

## ユービキタスな電子メールサービスについて

馬場 始三† 宇夫 陽次朗† 山口 英† 篠田 陽一†

†奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

‡北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

### 概要

本稿では、ネットワーク中を移動するユーザの利便性や電子メールの到達性を向上させることを目的としてユービキタスな電子メールサービスを提案する。ネットワークを通じてメールサービス自体を移動する技術及び電子メールに限定したネットワークへのアクセス手段の導入によって、移動ユーザに適応した電子メールサービスを提供可能である。そのための要素技術として、メールリダイレクション機構と WWMB(World Wide Mail Box) を提案する。メールリダイレクション機構は、電子メールの経路の動的変更により効率的な配送を目的とする。WWMB は、ネットワーク分散型の仮想メールボックスで、ネットワークをリージョンという管理領域に分け、その内部のメールストレージ同士の協調と、リージョン同士の協調でユーザの移動に対応する。

## A Ubiquitous Electronic Mail Service on Internet

Tomomitsu Baba†, Youjiro Uo‡, Suguru Yamaguchi† and Youichi Shinoda†

†Graduate School of Information Science,  
Nara Institute of Science and Technology

‡School of Information Science,  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

### Abstract

This paper describes the concept of new ubiquitous E-mail service and the technologies for realizing it. Ubiquitous E-mail service can support users to read their E-mail through any access point on Internet, and improvement reachability of E-mail service. This service is realized by introducing two technologies. One make it possible to transfer E-mail service its own somewhere through the network. Another technology present the special access method restricted to make use of E-mail service. The former is called "Mail redirection mechanism", which dynamically translate a distribution path of a E-mail. The latter is called "World Wide Mail Box". This consists of pseudo mail boxes distributed to the network. We introduce the concept of regions to manage the distributed mail boxes. There are some mail strages in one region. The mail storages exchange information with each other, and regions too. By doing so, WWMB provide the functions mentioned above.

## 1 はじめに

近年のインターネットの一般化にともなってネットワークに参加するユーザ数が急激に増えてきている。この非常に膨大な数にのぼるユーザへの簡単な連絡手段としてもっとも普及しているアプリケーションが電子メールである。

電子メールは、電子メールアドレスという一意性のある名前空間からメッセージを配送すべきユーザのネットワークにおける位置を割り出した後、宛先として指定された場所へ正確にメッセージを届ける指向性の高い情報伝達手段である。通常メッセージが配送される場所はユーザが所属するドメイン内に設置された特定のメールサーバが提供しており、同サーバ内ではユーザごとに専用のメールボックスが用意されている。インターネット全体から見るとこのメールサーバの場所、すなわちユーザのメールボックスはネットワークの決まった場所に固定化されていて、ユーザが電子メールを処理したいと思ったならば、逐一自分のメールボックスに対してアクセス要求を出すことになる。

このように電子メールでは、宛先として記述された電子メールアドレスをもとにして配送システムが個々のユーザへメッセージを配送しているが、電子メールの蓄積場所は移動するユーザのネットワーク中の位置に関係なく、ユーザのメールボックスを提供するサーバ計算機へSMTP [1]を用いて配送される。この場合、ユーザの移動先からファイアウォールによってメールボックスへアクセスできないという問題が発生したり、ネットワーク的に長い経路を挟むことによってメール処理時に大きく利便性を損なう恐れがある。また電子メールが送信されてから宛先へ到着するまでの間、配送系では高々一通の実体しか持っていないため、配送時に経由するネットワークの障害やホストの損壊などによって簡単に失われてしまうという短所を持つ。

本稿ではネットワークを移動するユーザの利便性を高め、かつ電子メールの到達性を向上させる目的でネットワーク位置に透過的な電子メール環境、すなわちユービキタスな電子メール環境の設計を試みる。ユービキタスな電子メール環境とは何かを示した後、特に実現のために新たに必要とされる要素技術を二つ紹介する。一つはメールリダイレクション機構であり、もう一つはネットワーク分散型メールボックス WWMB (World Wide MailBox) である。最後にこうした機構によって実現されるユービキタスな電子メールサービスについて概括して締め括る。

