

第 XXIII 部

第 54 回 I E T F 横浜会議報告

第23部

第54回 IETF 横浜会議報告

第1章 概要

2002年7月14日(日)から7月19日(金)までパシフィコ横浜国際会議場において第54回の IETF (Internet Engineering Task Force) が開催された。会議のホストは、WIDE プロジェクトが担当し、スポンサーとして富士通(株)、そして多くの企業の献身的な支援により成功裏に開催することができた。横浜は2週間前にワールドカップサッカー最終戦が開催された地であり、成田空港から会議場まで IPv6 ベースの無線 LAN の空間を提供することで参加者をインターネットの会議らしく歓迎した。参加者の90%近くが無線 LAN によってインターネット接続をしていた実態は無線インターネット時代の本格的なスタートを予感させた(図 1.1: 横浜会場における無線 LAN サービスの状況)。

1986年に21人の参加者でスタートした IETF はインターネットプロトコルの標準化を議論する場としておおむね年三回の開催ペースで現在に至っている。IETF における RFC という形式での公開オンライ

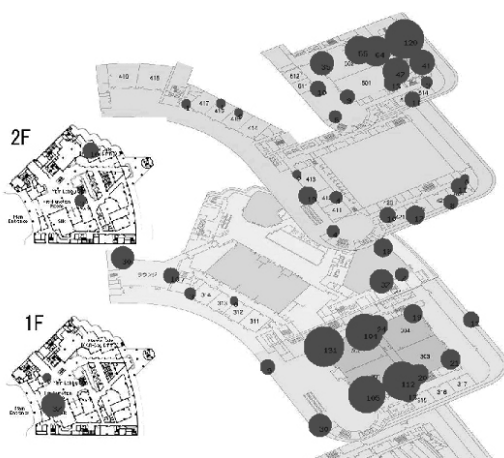


図 1.1. 横浜会場の無線 LAN サービス状況 (7月16日午後のセッション中)(図中の印が基地局の位置を、数字が同基地局への接続者数を表す)

ン文書を軸とした標準化作業は、ISO や CCITT(当時)の標準化作業と大きく異なっていることが知られている。その理念は基本的には純粋に技術的なプロトコルに関する提案と議論を個人の資格で行うことになっており、標準仕様に関する合意形成も投票でなく、相互運用性などの実績と「ラフコンセンサス」で行われる。

IETF にはその歴史においていくつかの改革がある。ひとつは1992年神戸での INET92 において、IETF の法務的な役割を担う Internet Society という法人組織を形成することで OSI や ITU-T などの公式な位置づけを明確にしたことである。これによってグローバルな技術標準活動としての IETF が他の国際標準活動との対等な関係を締結できるようになった。もうひとつは、国際化であり、米国の研究者グループからスタートした IETF の運用は、グローバルでビジネスセクタを含んだ運営へと方針を転換した。しかし、しばらくはヨーロッパからの参加者も少なく、アジア・日本からの参加者は非常に少数であった。

1992年の改革に基づき、米国外での初の開催が1993年にオランダで実現された。これは最も「海外」参加者が多く、かつ、標準化活動に貢献が大きかった回であると言われている。

日本への誘致は IETF における国際標準活動での日本の技術者のグローバルな活躍へのきっかけとしての期待があったので、1993年からただちに開始した。しかし、その時点での日本からの参加者は少なく、標準化に対する貢献も目立たなかった。日本からの貢献は InternetFAX、文字の国際語化、衛星インターネットなどのやや変化球で開始され、モバイルインターネット、DNS そして、IPv6 関連などでのコアプロトコルへの大きな貢献が実現された。この実績と参加者数の増加を背景に1998年には日本での開催が事実上決定し、開催時期や場所などの検討を始めた。2000年の INET2000 日本開催との重複を避け、実現したのが2002年開催の54回 IETF であった。9月11日(2001年)のテロ発生の影響と、それともなう経済の変革、そして、IT 業界の大きな構造改革などを背景に、特に米国からの参加者を300名と

I E T F 2 0 0 2 年 2 月 2 0 日 横 濱 開 催 報 告

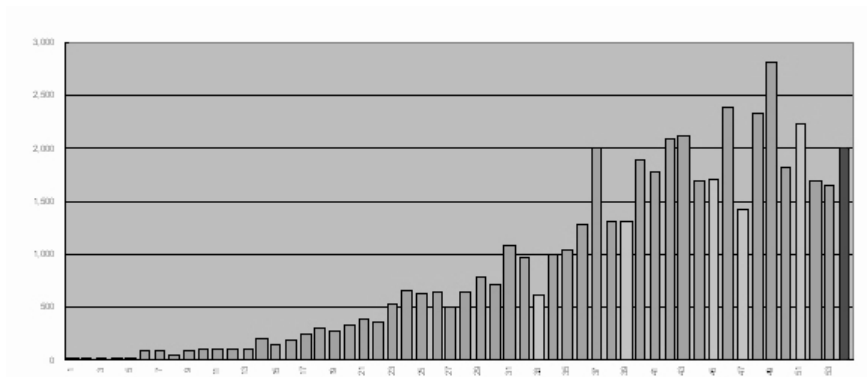


図 1.2. IETF 参加者数の変化 (横軸：IETF の回数 (回)、縦軸：人数 (人))

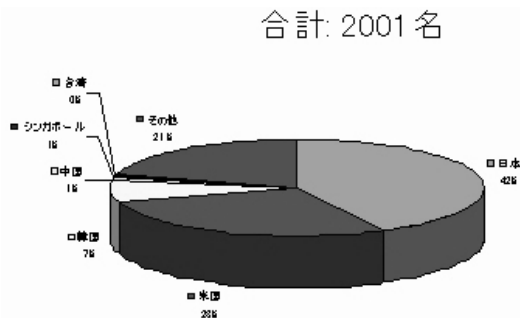


図 1.3. 国別参加者数の構成比

表 1.1. 国別参加者数

Japan	844
US	558
Korea	147
China	18
Singapore	13
Taiwan	8

想定し、関係者の大きなリスク感のもとに進められた開催計画であったが、結果として 2000 名を超える参加者を迎え、IETF の流れとしても久しぶりに「パワフル」な会議と評価されることができた。これまで少なかったアジアからの参加者も韓国からの百数十名の参加者をはじめ、急激に増加した。図 1.2 にこれまでの IETF への参加者集の変遷、表 1.1、図 1.3 にそれぞれ今回の国別参加者数とその構成比を示す。

1992 年から開始された IETF の大きな使命はもうひとつある。IPng と呼ばれた「次世代の IP」の選定である。大きく展開したインターネットへの新プロトコルの導入は「自身の成功の被害者」とも呼ばれ、大きな困難の元に進められてきた。わが国はこの後に IPv6 と呼ばれるようになった新しいプロトコルへの研究開発・実証実験への積極的な取り組みで知られていたが、今回の IETF では、IESG のプレナリにおいて「IPv6 は次世代のプロトコルではなく、現在のプロトコルである」という宣言がなされるなど、IETF のコミュニティでも一部に残っていた

IPv6 に対する躊躇ムードは払底した感がある。この大きな変化の主たるリーダーシップがたくさん日本の若いプレーヤーであったことを考えると、わが国の「第二世代」の横浜での力強い出発ととらえることができる。日本開催の大きな成功と意義を認めることができる。

以下に、日本からの参加者が中心的役割を果たす IPv6-WG、日本人がチェアを務める 2 つの WG である FAX-WG と UDLR-WG の横浜会合を中心にした活動の概要、さらに IETF への参加者サービスとして今回特筆すべき、成田空港内、列車 (成田エクスプレス) 内、および IETF 開催会場における無線 LAN サービス概要の報告を行う。

第 2 章 IPv6 の話題

IPv6 が最も進んでいる日本で開催された第 54 回 IETF は、IPv6 にとって意義深い会合となった。本

セクションでは、第 54 回 IETF をネットワーク、標準化作業、および全体会議に分けて説明する。

2.1 IPv6 コネクティビティーの提供

日本の玄関となる成田空港に無線 LAN の無料サービスを、成田空港公園殿をはじめとする多くの企業の方々のご協力とご尽力の結果、実現することができた。また、パシフィコ横浜までの主要交通機関となる成田エクスプレスでは、グリーン車に無線 LAN が設置され、上流に FOMA を利用して車外とも通信可能となっていた。IETF 会場では、富士通と WIDE プロジェクトの合同チームがネットワークを敷設し、Ethernet および無線 LAN での接続を提供した。さらにインターコンチネンタルホテルと、非公式ではあるが会場近くのスターバックスも無線 LAN でカバーした (図 2.1)。

