

やわらかいメッセージングシステムにおける 適応型サービス構成機能

北形 元 関場 治朗 菅沼 拓夫 木下 哲男 白鳥 則郎

*東北大学電気通信研究所 / 情報科学研究科

〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1

Tel: 022-217-5454, Fax: 022-217-5411

E-mail: {minatsu, jir, suganuma, kino, norio}@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

あらまし

電子メールシステムなどの非同期メッセージングシステムにおいてより効率的かつ知的なメッセージ処理を行うためには、知性・制御性・スケラビリティなどの特性をシステムが持つ必要がある。これを実現するために我々は、マルチエージェントにより構成されるやわらかい非同期メッセージングシステム(FAMES)のフレームワークを提案する。FAMESにおいては、様々なメッセージング機能がエージェントとして提供され、これらのエージェントの協調動作により、利用者指向のメッセージングサービスが実現される。本発表では、FAMESの一機能である、適応型サービス構成機構のエージェント指向設計と、プロトタイプシステムの実装について述べる。

キーワード 非同期メッセージング, 電子メール, マルチエージェントシステム, ADIPSフレームワーク

Adaptive Service Configuration Mechanism for Flexible Asynchronous Messaging System

Gen Kitagata, Jiro Sekiba, Takuo Suganuma,
Tetsuo Kinoshita and Norio Shiratori

*Research Institute of Electrical Communication / Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

2-1-1, Katahira, Aoba, Sendai 980-8577, Japan

Tel: 022-217-5454, Fax: 022-217-5411

E-mail: {minatsu, jir, suganuma, kino, norio}@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

Abstract

Asynchronous Messaging Systems like e-mail systems today need some advanced features, such as intelligence, controllability and scalability, to accomplish more effective and sophisticated message handling. In this paper, we propose a framework of Flexible Asynchronous Messaging System (FAMES), which consists of autonomous and collaborative software agents. In FAMES, various messaging functions are composed as software agents, and user-centered messaging services are provided through cooperative behavior of agents. In this paper, we show an agent-based design of the Adaptive Service Configuration mechanism in FAMES, and detail of implementation of prototype of the mechanism.

key words asynchronous messaging, e-mail, multiagent system, ADIPS framework

1 はじめに

インターネットやPCの急速な一般化に伴い、家庭やオフィス等において、ネットワークに接続されたコンピュータ上でパーソナルな作業環境を持つユーザが増加している。それらの環境上においては、他のユーザとのコミュニケーションを行う際の最も基本的なツールとして、電子メールが幅広く利用されている。しかしその利便性の一方で、利用者視点から見た場合の以下のような問題点が指摘されている[1,2]。

- (1)より高度なメッセージング機能（配達確認、送信後取消、自動回覧など）をインターネット上でスケーラブルに提供することが困難である。
- (2)受信者の確認等の作業が必要になるメッセージング（回覧等）において、受信者の都合でメッセージ配達が非効率的になる可能性が高い。

これらの問題点は、従来の非同期メッセージングシステム（電子メールシステム）が、環境やユーザの状況やその変化に対して固定的な機能のみしか提供できないかたいシステムであることに起因するものと考えられる。

以上の問題を解決するために本研究では、従来の電子メールシステムに「やわらかいシステム」[3,4]の概念を適用したやわらかい非同期メッセージングシステム（Flexible Asynchronous Messaging System: FAMES）を提案する。やわらかい非同期メッセージングシステム：FAMESとは、従来の電子メールシステムに、(a)適応型サービス構成機構、(b)利用者指向知的メッセージング機構の2機構を付加することにより上記の問題点を解決し、より高度で柔軟なメッセージング処理を行うためのシステムフレームワークである。

