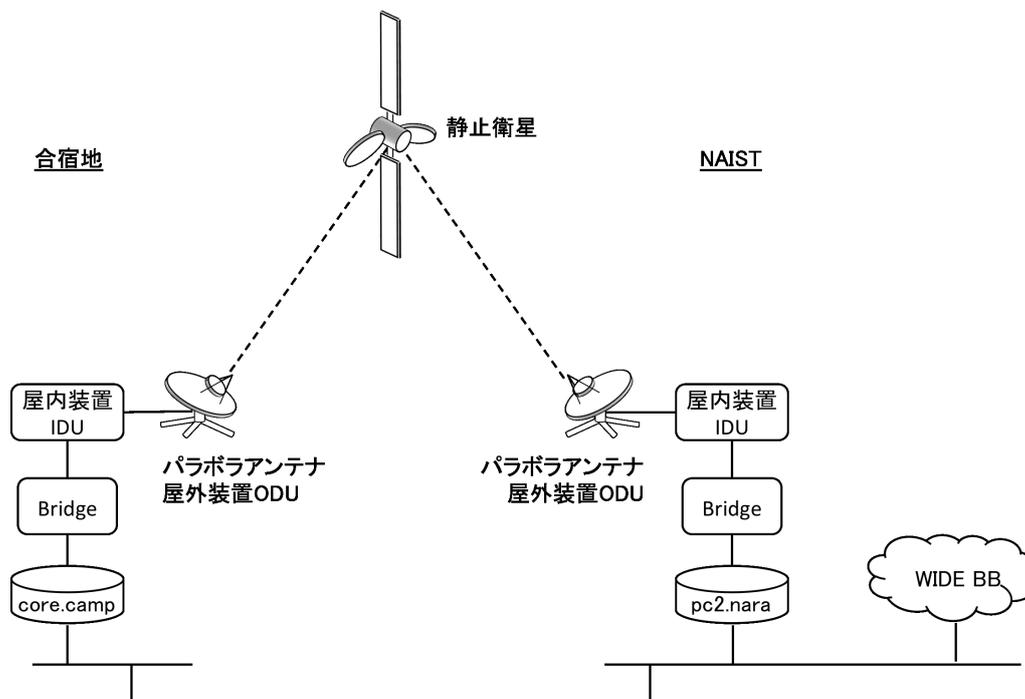


図 4: 双方向衛星回線の構造

ヤ 3 において直接収容するインターフェースである。合宿地における対外線が PPPoE などの形態の場合、別途 PPPoE の設定を行う必要がある。また、このインターフェースを経由して遠隔地のトンネルエンドポイントまでレイヤ 3 による疎通性を確保するため、デフォルトゲートウェイなどを設定する必要がある。

eth1 はトンネリングする Ethernet フレームまたは遠隔地からトンネリングされてきた Ethernet フレームが送受信されるインターフェースである。遠隔地の vyatta ルータが上記と同一設定である場合、合宿地の vyatta の eth1 の先と遠隔地の vyatta の eth1 の先は同一セグメントとなる。

br0 及び vtun0 は、vyatta 上で OpenVPN によるトンネリングを使用するために必要な仮想インターフェースに関連した設定である。OpenVPN は仮想インターフェースによって eth1 から受信した Ethernet フレームをフックし、カプセル化する。逆に、遠隔地からカプセル化された Ethernet フレームを受信した際はデカプセル化したフレームを vyatta のネットワークスタックにインジェクトするために仮想インターフェースを使用する。上記動作を実現するため、vyatta 内に vtun0 を作成し、vtun0 及びトンネリングに使用するインターフェースである eth1 を同一のブリッジドメインである br0 に参加させることが必要となる。このとき、vtun0 内にトンネリングに関連したパラメータを設定することができる。mode として site-to-site を指定し、対向エンドポイントのアドレスを設定すること

で、レイヤ 2 によるトンネリングを選択することができる。

また、OpenVPN は対向エンドポイントを共有鍵を使用して認証することが可能である。共有鍵は、以下のコマンドによって作成し、作成した鍵を双方のエンドポイントに設置する必要がある。

```
$ generate vpn openvpn-key [生成鍵を保存するパス]
```

