

2012年秋 WIDE 合宿における ネットワーク環境および実験の報告

CampNet PC Members

平成 25 年 2 月 12 日

1 はじめに

WIDE 合宿では、合宿プログラム委員会により合宿参加者へ、インターネットへの接続性を有するネットワーク環境を提供している。このネットワーク環境は、合宿ネットワークと呼ばれ、合宿プログラム委員会により設計、構築および合宿中の運用が行われている。また合宿ネットワークは、合宿中のネットワークインフラストラクチャとなるため、多くの合宿参加者により利用される。このネットワーク上で合宿参加者を被験者としたネットワーク実験を行うことで、普段の研究室や実験室レベルでは得難い、フィードバックを得ることができるため、WIDE メンバによる日々の研究開発によって作り上げられたソフトウェアやハードウェアの実証実験環境としても利用されている。今回の WIDE 合宿では以下の 3 つの実験を行った。

- 第 2 回無線ネットワーク実験
- 第 3 回 IPv6 環境実験
- 無線エミュレーションによる大規模 OLSR 実験

本章では、この合宿ネットワークの設計と構築に関する報告および、合宿ネットワーク上で行われた実験に関する報告を行う。

2 合宿ネットワーク

短期間でのネットワーク構築を余儀なくされる合宿ネットワークは、ネットワークを構築するプログラム

委員 (NetPC) に対して少なからず負荷になっており、合宿期間中に Network Operation Center (NOC) に頼る要因になっていた。合宿中に NOC の作業に追われることで、合宿プログラムへ参加することが出来ないことは、WIDE 合宿に参加することの本意であるとは言えない。また、平時の NetPC は技術的に自信のある特定の人で構成されることが多く、新しく NetPC を希望する人が年々減ってきていることが問題となっていた。以上より、本合宿ネットワークは、StarBED を利用し、ネットワーク構築の経験が多くない NetPC により時間をかけて合宿ネットワークの構築を行った。

2.1 合宿ネットワークの構成

合宿ネットワークの敷設に際して、移動や配送を考慮すると、その構成は必要最小限であることが望ましいと考えられる。そこで、本合宿ネットワークでは、NOC を出来る限り小さくし、合宿地では電源と L2 の取り回しのみで済むように設計した。本節では、図 1 に示すキャンプネットワークについて述べる。

本合宿で構築した合宿ネットワークは、合宿地から WIDE バックボーン及びインターネットへの接続用回線として、フレッツ光・プレミアムと Ku-band 衛星回線を使用した。フレッツ光・プレミアムでは、第 3 回 IPv6 環境実験との兼ね合いにより、IPoE 方式を IPv6 オプション付き (ひかり電話無し) で 2 回線の契約を行った。本契約による回線は、合宿ネットワー

表 1: Layer2 Switch

名前	L2 スイッチ型式
sw-atama.camp	CISCO catalyst 37500
sw-plenary.camp	DLINK DGS-3450
sw-noc.camp	DLINK DGS-3450
sw-ws.camp	DLINK DGS-3450
sw-taminas.camp	DLINK DGS-3450
starbed-exp-sw	Brocade MLXe32

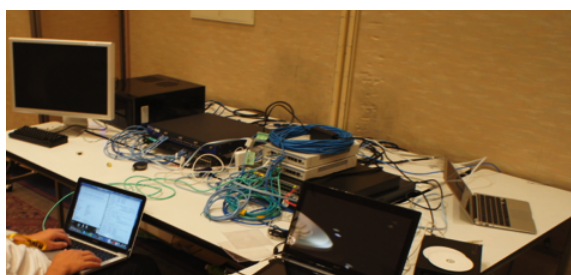


図 2: 合宿ネットワークの NOC

れている。しかし、本合宿において CISCO 2800 を借用することが難しかったため、会期前に NetPC により、幾つかのトンネルソフトウェアの検証を行なった。この検証より、オープンソースソフトウェアで L2TPv3 によるトンネルを実現することは難しく、他の方法で L2 トンネルを構築することが求められた。そこで EtherIP により、StarBED と合宿地間の L2 トンネルを構築することとなった。

