2013 年度 WIDE 秋合宿 Net 報告書

近藤 賢郎 (latte@wide.ad.jp), 田中 晋太郎 (tanaka@hongo.wide.ad.jp)
田川 真樹 (masaki@wide.ad.jp), Camp-1309 net PC 一同 (camp-1309-net@wide.ad.jp)

1 はじめに

本稿では，2013 年 9 月 10 日 – 13 日にかけて長野県長野市信州松代ロイヤルホテルで行われた 2013 年度 WIDE 秋合宿における合宿地ネットワークの運用および実験に関する報告を行う．

2 合宿テーマ

今回の合宿では，「位置情報に基づく行動履歴の収集およびその解析」を合宿テーマに掲げた．近年，ビッグ・データと呼ばれる研究分野の台頭にみられるように，大量の情報の取得及び分析の技術の重要性が増しつつある．そこで今回の合宿では，合宿地ネットワークをビッグ・データ解析のための仮想テストベッドと見立てて，そこにどのような情報が含まれており，その情報をどのように利用できるかを模索することを試みた．特に，今回はスマート・フォン等のネットワーク・デバイスを用いて計測した屋内位置情報とのマッチングを行って，合宿ネットワークから得た情報をもとに合宿参加者の行動履歴を推定することに焦点をあてた．

3 合宿ネットワーク概要

本節では，今回の合宿にて構成した合宿地ネットワークの概要について示す．

3.1 対外接続

合宿地からの対外接続には，フレッツ網と衛星回線 (合宿地 == 神戸情報大学院大学) の 2 種類の回線を用意した．フレッツ網および衛星回線の対向地から先は，商用 ISP 経由でインターネットへの到達性を確保した．

フレッツ網および衛星回線の両方では，OpenVPN によるトンネリングを行い合宿地と WIDE BackBone (WIDE-BB) を接続した．トンネリングの対向地には，冗長性を考慮して二つの回線でそれぞれで別の WIDE-BB 接続拠点 (矢上と本郷) を選んだ．

フレッツ網からのインターネット接続に用いた商用 ISP サービスでは，IPv4 Internet には PPPoE にて接続し IPv6 Internet には IPoE 上で DHCP-PD を受けて接続した．アドレスの割り当ては，global IPv4 address 1 つ (動的アドレス) と global IPv6 adddress /56 (2409:12:6080:100::/56) 空間が行われた．

3.2 Layer 3 構成

合宿地ネットワークの Layer 3 構成を図 1 に示す．

3.2.1 設計概要

今回の合宿では，WIDE の 合宿用 address 空間 (203.178.156.0/22, 2001:200:0:ff00::/56; camp-prefix) に加えて，フレッツ網でのインターネット疎通性確保のために契約した ISP から割り当てられた adddress 空間 (動的 IPv4 アドレス 1 つ，2409:12:6080:100::/56; IIJmio-prefix) も利用した．camp-prefix は，主に合宿地ネットワークの基幹サーバ群および各種実験用途に使用した．IIJmio-prefix の IPv6 アドレスは合宿参加者がインターネットに到達するためのセグメント (生活線セグメント) にて使用し，IPv4 アドレスは，合宿地での基幹サーバ群の故障や WIDE-BB 内で障害が発生した場合を想定して作成した last resort セ

グメントにて使用した．

また，合宿地には合宿地ネットワークにおけるルーティングを行うために 4 つのルータを設置した．すなわち，camp-prefix の IPv4/IPv6 ルーティングを行う vyatta-core と vyatta-sat と，IIJmio-prefix の IPv6 ルーティングを行う rtr-v6，IPv4 ルーティングを行う vyatta-lastresort である．合宿地ネットワーク内のすべてのサブネットは，これら 4 つのルータのいずれかを gateway として持つように構成した．また vyatta-core と rtr-v6 には，それぞれ順に IIJmio-prefix と camp-prefix の static route を設定し，両者の prefix 間は合宿地にてローカルに通信できるようにした．

camp-prefix に関する WIDE-BB 内での経路広告は，foundry2.yagami (f2.yagami) と juniper1.hongo (j1.hongo) にて行った．すなわち，f2.yagami と j1.hongo にて camp-prefix の static route を設定し，それらを WIDE-BB 内の OSPF にて redistribute した．f2.yagami と j1.hongo では，いずれも camp-prefix のすべての広告を行い，両者の OSPF コスト値を調整することでプライマリ・パス，セカンダリ・パスを設定した．