3.3.3 衛星通信

合宿地と奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST) を双方向衛星回線にて接続し、合宿地へ WIDE ネットワークを経由したインターネット接続性の提供を行った。衛星にはスカパー JSAT 株式会社の東経 154 度に位置する静止衛星 JCSAT-2A 日本ビームを利用している。合宿地、NAIST 双方にて VSAT 移動可搬局を組み立てて地球局を構成した。衛星回線の構成を図 4、設定値を表 3 に示す。

はじめに双方から東経 154 度の JCSAT-2A に向けた方位角、仰角でパラボラアンテナを設営した。設営後、パラボラアンテナ、屋外装置 ODU、屋内装置 IDU を接続し、電波の送受信を行った。使用電波は、型式として 478KG7W を用いて、QPSK で変調している。なお、使用した周波数帯域は Ku-band である。次に、双方で Bridge を用いて、基幹ネットワークの中継器と衛星回線を接続した。衛星回線を、Ethernet のデータリンクとして収容することで、対外接続ネットワーク

を構築し、運用を行った。構築した衛星回線の情報速度は、上り下りともに最大 512.0kbps となる。

表 3: 双方向衛星回線の設定値

	合宿地	NAIST
方位角	154.61	150.013
仰角	44.326	45.297
電波型式	478KG7W	478KG7W
情報速度 (Kbps)	512.0	512.0
FEC rate	3/4	3/4

3.3.4 無線ネットワーク

合宿参加者に提供する無線ネットワークは、3.2.2 節で述べたように、無線メッシュによる L2 メッシュネットワークを構成している。バックホールリンクには外来電波の影響を考慮し 5GHz 帯を利用し、バンド幅を 40MHz として 40、44ch を利用した。ユーザ収容部には、2.4GHz 帯を利用し、3つのチャンネル(1、6、11ch)で設定している。AP は各部屋の収容人数に合わせて準備し、最初は 11 台で運用を開始した。

合宿期間中、何度か無線環境で接続できない障害が発生し、原因究明を行いつつ、参加人数が多くなったプレナリ部屋に AP を 1 台追加したり(これは目立った効果は得られなかった)、802.11b のクライアント排除の設定 (18Mbps 以下のデータレートを off) を追加したりした。最終的に、無線環境の障害は外来電波の影響であることが無線 LAN の電波状況の計測実験から明らかになり、その詳細は後述の 4.4 節を参照されたい。

3.3.5 vyatta による NAT の設定方法

本合宿では、OLSR による無線メッシュネットワークに広い IPv4 アドレス空間を提供するため、vyatta を使用して NAT ルータを構築した。以下に vyatta における NAT の設定例を示す。

```

nat {
  source {
    rule 1 {
      outbound-interface [NAT の外側の I/F]
      source {
        address [NAT する IPv4 prefix]
      }
      translation {
        address masquerade
      }
    }
  }
}

```

上記設定例において、outbound-interface には NAT に使用するグローバルアドレスが付与されたインターフェースを指定する。また、source 以下には NAT 対象となる IPv4 prefix を指定する。NAT 機能の種別として、ポート番号により 1 つのグローバルアドレスに対して複数の NAT 用セッションを紐付け可能な NAT マスカレードを行う場合、translation 以下に masquerade オプションを指定する。このほか、NAT されたパケットが適切に外部に送信されるようデフォルトゲートウェイの設定が必要となる。また、NAT 対象となる IPv4 prefix が直接接続されておらず別のルータを経由する場合、NAT 対象となる IPv4 prefix に対しても適切な経路設定が必要となる。