もちろん、これらすべてのネットワークで IPv6 が利用可能であった。すなわち、日本に到着した外国からの参加者は、いつでもどこでも IPv6 が使用可能なネットワーク環境の提供を実現した。

IETF の主目的は標準化作業である。IPv6 分科会では、日本で IPv6 のビジネスが広がろうとしている事実を踏まえ、ビジネスに直結する技術を優先的に標準化していくことが公式にラフコンセンサスとして合意された。たとえば、ISP から顧客へのアドレス空間の配布技術や、DNS サーバを探索する技術に関する議論を優先するなどの措置がとられることに



図 2.1. 屋外を狙う無線 LAN 用アンテナ

なった。

同分科会では、WIDE プロジェクトを中心とした、日本人の発表が多数見られた。また非公式ではあるが、IPv6 分科会の要請により、休み時間を利用して日本での IPv6 の応用事例 (ゲーム機、家電、車) が紹介された (対応は、村井、山本、江崎)。

全体会議 (IETF プレナリ) では、IPv6 に関するパネルが設けられた。5 人のパネリストの内、3 人が日本人 (すべて WIDE メンバー) であった。このパネルの主旨は、夢ではなく、IPv6 の現実を聴衆に伝えることであり、それぞれのパネリストが IPv6 の現状と利点について語った。

IPv6 に関し標準化された技術の中で、どれが利用され、どれが役に立たないか明確にすることができた。また、ファイヤウォールではこれからのインターネットの安全性を確保するには限界があるので、新しいセキュリティモデルが必要であることも認識されるとともに、その技術の議論と標準化の必要性が強調された。

IETF の参加者の内、7 割程度が IPv6 を利用していると手を挙げていた。しかし、そんな中にも IPv6 に不安や懐疑の念を覚えている人が少なくなかったに違いない。このパネルはそのような参加者にも IPv6 に対する確信を与えたと思われる。IPv6 の懐疑派として知られていたパネルの取りまとめ役の「IPv6 は未来のプロトコルではない。IPv6 は現在のプロトコルなんだ」という言葉がそれを象徴していた。

第 3 章 FAX-WG 報告

IETF 横浜で FAX-WG の WG 会合を開き、テクニカルな議論を行う予定は当初なかった。

主な Milestone を終え、ほとんどの Internet-Draft は、RFC 化のための WG Last Call や IETF Last Call 中のものであったためである。今会合でも、当初はそういった Internet-Draft の状況確認や、RFC2305(インターネット FAX シンプルモード) や RFC2301(インターネット FAX ファイルフォーマットの規定) の Draft Standard 化作業のための実装などの確認の会合の予定であった。

しかし、SMTP(Simple Mail Transfer Protocol) を

利用して機器間で直接リアルタイムに通信を行う提案の議論が横浜会合では白熱した。通常の FAX は、電話回線を用いてリアルタイムに通信を行うが、このリアルタイム性こそ FAX でもっとも重要な要素の一つであり、FAX-WG の課題でもあった。

RFC2305 を含めて、FAX-WG で扱うものはすべてメールベースであり、SMTP は MTA(Mail Transport Agent) を介した Hop By Hop の通信であるため、現状、リアルタイム性に欠けるところがある。本提案は、MTA を介さずポート 25 を開いている機器 (= 受信機) に対して、直接送信を行い、リアルタイム通信を実現する。FAX には、通信する機器同士的能力交換がつきものである。

この能力交換を考慮した途端に、様々な問題が生じる。当初、受信側は一宛先のみを考慮したものであった。しかし、メールであるからこそ複数宛先を考慮すべきとの意見が当然のようにあり、複数宛先との能力交換をどうするのか、送るべき内容は宛先ごとに異なるのか、SMTP クライアントの状態管理をどうするのかなど、新しい技術課題へのチャレンジングな内容となった。

従来から使用されている FAX に固有の仕様のみとすれば問題ないのかもしれないが、トランスポートとしてインターネットでもっとも普及しているプロトコルの一つである SMTP を使う。多くのメール関連の RFC を築き上げてきた専門家の間でも物議をかもしている。インターネット FAX だけでなく、他のアプリケーションも考慮すべきとの意見もあり、FAX-WG の範疇を越えている部分もある。現在、この議論をどのように収束させるかが FAX-WG の課題となっている。

第 4 章 UDRL-WG 報告

UDL(Uni-Directional Link) は衛星回線に代表される片方向の通信路のことを指す。また UDRL(Uni-Directional Link Routing) は、UDL を使ったネットワークにおける経路制御を表している。インターネットで現在一般的に利用されている多くの経路制御技術は、通信路は双方向で通信が可能であることを前提として設計されている。そこで、UDLR-WG

は IETF の routing area の WG として 1997 年より活動を開始し現在に至る。そのチェアは JSAT 株式会社の泉山氏、フランス UDcast 社の Emmanuel Duros 氏である。

UDLR-WG は 1996 年に二度の BOF を実施したうえで、1997 年 1 月に正式に WG として発足した。まず、UDL を含むネットワークにおいて経路制御を行う場合に必要な対応を、既存のインターネットルーティングアーキテクチャに手を加えないで行う短期的ソリューションと、インターネットルーティングプロトコルの設計段階で UDL を考慮にいたした設計を行う長期的ソリューションの二つに大別した。その上で、まずは短期的ソリューションに WG として注力することとし、長期的ソリューションについては、短期的ソリューションの目処がついたうえで対応するコンセンサスがとられた。

短期的ソリューションとしては、IP 以外のパケットも運ぶことを考慮して、GRE(Generic Routing Encapsulation) トンネルを用いて UDL を通常のインターネット回線の様に用いることを可能とする RFC3077 “A Link Layer Tunneling mechanism for Uni-directional Links” が WG の最初の RFC として 2001 年 3 月に発行された。

最初の RFC の発行の後、新たな WG の方針として RFC3077 を用いたネットワークの運用を行う上で有用となる、今までの知識経験をまとめた文書を informational RFC として発行することが定められた。これは、Routing Area の Area Director から以前より求められていた文書でもあった。

RFC3077 によりネットワークオペレータは、片方向の回線をネットワークの一部として用いつつ、既存のルーティングプロトコルをその上で利用することが可能となる。

たとえば衛星回線を用いて複数の地点を結び、仮想的に Ethernet で送信局と地理的に広域に分散する受信専用拠点を結ぶようなネットワークを構築することができる。

今までは、片方向の回線の部分は、何らかの静的な経路制御の設定を行わなければならなかったが、RFC3077 を用いることで、動的経路制御プロトコルを用い地上で行われている運用と同等の経路制御を採用することが可能となった。

これは、片方向回線の部分において特別な運用が必要であったものを、片方向回線を含むネットワーク

全体でシームレスな経路制御を行うことができることを示している。

UDLR-WG では、WG の初期の段階より、日本およびフランスにて実装を進め RFC 化に向けての準備を進めてきた。現在では、RFC3077 の商用の実装も複数市場には存在し、相互接続試験も実施され WG に報告されている。

また、それらの成果が商用のサービスや、学術ネットワークでは利用され始めている。

現在の WG での活動は、それらの実ネットワーク運用の経験から、各種動的経路制御プロトコルの利用に際しての注意事項または制限事項をまとめ、それを Informational RFC としてまとめていくことに注力している。

IETF 横浜会合における UDLR-WG では、主にマルチキャストを衛星環境で用いる場合の運用方法について議論が行われた。現在マルチキャストに関わる WG のドラフトは、フランスから DVMRP(Distance Vector Multicast Routing Protocol) に関わるものと、日本から筆者らが出している RFC3077 環境でマルチキャストネットワークを構築する上で考慮すべき問題点を明らかにしたドラフトの 2 点がある。横浜会合では、その前者のドラフトの改訂点についての発表と、まだドラフトにはなっていないが、今後ドラフトにしていく予定の PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode) を用いた場合の運用方法についての発表が WIDE プロジェクトのグループから行われた。

DVMRP の利用についての発表では、mrouted プログラムを用いて、地上で展開するマルチキャストネットワークに比較すると受信局数が多い衛星を利用した環境において、効率的に経路制御およびマルチキャストネットワークの運用を進める方法について mrouted の改良および提案がのべられた。