FAMESに対する機能要求を実現するために、エージェント指向コンピューティング技術に基づくマルチエージェントシステムとして本システムの設計、実装を行う。本発表では、FAMESの具備すべき2機構のうち、適応型サービス構成機構に焦点をあてる。ADIPSフレームワーク[5,6]に基づく本システムのエージェント指向設計・実装を行い、プロトタイプシステムの動作実験を通じ同機構の実現可能性および有効性について議論する。

2 FAMESのフレームワーク

2.1 従来のメッセージングシステムの問題分析

従来の非同期メッセージングシステムの問題点とし

て、以下の点が挙げられる。

(P1) 高度なメッセージング機能が実現困難

より高度なメッセージング機能（配達確認、送信後取消、自動回覧など）をインターネット上でスケーラブルに提供することが困難である。これは以下の原因に起因するものと考えられる。

- ・電子メールシステム全体の各構成要素間の結合が疎であるため：これによりメッセージングの制御性が低く従って制御を必要とする配送機能の実現が難しい。
- ・メール転送エンティティ間のプロトコルが単純であるため：MTA間の転送プロトコルとしてSMTPが幅広く利用されており、高度なメッセージング機能を実現するためには電子メールクライアント間で独自のプロトコルを定義・利用する必要がある。しかし一般にユーザのメッセージング環境は不均質であり、特定のメールクライアントに統一することは困難である。
- ・各電子メールクライアントへの動的な機能追加／変更が困難なため：電子メールクライアントによってはプラグイン等の手法を用いた機能追加が可能な場合もあるが、メッセージング処理においては機能の追加・変更は送／受信側の双方に同時に必要となる場合が多く、単純なプラグインの機構だけでは不十分である。また最適なコンポーネントの選択、インストール作業、保守作業等のためのユーザ負担が増加することも問題である。

以上の問題点を解決する一つのアプローチとして、既存の電子メール基盤をグループウェアに置き換える方法がある。しかしこの方法では、グループウェアの導入による管理者の負担が増大する。またユーザのメッセージング環境も置き換えられるため、ユーザの負担も生ずる。更にインターネットを経由したより多くのユーザへの適用を考慮した際の、スケーラビリティの低さが問題となる。従って、従来のメッセージング基盤、ユーザ環境を保ったまま、その利点を生かしつつ機能高度化を実現する枠組みの構築が必要である。

(P2) ユーザの状況を考慮した効率的なメッセージング処理が困難

受信者の確認等の作業が必要になるメッセージング（回覧等）において、受信者の都合でメッセージ配達が非効率的になる可能性が高い。例えばメッセージの回覧を行いたい場合、回覧先のユーザが出張等で不在である場合、回覧処理に遅延が生ずる。これらは、システムアーキテクチャの特性から生じるメッセージングの非制御性、およびユーザの状況を考慮した知的なメッセージング処理能力の欠如が原因と考えられる。

2.2 FAMESの機能要求

2.1で挙げた2つの問題を解決するためのシステムフレームワークとして、やわらかい非同期メッセージングシステム：FAMESを提案する。FAMESは既存のメッセージングシステムに、以下の機構を付加することにより実現される。

(M1) 適応型サービス構成機構

従来の電子メールクライアントの機能を抽象化し、異なるメールソフト間の機能差異を吸収する。またユーザ要求や動作環境を認識することにより、必要十分なメッセージング機能を動的／適応的にユーザのメッセージング環境に追加する。これにより、ユーザ環境を保ったまま機能高度化を実現することが可能となる。これにより問題(P1)を解決する。

(M2) 利用者指向知的メッセージング機構

メッセージング処理機能をより知的化し、メッセージ配送中の自律判断、ユーザ要求に基づく配送制御、配送状態確認等を行う。これにより問題(P2)を解決する。

本稿ではこれらの機構のうち、適応型サービス構成機構(M1)を実現するための試作システムのエージェント指向設計、実装に焦点を当てる。

2.3 エージェント指向コンピューティングの適用

2.2で示した機構を実現するためには、エージェント指向の概念をとりいれたフレームワークを採用するのが適当と考えられる。本システムはエージェントの持つ以下の特徴により2.2で示した機構を実現する。すなわち、利用者指向性、自律性、制御性、状況把握能力、環境適応性、協調問題解決能力、機能抽象化などである。