## 2 ユービキタスな電子メール環境

ネットワーク的な接続があれば、どのような場所に居ようとも情報をアクセスすることが可能である。そのため、遠隔地での様々な操作はネットワークさえあれば充分

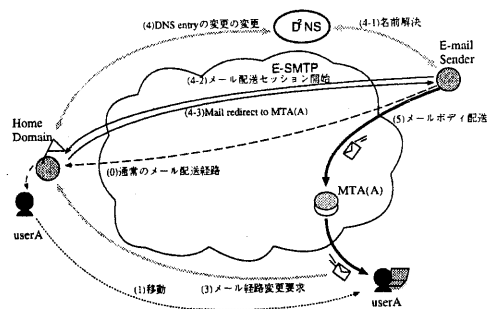


図 1: メールリダイレクションの概念図

であるという誤解が生じている。しかし、ネットワークの使用感はネットワーク的な距離やバンド幅の大小により容易に低下する。すなわち、ネットワーク接続は量的な情報の伝達力を保証しているだけに過ぎず、バンド幅やRTTなどの時間成分や通信の確実性など情報伝達の質は保証されない。したがって、ユーザがネットワークを移動した際のネットワーク特性を配慮して設計された電子メール環境を提供するシステムの要請が高まってきている。ユーザが存在する場所に対して近傍にサービス提供要素を動的に移動することによって、ネットワークの距離に起因する使用感の低下を隠蔽する。

電子メールサービスに対して本手法を適用したシステムがユービキタスマールであり、その中核となるのがWWMBと、メールリダイレクションである。

## 3 メールリダイレクション

ネットワーク中を移動するユーザを考慮した場合、本来配送するアドレス以外の場所に存在するユーザに配送する仕組みを導入する必要がある。広義には配送されてから転送することによっても実現が可能であるが、確実に拡大するネットワークの複雑性や規模や到達時間などの電子メールサービスの質の向上に対する考慮を行ったとき、変更されたネットワークに対する直接配送や既にネットワーク内に存在する電子メールの経路の動的変更を行うことが望ましい。そのための機構としてメールリダイレクションという概念を提案する。概念図を図1に示す。

メールリダイレクションは拡張された名前解決システムを利用して、MTAが次ホップに電子メールを配送するときの名前解決手段を入れ替えることで、経路上(始点を含む)の電子メールの経路を動的に決定するシステムである。hop-by-hopでの配送時に動的に名前解決を行うため、ネットワーク中に残存している電子メールが古い配送情報を持っていたとしても、名前解決システムに情報が伝達次

第、その次の hop へは変更済の配送先を得ることが可能である。

メールリダイレクションの概念を導入することにより既存の電子メール環境よりも移動ユーザへの電子メールの到達性を向上させることが可能である。ネットワーク層での経路解決によって最適経路をとることが可能であるため、配送途中に発生するかもしれない障害の回避や配送時間の短縮が可能である。

メールリダイレクションをデザインするにあたって更に考慮しなければならない点を挙げる。

- セキュアなリダイレクション指示  
メール配送の信頼性を高めるために、リダイレクション先にいるユーザが本物かどうかの確認をしなければならない。そのために広域ネットワークにおけるセキュアなユーザ確認機構を提案する。
- ユーザのネットワーク移動時間より早いユーザ位置情報の解決  
速やかな配送先変更を行うためには、広域名前解決システムを利用してユーザ情報をネットワーク上に分散することが必要である。DNS の拡張として D<sup>2</sup>NS (Dynamic Domain Name System) を提案する。
- MTA の拡張  
既存の MTA では配送先を途中で曲げることは出来ない。SMTP の拡張と MTA の拡張を行うことで経路変更処理を可能とする。拡張された MTA をリダイレクト MTA と呼ぶ。