合宿地のネットワークは、IPv6 実験ネットワーク以外すべてこの EtherIP を利用した仮想 L2 ネットワークにより展開されており、表 1 に示す L2SW と IX 2015 のみを配置することで、小さな NOC を構成することが可能となった (図 2)。合宿で利用される IPv4/IPv6 のアドレスは WIDE Komatsu NOC より OSPF を用いて WIDE バックボーンネットワークへ経路広告し、Komatsu NOC と StarBED 間を直接 L2 ネットワークでつなぐことにより、StarBED 内に構築された rtr-starbed.camp でルーティングが行われた。rtr-starbed.campde では、サービスの構

築用に 7 セグメント、実験ネットワークの構築用に 7 セグメント、ユーザのアクセス用に 7 セグメント、計 21 の VLAN が L2 ネットワークとして区切られており、そのすべての VLAN が EtherIP を用いた L2 トンネルにより合宿地-StarBED 間で共有された。また、ユーザのアクセス用である 7 セグメントは、表 2 に示される SSID に分けられ、WIFI による無線ネットワークとして合宿参加者が合宿生活に利用可能よう提供された。SSID よって分けられたユーザネットワークは、それぞれ 3 つの実験者により性質の異なったネットワークとして提供されたが、実験報告の節にて詳細を後述する。

2.2 Ticker System

Ticker System とは、合宿期間中に CampPC から参加者にむけて発表者の情報を表示する伝言掲示板の様なサービスである。過去の WIDE 合宿にて、幾度か利用されてきていたが、近年の WIDE 合宿では提供されていおらず、過去のアンケートから復活が望まれていたものである。今合宿においては、Plenary のみの設置ではあるが、再び Ticker System を設置するための試みも行われた。

過去に利用されてきた Ticker System では、情報表示を行うためのリーダ部に Radio Frequency Identification(RFID) を用いていた。この RFID リーダ部は、組み込み機器の知識が必要とされるため、その設定や運用にある程度の技術と経験が必要となる。また、システムを構成するにあたり、WIDE 参加者の情報データベースや個人識別情報の受信サーバ、情報表示用のプロジェクタと PC が必要となる。また、合宿地での運用のために電源の確保およびネットワーク配線や各端末のホストネームや IP アドレスの設計や管理も必要となる。そのため、多くの機材と事前に多くの担当者とまたがる連携作業が必須となる。そのため、定期的に人が入れ替わる CampPC(NetPC も含む) では、その運用経験を積むことが難しい。そこで、システムを構成するソフトウェアの利用方法や運用方法をマニュアル化したの回も存在するが、その

表 2: 提供されたユーザネットワーク

SSID	利用可能アドレス	概要
v46-olsr	IPv4/IPv6	エミュレータ環境での OLSR 網
v6only-basic	IPv6	DHCP6+DNS64+NAT64 の基本的な IPv6-Only 環境
v6only-fallback	IPv6	TCP フォールバック問題に対応した IPv6-Only 環境
v6only-firewall	IPv6	Firewall を入れた IPv6-Only 環境
v6only-SA46T-AT	IPv6	SA46T-AT を利用した NAT64+NAT44 の IPv6-Only 環境
mesh11s	IPv4	802.11s を用いた無線メッシュによる IPv4-Only 環境
sattelite-life	IPv4/IPv6	衛星を利用した IPv4/IPv6 環境

伝播がうまく行われていない。そのため、CampPC に対して Ticker System を含めた合宿ネットワーク構築は負荷が高いことから、その利用が途絶えたものである。

本合宿における Ticker System では、普段利用している PC のみで構成するために、リーダ部を新たに QR コードを利用したものに变更した。また、その他の構成要素もその利用の方法が伝えられてはなかったため、今回の NetPC により新たに 1 から作り上げられたものである。その Ticker System の構成は、図 3 に示す通りである。QR-Reader を Plenary のマイク及び発表者の付近へ設置し、事前配布してあった合宿参加者を示す QR コード入りのネームカードをカメラへ向けることで、会場前方にあるスクリーンへ発言者の情報を表示する。また、発表者の情報は、SCAW-GW 協力のもと開発した XML-RPC のインターフェースより CSAW より取得される。本 Ticker システムを構成するソフトウェアである、QR-reader は VisualC++, Tikcer-Server は perl と ruby により実装されている。