3.2.2 **生活線セグメント**: IPv6 only network with nat64

生活線セグメントでは，IIJmio-prefix の IPv6 address を用いて IPv6 only network を構成する一方で，IPv4 Internet への疎通性を持たせるために nat64 を設置した．nat64 は OpenBSD 実装された pf (Packet Filter) によるものと Juniper SRX240 によるものの二つを用意した．いずれの nat64 も camp-prefix 中の IPv4 address を 64 変換に用いるよう設定し，生活線利用者が WIDE-BB 経由で IPv4 Internet に到達出来るようにした．

生活線セグメント内から IPv4 Internet へのアクセスは，ラウンドロビン式に二つの nat64 に分散させてロードバランスを計った．すなわち，dns64 が補完する IPv6 prefix を二種類用意し，それらをラウンドロビン式に問合わせ元のユーザに返すようにする．加えて，それらの IPv6 prefix と nat64 とを紐付けする static route を rtr-v6 に設定することで上記ロードバランスを実現した．

3.2.3 **実験用セグメント**: meshy **実験，**464 **変換実験**

今回の合宿では，実験に関連する二つのサブネット群を用意した．一つ目は無線 mesh ネットワーク実験 (meshy 実験) 用に用意したサブネット群である．nat44-mesh を G/W とする private IPv4 address 空間を用いて構成した．二つ目は 464 変換機能の評価実験である．ユーザのアクセス線となる IPv4 ネットワーク，IPv6 only のバックボーン，Provider Edge 側の IPv4 ネットワークの三つのサブネットを用意した．