一方、PIM-SM の運用に関しては、UDL を使う場合に注意すべきネットワークポロジの作り方、および実際の運用方法について、実ネットワークでの運用経験の基づいた発表がなされた。

第 5 章 成田エクスプレスにおける無線インターネット実証実験

5.1 概要

成田空港と首都圏を結ぶ空港特急「成田エクスプレス(以下、NEX)の全編成におけるグリーン車(全 23 輦)に無線 LAN(IEEE 802.11b 規格)によるインターネット接続環境を設置し、2002 年 5 月 27 日より 7 月 31 日の間、インターネット接続サービスを提供する「無線 LAN によるインターネット接続実験@成田エクスプレス」を実施した。

本実験は、IPv6 普及・高度化推進協議会(以下、協議会)が通信・放送機構(TAO)と連携し、WIDE プロジェクト、JR 東日本、総務省、国土交通省等の協力を得て実施された。事前の技術検証を経て、2002 年 4 月には協議会内にトレインモバイル SG(Special Group) を設立し、IPv6 普及高度化協議会会員の協力のもと、2002 年 5 月 27 日~7 月 31 日の約 2 ヶ月間を実験期間とした。

トレインモバイル SG メンバ:

(株)アイ・エム・デイ、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)、(株)エヌ・ティ・ティ・ドコモ、ノキアジャパン(株)、(株)三菱総合研究所、三菱電機情報ネットワーク(株)

実験期間中、成田エクスプレスの全てのグリーン車でインターネットの常時・高速接続が可能となった。また、FIFA ワールドカップ関連情報やニュースなどが閲覧できるコンテンツサーバも車内に設置した。本実験に多大なるご協力をいただいた以下の方々に、改めて感謝の意を表す次第である。

協力

東日本旅客鉄道(株)

オブザーバー

総務省、国土交通省

コンテンツ提供

(株)イーブックイニシアティブジャパン、(株)インプレス、(株)交通新聞社、国際観光振興会、新東京国際空港公団、ソニーマーケティング(株)、(株)電通、(財)日本気象協会、毎日新聞社、読売新聞社

5.2 実験の目的

本実験は、生活必需品となったインターネット環境を公共交通機関・施設等でも快適に利用可能とするための構築・運用方法に関する研究の一環として、特に 100 Km/h 以上の高速移動体におけるブロードバンド・インターネットサービス(200 Kbps 以上)の

技術開発を目的とした。

また当年は 6 月に FIFA ワールドカップ、7 月に IETF 国際会議が日本で初めて開催されることもあり、それらを目指して来日する人々を含めて、国内外に日本の IT 技術の水準をアピールすることも目的とした。さらに実施期間を通じて、協議会主催で実施した「無線 LAN によるインターネット接続実験@成田空港」や、JR 東日本により東京駅などで実施中の「無線による、駅でのインターネット接続実験」とも連携し、よりシームレスなインターネット接続環境の実現を目指した。

本実験に先立って、協議会では以下の実証実験を通信・放送機構 (TAO) と連携して実施した。

(a) モバイル IPv6@train 実験

- 2002 年 2 月 1 日～3 月 31 日
- 小田急電鉄口マンスカー EXE、京浜急行電鉄 Wing 号
- KDDI CdmaOne
- ビデオ・ストリーミング、コミック、MP3、電子新聞など
- 車内でのモニター実験、特定モニター

(b) 3G@NEX 実験

- 2002 年 3 月 10 日～3 月 31 日
- JR 東日本成田エクスプレス (NEX)
- NTT ドコモ FOMA
- 100 km/h 以上での通信、IPv6 over IPv4
- 特定モニター、研究者によるモニター

本実験は、これらの実験の成果を生かし、さらに技術開発を重ねることにより実現した。また、総務省および国土交通省がそれぞれ 2001 年度に実施した

列車内無線 LAN 環境に関する調査研究の結果も参考にした。実施の概要は以下の通りである。

実施期間

2002 年 5 月 27 日～7 月 31 日

主な実施場所

成田空港駅～大船/大宮駅区間の成田エクスプレスグリーン車内

提供するサービス

無線 LAN(IEEE802.11b) を利用したインターネット接続サービス及びコンテンツ提供サービス

外部との接続

第三代携帯 (FOMA) を利用

利用者

グリーン車に乗車した不特定モニター (事前登録なし)

5.3 システムの概要

NEX において、無線 LAN 経由でインターネット接続環境を提供するため、グリーン車毎に装置を搭載した。装置には無線 LAN 用アクセスポイント、ローカルコンテンツ用 Web サーバならびにインターネット接続用コミュニケーションサーバを実装し、図 5.1 に示すシステム構成にて構築した。

インターネット接続としては、(株)NTT ドコモ殿の第三代携帯である FOMA(下り 384 Kbps) を利用し、IPv6 普及・高度化推進協議会の運営するネットワークへ直接接続して IPv4 ならびに IPv6(トンネリングで実現) の環境を提供した。

また、Web サーバ搭載によりニュース、気象情報、ならびに駅乗換え案内等のローカルコンテンツも提供

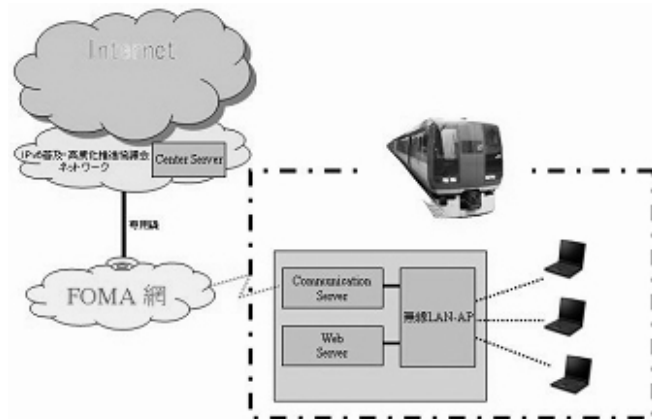


図 5.1. システム構成図

し、動的コンテンツについては定期的にセンタサーバからダウンロードすることで更新を行った。端末は利用者が持込むものとし、誰でも自由に接続可能とするため、無線 LAN における認証 (WEP) は実施していない。装置 (図 5.2 右側のアルミケース) は、車内荷物棚脇の JR 東日本の装置設置スペースであるハットトラックと呼ばれる場所に、人目につかないよう搭載された。



図 5.2. システム搭載状況

5.4 実験実施準備

5.4.1 システム構築における課題と対策

システム構築に当たっては、通信機器を列車に搭載するというその特殊性と、事前に実施した「3G@NEX 実験」(前章参照、以下「事前実験」)の結果等を考慮した上で、以下の構成を採用した。事前実験で確認された技術的課題についても対策を施した。

サーバ機種及びサーバ OS の選定

- (1) OpenBlockSS(OBSS)：筐体のコンパクトさ、ハードウェア安定性を考慮。
- (2) Linux(Kernel2.4.10)：性能、カスタマイズ性、保守性を考慮。

インターネットへの Uplink 回線の選定

FOMA、Cdma2000、AirH⁺ を利用した事前検証実験の結果、安定性・接続性、高速性を考慮して FOMA(上り 64 kbps、下り 384 kbps) を採用した。

FOMA の技術的課題とその対策

- (1) サービスドロップアウトポイント出現：基地局増設 (NTT ドコモ) により解消。
- (2) サーバと FOMA カードの状態不一致：L2 と L3 の通信状態同期制御を実施することにより解消。

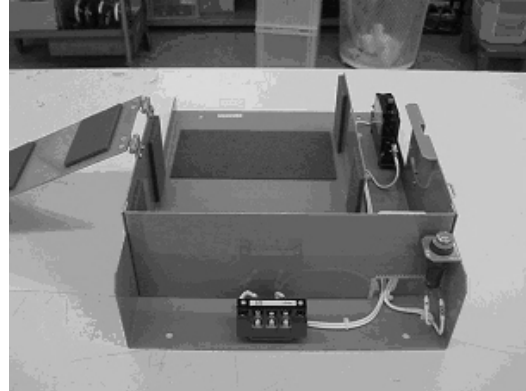


図 5.3. IT 装置取付盤

- (3) FOMA 端末カードの捕捉と IPv6 トンネル接続実現：データ系直収サービス (NTT ドコモ「第一種専用線等接続サービス」) 利用により、FOMA 搭載サーバへの固定 IPv4 グローバルアドレスの割当を実現。