3.3.6 ネットワーク計測

camp-net 1303 では多くのネットワーク機器、サーバを使って、安定したネットワーク提供を目指した。しかしながら、なんらかの原因で絶対に不具合が発生しない保証はない。そのため、システムの状態を定期的に監視することで不具合の予兆を検知し、実際に問題が発生する前に対処を行うことが求められる。

camp-net 1303 では、オープンソースで提供されている cacti を用いてすべてのネットワーク機器、サーバの状態を監視することを行った。cacti はおおまかに「ポーリング部」と「ウェブインターフェイス部」に分割することができる。ポーリング部はデータベースに格納された設定に従って各機器に対するデータの収集を行い、結果を RRDtool を使ってサーバ上に保存する。保存されたデータはウェブインターフェイス部から表示することができ、ポーリング部が収集するデータに関する設定はウェブインターフェイス部から行うことができる。データの収集に当たっては、その手法が機器によって異なることが一般的である。そこで cacti ではテンプレートと呼ばれる概念があり、データの取得、グラフ描画や数値演算子に至るまで一つのパッケージとして纏めることができる。インターネット上には多くのテンプレートが共有されており、これらを流用することで、ほぼすべての機器で必要十分なデータの収集を行うことができる。cacti による可視化の具体例として、合宿期間中における Flets 接続回線におけるトラフィック量の推移を図 5 に、無線 AP 毎の利用者数の推移を図 6 にそれぞれ示す。

camp-net 1303 では実験機材についても監視することが求められていたが、その一部には先進的故に一般的ではないものが含まれており、前述のテンプレートが存在しない場合も数多くあった。その場合は我々が独自でデータ収集を定義し、必要であればプログラミ

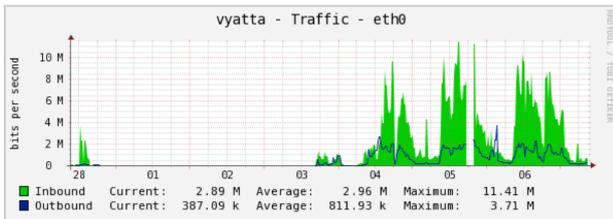


図 5: cacti による対外接続回線トラフィックの可視化

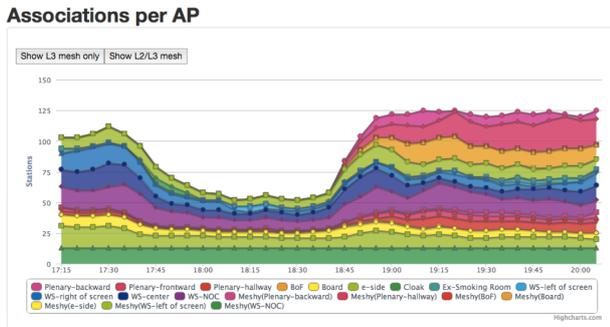


図 6: 無線 LAN 利用者数の推移 (AP 毎) の可視化

ングまで行う必要がある。例えば、camp-net 1303 では OpenBSD を用いた NAT64 実験を行ったが、OS 標準の SNMP デーモンでは NAT64 の変換テーブルの監視を行うことが出来なかった。そこで我々は独自の改良を OpenBSD の snmpd に対して行い、これを実現した。詳細な報告は、3.3.10 節に記載する。

3.3.7 可視化端末の設置

環境情報やネットワーク情報の可視化をウェブブラウザで表示する手法とした。参加者が各自可視化情報へアクセスして確認する以外に、常に状態を表示する端末を用意することとし、Raspberry Pi を用いたキオスク端末を作成した。

今回の可視化は、実験参加者や合宿 PC の担当毎に並行して進めたことから、それぞれの可視化ページが準備されることとなり、複数のページを切り替えて表示する必要があった。Raspberry Pi で利用する Raspbian に初期導入されているブラウザでは上記の処理を実行することが難しかったため、Chromium を追加導入し、定期的に表示タブを切り替えるプラグイン”Revolver - Tabs”を利用した。また、設置後の設定を不要にするために Chromium を kiosk mode で起動する設定として運用した。

今回、設置と設定の複製が容易な点から Raspberry Pi を表示端末として選択したが、合宿中の運用を通して、期待通りの運用には至らなかった。ブラウザにて動

きのある画像を表示するためには、非力な Raspberry Pi のスペックでは十分ではなく、表示に時間がかかったり表示ができない場合が多くあった。合宿の中盤からは最低限必要な情報のみを表示するなどの対策を取ったが、可視化を進める際には表示情報の最適化や表示機器の選定が重要と言える。