2.3 合宿ネットワークの利用状態

WIDE 合宿の会期中に、合宿ネットワークの利用状況を計測した。図 4 に sw-atama.camp のトラフィックグラフを示す。これは、フレッツ光・プレミアムを利用した IPv4/IPv6 の総トラフィックとなるが、合宿期間を通して outbound は最大 29.04Mbps、ま

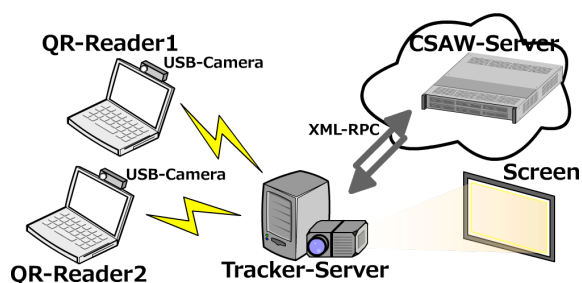


図 3: Ticker System 概要

た inbound は最大 9.91Mbps に達した。また、図 5 に ix-satelite.camp のトラフィックグラフを示す。これは、衛星通信回線を用いた IPv4/IPv6 の総トラフィックとなる。合宿期間を通して、outbound が最大 81Kbps, inbound が最大 436Kbps に達している。今回合宿では、衛星通信回線のみが安定して IPv4 ネットワークが使える環境として提供していたため、フレッツ光・プレミアムの回線に比べて高遅延ながらその利用者が一定数いることが観られる。

本合宿ネットワークは参加者に対するネットワークはすべて無線実験による WIFI により提供されていたため、その利用率の変化を計測した。図 6 に合宿初日の SSID 利用率と合宿最終日の SSID 利用率を示す。合宿における参加者の多くはまだ、IPv4 のネットワークを利用していることがわかる。これは、現在利用されているネットワーク機器や VPN ソフトウェアなどがまだ IPv6 で利用はできない等が考

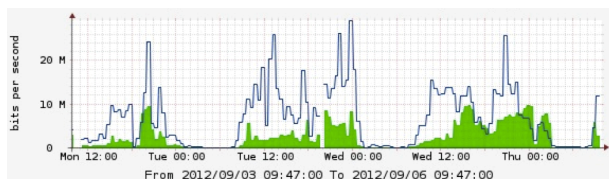


図 4: Camp Network Traffic (Flet's)

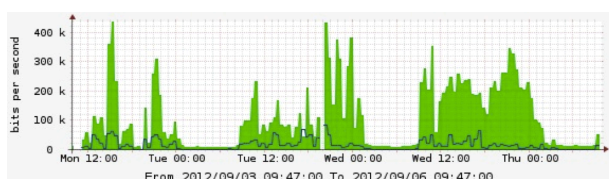


図 5: Capm Network Traffic (衛星通信)

えられる。ネットワークエンジニアが多くあつまる WIDE 合宿においても、まだまだ IPv4 ネットワークが必要であることが伺え、IPv6 ネットワークのさらなる利用を促す必要があると考えられる。

2.4 WIDE2012 秋合宿をおえて

合宿プログラム委員の多くは WIDE プロジェクトに参加している大学の学生が多いため、ネットワークの構築経験が浅い学生も含まれている。そして、合宿ネットワークの構築は、イベントネットワーク構築や、衛星通信利用のための技術習得の場としても活用されている。しかし、ネットワーク等の構築において重要な要因の 1 つとしてが挙げられる”経験”の多くは時間をかけて得られるものである。そこで、本合宿ネットワーク構築に関する NetPC の趣旨として、ネットワーク環境の構築経験が浅い NetPC にネットワーク構築に関する教育的な場を提供することでネットワーク構築の経験を積ませるが必要であると目標を掲げた。そのため、合宿ネットワークの構築に NetPC が技術習得し、ネットワーク構築の経験をつむための時間を多く確保することが望まれた。

