

## ユビキタスネットワーク環境に適応する携帯マイクロサーバシステムの研究開発<sup>i</sup>

山田 竜也<sup>†</sup>, 嶋田 雄二郎<sup>†</sup>, 島津 伸行<sup>†</sup>, 倉富 修<sup>†</sup>,  
岡 光秋<sup>†</sup>, 栄 光宏<sup>†</sup>, 岡本 利夫<sup>†</sup>, 神田 充<sup>‡</sup>, 尾崎 哲<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> (株) 東芝 SI 技術開発センター<sup>iii</sup>

<sup>‡</sup> (株) 東芝 研究開発センター<sup>iv</sup>

E-mail: <sup>†</sup> {ymd, shimada, shimazu, kuratomi, oka, sakae, okamoto}@sitc.toshiba.co.jp,

<sup>‡</sup> {mk, fe}@isl.rdc.toshiba.co.jp

あらまし 現在, ネットワークインフラ環境に関して, 常時接続や IPv6 の普及により, 時間的・地理的にネットワーク接続性の利便性が急速に高まりつつある. しかしながら, このようなユビキタスネットワーク環境における課題として, 接続時間や帯域等の点で接続ポイントに依存した時間的・地理的格差が発生し, 利便性が低下する可能性がある. 本研究では, モバイル環境での利便性を向上させる方式として, 携帯マイクロサーバシステムを提案する. また, 電子メールに関する本システムの実装方法とその試験結果を報告する.

キーワード ユビキタス, IPv6, Service Location Protocol, Dynamic DNS

### 1 背景

現在インターネットでは, IPv4<sup>[1]</sup> アドレッシング方式が広く使われている. IPv4 は, アドレス空間が 32bit (約 43 億個) であり, インターネットに接続可能な全ての機器にユニークなアドレスを割り当てるにはアドレス数が十分でない. そのため, ISP (Internet Service Provider) に接続する個人ユーザや企業内のネットワークに接続する機器にはプライベートアドレスを割り当てるのが一般的となっている. このことは, サービスの範囲が限定されることを意味する. 携帯電話の例が顕著であるが, 多くの機器はゲートウェイを介してインターネットに接続しており, インターネットにおける限られたサービスしか利用できていない.

これに対して, 次世代インターネットとして近年導入が始まりつつある IPv6<sup>[2]</sup> ネットワーク環境では, 128bit のアドレス空間を利用できるため, ほぼ全てのネットワーク機器にユニークな IPv6 アドレスを割り当てるのが可能となる. NAT<sup>[3]</sup> を介すことなく End-to-End の通信が行えることは, サービスを受けるだけでなく提供することも対等に行えるというインターネットの真の力を取り戻すことになる.

一方, インターネットへのアクセス手法は多様化しており, オフィスや家庭の有線接続だけでなく, ホットスポットでの無線サービスなど, 接続したい

ときに接続できる場所がそこかしこに点在する環境 (本稿ではこれをユビキタス<sup>[4]</sup> ネットワーク環境と呼ぶ) が整いつつある.

本研究の目的は, このような End-to-End の通信が容易に利用可能なユビキタスネットワーク環境において, 利用者の位置 (オフィス・家庭・外出先など) に関わりなく均質なネットワークサービスの利用を実現することである.

均質でないインターネットへのアクセス環境と均質なネットワークサービスのユーザへの提供, その差を埋めるため, 本研究では, 常時携帯可能な程度に小型な携帯マイクロサーバを持ち歩くことを提案する.

この携帯マイクロサーバは, インターネット上のサービスに対するクライアントとして動作すると共に, 携帯マイクロサーバが属するネットワーク上に存在する PC などのクライアントに対するサーバとして動作する. この仕組みによって, クライアントがインターネットに接続しているか否かに関わらず, インターネット上のサービスを携帯マイクロサーバが代行することによって, 一元的な方法でサービスの利用が可能になる, というものである.

次章では, 本稿が仮定するユビキタスネットワークとユーザの利用モデルについて考察する. 3 章では携帯マイクロサーバの機能・動作について概説す

<sup>i</sup> A study on a Mobile Micro Server System Adopted on a Ubiquitous Network Environment

<sup>ii</sup> Tatsuya YAMADA, Yujiro SHIMADA, Nobuyuki SHIMAZU, Osamu KURATOMI, Mitsuaki OKA, Mitsuhiro SAKAE, Toshio OKAMOTO, Mitsuru KANDA and Satoshi OZAKI

<sup>iii</sup> Systems Integration Technology Center, TOSHIBA Corporation.

