

アドホックネットワークにおける柔軟なグループ管理手法 ～モバイルエージェントを用いた実現～

宮越勇樹[†] 河口信夫^{†‡} 外山勝彦^{†‡} 稲垣康善[†]

[†]名古屋大学大学院工学研究科

[‡]名古屋大学統合音響情報研究拠点

yuuki@inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

携帯端末の急速な普及により、モバイル環境下で持ち寄られた携帯端末によってアドホックネットワークを構築し、端末間で情報の交換・共有を行うことが可能となった。しかし、情報の交換・共有対象となる端末は必ずしも通信可能な全ての端末であるとは限らず、何らかの条件に合った端末群、すなわちグループとなることが多い。そのためアドホックネットワークにおいてもグループ管理が必要である。しかし、アドホックネットワークにおいてはグループ情報を一括管理するサーバを利用できないため、サーバを必要としないグループ管理手法が必要となる。また、アドホックネットワーク特有のグループの存在についても考慮しなければならない。本稿では、アドホックネットワークに適応したグループ管理手法を提案する。本手法では、グループ情報を複数の端末で分散して管理することでサーバを利用しないグループ管理を実現する。また、グループ情報をモバイルエージェントによって表現することにより、アドホックネットワークならではのグループの柔軟な表現・管理を可能にする。

Group Management on Ad Hoc Network using Mobile Agents

Yuuki Miyagoshi[†] Nobuo Kawaguchi^{†‡} Katsuhiko Toyama^{†‡} Yasuyoshi Inagaki[†]

[†] Graduate School of Engineering, Nagoya University

[‡] Center for Integrated Acoustic Information Research (CIAIR), Nagoya University

Recently, it is getting possible to make direct communications among mobile computers by constructing an ad-hoc network. Generally, we belong to some groups on network. The group information is required to communicate with other computers. So, it is necessary to manage groups on ad-hoc network. Because there is no server, and various kind of groups are required to on ad-hoc network, the group management method on ad-hoc network cannot use server, and it should be able to manage groups flexibly. In this paper, we propose a group management method using mobile agents which is adapted to ad-hoc network. Each mobile host has group management system which manages groups that the host belongs to. We make full use of mobile agents to realize a flexible group management.

1 はじめに

近年のハードウェア技術の進歩により、ノートパソコンやPDA等の小型で高性能な携帯端末が利用可能となり、世の中に広く普及しつつある。多くの人々が携帯端末を持ち運ぶようになると、会議室等の、多くの人々が集まる場所には多くの携帯端末が集まる。そのような場で、ユーザが持ち寄った携帯端末間でネットワークを構築し、いつでも必要な時に端末間で情報の交換・共有を行いたいという要求がある。その要求に応じるために、複数の端末によって一時的に構築されるネットワーク、すなわちアドホックネットワークの研究が行われている [3]。

アドホックネットワークの構築により、携帯端末間での出会ったその場での情報の交換・共有が実現できる。しかし、一般に情報の交換・共有はユーザが意図した何らかの条件に適合するユーザ、または端末と行われるのが一般的である。そして、情報毎に交換・共有の対象となる端末群はある程度固定されている場合が多いと考えられる。そのため、ネットワーク上の端末を論理的なグループにわけて管理する仕組みが必要となる。このことは固定ネットワークにおいても同様であり、従来よりNIS[5]や、Windows NTによって提供されるNTドメイン [6] 等に見られるグループ管理システムが使用されている。これらのグループ管理システム

は、ネットワーク上にグループサーバを設け、サーバによるグループ情報の一括した管理・提供によりグループ管理を実現している。しかし、アドホックネットワークは時間・場所を問わず構築されるという性質を持つため、ネットワーク上に固定サーバを設けることは不可能である。そのため、アドホックネットワークにおいてはグループサーバを使用しないグループ管理手法が必要になる。