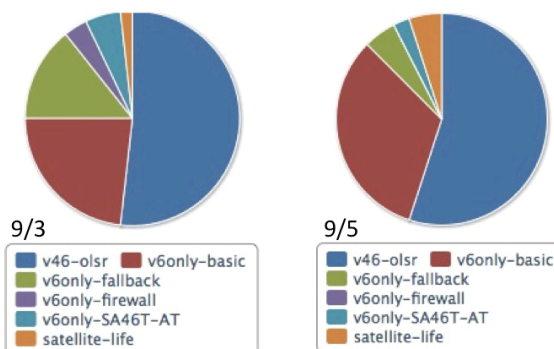


図 6: 各 SSID の利用率

本合宿ネットワークは、NICT 北陸 StarBED リサーチセンター (StarBED) 上に構築した。これにより、長期間遠隔から操作できるコンピュータ環境を確保することができ、合宿ネットワーク構築までの事前作業の期間を多く取ることができた。その結果、会期までのネットワーク構築を円滑に進めることができ、仮想化技術を含むネットワークの運用経験を積めたのではないかと考える。また、ネットワーク構築の経験が浅い NetPC に生徒とし、合宿ネットワーク構築の経験がある NetPC が先生となるように各係を構成し、経験の少ない NetPC が限られた時間内にネットワークを構築できるよう先生役となる PC が自身の経験を活かした答えを示すのではなく、経験をさせることで合宿ネットワークの構築が完遂できるよう、導くことを試みた。以下に、各立場の NetPC におけるコメントを示す。

先生側の NetPC ただ答えを示すのではなく、未経験者を答えに導くという点が大変でした。実際に自分で手を動かす以上に大変で、僕自身勉強になったと思います。

生徒側の NetPC 今までサーバ類に触る機会がなかったので最初はどうなるかと思ったが、hotstage 前から時間を取って教えてもらったので、とてもいい経験になったはじめは全然わからなかったけど、最後の方にはコマンドとか打てるようになってた。わからない事だらけで一個一個聞

くのは申し訳なかったけど丁寧に教えてもらえて楽しかったです。

このようなコメントは、各系の NetPC から多く寄せられ、先生側、生徒側にもそれぞれ得られるものが多いであったのではないかと考えられる。また、StarBED を利用し合宿ネットワークを構築することで、合宿地での NOC 作業を省力化することができ、NetPC を合宿プログラムへ数多く参加させることができた。

3 実験

3.1 無線ネットワーク実験

WiFi ワーキンググループは、合宿参加者へ WiFi メッシュネットワークの提供を目的として合宿ネットワークにて実験を行った。本実験に関する詳細な内容については、WiFi ワーキンググループの報告を参照されたい。

3.2 IPv6 環境実験

本実験は、IPv6 のみのネットワーク環境を構築することで、現在のポータブル機器やネットワーク機器がそのまま利用できるかを確かめることを目的とした。本実験における詳細な内容は、IPv6 ワーキンググループの報告を参照されたい。

3.3 大規模 OLSR エミュレーション

本実験は、StarBED のノード上に構築した OpenWRT と無線ネットワークエミュレータである Qomet を用いた OLSR メッシュネットワークを構築し、合宿参加者へ生活ネットワークを提供した。OpenWRT は、StarBED のノード上に Kernel Virtual Machine(KVM) 環境を構築し、OpenWRT を 1 ネットワークにつき 100 ノード動作させ、これを 3 ネットワーク構築した。各 OpenWRT では、Qomet によるネットワークエミュレータを動作させ、遅延の

挿入や帯域の制限を行い無線ネットワークのように振る舞う環境を構築した。

また本実験では、OLSR エミュレーションを可視化し合宿期間中に構築した OLSR ネットワークの状態を絵として描画するビジュアライザを動作させた。ビジュアライザは、1 ネットワークのみ動作させていたが、合宿期間中に OLSR ネットワーク全体を俯瞰できるよう改良を試みた。

3.3.1 OLSR ネットワークエミュレーション

本実験では、仮想マシンによる OLSR メッシュネットワークを 100 台規模で動作させ、その安定性や障害が発生した際の復旧時間などを調査することを目的とした。OLSR ネットワークは全部で 3 つ構築し、合宿期間中に障害エミュレーションとして各ネットワークのルータを停止させた際に、ネットワーク間に設置したノードからインターネットへの到達性を確保できるかの検証を行った。OLSR ネットワークを構築するためのノードは、StarBED のノード上を用いた。StarBED で利用したノードのスペックを表 3 に示す。