<sup>iv</sup> Corporate Research & Development Center, TOSHIBA Corporation.

る。4章でまず IPv4 のネットワーク環境への接続・運用形態について述べ、5章でこれを発展させて IPv6 環境へ適用した形態について述べる。6章で動作試験を行った結果を示し、最後に7章でまとめる。

## 2 ユビキタスネットワーク環境とユーザの利用モデル

第1章でも述べたとおり、近年インターネットはユビキタスネットワーク環境へ近づいているが、現在のインターネットへのアクセス回線のサービス状況は均質でない。インターネットへのアクセス環境を、広帯域のものと狭帯域のものに二分してみると、広帯域なものは xDSL, LAN, 無線のホットスポットサービスがあり、狭帯域なものは電話回線（有線、無線に関わらず）を利用したものなどが挙げられる。

また、アクセスポイントの地理的な分布を考えると、携帯電話の電波が到達可能な区域や xDSL の利用不可能な固定電話などの狭帯域なアクセス環境が最も広く、家庭・オフィス・空港といった広帯域なアクセスポイントは、その中に点在する。また、携帯電話の電波の届かない範囲など、インターネットへの接続手段がない場合や、極端に高価であるなど、実質、利用が困難な地域が点在する。

一方、ユーザのネットワーク利用形態を考えると、必ずしも常時広帯域なネットワークが必要とは限らず、利用する情報の形態に依存する。例えば、メールや新聞記事の配信サービスなどは、送受信そのものよりも読み書きに要する時間の方が大半である。

したがって、広帯域・常時接続が必ずしも常に必要なのではなく、アプリケーションやユーザの利用形態に対応したアクセス回線と、それを効率的に利用するための仕組みが必要になってくると考える。

## 3 携帯マイクロサーバ

本研究では、こういった利用形態に対応する携帯マイクロサーバを提案する。この携帯マイクロサーバの利用形態は、携帯マイクロサーバを持ち運び、広帯域なアクセス回線に接続している環境ではインターネットに対するデータの収集・発信を行い、十分な帯域の得られないアクセス環境では、携帯マイクロサーバに蓄積したデータをユーザの PC などに提供するサーバとして動作する。これによって、ユーザはインターネットに到達不可能な区域においても携帯マイクロサーバがサービスを代行することによって、接続時に近いサービスが得られる。

例えば、第2章における新聞記事の購読の例では、家庭や会社などの広帯域な環境では記事を受信するクライアントとして動作し、電車内で記事を閲覧するときには PDA などに記事を配信するためのサーバとして動作する、ということである。

本実装ではメールサービス機能（具体的には、POP<sup>[6]</sup>, SMTP<sup>[6]</sup>, IMAP4<sup>[7]</sup>）の実現と、そのサービス発見のためのプロトコル（SLP<sup>[8]</sup>）の実装をした。

さらに、携帯マイクロサーバを開発するだけでなく、これを用いることを想定した評価用の IPv6 ネットワーク環境（同時に、この評価用ネットワークは仮想的なユビキタスネットワーク環境でもある）を構築し、実際に運用実験を実施した。これによって、開発した携帯マイクロサーバが期待通りに動作することを確認するとともに、その利用に関しての影響・問題点などを抽出する。

## 4 IPv4 における携帯マイクロサーバの実装

### 4.1 概要

携帯マイクロサーバは、ユーザが利用する環境に適応して、クライアントとして情報収集をする側面（4.2節）とサーバとして情報発信をする側面（4.3節）の両側面に関する各種の機能を提供する。

今回の実装では、携帯マイクロサーバをメールサービスに対応させるため、以下の機能を持たせた。

- (1) POP Client
- (2) SMTP Server
- (3) IMAP Server
- (4) SLP Server

以上の機能の実装を、Redhat™ Linux 7.1 上で行った。(1) はスクラッチから作成、(2) は Linux 標準添付のもの、(3) に関しては Univ. of Washington が公開している UW-IMAP4<sup>[9]</sup> imap-2001a Release Candidate1 のコードを、また (4) に関しては OpenSLP<sup>[10]</sup> Version 1.0.4 のコードを利用した。