無線 LAN の技術的課題とその対策

- (1) アクセスセキュリティ：利用者の利便性と機器互換性を考慮し、WEP 設定無しとした。
- (2) JR 駅 (東京駅) で利用の無線 LAN との混信防止：SSID(NEX) と CH(1ch) 設定
- (3) グリーン車内の個室利用ユーザへの対応：無指向性無線アンテナの利用により電波の到達範囲を拡張した。
- (4) 802.11b の採用：802.11a 利用ユーザは現時点では少ないため、802.11b のみのサポートとした。
- (5) AP の出力：人体への影響などに配慮し、一般環境で使用される低出力機器を採用。
- (6) 車両外部への電波漏れ：遮蔽や電波出力の調整などは、コスト等や手法、影響度を勘案し、特別な対策はしなかった。

設置環境への対応

(1) 機器設置場所

● IT 装置取付盤

業務用ハットトラック内への収納のため、別途 IT 装置取付盤 (図 5.3) を設置。

● 寸法・重量制限

収納スペースの制限を満たす IT 装置を実現 (図 5.4)。

IT 装置外形寸法：D100 mm × W200 mm × H300 mm

装置重量：5 Kg 以内

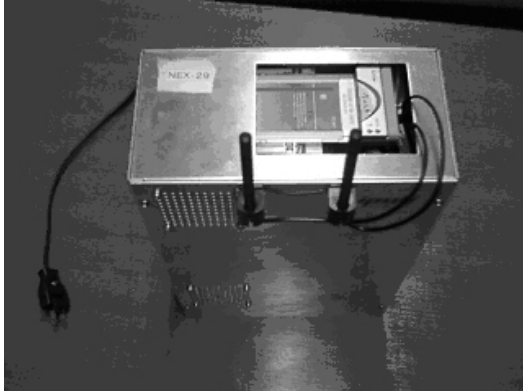


図 5.4. IT 装置

(2) 電源関係

- 電圧降下対策
安定化電源を利用。
- 突入電流対策
サージャー付加はせず、安定化電源で代用。

(3) 熱対策

- 装置全体の放熱性の向上
アルミ製筐体を採用。
- 装置からの発熱量削減
個別の SW HUB を廃止し、HUB 付きの無線 LAN アクセスポイントを採用。
安定化電源に低発熱量モデルを採用。
- 排気機能向上
2 個のファンを取り付けるとともに、大口の吸気口を設置
- 個別機器の放熱性の向上
FOMA カード：吸気口に設置
無線 LAN アクセスポイント：無線 LAN カードへのヒートシンク取り付け
サーバ (OpenBlock SS)：サーバの放熱盤をアルミ製筐体へ直付け

(4) 振動対策

- 振動によるストレージディスク破損回避
CF カード (1G)、フラッシュディスク (2G) を採用
- IT 装置取り付け
取り付け盤と IT 装置間に緩衝材 (ウレタン材) 挿入
- 各種ケーブル
接着ケーブルタイで固定
- ネジ
凝固材塗布による固定 (一部装置のみ)

事前実験における試験項目

- (1) FOMA、AirHTM、cdma2000 の電界強度測定：
横浜～成田空港で乗車測定
- (2) FOMA での PING 到達率測定：横浜～成田空港で乗車測定
- (3) 無線 LAN 電波強度測定：
 - －フロア環境 (間仕切り空間を挟んで実施)
 - －NEX 車内 (個室、隣接車両、混雑時の場合)
- (4) 電波干渉・ノイズ測定：無線 LAN と FOMA 電波干渉状況測定
- (5) 高温試験：外気・IT 装置内温度変動 (15℃～70℃) 時の、IT 装置稼働状況確認
- (6) AC 供給電圧変動試験 (0V～120V)
- (7) 振動試験：約 2 週間の実車両搭載により実施
- (8) 瞬停試験：手動での AC 電源供給断、及び実車両でのパンタグラフ上げ下げ条件下
- (9) 無線 LAN カード試験：4 種類 (廉価版、オンボード、高感度、普及版) のカードでの接続試験

車内コンテンツ整備

成田エクスプレス車内からは、「3.2 ネットワーク構成」で後述する経路でインターネット上のコンテンツを参照できる環境を構築するが、利用者への安定したコンテンツ提供や外部への通信負荷低減を図るため、コンテンツの一部を車内のアプリケーションサーバに蓄積し、これをシステム側で随時更新を行うこととした。

車内コンテンツは、ニュース・天気予報の他に、海外からの旅行者向けに観光案内や主要駅・都市の地図などを用意した。またワールドカップ期間中は、試合スケジュールや試合会場案内なども合わせて公開した。さらに、電子ブックデータ (漫画) や日韓親善大使の紹介など、エンターテインメント性の高いコンテンツも準備した。

特にニュース・天気予報については、以下の手順により、毎日定期的にアプリケーションサーバ内のコンテンツデータを更新するようにした。

- (1) コンテンツ提供各社からデータセンタ設置のサーバに FTP でファイルを随時更新
- (2) データセンタのサーバで該当ファイルを車内コンテンツ用に加工
- (3) アプリケーションサーバが 30 分に 1 度、FOMA 経由でデータセンタ・サーバに FTP アクセスし、サーバ内の該当ファイルを更新

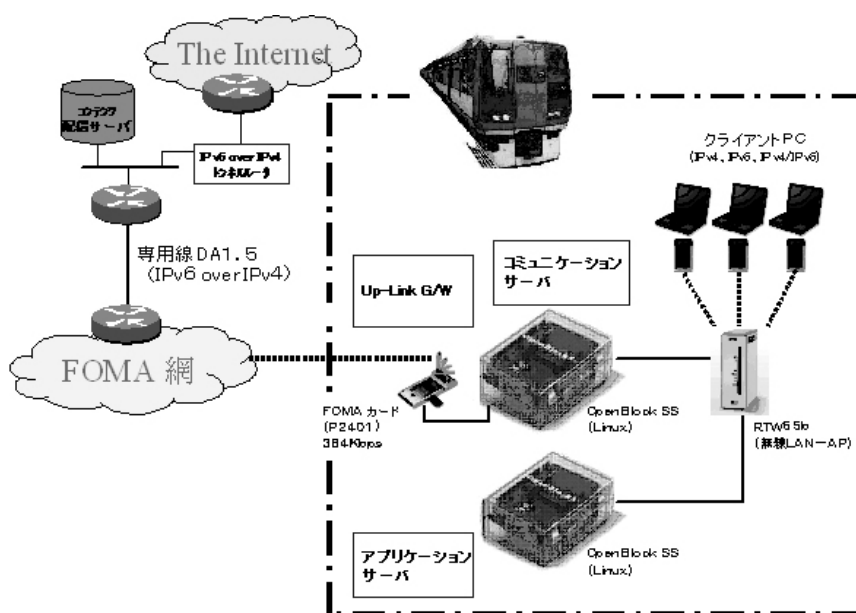


図 5.5. システム全体図

5.5 実験システム

5.5.1 システム全体構成

成田エクスプレス車両内には、コミュニケーションサーバ、アプリケーションサーバ、及び無線 LAN ルータを設置し、コミュニケーションサーバに装着した FOMA カードにより、FOMA 網、専用線、データセンタを経由してインターネットと接続する構成とした。システム全体図を図 5.5 に示す。

5.5.2 ネットワーク構成

システム全体のネットワーク構成とアドレス体系について、図 5.6 及び図 5.7 に示す。

5.6 実験の成果

5.6.1 概要

FOMA を利用したインターネット接続は、実効で 170 Kbps 程度 (電波の捕捉状態により ± 30 Kbps 程度の幅がある) とまずまずのスループットが得られた。また (株)NTT ドコモ殿が FOMA カードへの特別なチューニング実施したことで、最高速度 130 km/h で走行する NEX においてもトンネル区間等の圏外を除き接続性が確保できた。ただし、64 byte の Ping によるラウンドトリップディレイは 400 ms 程度 (電波の捕捉状態により 1,000 ms 程度まで悪化する場合