(M1) 適応型サービス構成機構の実現

FAMESでは、各個人にサービスを提供する個人環境をエージェント組織として構成する。これによりエージェントの持つ状況把握能力、自律性、利用者指向性を利用し、エージェントは環境やユーザ要求の状況を自律的に把握する。更に環境適応性によりユーザ要求に応じて必要十分なエージェントが個人環境に生成され、動作中のエージェント組織を再構成し、ユーザに適応的にサービスを提供することができる。これらの特徴により機構(M1)が実現可能である。

(M2) 利用者指向知的メッセージング機構の実現

メッセージ配送システム全体をエージェント群で構成することにより、エージェントの制御性、利用者指向性を用いて、ユーザ要求に基づいた配送中のメッセ

ージ制御を実現できる。また配送エージェントの自律性により、現在の配送状態の問い合わせに対しエージェントは自律応答できる。これらの特徴により機構(M2)が実現可能である。

3. FAMESのエージェント指向設計

3.1 ADIPSフレームワーク

本研究では、試作システムを設計、実装するエージェント指向コンピューティングのプラットフォームとしてADIPS(Agent-based Distributed Information Processing System)フレームワーク[5,6]を用いる。図1にADIPSフレームワークの概念図を示す。

ADIPSフレームワークは先に述べたエージェントの特性を実現する以下の特徴をもつ。

- (i)利用者駆動、イベント駆動で自律的にシステムが構成・再構成される。
- (ii)エージェントは各ドメインのシステム設計者・運用技術者の専門知識を利用する。
- (iii)エージェント化により既存プロセスの系統的な再利用ができる。

ADIPSフレームワークでは、ユーザ要求に従いユーザエージェントがRepositoryにタスク要求を行うと、Repositoryに蓄えられたクラスエージェント間でコントラクトネットプロトコル[7]に基づき最適なクラスエージェントが落札され、Workspaceと呼ばれるユーザ個人動作環境にインスタンス化される。インスタンス化されたエージェントは自Workspace内のエージェント、および他のユーザのWorkspace内のエージェントと協調することにより、ユーザ要求や環境の変化に対し柔軟に対応し、ユーザにサービスを提供する(図1)。

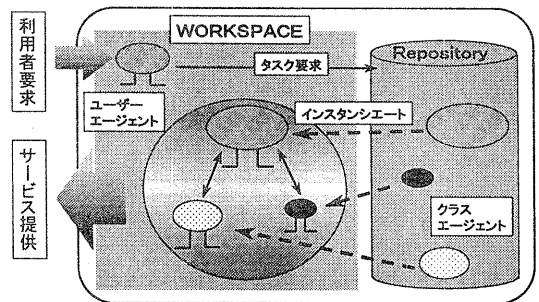


図1 ADIPSフレームワークの概念図

3.2 ADIPSフレームワークに基づくFAMESの概念設計

図2に、既存の電子メール環境へのFAMESの適用に関する概念を示す。図2の(a)は従来の一般的なメール環境を示している。送信元電子メールクライアント(e-mail client)は、SMTPを用いてメールホスト(mail host)へメールを送信し、メールホストは宛先メールホストへメールを配送する。受信先メールクライアントは受信先メールホストから到着したメールをPOP等を用いて取り込む。このメール環境に(b)で示す形態で本フレームワークを適用する。既存のメールクライアント、メールホストをエージェント化し、ADIPS Workspace内のエージェントとして構成する。エージェント化することにより、以下の利点が生ずる。