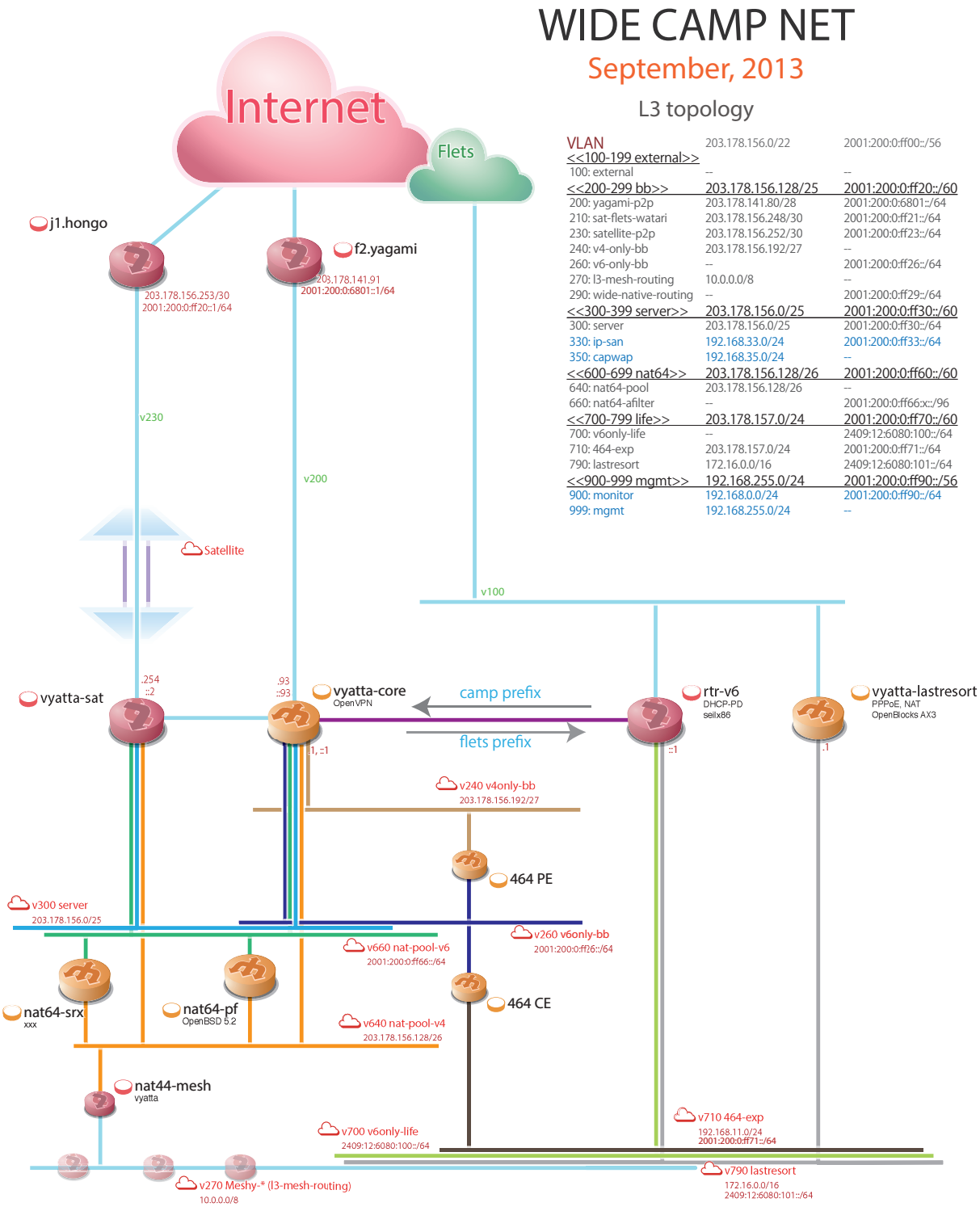

図 1　2013 年度 WIDE 秋合宿ネットワーク Layer3 概要

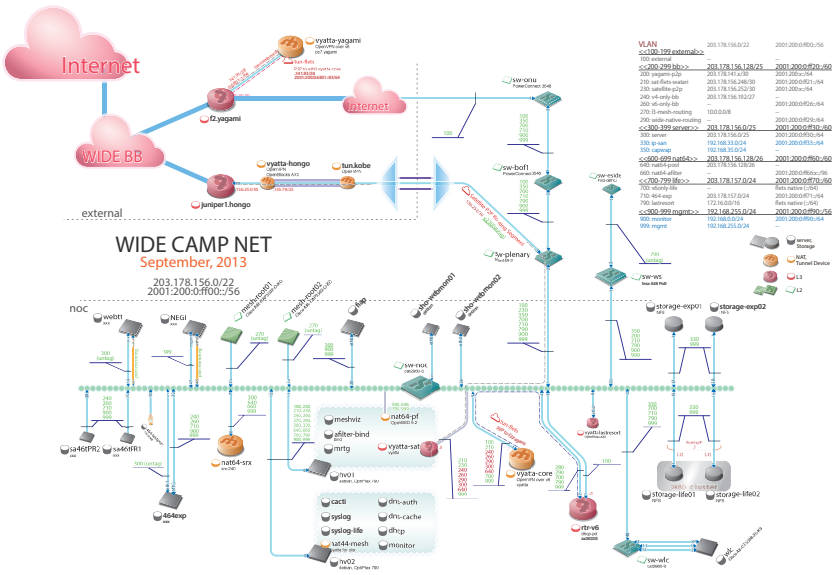

図 2　2013 年度 WIDE 秋合宿ネットワーク Layer2 概要

3.3　Layer 2 構成

合宿地ネットワークの Layer 2 構成を図 2 に示す．

3.3.1　設計概要

合宿地ネットワークは大きく分けて (i) 合宿参加者が利用する生活線セグメントと (ii) 合宿地基幹サーバが接続するバックボーンの二つの部分から構成される．(i) については合宿地会場の各部屋ごとに設置した Layer2 スイッチから利用できるように，(ii) については合宿地会場に設置した NOC でのみ利用できるように構成した．

また，合宿地における生活線セグメントは，全て無線ネットワークとして合宿参加者に提供された．

3.3.2　Layer 2 トンネリング

3.1 節で示したとおり，合宿地ネットワークは，フレッツ網経由と衛星経由の二つの回線上で Layer 2 トンネリングを行い，矢上と本郷の二つの拠点にて WIDE-BB と接続した．前者は合宿地と WIDE-BB 矢上 NOC 間を，後者は衛星対向地の神戸情報大学院大学と WIDE-BB 本郷 NOC 間をトンネリングした．