がある) と大きな遅延が発生した (図 5.8)。

この遅延は、FOMA に限らず携帯端末のパケット通信において発生したが、今回の実験環境である Web や Mail の使用感において顕在化するものではない。システムとしての懸案事項のひとつは、空調のないハットトラック内での温度上昇による機器の安定性の確保であった。7月9日から19日まで温度測定を実施し、ハットトラック内最高が 37 度、装置内の最高が 42.5 度と稼働条件 50 度を下回っていることが確認できた。

また、振動については、ウレタン素材によるクッションシートを装置と取り付け盤の間に挟む程度の処理で特に問題は発生していない。ただし、供給電源の異常と思われる障害が数件発生し機器交換を実施した。フラッシュメモリによるディスクを使用して耐久性を確保していたが I/O エラー障害が発生した。装置筐体 (今回は 300 mm \times 200 mm \times 100 mm) の制限から UPS の搭載は難しい状況であったが、車載システムとして実用化が図られる際は、安定的な電源確保のため UPS は必須である。

実際の利用状況については、執筆時点で実験が完了していないため正確な統計情報は取得できていないが、いくつかのログ情報より、グリーン車 1 輛当たりの日毎ローカルコンテンツへのアクセスが 1~2 件、インターネット接続についても、これより若干多い

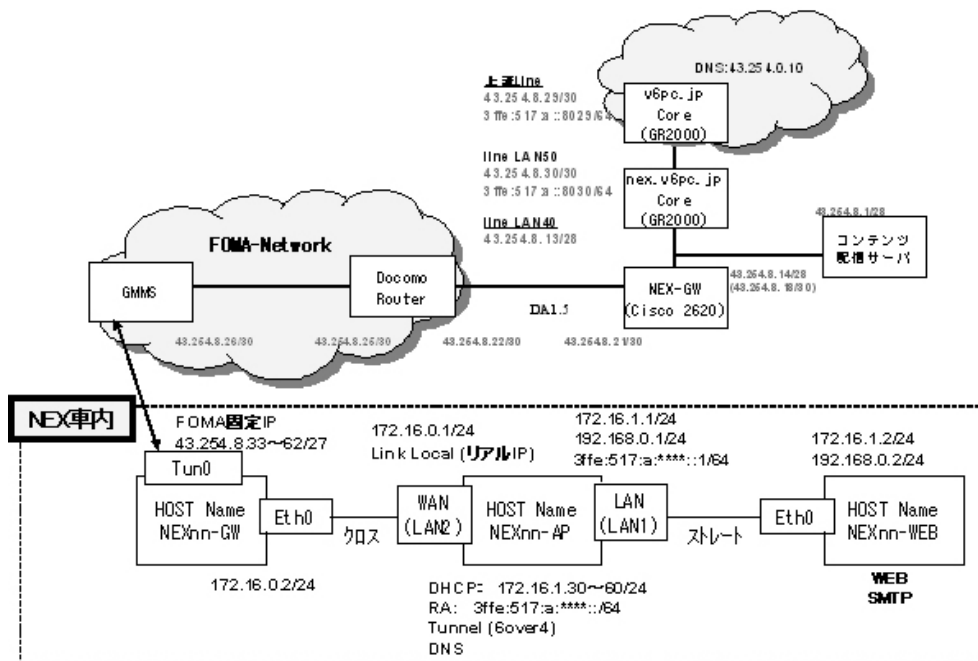


図 5.6. ネットワーク構成図 (1)

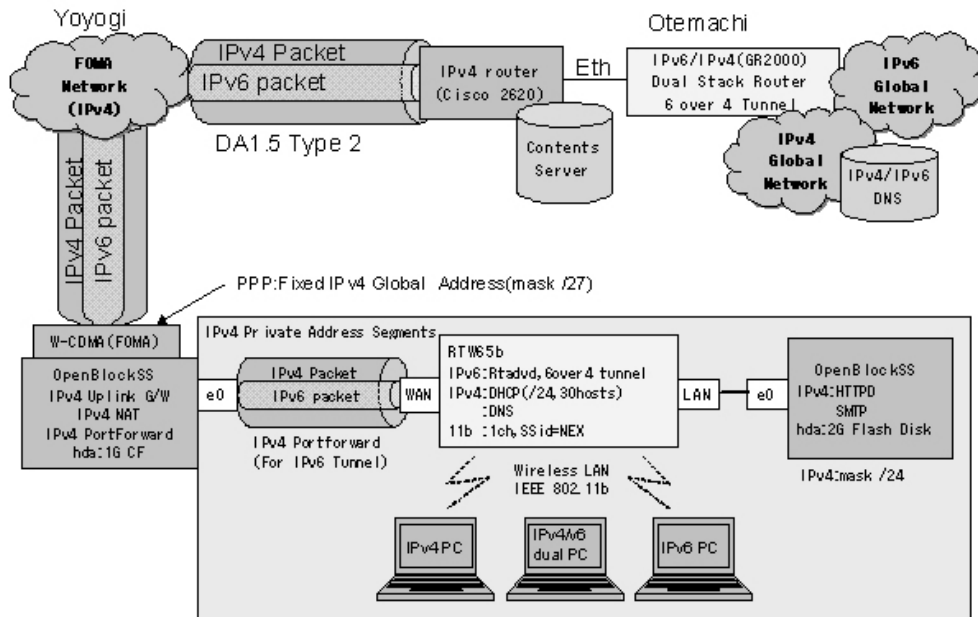


図 5.7. ネットワーク構成図 (2)

程度と利用は少なかった。延べ利用者数は、約 2 ヶ月間で 100 人程度と思われる。今後、ホットスポットが増え無線 LAN によるインターネット利用環境が整備されるにつれ端末を持ち歩く人が増える予想され、今回の実験で提供したような環境の必要性も高まると思われる。商用化に向けては、ユーザ認証や課金方式ならびに

コストも含む運用面からクリアしなければならない課題が残っており、システムと新しいビジネスモデルの開発が必要である。

5.6.2 利用状況

5月27日(月)から7月31日(水)まで、成田エクスプレスのグリーン車全車(23車両)に前述のIT装

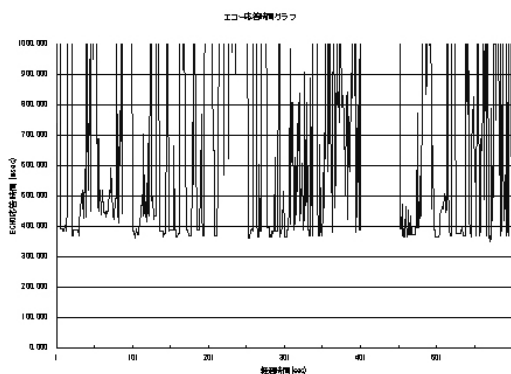


図 5.8. 走行中 10 分間の Ping 結果

置を設置し、実験を実施した。搭乗者の利用風景を
図 5.9 に示す。



図 5.9. 搭乗者の利用風景 (成田エクスプレス車内)

搭乗者が持ち込むノート PC では、無線 LAN 経由で車内のアプリケーションサーバにアクセスすることで、2~3Mbps 程度の速度で前述の車内コンテンツを参照できた。またインターネット接続は第 3 世代携帯 (FOMA) により、高速走行中 (130 km/h) でも 200 kbps 程度のスループットが計測できた。

アプリケーションサーバで記録した Apache のログファイルを分析した結果、実験期間中の利用者は、合計で 284 名であった。

実験期間中の成田エクスプレスのグリーン車利用者は約 65,000 人であったため、搭乗者の約 0.4% が利用した計算になるまた、利用者の使用 OS (リクエストの延べ数) は図 5.10 の通りである。

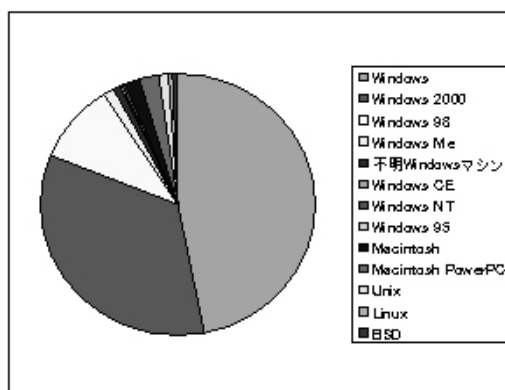


図 5.10. 利用者使用 OS (リクエストの延べ数)