D<sup>2</sup>NS とリダイレクト MTA を利用することでメールリダイレクションを実現する。

### 3.1 Dynamic Domain Name Service

ユーザ情報も既存の DNS でサービスするという考え自体はいくつか提案されている。しかし、現在利用されている DNS は情報を提供した側からは情報伝達の速度及び情報の更新に関する制御を行えないため、情報伝達の制御という点では問題点が存在する。そのため、メール配送経路を動的に制御することを考えたとき、情報の伝達速度とユーザの移動速度の関係を厳密には評価出来ないことと古い情報がネットワーク上に残存している可能性が問題となる。

D<sup>2</sup>NS は DNS をこれらの点で改善したものである。従来の DNS の上位機能を持ち、さらに速やかにかつ正確な情報の伝達を行うために、拡張機能として情報提供側からの能動的な情報更新機構と情報の制御機構を導入する。D<sup>2</sup>NS で提供するユーザ情報とは、リダイレクションを行う上で必要な個人情報を提供する情報であり、リダイレクション

先とその情報の有効期限、変更履歴のリストによって構成されている。

### 3.2 メールリダイレクション

経路途中 (始点を含む) の MTA において、経路を動的に変更するための機構である。配送を行う MTA が D<sup>2</sup>NS を利用によって配送経路変更を反映した配送を行う。配送先変更を指示するために SMTP 拡張を ESMTP[2] に対する拡張として行う。D<sup>2</sup>NS に情報伝達が遅れているときにも、配送を受ける MTA が情報を得ているのなら、SMTP セッションの中で名前解決を行う。

リダイレクト MTA 次の MTA にメールを配送する際に名前解決を行うことで、配送先を変更するシステムである。名前解決は、まず D<sup>2</sup>NS に対して問い合わせを行い、それによる解決が失敗した場合は既存の配送先への配送を行う。配送プロトコルが拡張された SMTP セッションの場合、SMTP ベースでの名前解決を行うことができる。いずれかの手段で配送先変更を検知した場合、指定された MTA に対して配送をリダイレクションする。

SMTP の拡張 ESMTP による SMTP 拡張を行う。SMTP セッションでこの拡張利用が認められた場合、配送先の MTA から配送元の MTA へリダイレクション指示を行うことができる。

## 4 World Wide Mail Box

ユービキタスな電子メールを実現するために、メールボックス自体を遍在させるというアプローチを取る。

ネットワークによるサポートにより、ネットワークのいかなる領域からでも、手元に存在する様にアクセス可能なメールボックスを実現することで、移動した際にも普段と同じように電子メールを利用することができる。

通常、別のドメインから電子メールをアクセスするためにはそのドメインのアカウントを必要とした。しかし、本来はネットワーク上に既に個人を識別する名前が存在する場合新しい名前は必要ないはずである。WWMB が提供するサービスはネットワーク境界を越えても単一のアカウントで電子メールにアクセスする手段を提供する。

### 4.1 分散メールボックス

理想的なメールボックスはネットワーク上のいかなる場所からでも、ローカルなファイルシステム上に存在する様に見える『なにか』である。この機構を実現するためには、自分がアクセスするネットワーク近隣に自分のメールボックスがいつでも存在する必要がある。

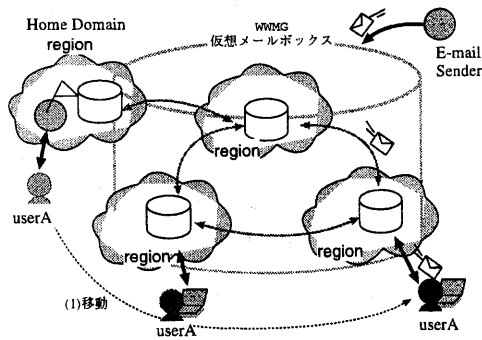


図 2: WWMB システム概略

分散メールボックスは、仮想的にこのような機構を実現するネットワーク分散型の仮想メールボックスである。ネットワーク内の適当な場所に存在するメールボックスを移動可能な要素とすることで、ネットワークに対するユーザの挙動に適応可能となる。