実装のプラットフォームとなったハードウェアは子羊ルータ<sup>[11]</sup> (i486 互換小型 PC の IP ルータ) であるが、Linux が動作し、かつネットワークに接続可能な機器ならばサーバ・ソフトウェアは動作するため、NotePC 等でも構わない。

また、MUA を動作させる Linux PC 上では、携帯マイクロサーバを発見するための SLP Client 機能を組み込んだ。これに関しても OpenSLP のコードを一部利用した。

#### 4.2 クライアントとしての機能

fig. 1 に携帯マイクロサーバ (Mobile Micro Server) がグローバルなインターネットに接続した環境に適応した概要を示す。ISP1, ..., N (N は 1 以上の整数) は予め契約したサービスプロバイダであり、これらの POP Server 1, ..., N は携帯マイクロサーバへ事前に登録しているものとする。

携帯マイクロサーバは POP クライアントとして機能する。契約済みの ISP における各々の POP Server に対して POP3 を使用し、メール・メッセージを携帯マイクロサーバに収集・保存する。これによって、分散して配達されていたメール・メッセージを携帯マイクロサーバ上にまとめて格納しておくことができる。

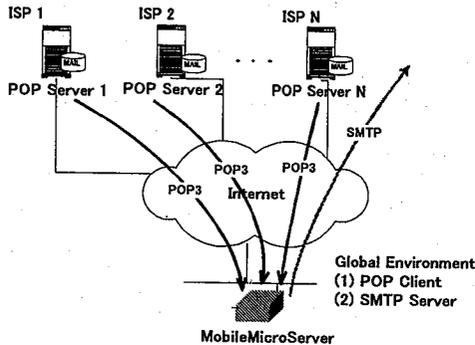


fig. 1 a mobile micro server collaborates with POP servers through the Internet.

#### 4.3 サーバとしての機能

本実装では、携帯マイクロサーバは直接の入力・表示装置を持たない小型 PC 上に実装したため、サーバのサービスを利用するためにはネットワーク経由で接続する必要がある。一般的には共用スペースに設置してある PC などをメール閲覧用のビューアとして利用する。ビューアと携帯マイクロサーバはクロスケーブル、もしくは LAN 経由で接続し、IMAP4 を利用してメッセージをやりとりする。

fig. 2 に、共用スペースにおいて、携帯マイクロサーバと PC (Mail Viewer) を同一セグメント上に接続した場合を示す。

携帯マイクロサーバは、SLP によるマルチキャストによって、同一セグメント上の PC へ携帯マイクロサーバの IP アドレス (DHCP で取得したもの) を広報する (SLP サーバ機能)。PC は SLP を受信す

ることにより携帯マイクロサーバの IP アドレスを認識する。このため、PC 上では MUA の設定項目を変更する必要なく、接続するメールサーバを自動的に携帯マイクロサーバに変更可能になっている。

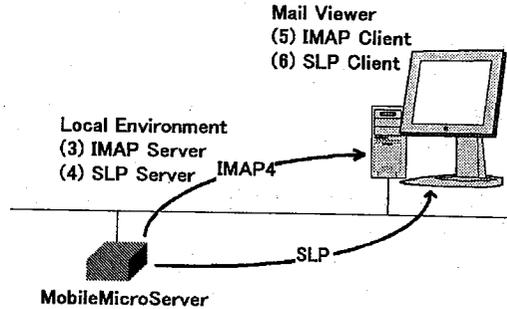


fig. 2 a mobile micro server collaborates with a mail viewer.

携帯マイクロサーバは保存したメール・メッセージを IMAP サーバ機能で提供する。このため、デスクトップ PC 上の IMAP クライアントから携帯マイクロサーバ上のメール・メッセージの閲覧と作成を行うことができる。

携帯マイクロサーバはまた、SMTP サーバとしての機能も提供する。MUA から送信要求のあったメールを一旦、携帯マイクロサーバ内のストレージに保存しておき、インターネットに対してオンラインになったときに、SMTP を用いてインターネットへ一括してメール・メッセージを送信する。

#### 4.4 従来のモバイル機器との運用の違い

携帯マイクロサーバは従来のモバイル機器、例えば Palm® 等の PDA に比べて運用上どのようなメリットがあるだろうか。

普段作業に使う PC とモバイル機器とで別々にメールを受けてしまうと、メッセージが各機器に分散してしまう。メールは今やその場限りのメッセージの伝達手段に留まらず、蓄積されたメッセージは重要な資料となっている。このため、メッセージの分散は好ましくないと言えるだろう。よって、メッセージの分散を避けるため、PDA 等では他の機器で受けてしまったメッセージを同期化処理 (Sync) を用いて整合性を管理する必要がある。