- ・既存の環境をそのまま利用するので、新たな配送基盤などを導入することなく高度なメッセージ配送を実現することができる。
- ・ユーザはそれまで使い慣れたメールクライアントをそのまま利用し続けることができるので、蓄積してきた利用経験を継続して活用できる。
- ・メッセージングの制御性が増し、複雑なフロー制御が可能になる。
- ・エージェント化により機能が抽象化され、インタオペラビリティが向上する。
- ・各メールクライアントの持つ機能／性能を認識することができ、機能追加等の必要性の判断が可能となる。

また、メールクライアントの機能が不足している場合に追加される機能モジュールをADIPSフレームワークに基づきエージェント化し、ADIPS Repositoryに保持する。これにより、以下の利点が生ずる。

・機能追加の必要性が生じたときに、エージェント間の協調により最適な機能モジュールが自動的に選択される。

・選択された機能モジュールがネットワークを通じインスタンス化され、利用者環境へ適応的に追加される。

以上の利点により機構(M1)の実現が可能となる。更に、利用者の状況を監視するエージェントをADIPS Workspace上に置き、メッセージングを実現するエージェント群と協調させることにより、利用者指向のより高度で知的な配送制御が可能となる。これにより機構(M2)の実現も可能となる。

図3に回覧機能、送信後取消機能のADIPSフレームワークによる実現例を示す。回覧機能は、あるユーザが回覧メールを受け取り、必要に応じてそのメールに加筆を加え返信すると、自動的に次の回覧先へメールを配送するという機能である。回覧メールの閲覧、加筆、返信は既存のメールクライアントをそのまま利用する。回覧の順序は最初の送信者が指定する。既存のメールクライアントに回覧機能が無い場合は本システムが自律的に判断し、Repositoryに対して機能要求のタスク要求を送信する。タスク要求に基づき、最適なエージェント(この場合は回覧機能エージェント)がインスタンス化され、回覧機能をユーザに提供する。

また、送信後取消機能は、メール送信後にそのメールをキャンセルしたいというユーザ要求に基づき受信先エージェントに取消要求を行い、受信先に到着したメールを送信者の意志でキャンセルする機能である。既存のメールクライアントに送信後取消機能が無い場合は本シ

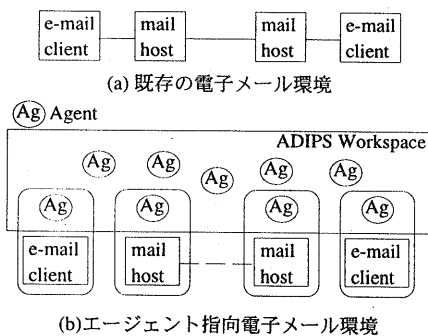


図2 エージェント指向電子メール環境

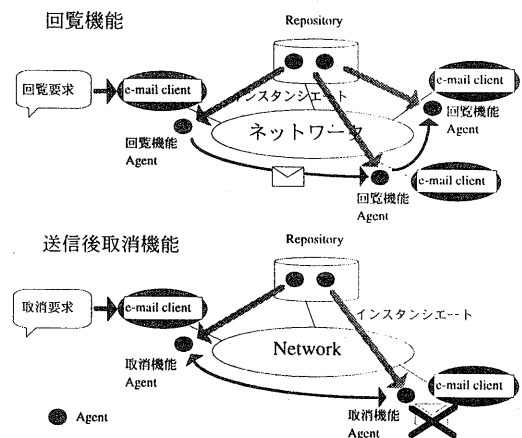


図3 ADIPSフレームワークに基づくメッセージング機能の実現例

システムが自律的に判断し、Repositoryに対して機能要求のタスク要求を送信する。タスク要求に基づき、送信後取消機能を持ったエージェントがインスタンス化され、同機能をユーザに提供する。

3.3 FAMESのエージェント構成

2.2で述べたFAMESの機能要求を実現するために、ADIPSフレームワークに基づいてFAMESのエージェント構成の設計を行った。図4にFAMESのプロトタイプシステムのエージェント構成を示す。