分散メールボックスをデザインするにあたって考慮しなければならない点を挙げる。

- ネットワーク中に複数のメールボックスが存在しても、ユーザには単一のメールボックスが仮想的に存在するように見える
- ネットワーク中のメールボックス間で動的なメールの移動が可能である
- 広域ネットワーク中でもスケラビリティに富む構造を持つ
- ネットワーク的な近傍でユーザの電子メールをアクセスするための機構を持つ
- セキュリティ的に安全な機構を持つ
- 電子メール配送的に安定した系を構成する(ループしない、消失しない)

このような要請を満たすシステムとして WWMB (World Wide Mail Box) を提案する。WWMB のシステム概念図を図 2 に示す。

システム設計の際に想定されたユーザモデルを挙げる。

- ユーザは主に現在地のネットワーク的な近傍を移動し、遠隔地移動はあまり発生しない。

上記のユーザモデルを適用すると、ネットワークを幾つかの領域に分割し、領域を単位として考えることでスケラビリティが高いシステムとすることが可能である。

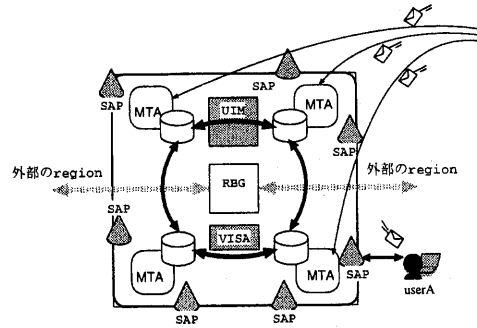


図 3: リージョンの詳細

## 4.2 リージョン

広域ネットワーク中に遍在するメールボックスを実現する場合、単一にフラットな構成のシステムを構築すると、共有データの遅延などデータ伝達の問題や、管理や保守などのシステム運用に関する問題が発生する。

ネットワークを適当な大きさの領域に分割し、それぞれに管理主体を置くことで上記問題を解決できる。

WWMB ではそのような領域をリージョンとよび、リージョンを一つの単位として広域分散する必要のある情報の流れや扱い方を記述することで、全体的な系の複雑さを軽減する。リージョンの概念図を図 3 に示す。

通常、ユーザは 1 つのリージョン内だけに存在する。リージョンはそれ自体で完結したメールボックス機能を提供することが可能である。また、リージョン内に存在するユーザを登録し、そのユーザへの電子メールの配送を受け保管する。また、リージョン間での通信を行うことで、ユーザの移動や移動したあとのメールボックスの処理を自律的に行う。そのためユーザは通信が可能なリージョン同士のメールボックスもリージョンの壁を越えて同一のメールボックスとして扱うことができる。

### 4.2.1 リージョン構成要素

リージョンを構成する論理的要素を以下に示す。必ずしも分離実装する必要のない機能を 1 つの要素として表したものである。

**MTA** 電子メールの受信や配送を行う要素である。リージョン内に幾つ存在しても良い。MTA の近隣にはメールストレージが存在する。そのリージョン内に位置登録しているユーザ宛の電子メールを受信すると近隣のメールストレージにメールを蓄積する。それ以外は通常の MTA と等価な機能を持つ。

メールストレージ 電子メールを保持する要素である。通常は MTA と対になって存在する。リージョン内に幾つ存在しても良い。メールストレージ同士が RBMP (Reagion MailBox link Protocol) で通信することで整合動作を行い、仮想メールボックスを提供する。仮想メールボックス全体に対する抽象的な操作を行うことが可能である。