一方、携帯マイクロサーバの場合は、全てのメッセージを本体内のストレージに一括保存して一元管理する方法を採用している。したがって、メッセー

ジを分散して保存することによって発生する、同期処理・整合性管理などの問題は起こらない。

なお、メッセージ原本を持ち歩いている関係上、データの紛失や破損に関する不安を持たずに済むよう、デスクトップ PC 上に携帯マイクロサーバ上にある全データのバックアップを取ることができる。これは PC 上に IMAP クライアントとしてサーバ上の新規メッセージを取得するプログラムを動かすことで実現する。

## 5 IPv6 における携帯マイクロサーバの実装方式の検討

本章では、IPv6 における携帯マイクロサーバの実装方式について述べる。

アドレス空間が拡大することによって、IPv4 よりも積極的にグローバルアドレスを使用できる。携帯マイクロサーバにグローバルアドレスがつくことにより、同一セグメント以外から携帯マイクロサーバに容易にアクセスできるようになる。このような環境で携帯マイクロサーバのアドレスをクライアントに知らせるため、SLP の他に DynamicDNS<sup>[12]</sup> を利用していく。同一セグメントや近隣セグメントへの広報のために SLP の IPv6 対応も併せて進める。

Plug&Play 機能により、ルータから降ってくる情報を元に DHCP を使わずに携帯マイクロサーバに IP アドレスを振ることができる。

これらの観点から、携帯マイクロサーバを IPv6 に対応させる実装を現在進めており、その運用についても検討中である。

## 6 動作試験

本章ではユーザの実際の利用環境を想定したネットワークを構築し、携帯マイクロサーバの動作試験の概要を示す。

### 6.1 試験概要

ユーザの実際の利用環境を想定して、

1. ホームオフィス
2. サテライトオフィス
3. ホーム環境

という区分のネットワークを構成することとした。

基本的な想定は、ホームオフィスはユーザが常用する会社の環境、サテライトオフィスは例えば支店であり、ホームオフィスとはネットワーク的に異なり、インターネット経由でホームオフィスにアクセス可能な環境、ホーム環境はユーザの家庭であり、

オフィスの環境とはネットワーク的にも全く別のものとして考える。したがって、ホーム環境からホームオフィスもしくはサテライトオフィスの各環境へインターネット経由でアクセスする手段は存在しない。また、各々のネットワークは IPv6 に対応しており、加えて各オフィスのネットワークでは DNS、SMTP、POP3 も利用可能である。

ここで、携帯マイクロサーバはホームオフィス環境とホーム環境をユーザの移動に併せて相互に行き来する。すなわち、ホームオフィス環境では、ユーザがオフィスにあるメールサーバから受信すべきメールを携帯マイクロサーバが POP によって一括受信し、IMAP4 によってユーザのメールクライアント（一般的な PC 上での動作を想定する）での閲覧を実現する。ホーム環境でも同様に個人的に契約している ISP のメールサーバからメールを収集して閲覧するための機能を有する。したがって、携帯マイクロサーバが受信するメールサーバによらず、ユーザは自分宛に届くすべてのメールを携帯マイクロサーバ内に格納することができる。すなわち、メールプールを携帯することに等しい。送信については、オンラインになったときに送信可能な SMTP サーバがあれば、それに対してまとめて送信する。

ネットワーク環境として、ホームオフィスには DNS サーバや RA をローカルネットワークに流せるルータが存在することを仮定する。この仮定は、妥当と考えてよいであろう。一方、携帯マイクロサーバのもう一方の移動先であるホーム環境では、ネットワークサーバの存在を仮定せず、高々ダイアルアップルータによる ISP へのインターネット接続の共有程度の機能を仮定する。これは、現時点において技術者ではない一般的な家庭における最大限潤沢な環境と想定しても差し支えないだろう。したがって、携帯マイクロサーバとメールクライアントである PC との間では他のサーバのサポートなしにメールサービスを自動発見するための機能が必要になる。

サテライトオフィス環境では、携帯マイクロサーバを持ち込まず、ホームオフィスに接続してあるものにインターネット経由でアクセスする。したがって、外部のネットワークから携帯マイクロサーバへの接続性が必要となる。