3.3.8 IPv6 only 環境の設定 (NAT64 ルータ)

NAT64 ルータは、動作検証を camp-net 1303 にて行うことを想定し、複数の機器で準備を進めた。利用した機器は Juniper SRX240、FortiGate FG100D-5.00 および UNIX 系サーバでの NAT64 ソフトウェアである。

SRX240 では、NAT64 の設定を security nat 以下で下記の設定を行うことで NAT64 ルータとすることができる。

```

nat {
  source {
    nat64-pool {
      address {
        [NAT の外側の IPv4 prefix]
      }
    }
  }
  rule-set nat64 {
    from zone [ trust untrust ];
    to zone [ trust untrust ];
    rule 1 {
      match {
        source-address [NAT64 IPv6 prefix];
        destination-address 0.0.0.0/0;
      }
      then {
        source-nat {
          pool {
            nat64-pool;
          }
        }
      }
    }
  }
}
static {
  rule-set nat64 {
    from zone trust;
    rule 1 {
      match {
        destination-address [NAT64 IPv6 prefix];
      }
      then {
        static-nat inet;
      }
    }
  }
}
}

```

FG100D では、GUI が用意されており比較的簡単に設定が可能であった。

UNIX 系サーバでの NAT64 ソフトウェアとしては、表 4 に示すものをホットステージ中に評価を行い、最終的に OpenBSD における PF を利用する NAT64 を camp-net 1303 にて採用した。

表 4: UNIX 系サーバでの NAT64 ソフトウェアと評価

ソフトウェア	評価
linuxnat64	アップデートが停止し公開されないので不採用
Ecdysis (Linux)	パケットが壊れることがあり安定しないため不採用
Tayga	Stateless NAT64 IPv4 アドレスの共有には別途 nat44 が必要
PF (OpenBSD)	pf.conf への設定のみでシンプルに利用可能

OpenBSD の PF を利用した設定例 (/etc/pf.conf) を以下に記す。

```
-----
pass in quick inet to [addr A]
pass in quick inet6 to [addr B]
pass in inet6 from any to [pref A] af-to inet \
from [pref B] to 0.0.0.0/0
-----
```

```
addr A: NAT の外側の IPv4 アドレス
addr B: NAT64 する I/F の IPv6 アドレス
pref A: NAT64 する IPv6 prefix
pref B: 変換用 IPv4 prefix
```

この設定例の最後の行が NAT64 変換用の設定で、最初の二行が NAT64 ルータ自身がパケットを受け取るための設定となる。

また、OpenBSD による NAT64 ルータでは、NAT64 の変換テーブル監視を行うための独自実装を snmpd に行った。追加した実装は、計測時点での PF テーブル数を保持する Object として pfLabelCurrentStates を定義したものである。現在のテーブル数が ber_add_integer(ber, r->states_cur) で取得可能であるため、この値を pfLabelCurrentStates で保持する実装とした。

3.3.9 IPv6 only 環境の設定 (DNS64 サーバ)

DNS64 サーバとしては、BIND と unbound を利用して仮想化環境でのサーバを 2 台準備した。BIND は設定の投入のみで簡単に構築が可能であったが、unbound に関しては、debian 標準のバージョンでは dns64 機能が実装されていなかったため、Ecdysis からソースを取得し構築した。なお、仮想化環境としては KVM をハイパーバイザとして利用した。

3.3.10 IPv6 only 環境の設定 (A フィルタ)

IPv6 only 環境の運用に関しては、これまでの合宿で得られた実績がインターネットドラフトでまとめられている [1][2]。ここで示されているように、IPv4 アドレスを割り当てないとインターフェースを遮断する OS も存在することから、到達性のない IPv4 アドレスも IPv6 only ネットワークにて割り当てており、DNS の名前解決で A レコードの要求が発生する。camp-net 1303 においても、到達性のない IPv4 アドレスを利用者に回答しないように A フィルタを実装した BIND を利用し、DNS プロキシを構築して IPv6 only 環境の構築を行った。

3.4 トラブル

3.3.4 節でも述べたように、外来電波による無線 LAN が利用できないトラブルが数度発生した。原因が判明したのは後述する無線 LAN の電波状況の計測実験で無線のスペクトル解析を実施できていたからであり、無線の環境情報を収集する重要性が示されたと言える。