サービスアクセスポイント (SAP) ユーザが WWMB にアクセスするためのポイントである。ユーザはこのポイントを通してのみ WWMB にアクセスが可能である。WWMB に対する位置登録、ユーザ認証など WWMB 自体に対する操作や、メールボックスに対する操作や電子メール本体の送受信など電子メールサービスに対する操作を行う。

ユーザ認証機構 (UAM) リージョン内に位置登録を試みるユーザの認証を行う。ユーザが示すメールアドレスを持つドメインにユーザが存在し、かつ、そのユーザが本当にメールアドレスを保持する者であることを証明する。認証は公開鍵暗号方式により零知識証明を行う MUAP (Mail User Authentication Protocol) を利用する。

証明書 (VISA) 発行局 ユーザがそのリージョンにアクセスするための証明書を発行する。証明書はユーザ認証機構により認証されたユーザに対して発行され、証明書が有効な期間そのユーザへの電子メールサービスを提供することを保証する。また、期限内は証明書によってユーザの認証を行い、リージョン内の位置登録の変更などを自由に行うことが可能である。

Region Border Gateway (RBG) リージョン同士の情報交換のための通信を行う。ユーザがリージョン間を移動するときにユーザの移動情報を行い、そのリージョン内に存在するメールボックスを移動する。また、ネットワーク中に移動する前のリージョン内へリダイレクトを指示されているユーザ宛の電子メールが残存している可能性があるため、それら进行处理するための折衝や実際に配送された電子メールの転送を行う。これらを行うプロトコルを IRP (Inter-Region Protocol) と呼ぶ。

ユーザ情報管理機構 (UIM) リージョン内に存在するユーザの様々な情報の管理を行う。メールリダイレクションのための外部に対するアナウンスや、RBG を通じて得た他のリージョンからの情報の管理を行う。

#### 4.2.2 メールボックスアクセス

リージョン内に存在するメールボックスを操作するとき利用するプロトコルとして MBTP (Mail Box Transfer

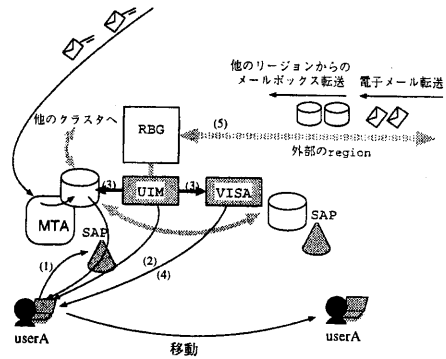


図 4: リージョン内の電子メール伝達

Protocol) と MBRAP (Mail Box Remote Access Protocol) を定義する。

MBTP はリージョン内の各ストレージに分散して存在している電子メールの実体の交換や、リージョン間でのメールボックスの全転送を行うプロトコルである。また MBRAP はこのような抽象的なメールボックスに対してメールの実体の移動を伴わずに、消去や検索を行うことをサポートするプロトコルである。

#### 4.2.3 リージョンへのメール配送

ユーザがリージョンに位置登録を行ってから、リージョンに対して配送されたメールがユーザの仮想メールボックスに配送される過程について説明を行う。リージョン内の電子メールの動きについて図 4 に示す。

1. ユーザが SAP に対して位置登録要求をだす。
2. 認証機構が MUAP を利用してユーザ認証を行う。
3. UIM が証明書発行局に対してユーザへの VISA 発行要求を、ストレージに対しての仮想メールボックス作成要求を行う。
4. VISA が発行される。
5. リージョン間の情報交換を行う。(詳細は後述)
6. ネットワーク中を情報が伝達するにしたがってネットワーク中の電子メールが直接リージョン内に配送されるようになり、リージョン内の MTA が電子メールを受信する。
7. ユーザがメールアクセスのためにアクセスポイントに接続する。
8. その際にリージョン内のユーザ位置が UIM に登録され、MBTP (Mail Box Transfer Protocol) によってユーザの近隣のストレージへ電子メール実体が移動する。
9. ユーザが電子メールの操作を行う。