### 6.2 試験ネットワーク構成

6.1 節で考慮したネットワーク環境を反映するような実験ネットワークを設計し構築した (fig. 3)。このネットワークは Net.Liferium<sup>[13]</sup> 展示会におい

てデモ展示したものである。

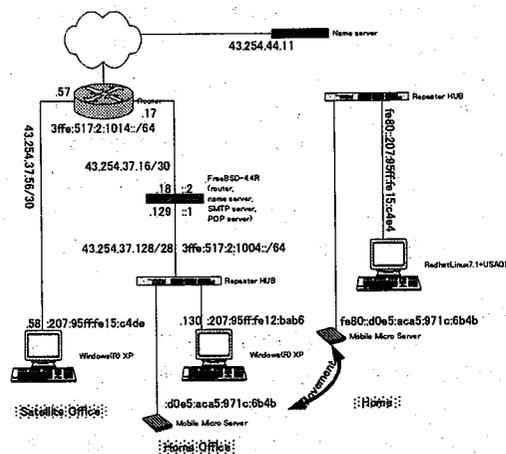


fig. 3 Network for demonstration

### 6.2.1 ホームオフィスの構成

- ネットワーク
  - 3ffe:517:2:1004::/64, 43.254.37.128/28
- ドメイン
  - mc.lifenet.key3media.co.jp.
- PC ルータ (FreeBSD-4.4R)
  - ホスト名
    - \* ns.mc.lifenet.key3media.co.jp.
  - アドレス (上流)
    - \* 3ffe:517:2:1014::2, 43.254.37.18
  - アドレス (LAN)
    - \* 3ffe:517:2:1084::1, 43.254.37.129
  - ネームサーバ (BIND-9.1.3)
    - \* lifenet.key3media.co.jp. 管理のネームサーバ (43.254.44.11) から, mc サブドメインの管理を委任.
    - \* ローカルネットワークからの Dynamic Update をサポート.
  - SMTP サーバ (Exim-3.32<sup>[14]</sup>)
  - IMAP4 サーバ (UW-IMAP-2001a)
- メールクライアント PC (Windows® XP)
  - ホスト名
    - \* xp1.mc.key3media.co.jp.
  - MUA
    - \* Winbiff v.2.33

\* Windows は, 米国 Microsoft Corporation の, 米国およびその他の国における登録商標または商標です。

- SLP クライアントが IPv6 に未対応なため, ns による名前解決で携帯マイクロサーバの IPv6 アドレスを発見.
- リゾルバが IPv6 による転送に未対応なため, ns と xp1 は IPv4 と IPv6 のデュアルスタックが必須.
- 携帯マイクロサーバ
  - ホスト名
    - \* mms.mc.lifenet.key3media.co.jp.
  - アドレス
    - \* 3ffe:517:2:1004: d0e5:aca5:971c:6b4b
  - SLP サーバ

### 6.2.2 サテライトオフィスの構成

- ネットワーク
  - 3ffe:517:2:1014::/64, 43.254.37.56/30
- メールクライアント PC (Windows® XP)
  - ホスト名
    - \* xp2.mc.lifenet.key3media.co.jp.
  - アドレス
    - \* 3ffe:517:2:1014:207:95ff:fe15:c4de/64
    - \* 43.254.37.56/30
  - MUA
    - \* Winbiff v.2.33
  - SLP はリンク内のみのため, 利用不可.
  - 携帯マイクロサーバの IP アドレスはサテライトオフィスが契約している ISP のネームサーバ (43.254.44.11) に問い合わせで解決.
  - xp1 と同様にデュアルスタックが必須.

### 6.2.3 ホーム環境の構成

- ネットワーク
  - リピータハブによる同一リンク接続.
  - 携帯マイクロサーバとメールクライアント PC はリンクローカルアドレスで通信.
- メールクライアント PC (Redhat Linux 7.1 + USAGI 20011121 版)
  - ホスト名
    - \* rhusa.mc.lifenet.key3media.co.jp.
  - リンクローカルアドレス
    - \* fe80::207:95ff:fe15:c4e4
  - MUA
    - \* Sylpheed-0.6.6<sup>[15]</sup>
- 携帯マイクロサーバ
  - リンクローカルアドレス
    - \* fe80::d0e5:aca5:971c:6b4b
- 将来的には, ADSL 等の回線を利用してイン