個人環境PEはADIPS Workspace内に存在する空間であり、各個人毎に提供されるメッセージングサービスを実現するエージェント組織を保持する。PE内に存在するエージェントは、常駐型エージェントと生成消滅型エージェントに分類される。常駐型エージェントはPE内に常に存在しユーザや環境の状況を常に監視するのに対し、生成消滅型エージェントは要求駆動でRepositoryからインスタンス化され、特定のタスクを実行後に消滅する。図4における個々のエージェントの機能は以下の様に定義される。

(1)SA(Secretary Agent)

SAは、ユーザとエージェントとの仲介を行うエージェントである。ユーザはSAの提供するユーザインタフェースを通じて要求をエージェント側に伝える。またSAはインタフェースを介して、現在利用可能なサービスなどのエージェント組織内の情報をユーザに提示する。SAはユーザの要求を受け取った場合、その要求をMMAにタスクアナウンスする。また、ユーザのプレファレンスやスケジュール等の個人情報を管理する。これらの情報は、機構(M2)などの利用者指向のサービスを実現する際に利用される。SAは常駐型エージェントである。

(2)MMA(Message Manager Agent)

MMAは、PE内のエージェント組織全体を制御するエージェントである。また他のPE内のMMAと協調し、メッセージングに関するPE間の連携を実現する。SAからのタスクアナウンスを受け、それをタスク分割し、UIMA、FCMA、MTMAの各マネージャエージェントにタスクアナウンスを伝搬する。また必要に応じ、他のPE内のMMAにもタスクアナウンスを送る。MMAは常駐型エージェントである。

(3)MCA(Mail Client Agent)

MCAは、既存のメールクライアントをエージェント化したものであり、メールクライアントを直接制御する。MCAは各々のメールクライアントの機能、性能

を知識として保持し、ユーザが要求した機能を実現可能かどうか判断する。またメールクライアントのエージェント化により機能の抽象化を実現する。これらの仕組みは、機構(M1)の実現に利用される。MCAは生成消滅型エージェントである。

(4)UIA(User Interface Agent)

UIAは、ユーザインタフェースを制御するエージェントである。UIAは、MCAが提供できない機能を実現するために、後述のFCAがユーザとの協調に必要とするユーザインタフェースを個別に提供する。UIAは、必要に応じFCAのインスタンス化と同時に生成される生成消滅型エージェントである。

(5)UIMA(User Interface Manager Agent)

UIMAは、PE内に存在する全てのUIAとMCAを管理するエージェントである。MMAからのタスクアナウンスに基づき、ユーザインタフェースに関するタスクアナウンスをRepositoryに送信する。UIMAは常駐型エージェントである。

(6)FCA(Flow Control Agent)

FCAは、回覧、送信後取消などのメッセージのフロー制御を行うエージェントである。FCAは各機能ごとに存在し、機能を抽象化して異なるメッセージングシステム間の機能差異を吸収する。また、他のPEに存在するFCAやSAとの間で協調動作し、機構(M2)を実現する。FCAは生成消滅型エージェントである。

(7)FCMA(Flow Control Manager Agent)

FCMAは、PE内に存在する全てのFCAを管理するエージェントである。MMAからのタスクアナウンスに基づき、メッセージのフロー制御に関するタスクアナウンスをRepositoryに送信する。FCMAは常駐型エージェントである。

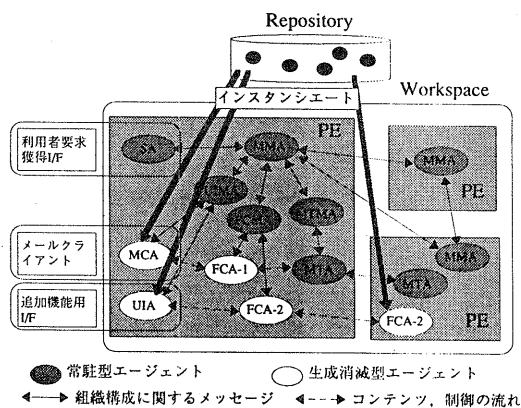


図4 FAMESのエージェント構成

ある。

(8)MTA(Message Transfer Agent)