5.6.3 システム稼動状況及びトラブル対策

実験期間中のシステム稼動状況は概ね順調であったが、電源系の一時的不具合が原因と見られる IT 装置のハングアップや外部接続トラブルが発生したため、成田空港駅にて装置の交換、あるいは電源の OFF/ON 作業を行い、システムを復旧させた。

特に外部接続に関するトラブルを考慮し、インターネットへの UPLINK 保持状況を外部から監視する方法として、システム動作開始～終了までの間、毎時 00 分、30 分にメールを自動発信する仕組みを採用した。このメールの到着状況を判断し、サービスが安定提供されていることを確認した。

電波状態不安定等で FOMA 圏内・圏外を繰り返した際に、サーバと FOMA カードの状態不一致が発生する場合があった。状態不一致となる根本原因の特定には至らなかったが、レポートによりシステムをリセットするのが最適であると判断し、IT 装置では UPLINK 監視・復帰プログラム (特定条件でサーバをリポート) を定期的に作動させた。

5.6.4 車載システム周辺の温度計測

実験期間中、7月中旬の約10日間に渡り、車載システム周辺の温度計測を実施した。温度計測にあたっては、ボタン電池型の温度計(サーモクロン)をIT装置の内外に取り付けて実施した。測定結果を図5.11、5.12に示す。

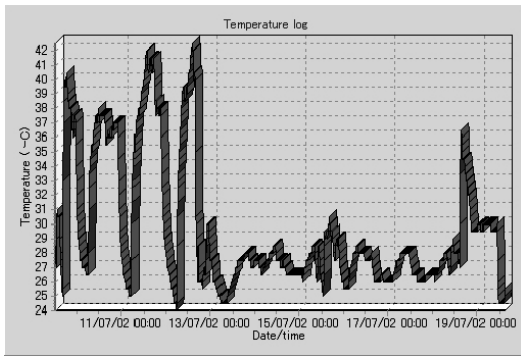


図 5.11. 車載システム周辺の温度 (IT 装置内)

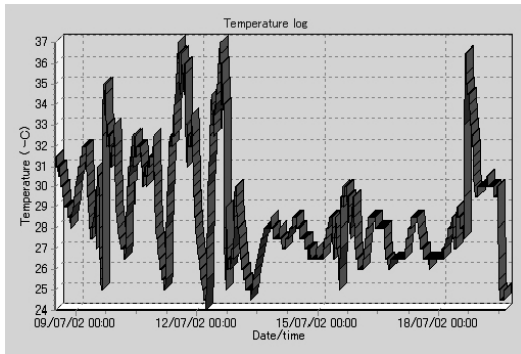


図 5.12. 車載システム周辺の温度 (IT 装置外)

5.7 システムに関する考察

5.7.1 インターネット接続の安定性

本実験では、インターネット接続に FOMA を利用したが、その性質上、電波の届かないトンネル区間や、高速走行区間での UPLINK の保持が困難であった。高速走行区間に関しては、前章で説明した特定条件におけるサーバリセットによって運用可能なレベルとなった。

5.7.2 システム安定稼働

実験期間を通じて、搭載サーバの DISK 故障が数件発生し、サーバ自身が起動不可となったり、内部コ

ンテンツの一部が参照不可になった。これらの障害は、次のような状況下で発生したと推測している。

- 列車の運行終了時の車両電源 OFF や電源系の一時的不具合により、システム停止や再起動動作が発生。
- OS の書き込み処理中に上記電源障害が発生して DISK セクター不良が発生。

上記のような電源に起因する障害回避には、UPS を利用したサーバ電源管理が有効である。今回の実験システムでは、DISK にフラッシュディスクを採用したことや、設置スペース上の問題から採用を見合わせた。また、本実験を実施するにあたり、走行時の振動と高温による障害が懸念された。振動については、ウレタン材を緩衝材に使用し、フラッシュディスクを採用することなどによって、大きな問題は発生しなかった。また、高温対策についても最高で 42°C 程度(7月中旬に計測)を記録するに留まり、システムの許容範囲(事前検証による)であった。

ただし、より長期にわたって運用する場合には、本実験では発生しなかった「ネジのゆるみ」「ファンの破損」「長期高温状態による故障」などが考えられる。サーバ設置スペース(W200 mm×D100 mm×H300 mm)の条件を緩和して、サーバ構成を再考することも必要だろう。

5.7.3 セキュリティ

本実験では、利用者に対するアクセスコントロールは特に実施しなかった。パンフレットやホームページの説明では、車内サーバに搭載した「利用規約」に合意したユーザのみの利用と謳っていたが、技術的にはそれを見ること無しに、内部サーバにも、インターネットにも接続できる。

この場合、悪意をもったユーザによる車内サーバへの破壊行為や、インターネットに対するクラック行為が懸念される。ただし、「乗車時間が1時間程度(インターネットに接続可能な時間はそれ以下)であること」「地上のインターネット接続環境と比べると速度面や接続の安定性で劣っていること」などの理由より、クラック行為を行う環境とはなりにくいと思われる。防御策としては、インターネットへの出口にてトラフィックを監視する(IDS など)とともに、個々の車内サーバへのセキュリティ対策が重要になる。