また、camp-net 1303 を構成するサーバやルータを KVM による仮想化環境で構成していた事に因り、人為的なミスでハイパーバイザを稼働しているサーバの電源が落ちてしまい、すべてのサービスが停止してしまうトラブルが発生した。サーバの電源部にスイッチ付きのテーブルタップが利用されていた点は論外であったが、仮想化環境の冗長運用などが足りなかったと言える。

上記の他にもサーバ単体の障害で通信不能な状況が数度発生した。これらのトラブルの多くは合宿参加者からの報告で調査が開始されるケースがほとんどであり、問題であると考え。今回の合宿では可視化のためにネットワーク計測で実施していたにも係わらず、運用側が先に障害を検知するに至らなかった点は再考に値すると言え、次回以降の合宿運用に生かすこととした。

4 実験

今回の合宿では、以下の 2 件の実験が応募され行われた。

- The 4th experiment of Life with IPv6
- OLSR network with pre-planning

前者は、生活用ネットワークの構築で IPv6 only 環境を提供するなど、camp-net 1303 のベースとなる部

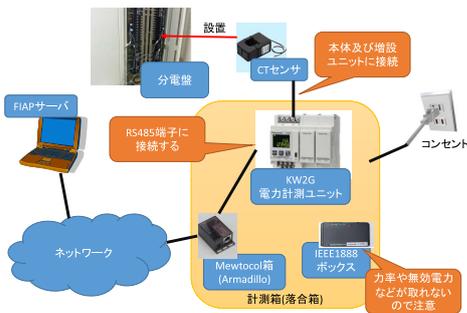


図 7: 電力使用量計測システムの概観

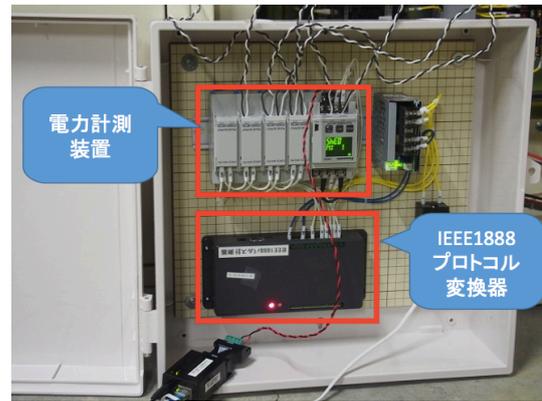


図 8: 電力使用量計測器一式

分が含まれているため、合宿 PC も多く参加している。後者は、合宿用無線 LAN と同様に無線メッシュを利用しているため、チャンネル設計など、緊密な連携を取って進められた。

また、応募実験以外に、今回の合宿のテーマである「見える合宿」を実現するため、合宿 PC 企画の実験として以下の実験を行った。

- 電力使用量の計測と可視化
- 無線 LAN の電波状況の計測と可視化

以下に、それぞれの実験結果を報告する。

4.1 The 4th experiment of Life with IPv6

IPv6 ワーキンググループの活動の一環として、IPv6 環境にて IPv4 接続を橋渡しする技術の評価実験を行った。詳細な報告は別途添付する PDF ファイルを参照されたい。また、実験内容をまとめた結果を文献 [3] にて発表している。

4.2 OLSR network with pre-planning

Wireless Internet ワーキンググループの活動の一環として、合宿参加者が接続する無線ネットワークサービスとして、無線メッシュ技術を用いたネットワークサービス運用を実験提供した。2013 年春合宿では、無線メッシュネットワークの即時展開を目指したプロビジョニング手法を検討し、実際の運用にて実証した。

無線アクセスポイントの配置やアクセスポイントの最適通信パラメータは、現地の環境に大きく影響を受けるため、位置やパラメータの調整は実際に運用を開始してから経験で調整することが多かった。近年ではサイトサーベイのようなツールでアクセスポイントがカバーする区域を可視化しつつパラメータ調整ができ

る場合もあるが、ツールが高価であることや、メッシュ構成でのサーベイには対応していないなどの問題がある。本実験では、無線環境シミュレーションソフトウェア QOMET[4] を用いて、会場の環境を仮想計算機内に構築し、実運用に入る前に最適なアクセスポイント配置、パラメータ選択を実現する手法を検討、運用した。