グループサーバを必要としない、アドホックネットワークにおけるグループ構成の例としては、なかよし [1] に見られるグループ構成法がある。しかし、なかよしが構成し管理するグループは、アドホック（一時的な）な共同作業の支援のためのグループであり、組織や団体、人間関係等に基づくスタティック（固定的な）グループについては考慮されていない。また、アドホックネットワークにおいても、端末が集まった時にそれらのグループのメンバによってサブグループが形成されることがあり得る。共有リソースへのアクセス制御は、これらのグループの情報に基づいて行われることが多いと考えられる。そのため、アドホックネットワークにおいても、固定的なグループの管理を無視することはできない。

また、アドホックネットワークで利用されるグループには、一時的に利用されるだけのグループ以外にも

アドホックネットワークの特徴を生かしたグループが存在する。そのようなグループの管理も行うことにより、より柔軟にアドホックコミュニケーションが支援できる。

本稿では、アドホックネットワークにおけるグループ管理手法を提案する。本手法では、各々の端末が、それぞれの所属するグループの情報を保持・管理することにより、グループサーバを用いないグループ管理を実現する。また、モバイルエージェントを用いたグループ情報の表現により、従来のグループ管理手法では表現・管理できなかったグループの柔軟な表現・管理を可能とする。そして、これらの手法の組み合わせによって、アドホックネットワークに適応したグループ管理を実現する。

以下、本稿ではまず2章において、アドホックネットワークにおいて利用され得るグループについて考察し、その上でグループ管理手法が対処すべき問題について述べる。その後、3章、4章で、今回提案するアドホックネットワークにおけるグループ管理手法について述べる。5章では、提案した手法を実装したシステムのプロトタイプについて報告する。そして、6章でまとめと今後の課題について述べる。

2 アドホックネットワークにおけるグループ

アドホックネットワークにおいて、いつでもどこでも動作可能なグループ管理システムを提供する場合は、固定サーバを必要としないグループ管理手法が必要となる。しかし、この条件を満たしただけでは、アドホックネットワークに適応したグループ管理とは言えない。本章では、アドホックネットワークにおけるグループの性質や利用形態について考え、よりアドホックネットワークに適したグループ管理手法がどのような性質を持つべきかを考える。

以降、本稿では話の簡単化のため、一つの端末に対して、その端末を利用するユーザは唯一人であるとする。

2.1 グループの多様性

アドホックネットワークは様々な目的の下に様々な状況で構築される。例えば、会議室での資料配布等の共同作業の支援のために構築される場合が考えられる。一方、アドホックネットワークには端末の動的な出入りがあるという性質から、将来無線通信インフラが普及した時に、複数のアドホックネットワーク間を端末が移動して回る、という状況が生じることが予想される。そのような状況においては、共同作業のために一時的に作成されるグループの他にも、アドホックネットワーク特有のグループが存在し、利用されると考えられる。アドホックネットワークにおいて利用されると考えられるグループの例を以下に挙げる。

組織関係等を表すグループ

組織における部や課、研究グループ、または部活動やサークル等といった、現実世界における組織関係や人間関係に依存するグループである。固定ネットワー

クにおいて管理されているグループはほぼこの形式のものである。

一時的なグループ

一時的に共同作業を実現するために作成・使用され、共同作業が終了すれば廃棄されるグループである。例えば偶然出会って意気投合した人たちが、名刺等の個人情報ややり取りやチャット等のコミュニケーションを、周囲のアドホックネットワークから閉じた状態で行いたい時に利用される。なかよし[1]が管理しているグループはこの形式のものである。

開催場所やメンバとなれる場所を限定したグループ

特定の場所に端末が移動することで初めてメンバになることが可能になるグループや、グループが開催されている場所が限定されているグループである。例えば特定の場所でのみ開催されるグループとしては、会議室にいる端末のみメンバとなることが可能なグループが考えられる。

メンバとなれる期間を限定したグループ

一定期間のみメンバとなれるようなグループである。例えば、何らかの街角情報配信サービスの受信対象者を限定するための有料会員グループとして利用されることが考えられる。