3.3.3　vlan ID 設計

合宿地ネットワークを構成するサブネットは 6 つのカテゴリに分類して vlan ID を割り振った．すなわち，(i) 対外接続に用いるサブネット，(ii) 合宿地のバックボーンを構成するサブネット，(iii) 合宿地の基幹サーバに用いるサブネット，(iv) nat64 変換のアドレスプールに用いるサブネット，(v) 合宿参加者のアクセス線に用いるサブネット，(vi) 合宿地ネットワークの管理に用いるサブネットである．これら 6 つの分類は図 2 に示す通り vlan ID の百の位を区別することで行った．

3.3.4　無線チャネル設計

今回の合宿では，合宿 Net PC が運用する生活線セグメントと 2 つの無線実験とで，合計 3 種類の無線ネットワークを 2.4 GHz 帯に 構築する必要があり，それらの干渉を避けるために無線チャネルの設計を行った．具体的には，3 種類の無線ネットワークのそれぞれで使用するチャネルをわける (1ch, 6ch, 11ch) ことで，無線ネットワークに跨がっての干渉が生じるのを避けた．

3.4 サーバ構成

今回の合宿では．求められる要求事項の違いに着目し，二つの類型に従ってサーバを構成した．すなわち，(i) 合宿地における対外接続や DNS，DHCP，ntp，syslog 等の基幹サービスを担う基幹サーバ群と (ii) 実験用途に使用する実験サーバ群である．(i) の類型のサーバついては，合宿参加者に安定したネットワークを提供するために，障害が発生してから早期復旧が可能であることが求められる．一方，(ii) の類型のサーバについては，トラフィック・ダンプを収集する場合等に備えて大容量のストレージが必要であると同時に，収集したデータが消失しないようデータ保存の冗長化が求められる．

(i) の類型のサーバ群は，全て仮想マシンとして構成し，2 台の Hypervisor の上で動作させた．平時は 2 台の Hypervisor で仮想マシンを分散させて動作させ，定期的に各々の Hypervisor に含まれる仮想マシンのディスクイメージを互いにコピーしあう．こうすることで，平時は Hypervisor の負荷分散をはかれると同時に，万が一どちらかの Hypervisor でトラブルが生じた際にも，もう片方の Hypervisor にて早期復旧が可能となる．

(ii) の類型のサーバ群については，大容量ストレージを備えた物理マシンを二つ (12 TB と 32 TB; RAID あり) 用意して，以下のように構成した．まず，一つの物理マシンは Hypervisor として構成して，(ii) の類型のサーバ群を仮想マシンとしてその上で動かした．さらに，もう一つの物理マシンには，例えば Hypervisor とした物理マシンの RAID カードが故障した場合に備えて，Hypervisor 上の仮想マシンのディスクイメージを定期的にコピーしていきデータ保存の冗長化を図った．

4 計測・可視化活動

今回の合宿では，大きく分けて運用用途と合宿 PC 企画用途とでの二種類の計測活動を Net PC で行った．

4.1 運用用途での計測活動

運用用途では (i) 対外接続・基幹スイッチ群の死活監視と基幹サーバ群の死活/ サービス監視，(ii) SNMP ベースでの合宿地ネットワークの監視・可視化，(iii) 無線アクセスネットワークの計測，(iv) 利用者端末からみたサービス利用の疎通性監視を行った．

まず，合宿地ネットワークで生じた障害をいち早く検知するために，WIDE-BB へのトンネリング及び基幹スイッチ群の死活監視，基幹サーバ群の死活 / サービス監視を nagios により行った．監視した基幹サービスとしては，ntp，DNS，HTTP 等がある．

また，合宿地ネットワークの状態推移を監視するために，SNMP ベースでネットワーク機器の監視を行い，それらを cacti で可視化した．監視項目としては，セグメントごとの帯域消費の推移，CPU 負荷，メモリ消費量等である．具体例として，図 3 には 9/11 午後から 9/12 午前にかけての合宿地ネットワークの G/W router におけるトラフィック量を示してある．

さらに，生活線セグメントの提供品質を解析するために，AirPcap を用いた Wi-Fi トラフィックの snooping を行った．今回 snooping したトラフィックの解析結果は，次回合宿の無線ネットワーク設計に用いられる予定である．