運用経験から、シミュレータによる事前プランニングがおおまかなアクセスポイント配置計画に有用であることが確認できたものの、シミュレータで決定した通信パラメータが現実の通信パラメータと大きく異なるという問題を認識した。今後はシミュレーション環境と実環境の擦り合わせを支援する技術開発が必要と思われる。

詳細な実験報告は、「無線によるインターネットサービスネットワークの構築」章に記載する。

4.3 電力使用量の計測と可視化

WIDE 合宿のような、参加者が PC を持ち込む大規模イベントにおいては、ユーザの利用する電力動向を把握し、電源系統の設計を行う必要がある。今回の WIDE 合宿では、会場である信州松代ロイヤルホテルの協力のもと、各電源系統の電力計測を IEEE1888 計測システムを利用しておこなった。

なお、本実験の一部の成果を文献 [5] にまとめ報告している。

4.3.1 全体の構成

全体の構成図は図 7 の通りである。会場の各分電盤の近くに計測器一式 (図 8) を設置し、そこから CT センサを各電源系統に接続した。計測器一式の中には測定データを IEEE1888 に変換して送信するデバイスが搭載されており、ネットワークを経由して FIAP サーバにデータを蓄積した。



図 9: 電力使用量計測の様子

4.3.2 計測ポイント

プレナリ部屋裏、ワークショップ部屋裏、ホワイエ裏、BOF 部屋裏に分電盤が設置されており、各拠点に先述の計測器一式を設置し、CT センサを接続して計測を行った (図 9)。

4.3.3 計測データの可視化

計測を行ったデータは FIAP サーバに設置し、また、合宿内でおこなった IEEE1888 データ利用ワークショップにおいて提供をし、各参加者に視覚化をおこなってもらった。

4.4 無線 LAN の電波状況の計測と可視化

WIDE 合宿で提供する無線 LAN サービス状況の把握のため、2.4GHz 帯の無線 LAN の計測をおこなった。無線の計測は、次の 2 種類を実施した。

1. スペクトラム・アナライザを利用した 2.4GHz 帯の電波状況の計測
2. IEEE802.11 のビーコンの観察



図 10: Wi-SPY

4.4.1 スペクトラム・アナライザを利用した計測

USB 型の 2.4GHz 帯用スペクトラムアナライザである Wi-Spy (図 10) を利用し、会場 3 箇所測定した。計測箇所は図 1 における凡例 (Laptop for sho) で示す位置である。

こちらの測定により、無線 LAN のキャリアを測定することができ、また、無線 LAN 以外のもと思われる電波が 802.11b/g での 3~5ch 付近に観測された (図 11)。電波の発生源を見つけることはできなかったが、無線の運用上はこの部屋でこの周波数帯を避けることにより、電波干渉を回避した。

4.4.2 IEEE802.11 のビーコンの観察

Raspberry Pi と USB 無線デバイスを利用して、IEEE802.11 において基地局がサービスしている内容を表示する beacon フレームをキャプチャし、無線サービスを提供している各 ESSID とその電波強度を測定した。計測箇所は図 1 における凡例 (Raspberry Pi) の無線アイコン付きで示す位置である。

会場には、WIDE プロジェクトが設置した無線基地局の他に、携帯電話キャリア会社が設置した Wi-Fi サービススポットが存在することが確認された。また、テザリングと思われる SSID も多く観測された。