表 3: 物理サーバの構成

Group Name	Group I
Model	Cisco UCS C200 M2
CPU	Intel 6-Core Xeon X5670 x 2
Memory	48 GBytes
Network	Broadcom 5709 Quad Port

本実験で構築した OLSR メッシュネットワークの全体像を図 7 に示す。本実験では、Katsuo, Wakame, Ikura の 3 つのネットワークを構築した。Katsuo, Wakame, Ikura ネットワークには、それぞれ 100 台の OpenWRT を起動し、各 OpenWRT 上で olsrd を動作させ、IPv4, IPv6 の両プロトコルの経路広告を行った。Katsuo, Wakame, Ikura 間には、それぞれのネットワーク間を接続するための Bridge Node を設置し、この Bridge Node は各ネッ

トワークに障害が発生した際に起動させ、ネットワーク間を接続するためのノードとして用いた。合宿参加者へ提供している Life Network は Katsuo ネットワークと接続した。

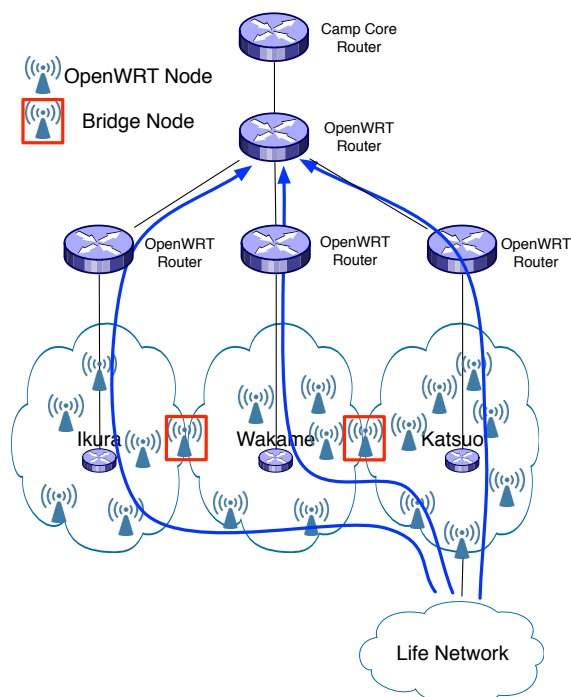


図 7: OLSR メッシュネットワークの全体像

HotStage では、OpenWRT の作りこみと合宿期間に展開する VM の数の検証を行った。Qomet を使用しない環境、つまり遅延や帯域の制限がない状態では、100 OpenWRT を動作させた場合各 OpenWRT のルーティングテーブルが頻繁に変更され、トポロジが安定しない状態となった。また、OpenWRT ノード上で olsrd の CPU 使用率が 100 % となっていた。これは、OLSR の Update メッセージが大量に送信され、olsrd が処理できない状態になっていたものと考えられる。この現状は Qomet による遅延や帯域の制限、パケットロスを導入し、パケットロスや遅延により olsrd が処理する Update メッセージの量が減少した際に解消された。最終的に、合宿に向けたネットワーク環境として全 300 ノード動作させる

ことが可能となり、IPv4 アドレスと IPv6 アドレスの両方を合宿参加者へ提供することが可能となった。

合宿初日は、安定したネットワークとして合宿参加者へ提供し、合宿 2 日目から Qomet によるエミュレーション設定を導入し徐々に壊れていくネットワーク環境になるよう設定を変更した。合宿初日に OLSR ネットワークに繋がらない状況が発生したが、これは予め合宿参加者用にプールしていた IPv4 アドレス 120 個がすべて使用されてしまったためであり、OLSR が原因ということではなかった。合宿初日のワイントタイム時に Qomet のパラメータを変更しメッシュネットワークの構成を不安定なるよう変更を行ったが、ルーティングテーブルの数が少なくなる程度の変化しかなく、またインターネットへの到達性が不安定になるようなことはなかった。これは、Qomet が IPv4 アドレスによるフィルタリングを行いエミュレーションを行なっていたため、OLSR 網外のネットワークからのパケットには遅延の挿入や帯域の制限を行っていないためであった。