最後に，合宿地ネットワークの利用者の視点に立ってサービスの疎通性を確認し，現在の疎通状況を可視化するためのシステムを実装して合宿地ネットワークにて運用した，通常，合宿地ネットワークの利用者が一定のシナリオ (e.g. 合宿地外部のサーバから HTTP でコンテンツを取得する etc.) を貫徹するためには，合宿地ネットワークで提供される様々なサービスを利用する必要がある．このシステムは，合宿地ネットワークの利用者を模したテスト端末から，一定のシナリオを貫徹するのに必要なサービス群の疎通性試験を段階的に行い，シナリオ中のどの段階のサービスに障害が起きているのかをいち早く検知する．こうすることで，合宿地ネットワークの利用者が実際に享受する通信品質の改善を行った．本システムの設計詳細は 5 節を参照されたい．

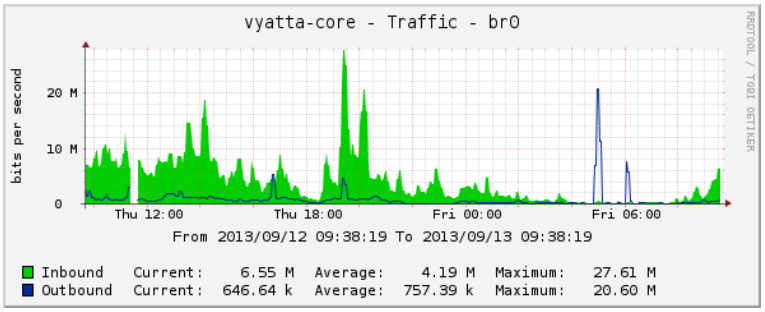

図 3　cacti による合宿地トラフィックの可視化

4.2　合宿 PC 企画用とでの計測活動

合宿 PC 企画として開催した「行動履歴の解析」をテーマとしたセッションの中で利用するために，(i) 合宿地ネットワークの traffic fulldump，(ii) 合宿地の電力使用状況の計測を行った．

合宿地ネットワークの traffic fulldump は，合宿参加者が利用する生活線セグメントに対して行った．具体的には，NOC 内のスイッチにて生活線セグメントの vlan に対してミラーリングを行い，プロミスキャス・モードに設定した NIC をもつサーバにて libpcap で dump file を生成した．

合宿地の電力使用状況の計測は，会場の各部屋ごとの電力使用状況を IEEE1888 によって計測した．合宿会場は各部屋ごとに別系統の電源が供給されていたため，合宿地分電盤の各電源系統に IEEE1888 パルス計測装置を接続して電力を計測することで各部屋ごとの電力使用状況をリアルタイムに計測することが可能であった．

なお，合宿参加者の屋内位置情報の計測を実験にて行った．それらの詳細は，7 節を参照されたい．

5　Raspberry Pi を利用した無線ネットワーク状態評価システム

5.1　背景と目的

ネットワークを運用して利用者にインターネット接続性を提供する際には，ネットワーク監視サーバを設置し提供ネットワークが正常に稼働しているかどうかを継続的に確認する事が多い．ネットワーク監視サーバは提供しているネットワークで障害が発生した際に迅速に障害の発生を通知し，その後の障害の原因の特定を容易にしたり，サービスの復旧までの時間を短縮するのに役立つ．

サービスの死活監視を目的としてサーバに導入するツールには Nagios や Hinemos などが存在する．これらのソフトウェアをインストールしたサーバから ping などでインターネット疎通性を監視したり，DHCP サーバや DNS サーバなどネットワーク提供に必要な他のサーバのサービス稼働状況の監視が可能である．

しかし，このような監視手法では，利用者端末からみたサービス利用における実際の障害点を求めることは困難である．例えば HTTP による Web サービスの利用を考えると，以下のような障害点を挙げることができる．

- 物理的な接続性の問題
- IP 的な疎通性の問題
- 名前解決が正しくできない問題
- サービス稼働における問題

このように様々な障害の発生が考えられる中で実際の障害点を素早く見つけるためには，それぞれのレイヤごとに障害を検出することが重要である．また，無線アクセスネットワークなどの Assosiation 障害を検出するためにも，実際のサービス利用者視点での監視が必要と言える．

5.2 設計と実装

本節では，WIDE 合宿のような大規模イベントネットワークの運用場面を想定して，無線アクセスネットワークにおけるサービス利用の疎通性を継続的に監視する手法を提案する．また，提案システムを設計・実装し今回の合宿で動作検証した中から得られた考察についても本節でまとめる．