ターネットへのアクセスを可能にする。

- 携帯マイクロサーバがリンクに接続したとき、外部からの信号（具体的には筐体外部のスイッチを押下）を与えて、リンクに接続したことを携帯マイクロサーバ自身に通知。
- SLP によってメールサーバ (SMTP, IMAP4) が利用できることをメールクライアントに通知。

### 6.3 機能試験

以上のネットワーク環境において携帯マイクロサーバを利用するために実現した機能を述べる。

1. 携帯マイクロサーバがリンクに接続したときに、リンクローカルアドレスやルータからの RA による IPv6 グローバルアドレスの自動設定機能。
2. 携帯マイクロサーバがリンクに接続したときに、外部からの信号の通知による SLP の送信機能。
3. DNS が存在する環境において、自身の名前とグローバルアドレスを DNS Dynamic Update によってネームサーバに登録する機能。
4. 携帯マイクロサーバが、リンクに接続したときにあらかじめ登録されている SMTP サーバから POP3 によってメールを受信する機能。
5. 他のホストからのメールの読み書きを可能にする IMAP4 サーバ機能。
6. 外部ネットワークから携帯マイクロサーバにアクセスするために、DNS の名前解決によって IP アドレスを取得する機能。

### 7 まとめと今後の展望

ネットワークに接続しているときに所望するデータを収集・格納するためのクライアントとして動作し、その格納されたデータをビューアなどのクライアントに常時提供するためのサーバとして動作するような携帯マイクロサーバを設計・開発した。

現段階では、

1. IPv6 対応の SLP クライアントが linux 上でしか実装されていないこと。
2. Windows® XP のリゾルバの DNS 転送が IPv6 に対応していないこと。

などにより、IPv4 と IPv6 のデュアルスタックの環境でしか動作しない。今後も引き続き、携帯マイクロサーバの IPv6 対応を進めていく。

本実装では、携帯マイクロサーバには表示装置や入力装置を持たせていないが、小型の表示装置や入力装置を設けることにより単独での使い勝手を向上

させることが考えられる。携帯のしやすさとのトレードオフではあるがさまざまな形態を模索したい。

今回はメールサービスに絞って実装したが、映像・音楽配信といった他のネットワークサービスにも適用可能なことを実証していく。さらに、IPv6 の普及に伴って、エンドノードからの情報発信が増えていく可能性がある。このような環境が常態となったネットワークにおいて、新たなネットワーク・サービスを提供できるように開発を進めていく。

### 謝辞

本研究は通信・放送機構 (TAO) による平成 12 年度補正予算関連「成果展開等研究開発」事業 (アプリケーション開発基盤システム及びネットワーク構築システム) の一環として行われた。通信・放送機構の研究開発支援に感謝する。

- [1] J. Postel, Internet Protocol, RFC791, September 1981.
- [2] S. Deering, R. Hinden, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC2460, December 1998.
- [3] P. Srisresh, K. Egevang, Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT), RFC3022, January 2001.
- [4] M. Weiser, Ubiquitous Computing, <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>, March 1996.
- [5] J. Myers, M. Rose, Post Office Protocol - Version 3, RFC1939, May 1996.
- [6] J. Klensin (Editor), Simple Mail Transfer Protocol, RFC2821, April 2001.
- [7] M. Crispin, Internet Message Access Protocol - Version 4rev1, RFC2060, December 1996.
- [8] E. Guttman, C. Perkins J. Veizades, Service Location Protocol Version 2, RFC2608, June 1999.
- [9] IMAP Information Center, UW-IMAP4, <http://www.washington.edu/imap/>, January 2001.
- [10] The OpenSLP Project, OpenSLP, <http://www.openslp.org>, November 2001.
- [11] (有)ワイルドラボ, LAMB-RT-01, <http://www.wildlab.com/>, October 2001.
- [12] P. Vixie, Ed., S. Thomson, Y. Rekhter, J. Bound, Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE), RFC2136, April 1997.
- [13] Net.Liferium, <http://www.key3media.co.jp/Net-Life/>, パシフィック横浜, December 15-16, 2001.
- [14] N. Metheringham, Exim, <http://www.exim.org/>, November 2001.
- [15] Hiroyuki Yamamoto, Sylpheed, <http://sylpheed.good-day.net/>, November 2001.