MTAは実際のメッセージ配送を行うエージェントである。MTAはFCAから送信宛先を受け取り、MCAから受け取ったメッセージコンテンツを送信相手先PE内のMTAに転送する。また、他のMTAから配送されたメッセージのスプーリングを行う。MTAは常駐型エージェントである。

(9)MTMA(Message Transfer Manager Agent)

MTMAは、PE内に存在する全てのMTAを管理するエージェントである。MTMAは常駐型エージェントである。

4 FAMESの実装

3章で述べた設計に基づき、FAMESのプロトタイプの実装を行った。実装環境を図5に示す。ハードウェア環境は、LANで接続されたSun MicrosystemsのUltra SPARCStation (OSはSolaris 2.5.1) と、3台のPC (OSはMicrosoft Windows95) によって構成した。ソフトウェア環境には、Java言語で実装されたADIPSフレームワークの最新バージョンであるADIPS/Jを用いた。ADIPSフレームワークは、SPARCStation上にインストールされたADIPS Repositoryと、各PC上にインストールされたADIPS Workspaceにより構成した。

実装においては、既存の電子メールクライアントとして、Microsoft InternetMail, Microsoft Outlook Express およびKRI Eudora-Proを使用した。

以上のハードウェア/ソフトウェア環境上で、3章で述べたエージェント群の実装を行った。SA, MMA, UIMA, FCMA, MTMAおよびMTAは常駐型エージェントとして実装した。FCAに関しては、3.2で述べた回覧機能を実現するCirculater FCAおよび送信後取消機能を実現するCanceller FCAをそれぞれ実装

した。FCAとともに、回覧機能および送信後取消機能用のUIAを実装した。UIAは、それぞれの機能をユーザに提供するユーザインタフェースをエージェント化することで実現した。MCAは3種類の既存電子メールクライアントをエージェント化することで実現した。MCA以外のエージェント群が制御するユーザインタフェースおよび機能プロセス（ベースプロセスと呼ばれる）は、Java言語により実装した。

FAMESの本プロトタイプシステムの実装においては、12のエージェントを実装した。エージェント記述のための総コード量は約2,500行であった。また、ベースプロセスの総コード量は約4,000行であった。

5 実験

本稿では、2.2で定義したFAMESの2機構のうちのひとつである適応型サービス構成機構(MI)について、その実現可能性および有効性を評価する。適応型サービス構成機構は、3章、4章で設計実装したエージェントの協調動作により実現される。

実験は図5で示される実装環境上で行った。LANで接続された3台のPC上で、User-A, B, Cはメールクライアントとしてそれぞれ、InternetMail, Outlook Express, およびEudoraProを利用した。これらのメールクライアントは回覧機能や送信後取消機能等の追加機能は持っていない。ここでもし3つのメールクライアントのうちの1つだけが回覧機能や送信後取消機能等の独自追加機能を持っていたとしても、他の2つのメールクライアントがこれらの機能に対応していないため、この追加機能を利用することはできない。また、もし全てのメールクライアントがそれらの機能を持っていたとしても、やはりユーザはそれらを利用することはできない。なぜなら、各々のメールクライアントの独自追加機能の間にはインターオペラビリティが無いためである。

FAMESのプロトタイプシステムを起動すると、常駐型エージェントであるSA, MMA, UIMA, FCMA, およびMTAがRepositoryからPE上にインスタンス化され、図6に示されるようなエージェント組織が構成される。この状態から、User-Aが回覧メッセージを送信したい場合、SAの提供するユーザインタフェースを介して要求を発行する。SAのユーザインタフェースには、SAがRepository内のクラスエージェントと協調することにより獲得した、利用可能な追加機能一覧が示されている。ユーザは、メールクライアントと追加機能を自由に組み合わせて用いることができるため、ユーザの好むメールク