5.2.1 システム要件

このシステムに対する要求として，まず監視端末のデプロイが容易であることが挙げられる．WIDE 合宿のようなイベントの会場は，例えばホテルのフロア 1 階分といったように広く，様々な場所でイベント参加者が無線ネットワークへ接続することが想定される．このため，合宿会場内の複数箇所にテスト端末を設置し，無線ネットワークの状態監視を行う必要がある．このように，イベント会場に多数のテスト端末を設置するためにはテスト端末の初期設定が簡単である必要がある．

また，イベント途中のネットワークの構成変更に柔軟に対応できることも必要である．大規模イベントネットワークの運用場面では，想定外の問題に直面し，急遽ネットワークの構成を変更することがあり得る．このため，テスト端末が実行するテストケースは，テスト端末の再設定を行わなくても容易に定義変更可能であることが必要と言える．

さらに，テストケースは TCP/IP の階層モデルにおける階層を下位から順にテストし，障害が発生した際に障害の原因となっている階層を特定しやすくする必要がある．

最後に，監視対象の状態をひと目で確認可能なように可視化し，障害発生時にはアラートメールなどでネットワーク管理者に迅速に通知する機能も必要である．

5.2.2 アーキテクチャ

以上の要求を踏まえて今回構成したシステムの概要図を図 4 に示す．

テスト端末は計測用の無線インターフェースの他に有線のインターフェースを持ち，有線で常時インターネット接続性のあるネットワークへ接続する．

テスト端末がデプロイされた場合にはこの有線ネットワークを通じて結果集積サーバからテスト端末の初期設定シェルスクリプトを取得する．端末の初期設定シェルスクリプトによって Raspberry Pi を構成することで，Raspberry Pi の起動 SD カードには個別の設定内容を不要とし，複製を簡単に行えるように工夫している．

初期設定の完了したテスト端末は自らの存在を結果集積サーバに通知し，テストケースを取得する．テストケースは，識別 ID，テストコマンド，テストコマンドが正常終了した時の返り値，タイムアウト値によって定義されている．

その後，テスト端末はテストケースを順次実行する．テストコマンドがテストコマンドが正常終了した時の返り値と等しければ成功と見なし，コマンド実行時間がタイムアウト値を超えたとき，もしくは異なる返り値を得た場合には失敗と見なす．テストケースが完了した端末は，有線ネットワークを通じて結果集積サーバにテスト結果を通知する．

また，テスト端末は定期的にテストケースの更新をチェックし，更新がある場合には新しいテストケースをダウンロードしてくることでテストケースの動的な更新にも対応する．

結果集積サーバではテスト端末から通知された各テストケースに対する結果をデータベースに集積している．集積したデータは JSON 形式の Web API を通じて Web ページに結果を可視化している．

5.2.3 テスト端末: Raspberry Pi

テスト端末には小型なシングルボードコンピュータである Raspberry Pi を利用する．これに USB 式の無線 LAN アダプタを接続して無線ネットワークの接続性に関するテストを実行する．Raspberry Pi は非常に安価なため，多数のテスト端末を配置する際のコストが抑えられる．

また，Raspberry Pi は電源系統の堅牢性が十分とはいえないため，Linux カーネルをカスタムし，起動

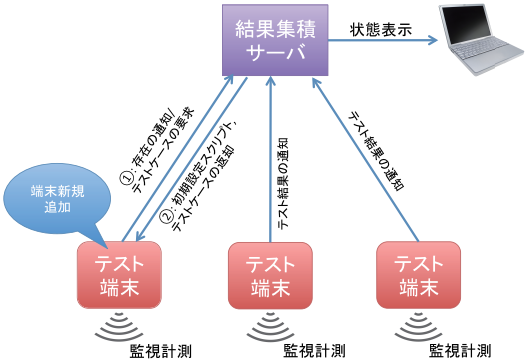

図 4　アーキテクチャ概要

SD カードを読み取り専用としながら，RAM ディスクを併用することで，システムに対して読み書き可能な記憶領域を提供するようにする．これによって，突発的な電源断が起こっても起動 SD カードのファイルシステムが壊れることはない．