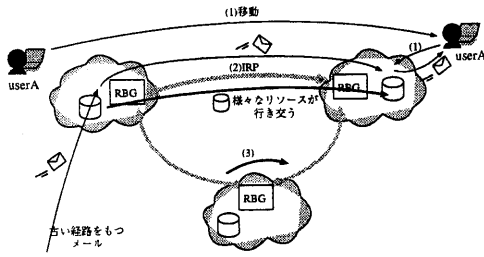


図 5: リージョン間の協調

### 4.3 リージョン間の協調

ユーザがリージョン間を移動する際に行われるシーケンスについて説明を行う。リージョンを1単位とした場合のユーザとメールボックスの動きについて図 5に示す。

1. 移動先のリージョン ( $R_{Current}$ ) にユーザが位置登録を行う。
2.  $R_{Current}$  の RBG から移動前のリージョン ( $R_{Before}$ ) の RBG に対して IRP による通信を行い、ユーザ情報の交換を行う。
3. 交換するユーザ情報には、以前にユーザが位置登録してまだその情報が expire されていない可能性のあるリージョンについての情報がある。それらのすべてのリージョンに対してユーザのメールボックスの統合要求を行い、今後  $R_{Current}$  にメールを転送するように登録を行う。
4. 以後、ネットワーク中にリダイレクション情報が伝達することによって直接  $R_{Current}$  にメールが配送されるようになる。

## 5 おわりに

本稿では、インターネットにおけるユービキタスな電子メールサービスに関して必要とされている要求仕様を明らかにした上で、ユービキタスな環境を実現するための新しい電子メールサービスモデルを提案した。このモデルでは、広域ネットワーク上に個人のメールボックスを配置したり、広域ネットワーク上で提供された複数のサービスアクセスポイントの中から、ユーザにとってアクセス効率のよいポイントを選んで電子メールサービスを受けることができる。次にこのモデルを実現するために必要とされる機能を提案した。配送中の電子メールの宛先をネットワーク中を移動するユーザの近傍へ変更するメールリダイレクションやユーザ個々のメールボックスを広域ネットワーク中へ分散して提供する WWMB である。

本サービスモデルは段階的な導入を考慮して設計されたものであるが、完全なサービスを提供するためには、まだ不完全な部分が存在する。今後解決しなければならないと我々が考えているトピックを挙げる。

- 広域におけるサーバセクションの問題  
移動ユーザから見て最も近いメールボックスはどれなのか。
- 公証局を利用した認証プロトコルの検証  
実際に公証局を用意し、設計が終了している認証プロトコルをそれぞれ検証してみる。
- D<sup>2</sup>NS の設計、開発  
既存の DNS の改良研究を評価し D<sup>2</sup>NS の設計を行い、実装評価を行う。
- リダイレクト MTA の実装評価  
SMTP 拡張のプロトコルを作成し、実際に MTA に対して実装評価を行う。
- WWMB 詳細な設計、開発  
WWMB に対するメール API やコントロール API の設計を行う。また WWMB 内の協調動作についての検証を行う。
- スケーラビリティの検証  
ユーザに対するサービス応答時間の評価を行う。

ユービキタスな電子メール環境のプロトタイプ実装、検証をおこないながらインターネット上で提供されるメール環境の有用度を上げていくことが必要である。

## 謝辞

WIDE プロジェクトのライフラインタスクフォースの関係者の方々からは、頑健な電子メールサービスに関する有益なアドバイスを多数受けた。ここに記して感謝する。

## 参考文献

- [1] J. Postel, "Simple Mail Transfer Protocol", STD10, RFC821, 08/01/1982.
- [2] J. Klensin, N. Freed, M. Rose, E. Stefferud, D. Crocker, "SMTP Service Extensions", RFC1869, 11/06/1995.
- [3] 宇夫 陽次朗, 馬場 始三, "頑健な電子メールシステムの構築", インターネットコンファレンス'96, 07/09/1996.