逆に、利用者を保護するという観点から、「意図しな

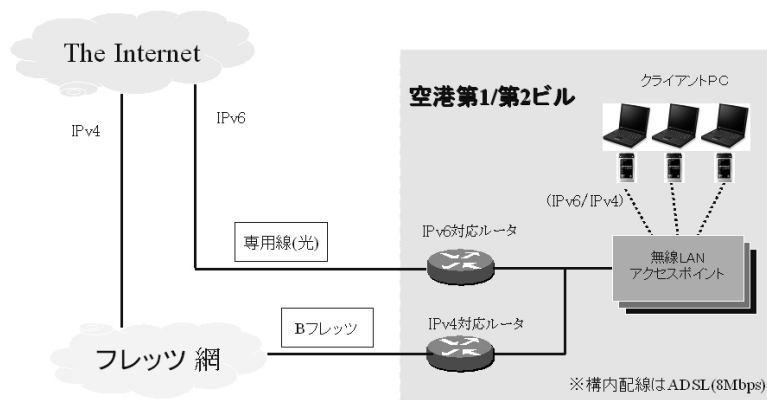


図 6.1. ネットワーク構成概念図

いファイル共有」や「インターネットからの不正アクセス」、「無線 LAN の盗聴」などについては、その防止策の検討が必要である。

しては、ほぼ、全域の搭乗ゲートで、無線 LAN を利用可能とした。

第 6 章 成田空港における無線 LAN 環境の提供

成田空港では、海外から日本に到着した時から、帰国便に搭乗する直前まで、無線 LAN のネットワーク環境を提供することを目指し、ネットワーク環境の整備を行った。

- 新東京国際空港公団殿
- 空港情報通信株式会社殿
- NTT コミュニケーションズ殿

のご協力のもと、Immigration 通過後の到着ロビーから無線 LAN を利用可能とした。また、出発の際

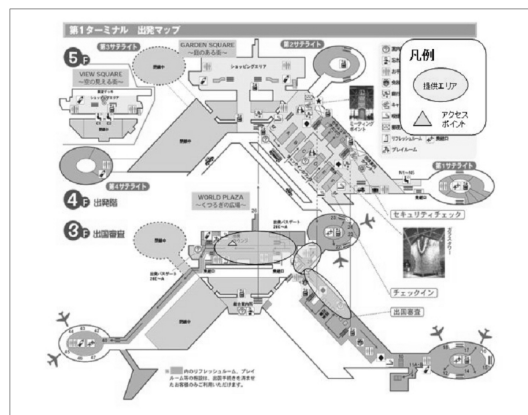


図 6.2. ターミナル 1 出発階サービスエリア

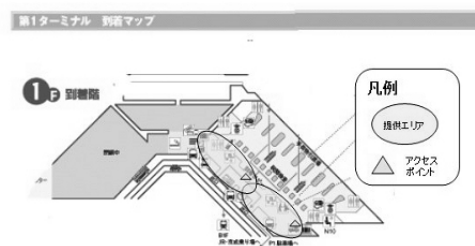


図 6.3. ターミナル 1 到着階サービスエリア

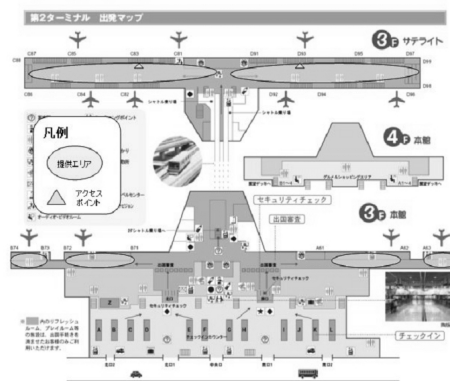


図 6.4. ターミナル 2 出発階サービスエリア

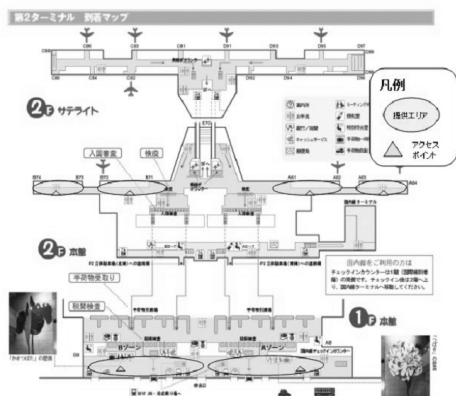


図 6.5. ターミナル 2 到着階サービスエリア

とともに、会議に併設された展示会場では、iGRID の国際的なデモンストレーションをおこなった。また、Inet2000 では、インターコンチネンタル・ホテルに無線 LAN の環境を提供し、いつでもどこでもインターネットへアクセスできる環境を提供した。ターミナル・クラスタは、当初インターネットへ接続された端末が並ぶ部屋のことを指していたが、最近では、無線 LAN 技術により、場所に関係なく、「インターネットへのアクセス環境の提供」へと変化してきている。

世界中で行われている会議の中でも、最もターミナル・クラスタが重要な環境であるのが、IETF の会議であろう。IETF は、インターネットの仕事に携わる人々が世界中から集まる。その中には、ISP のオペレータもいれば、ルータの開発をしている者もいる。彼らは、会議期間中であっても、仕事を休みわけにはいかない。いつでもインターネットを介して作業ができる環境でなければ、安心して議論に打ち込むこともできない。また、IETF は、基本的にメーリングリスト等を使ってオンラインでの議論をしているため、すべてのドキュメント、具体的には、RFC や ID(Internet Draft) は、オンラインの情報である。会議期間中これらのドキュメントがいつでもアクセスできなければ、会議そのものが成立しない。いつから IETF の会議にターミナルクラスが提供されていたかは定かではないが、かなり初期のころからターミナル・クラスタがあった。1994 年の Seattle, Washington, USA でおこなわれた会議では、USwest のコントリビューションにより 10 Mbps と T.1 の回線が会場に引き込まれ、NCD の X-terminal と Sun Workstation によって、ターミナル・クラスタが構成されている。無線 LAN 環境もかなり早い時期から提供が始まっていて 1997 年の Washington DC, USA の会議で DEC の無線 LAN が会場で利用可能になっている。

第 7 章 ターミナルクラスタ環境の提供

7.1 ターミナル・クラスタの位置づけと必要性

ターミナル・クラスタとは、各種会議などで、インターネットへのアクセス環境を参加者に対して提供するための、インターネットに接続された端末を集めた場所のことである。

WIDE プロジェクトが、設置に携わった最初のターミナル・クラスタは、1992 年 神戸でおこなわれた ISOC(Internet Society) 主催の Inet92 という国際会議であった。当時 WIDE プロジェクトが利用していた日米間の国際回線の帯域が 192 Kbps という時代に、我々は世界中から会議に参加する人に対して、最高のネットワーク環境を提供するために、神戸と慶應大学湘南藤沢キャンパスとの間に国際線の帯域と同じ 192 Kbps の臨時専用線を用意し、会場となったホテルの会議室に約 30 台の X-terminal を準備した。このターミナル・クラスタは、会議の参加者に高く評価され、日本のインターネット環境のすばらしさを世界各地から参加したインターネットに携わる人々に対して深く印象付けることができ、その後のインターネット業界において日本の地位の確立に貢献したものと考えられる。

また、最近では、2000 年の Inet2000 を横浜でおこない、TTnet の協力により WIDE バックボーンとの間に、数 Gbps の帯域を確保し、参加者に対して良好なインターネット・コネクティビティを提供する

7.2 ターミナル・クラスタの要求条件

7.2.1 IETF の規模と特殊なアプリケーション

IETF の参加者数は、年々増加している。最近の IETF の参加者数は、約 3000 人ぐらいである。IETF は、月曜日から金曜日までが本会議で、それに付随したいくつかの会議が、前日の日曜日におこなわれる。会議は、大体 6 セッションぐらいが、パラレルにおこなわれ、1 つのセッションが、大体 1 時間半か

ら、2時間ぐらいである。多くの参加者は、自分に関連するセッションだけに参加し、セッションに参加していない多くの時間をターミナル・クラスタに設置されたネットワーク環境や、廊下、ロビーなどで無線 LAN などを使ってインターネットにアクセスしながら自分の仕事をしている。IETF では、パラレルにおこなわれるセッションのうち、2つのセッションが mbone を使ってインターネットに中継されている。

7.2.2 外部接続

ターミナル・クラスタを設営するためには、会場とインターネットを接続するための何らかの外部接続用ネットワークが必要である。最近では、会議場がすでにインターネットに接続されているところも増えてきているが、大規模な会議の場合には、利用者の数やネットワークの利用目的にあった帯域の外部接続を準備する必要がある。

外部接続用ネットワーク

IETF では、参加者あたり約 5Kbps の帯域を使うと考えられている。したがって、現在の規模では、10Mbps あれば足りる計算になる。今までの傾向としては、ユニキャストのトラフィックは、ピーク時で、大体 5Mbps、マルチキャストが 3Mbps 程度である。準備する回線は、実際に利用される帯域幅の回線を準備すればよいということにはならない。インタラクティブなネットワークの利用などでは遅延などが重要なファクタになるからである。例えば、10Mbps の帯域が必要な場合には、45Mbps T.3 クラスの回線を準備する必要がある。最近の IETF の外部接続は、最低でも T.3 の回線を 2 回線以上用いて構成されている。

IETF では、安定したネットワーク、すなわち 24hours 7days のオペレーションが要求される。したがって、外部接続には、論理的にも物理的にも冗長な構成が要求されている。

IETF 横浜では、NTT コミュニケーションズの協力により、横浜パシフィコと大手町の間を 2 系統の Gigabit Ethernet で接続した。

IETF において、Gigabit の帯域は必要ないが、現在検討している中継などのアプリケーションで利用する可能性があることなどを踏まえて今回は Gigabit Ethernet での接続にすることにした。また、日本国内で臨時専用線を利用する場合、この回線を接続す

るためのルータなどの機材の準備が難しい場合が多い。例えば、1.5Mbps や 6Mbps まではシリアルインターフェイスでの接続になるし、T.3 の 45Mbps の場合には、HSSI(High Speed Serial Interface) を持ったルータが必要となる。昨今最も一般的な広帯域臨時専用線としては、ATM が用いられることが多いが、ATM スイッチの手配や PVC の設定などでトラブルが少なくない。今回 Gigabit Ethernet にした理由も、Gigabit Ethernet のインターフェイスを持ったルータやスイッチは入手が簡単であること。また VLAN 技術を使うことにより、複数の論理パスを設定できることなどがその主な理由である。最近広域 Ethernet サービスも始まっていることから、今後は Ethernet Interface を用いた外部接続が増えてくると考えられる。広域 Ethernet を利用する場合には、専用サービスであるかシェアードサービスであるかなどに注意を払う必要がある。

マルチキャスト

IETF では、mbone を用いたセッションの中継をおこなっているので、外部接続に関しても、マルチキャストの接続が必要である。ID の中では、マルチキャストの通信とユニキャストの通信は、分離することが望ましいと記載されている。これは、マルチキャストにおけるトラブルがユニキャストのサービスに影響を及ぼさないための配慮である。

IPv6

IPv6 のコネクティビティは、最近非常に重要なサービスとなってきている。ID の中では、IPv6 のプロダクション・レベルのサービスが望ましいと明記しているし、最低でも 6Bone へのコネクティビティは必要であると記載されている。無論、IETF 横浜会合では、ほぼ、すべてのネットワーク環境において IPv6 が利用可能であった。