5.2.4　計測シナリオ

テストケースとしては，例えば以下のような項目を定義し繰り返しテストを実行する必要がある．

- 特定 SSID に対しての無線 Association
- DHCP によるアドレス/デフォルトルート取得
- デフォルトゲートウェイへの ping
- DNS による名前解決
- 外部サイトへの ping
- 外部サイトへの Web アクセス
- 接続中の SSID からの Deassociation

具体的には，イベントで提供している各 SSID に対して，これらのテストケースを実行する．IPv4/IPv6 のデュアルスタックでのインターネット接続性を提供している場合には，IPv4/IPv6 両方でテストを実行する必要がある．

このテストケースは TCP/IP の階層モデルでの階層ごとに段階的なテストを行う構成になっており，また下位レイヤでのテストで障害が検知された場合にその上位レイヤのテストを実行しないこととすることで，障害が発生した際にも障害の原因を特定しやすくなっている．

5.2.5　サービス疎通状況の可視化

テストケースを実行した結果得られるサービスの疎通性状況は，図 5，図 6 のように可視化される．図 5 は全てのサービスの疎通性が確認された状態をされているのに対して，図 6 では A lookup サービスに障害があると検知されている．このようにして，イベントネットワークの運用者はテスト端末ごとのサービス疎通状況をリアルタイムに把握し，実際に利用者が享受する通信品質の改善に役立てることができる．

5.3　動作検証を踏まえた考察 / 今後の課題

本提案で述べた監視システムを実装し，合宿地ネットワークの中で動作検証したなかから，以下の検討が得られた．

まず，監視システムを運用している中で，Raspberry Pi が熱により強制的に再起動してしまうという症状が見られた．このため，今回の動作検証では Raspberry Pi のケースの蓋を開けた状態で監視を続けて冷却効率の改善を図ったが，本来は Raspberry Pi のチップにヒートシンクを取り付けるなどの適切な熱対策が必要だと考えられる．

また．それ以外にもユーザの PC では正常にインターネットへの疎通性があるのに Raspberry Pi ではエラーが起こっているといったテスト結果が報告されることがあった．これについては今後システムの

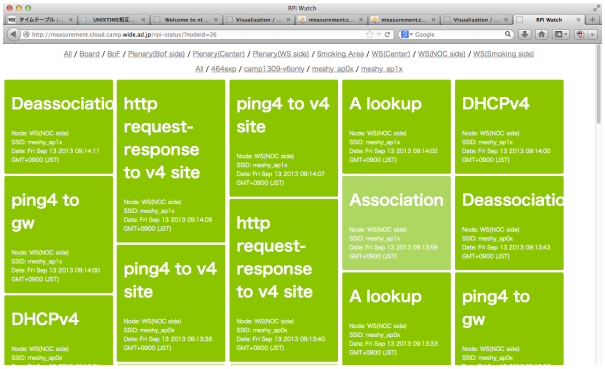

図 5　正常な状態

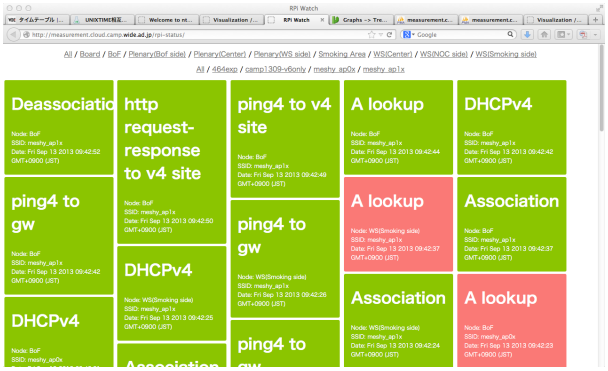

図 6　異常を検知した状態

監視ログと他の箇所で収集したログを突き合わせて監視が正しく行えているかの評価が必要である．

最後に，今回はテスト結果を OK か NG でしか報告していないが，テストスクリプトの実行時に出力された結果詳細も監視サーバに集積し，より詳細に障害の状況の解析を行えるようにしたい．

6　収集データの共有方法

合宿 PC 企画として「行動履歴の解析」セッションを執り行うために，4.2 節で述べた収集データを合宿参加者で共有する枠組みが必要となった．本節ではその方法について述べる．

収集データは，大きく分けて (i) ファイル形式のものと (ii) RDB 中のテキスト情報に分けられる．具体例を挙げると，前者は traffic dump ファイルであり，後者は IEEE1888 で計測した電力使用データである．