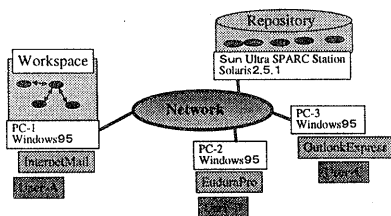


図5 プロトタイプシステムの実装環境

クライアントを利用することができる。本実験では、User-Aはメールの読み書きにMicrosoft InternetMailを選択した。次に、User-Aは回覧メッセージを送信するために、SAのユーザインタフェースから回覧機能を選択した。SAはユーザ要求を獲得し、MMAにタスクアナウンス(TA)を発行した。MMAはそのタスクアナウンスをタスク分割し、マネージャエージェントであるUIMA、FCMA、MTMAにそれぞれタスクアナウンスを伝搬した。各マネージャエージェントは、User-Aにより要求された機能が現状では提供できないことを自律的に判断し、この機能を実現するためにRepositoryにタスクアナウンスを発行した。Repository内では、コントラクトネットプロトコル[7]によりCirculator FCAとCirculator UIAが落札され、ユーザのPEに自動的にインスタンス化された。その後、PE内のエージェントは自律的に組織再構成を行い、図7に示されるように、回覧機能を実現するエージェントの組織が適応的に構成された。これにより、図8に示されるように、メールクライアントに無かった機能である回覧機能が提供された。

ユーザは回覧用ユーザインタフェースを通して、User-A → User-B → User-C のように回覧順を指定する。この例では、最初にUser-Bが回覧メッセージを受信し、次にUser-Cが受信する。回覧要求はUser-AのCirculator FCAにより受理され、このFCAは自動的にRepositoryからインスタンス化されたUser-BのCirculator FCAと交渉を開始する。User-BはEudoraProを利用しているが、このメールクライアントもまた回覧機能をサポートしていない。User-Bはあたかも通常の電子メールのようにEudoraProを用い回覧メッセー

ジを受信する。User-Bがこのメッセージに返信すると、User-BのCirculator FCAはこの返信メッセージがUser-Cへ送信すべき回覧メッセージだと判断し、適切な配送処理を行う。本実験により、回覧機能を持っていないInternetMail、EudoraPro、およびOutlook Expressの間で回覧機能が実行されたことが確認された。これは、FAMESの提供する適応型サービス構成機構が動作し、ユーザ要求を満足するための機能をエージェントが適応的に提供してくれたためである。

同様に、User-Aが送信後取消要求を行うと、SAがその要求を受け取る。PE内のエージェントは、User-Aが要求した機能が現状では提供できないことを自律的に判断し、この機能を実現するためにRepositoryにタスクアナウンスを発行した。Canceller FCAとCanceller UIAが、自律的にユーザのPEにインスタンス化された。そして、PE内のエージェントは自律的にその組織を再構成し、ユーザのメールクライアントが持っていない送信後取消機能を実現した。ここで、User-AはCanceller UIAのユーザインタフェースを通して、送信後取消処理を指示した。この指示はCanceller FCAに受理され、該当するPE内のMMAを通じて、相手側のCanceller FCAがインスタンス化された。Canceller FCAは相手側のCanceller FCAと交渉を開始した。もしまだ受信者がメッセージを読んでいた場合、取消要求を受理し、MTAの保持するメールのプールから該当メッセージを削除する。本実験により、送信後取消機能を持っていないInternetMail、EudoraPro、およびOutlook Expressの間で送信後取消機能が実行されたことが確認された。