7.2.3 会場内のネットワーク

ネットワークの運用時間帯と構築順序

IETF の参加者は、24 時間、いつでもネットワークへアクセスできる環境を望んでいる。もちろん、時差ぼけの為などもあるとは思いますが、深夜のターミナル・クラスタでは、多くの利用者がネットワークを利用しているのが常である。そのため IETF では、会期中 24 時間いつでもネットワークが利用できるよう環境を提供する必要がある。また、会期は月曜日からであるが、関連するミーティングなどが開

かれるので、前の週の土曜日にはネットワークが利用できるよなっていることが望まれる。

ID(Internet-Draft) の中では、このネットワーク構築の順番として、とにかく最低限のネットワーク環境をいち早く提供することが望まれている。具体的には、ターミナル・クラスタの端末などの設置には、物理的な時間がかかるから、まずは wireless LAN だけでも利用できるよなにすることが、良いサービスであると記述されている。

会場内ネットワークの構成

IETF におけるネットワーク環境では、大きく分けて 3 つの利用形態がある。有線によるネットワーク環境、無線によるネットワークの利用、そして mbone を用いた会議の中継である。有線によるネットワーク環境とは、ターミナル・クラスタ内に設置されたデスクトップ・コンピュータや会議の参加者が持参したラップトップ・コンピュータなどを 10BaseT や 100BaseT などネットワークに接続するための環境である。ID の中では、この 10/100BaseT の口の数として、参加者 15 人に対して 1 つの口を目安するよなに記述されている。また、Ethernet の接続形態として 10Base2 は、もう必要ないとも記述されている。ターミナル・クラスタ内に設置されるデスクトップ・コンピュータの数に関しては、昨今自分のラップトップを利用するユーザが増えてきていることから、ターミナル・クラスタに設置されるデスクトップ・コンピュータの利用者は減ってきている。大体 30 人から 40 人の参加者に 1 台ぐらゐの割合で十分ではないかといわれている。一方無線 LAN の利用者は激増している。特に IETF では、数年前から、IETF の参加者に対して、無線 LAN カードの貸し出しや、安い価格での販売サービスをおこなない、無線 LAN の利用に関する便宜を図ってきた。そのため、現在ではほとんどの参加者が無線 LAN を使って、ミーティング・ルームや廊下、果てはホテルのバーなどで、自分のラップトップ・コンピュータを開き、インターネットにアクセスしている。2001 年夏の London で開かれた IETF では、約 50 台の無線 LAN の基地局が利用された。この London で利用された無線 LAN の基地局は、1 台の基地局で 2 つの基地局をサポートするタイプが使われていたので、全体的には、約 100 台の無線 LAN の基地局が、会議をおこなっているミーティング・ルーム、ロビー、廊下などをはじめ、ホテルのバーやフロント

など少しでも座ってラップトップを開ける環境がある場所に対して、無線 LAN のサービスを提供していた。IETF の参加者は、SSH や ESP によるエンド-エンドによる暗号化を自分でおこなうので、会場の無線 LAN は、クリアな状態とし、無線区間での暗号化は、Off にする。

会場内のネットワークは、このよなに有線や無線でネットワーク環境を提供していくわけだが、IETF では、少なくとも 3 つの別々のセグメントでネットワーク環境を提供しなければいけない。

3 つの別々なセグメントとは、「ターミナル・クラスタ用セグメント」、「無線 LAN 用セグメント」そして「マルチキャスト・サービス用セグメント」である。特に無線 LAN 用セグメントに mbone 中継用マルチキャストのトラフィックが流れ込むと、一般的なネットワーク利用に対して大きな障害となるので、このセグメントの分離は必須となる。

IPv4 のマルチキャストには、mbone を用いた中継のトラフィック以外に、ターミナル・クラスタなどで、外からのマルチキャスト・ストリームに参加するよななトラフィックもある。したがって、IGMPv2[RFC-2236] をサポートできるマルチキャスト用のルータが必要となる。

また、IPv6 のサービスは、最近の IETF では、必須なサービスとなってきている。ターミナル・クラスタのセグメント、そして無線 LAN 用のセグメントの両方に対して IPv6 のサポートが必要となってきている。RFC-2460, RFC-2461 に準拠したサービスが提供される必要がある。少なくとも IPv6 Neighbor Discovery そして stateless auto configuration を用いたプラグ・アンド・プレイが可能なネットワークでなければならない。

各種サービス

ターミナル・クラスタでは、各種サービスを提供する必要がある。具体的には、Time Service(NTP: RFC1305) もしくは (SNTP:RFC1769), Domain Name Service、そして Mail Service などあげられる。特に Mail Service として SMTP サーバは、絶対必要である。最近は、自宅や会社のサーバがメールをフォワードしない設定になっているため、会場の参加者が利用可能な SMTP サーバが必要なのである。ただし、このローカルな SMTP サーバも会場のアドレスからのリレーだけを許可し、他のアドレスからのメールをリレーしないよなに設定しなければ

ば、SPAMの標的とされてしまうので十分に気をつける必要がある。

また、ターミナル・クラスタには、プリンターは絶対必要である。IETFでは2台以上必要であり、少なくとも1台のプリンターは、PostScriptが処理できなければいけない。また特に重要なのは、トレーに入っている紙がA4なのか、8.5×11インチなのかをちゃんと分かるようにしなければならない。また、OHP用のシートへのプリンティングもサービスする必要がある。IETFでは、参加者一人あたり大体15ページぐらい割合で印刷をおこない、OHPシートへの印刷は、一人あたり1.5ページの割合になる。また、多くのラップトップのユーザは、UNIXを使用しBSD Line Printer(LPR)プロトコル(RFC1179)を用いて印刷をおこなっている。IPP(Internet Printing Protocol)は利用していない。今までのIETFではMacintoshやWindowsのユーザに関しては、Sambaを用いてサービスをおこなっている。

その他

その他、ターミナル・クラスタの空調に注意することや、電源を十分に準備するようになど多くの項目に注意を払う必要がある。実際、横浜会合では、ラップトップコンピュータの利用率の爆発的な増加に伴い、非常に大容量の電力の供給が要求された。特に注目したい点は、セキュリティに関連する事項である。IETFは、インターネットの標準を議論する会議であるためなのか、最近特にアタックの対象になっている。従ってRFC2196: Site Security Handbookをよく読み、確りとした対策を講じる必要がある。具体的には、Source IP address Filtering(RFC2267)をし、SMTPサーバのメールのリレーに関しては、会場以外からのメールのリレーは、閉じるように。そして、ネットワークの運用で利用されるRIPv2、OSPFv2、BGP4などでは、MD5 Authenticationを有効にするなどの対応が重要であるとしている。また、トラブル・シューティングなどのためには、RMONやPort Filteringの機能を持っているスイッチが有効に利用できると記述されている。

7.3 まとめ

2002年横浜で開催されるIETFでは、前述したIETFの今までのKnow Howを元に、より参加者に対して友好的かつ効果的なネットワーク環境を提供する

ことができた。特に、無線LANによる接続性の提供(会場のみならず会場ホテルでも)と、IPv6の標準的な提供が、高く評価された。

NTTコミュニケーションズ殿のサポートにより、会場となる横浜パシフィコと日本のインターネットの中心である大手町間を複数のGbpsの回線で接続し、冗長性を保ちながら、広帯域なネットワークを会場に提供することができた。また、会場内は、富士通(株)殿のサポートにより、広帯域、高信頼なネットワークを構築するとともに、安定した無線LAN環境を提供することができた。

第8章 むすび

日本への誘致はIETFにおける国際標準活動での日本の技術者のグローバルな活躍へのきっかけとして、大きな貢献を行ったものとする。9月11日(2001年)のテロ発生の影響と、それにとまなう経済の変革、そして、IT業界の大きな構造改革などを背景に、特に米国からの参加者の激減が予想されたが、結果として2000名を超える参加者を迎え、IETFの流れとしても久しぶりに「パワフル」な会議と評価されることができた。これまで少なかったアジアからの参加者も韓国からの百数十名の参加者をはじめ、急激に増加した。

IETF横浜会合では、IESGのプレナリにおいて「IPv6は次世代のプロトコルではなく、現在のプロトコルである」という宣言がなされるなど、IETFのコミュニティでも一部に残っていたIPv6に対する躊躇ムードは払底した感がある。この大きな変化の主たるリーダーシップがたくさんの日本の若いプレーヤーであったことを考えると、わが国の「第二世代」の横浜での力強い出発ととらえることができ、日本開催の大きな成功と意義を認めることができる。