これらを合宿参加者で共有するために，database サーバを設置し http サーバにて公開した．上記 (i) の類型のものは apache の index 表示画面にて公開し，(ii) の類型のものは phpMyadmin 等の RDB の Web API を利用した．

ただし，収集した情報のなかには，traffic dump のようなセンシティブな個人情報を含むものが少なくなかったため，以下の二つの方法にてアクセス制御を行った．まず，上記ページにアクセスするためには専用パスワードの入力を必須とし，収集データを利用したい合宿参加者から合宿 PC に問い合わせした際に個別にパスワードを配布した．次に，上記ページのアクセスに際しては，moCA WG 発行のクライアント証明書による認証を必須とした．こうすることで，上記ページにアクセスを行った人物の WIDE 番号と氏名を apache の log にて記録した．

7　合宿地における実験

今回の合宿では，合宿テーマである「位置情報に基づく行動履歴の収集およびその解析」に沿う実験を中心に募集を行った結果，6 件の実験応募のうち 4 件が上記テーマに関する実験となった．

7.1　実験概要

今回の合宿では，以下に挙げる実験が合宿地ネットワークにて行われた．これらのうち，1. – 4. は合宿テーマに関する実験である．

1. ネットワークトラフィックの L7 解析によるユーザ別ウェブページ閲覧履歴の取得
2. Android 端末用の室内型位置情報アプリケーションの開発・評価
3. Cisco MSE による Wi-Fi デバイスの屋内位置情報追跡
4. ウェブトラッキング可視化実験
5. バックホール多重化および通信パラメータチューニングによる広帯域無線メッシュネットワークの運用実験

6. 464 Translation Technologies Evaluation

1. – 4. の実験詳細は，今年度 WIDE 報告書特集ページ「行動履歴データ蓄積，解析」の節に収録されることとなったので，そちらを参照されたい．また，6. については別 pdf ファイルにて報告書に収録される予定である．よって，本節では 5. についてのみ述べることとする．

7.2 バックホール多重化および通信パラメータチューニングによる広帯域無線メッシュネットワークの運用実験

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 年秋合宿では，無線メッシュネットワークの帯域を拡大するために，複数のバックホールチャネルの利用と，通信パラメータのチューニングを実施した．

バックホールチャネルを多重化することにより，より多くの帯域確保を予定していたものの，実際にはチャネルを跨いだアクセスポイント間の干渉により期待した結果を得ることはできなかった．合宿終了後の追試により，異なるチャネルを用いる場合でもある程度（およそ 1m 以上）アクセスポイントを離して配置しなければ同一チャネルでの干渉と同様の性能低下が発生することが確認されている．今後の合宿メッシュネットワーク運用に活用していく予定である．また，今回の運用では，低速度での無線リンクアップをできる限り排除する方向でパラメータチューニングを実施した．具体的には，ビーコン情報に低速リンクの情報を入れないことによる，IEEE802.11b ステーションの消極的な排除，IEEE802.11an の MCS インデックスを固定することによるバックホールネットワークのリンク帯域の確保を実施した．ただ，iperf による帯域計測では，前回春合宿のときと比較して大きな改善はみられていない．低速でのリンクアップがなくなっていることは確実なので，ユーザーの利用快適度は向上していた可能性もある．今後はバースト帯域測定とは異なる，メッシュネットワーク品質メトリックの定義が必要になると思われる．

詳細な報告内容は，「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．

8 まとめ

今回の合宿での Net PC の活動は，合宿参加者に安定したネットワークを提供する取り組みに加えて，位置情報に基づいた行動履歴の収集に注力したものであった．

安定したネットワークを提供するために，基幹サーバ群の冗長化や既存の死活 / サービス監視ツールの利用を行ったことに加えて，利用者視点からのサービス疎通性確認・可視化システムの開発及びその運用を行った．

また，行動履歴の収集にあたっては，位置情報，トラフィック，電力使用状況等の様々なデータの収集に取り組むのに加えて，収集データが機材トラブルにより消失しないよう冗長化を図った．

さらに，収集したデータをシームレスかつセキュアな方法で合宿参加者間で共有した．

今後は，行動履歴の収集に終始するだけでなく，収集したデータの価値ある利用法を見いだせるよう目指す次第である．