以上の実験の結果、適応型サービス構成機構(M1)の実現可能性、およびユーザの視点からの本機構の有効性が

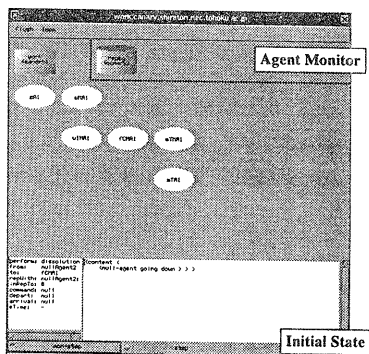


図6 初期エージェント組織構成

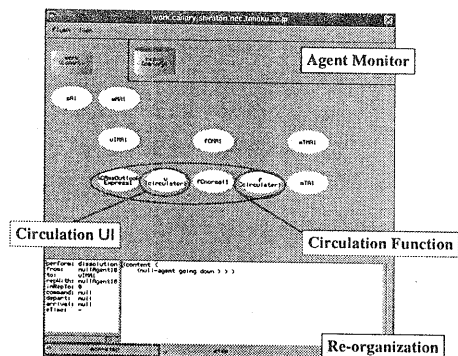


図7 回覧機能を実現するために再構成されたエージェント組織

確認された。この機構により本システムは、多様なユーザ要求に対し、メールクライアントがサポートしていないメッセージングサービスを適応的に提供することが可能となった。

6 まとめ

電子メールシステムなどの非同期メッセージングシステムにおいてより効率的かつ知的なメッセージ処理を行うためには、知性・制御性・スケーラビリティなどの特性をシステムが持つ必要がある。これを実現するために我々は、マルチエージェントにより構成されるやわらかい非同期メッセージングシステム(FAMES)のフレームワークを提案した。FAMESにおいては、様々なメッセージング機能がエージェントとして提供され、これらのエージェントの協調動作により、利用者指向のメッセージングサービスが実現される。本発表では、FAMESの一機構である、適応型サービス構成機構のエージェント指向設計と、プロトタイプシステムの実装について述べた。本機構により、異なった電子メールクライアントを用いたユーザに対し、ユーザ要求に応じて、適応的かつ動的にメッセージング機能を追加することが可能となった。

[参考文献]

- [1]平成8年度産業情報インフラストラクチャに関する調査報告書, 情報処理相互運用技術協会, 1998.
- [2]岡田謙一, 白鳥則郎: コミュニケーション・コーディネータ構想, 情報処理学会, グループウェア研究会資料 97-GW-23-3, pp.13-18, 1997.

[3]N. Shiratori, K. Sugawara, T. Kinoshita. and G. Chakraborty: Flexible Networks: Basic concepts and Architecture, IEICE Trans. Comm., Vol. E77-B, No. 11, pp.1287-1294(1994).

[4]N. Shiratori, S. Suganuma, S. Sugiura, G. Chakraborty, K. Sugawara, T. Kinoshita. and E.S.Lee.: Framework of a flexible computer communication network, Computer Communications, Vol.19, pp. 1268-1275, 1996.

[5]藤田茂, 菅原研次, 木下哲男, 白鳥則郎: 分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.5, pp.840-852, 1996.

[6]S. Fujita, H. Hara, K. Sugawara, T. Kinoshita and N. Shiratori: Agent-Based Design Model of Adaptive Distributed Systems, Applied Intelligence, Vol. 9, No. 1, 1998.

[7]R.G.Smith: The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver, IEEE Trans. on Computers, Vol. 29, No. 12, pp. 1104-1113, 1980.

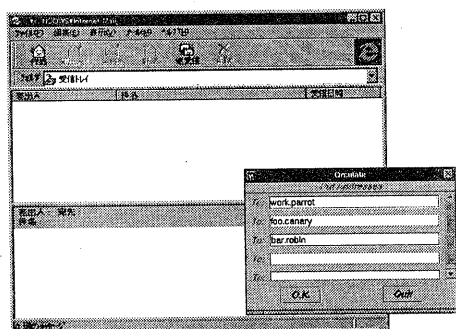


図8 回覧機能が加えられたメールクライアントのスナップショット