今回は測定のみであったが、次回以降は本測定を利用してチャンネルの動的な制御などをおこなっていく予定である。

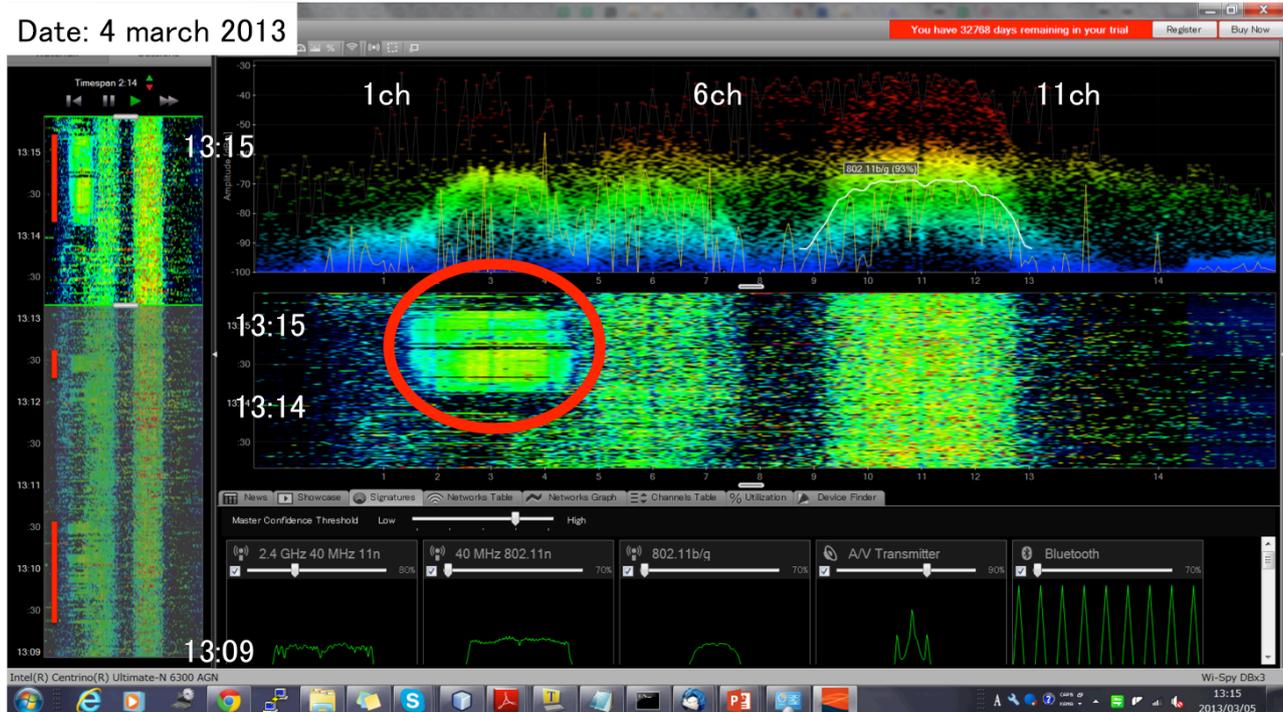


図 11: 観測された 802.11 外の電波

5 おわりに

今回の WIDE 合宿では、「見える合宿」のテーマに従い、合宿内・WIDE 内での各アクティビティが共有できる工夫をおこなった。

ワークショップおよび電力・ネットワークの可視化の試みは参加者に概ね好評であったが、わかりにくかったという参加者の声もあり、表示内容についてはまだまだ改善点が多いと感じる。可視化については今後の WIDE 合宿でも継続して実施・改善をしていきたい。

参考文献

- [1] H. Hazeyama, T. Ishihara, and O. Nakamura. *DNS A Record Filtering for the migration from dual stack networks to IPv6 only networks*, July 2013. draft-hazeyama-sunset4-dns-a-filter-00.txt.
- [2] R. Hiromi, H. Hazeyama, A. Onoe, and O. Nakamura. *A workaround for termination of IPv4 network services*, March 2013. draft-hiromi-sunset4-termination-ipv4-01.txt.
- [3] Marius Georgescu, Hiroaki Hazeyama, Youki Kadobayashi, and Suguru Yamaguchi. An empirical study of ipv6 transition in an open environment - experiences from wide camp's life with

ipv6 workshop. In *The 14th Workshop on Internet Technology*, June 2013.

- [4] Razvan Beuran, Lan Tien Nguyen, Khin Thida Latt, Junya Nakata, and Yoichi Shinoda. Qomet: A versatile wlan emulator. In *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pp. 348 – 353, 2007.
- [5] 松井加奈絵, 石原知洋, 池上洋行, 落合秀也, 砂原秀樹. イベント会場における消費電力データの計測実験方法における一考察. 情報処理学会研究報告.IOT21, May 2013.