合宿初日の経験から合宿 2 日目のワイントタイム時にエミュレーション方法を IPv4 アドレスによるフィルタリングから MAC アドレスによるフィルタリングへの変更を行った。この際、Qomet では MAC アドレスによるフィルタリングをサポートしていないため、遅延の挿入、帯域の制限を Qomet ではなく Netem による固定的な設定に切り替えた。OpenWRT の Kernel バージョン 2.6.32 では、Qomet が利用している Netem の機能に MAC アドレスによるフィルタリングがサポートされていなかったため、Kernel のバージョンを 3.2 へ変更した。フィルタリングの方法を MAC アドレスにしたことにより、Life Network からインターネットへの遅延や帯域の制限が正しく動作するようになったが、インターネットの利用が不可能なほどの設定を行なっていなかったことと、Qomet による動的なエミュレーション設定の変更を行っていないため、OLSR ネットワークが不安定になることはなかった。

無線ネットワークエミュレーションのフィルタリングを MAC アドレスに切り替えた後、Katsuo ネット

トワークのルータを停止したが、Life Network からインターネットへの到達性は損なわれることなく安定して動作していた。Life Network から traceroute を用いて、Camp Core Router までの経路を確認したところ、Katsuo-Wakame 間の Bridge Node を経由していることも確認した。

3.3.2 ネットワークビジュアライザ

合宿期間中に OLSR ネットワークの状態を俯瞰できるビジュアライザを動作させた。このビジュアライザは、ブラウザから閲覧が可能な状態で StarBED 上で提供していた。図 8 にビジュアライザの画面を示す。

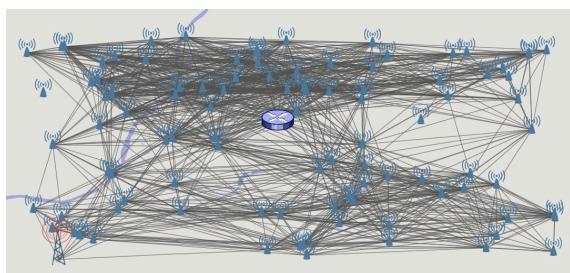


図 8: OLSR ネットワークの可視化

このビジュアライザは、実験後に OLSR ネットワークのログを入力することにより OLSR ネットワークがどのように変化したかが確認可能であった。今回の合宿では、合宿期間中に、OLSR ネットワークの状態をリアルタイムに描画するよう改良を加えた。さらに、本実験で動作させた、3 つの OLSR ネットワークの変化をリアルタイムに描画するよう変更を試みたが、OpenWRT ノードの変更やネットワークエミュレーションの変更などに時間を割きすぎたため、そこまでの改良には至らなかった。

3.3.3 今後の活動について

今回の合宿で得た結果を、合宿後のアンケート結果から今後の課題についてまとめた。本実験におけ

る合宿のアンケート結果から、実験の内容についての意見について以下のようなものがあった。

- 思ってたほど latency が悪くならなかったけれど、繋がらない時に徹底的につながらなかったりと、何が悪いかわよく分からないことが多かった。
- 面白かったと思います。やっていたのかもしれませんが、現在の無線エミュレータの状態などが周知されるような仕組みがあるともっとよかったかもしれません。
- OLSR 雲の状況をどこかで見える様にしてほしい。もしあるなら積極的に何度もアナウンスしてほしい。
- 快適でした。ただ遅延が入ったと言われたあとも快適さが変わらなかったのが実験シナリオとして正しかったのかが気になりました。

合宿期間中にビジュアライザを用いた OLSR メッシュネットワークの可視化を行なっていたが、アナウンスが足りず周知されていなかった。これは、OLSR ネットワークの構築、エミュレーションのパラメータの変更などに注力しすぎたため、ビジュアライザ側の作業を怠ってしまったためであり、大きな反省点である。

合宿 2 日目に MAC アドレスによるフィルタリングへと切り替えた際に、動的な変更が不可能となってしまったため、合宿参加者から不安定になったかわからなかった、シナリオとして正しかったのかという意見があった。Qomet の MAC アドレスフィルタリング機能の追加と無線ネットワークエミュレーションとしてのシナリオをどう作成すべきかが今度の課題になると考えられる。