このように、アドホックネットワークでは非常に多種多様なグループが存在し、利用されると考えられる。そして、利用されると考えられる全てのグループの形式を予めグループ管理システムで用意することは非常に困難である。そのため、アドホックネットワークにおけるグループ管理手法は、様々なグループを柔軟に表現・管理可能な手法である必要があると言える。

3 アドホックネットワークにおけるグループ管理手法

2章より、アドホックネットワークにおけるグループ管理手法は以下の二点を満たしている必要がある。

- 固定サーバ（グループサーバ）を利用しない
- グループを柔軟に表現・管理できる

本章では、まず固定サーバを用いないグループ管理手法について提案する。その後、4章においてグループを柔軟に表現・管理可能な手法について提案し、提案する最終的なグループ管理手法について述べる。

3.1 グループ情報の分散管理

固定サーバを利用しないグループ管理を実現するために、グループ情報をそれぞれの端末上で分散して管理する方法を提案する。各端末がそれぞれグループ管理を行うことで、どのような状況でアドホックネットワークが構築された場合でもグループ管理が行えるようになる。

まず、各端末上に、グループ情報を管理するマネージャ（グループマネージャ）を用意する。ただし、グループマネージャが管理するのはその端末が所属するグループの情報だけである。あるグループのメンバと

なった場合、そのグループの情報がグループマネージャに登録される。なお、ここでいうグループ情報とは、グループを固有に識別する情報（グループID）、グループの名称、及びその他の拡張情報全てである。ある端末上でグループ情報に変更があった場合、その変更は端末間の通信を通じて漸増的にグループメンバへと伝えられ、メンバの保持するグループ情報に変更が反映される。

以降、「端末がグループ情報を保持している」とは、特に断りが無い限り、グループ情報がその端末のグループマネージャに登録され、管理されていることを指す。

3.2 メンバ識別

NIS等の、固定サーバ（グループサーバ）を用いたグループ管理では、グループサーバがグループメンバの一覧（メンバリスト）を保持しており、クライアントはサーバへの問い合わせにより、グループメンバがどの端末であるかを知ることができた。しかし、3.1節で述べた情報の分散を行うと、メンバリストを使用したメンバ識別を行う場合に、どの端末が保持しているメンバリストを参照するかが問題となる。

この問題に対する解決策としてまず考えられるのは、グループ毎にそのグループのメンバリストを提供するサーバの役割をする端末（仮サーバ）をメンバの中から選択することである。あるグループのメンバは、そのグループの仮サーバとなっている端末への問い合わせにより、メンバリストを得ることができる。しかしこの方法では、アドホックネットワークの構成が変化した時に以下の処理が必要になる。

- 仮サーバと通信不可能になった時に、新たな仮サーバを設ける処理

アドホックネットワークにおいては、いつ、どの端末と通信不可能になるかは予測不可能であるため、仮サーバ交代時に以前の仮サーバが使用していた情報を新しい仮サーバが引き継ぐことはできない。この場合、新しい仮サーバは自身が元々所有していた情報を使用せざるを得ない。

- 新規にネットワークに参加した端末が、ネットワーク上の仮サーバを探索する処理

これらの処理は各グループ毎に行われる。そのため、ネットワークの構成が頻繁に変化するような状況においては、仮サーバの変更処理にかかる負荷が大きくなるという欠点がある。また、メンバリストを用いたメンバ識別の場合、3.5節で述べる情報の同期問題が生じた時に、仮サーバがどの端末になるかによって、グループメンバが異なるという問題が生じる。メンバ識別はどのような状況においても全ての端末が同様に実行することが望ましいため、メンバリストの整合性を確実に保つ方法が必要となる。そのような方法として、例えば「グループメンバの変更はある特定の一つの端末からしか行えない」というような制限を加えることが考えられる。しかし、そのような制限を全てのグループに設けることは、グループ表現の柔軟性に影響を及

ぼすため好ましくない。また、仮サーバの変更処理にかかる負担を軽減するために、「自分が所属しているグループに関しては、自身が保持しているメンバリストを参照する」という手法も考えられるが、この場合、メンバリストの同期問題の影響をより強く受けることになってしまう。以上の理由から、メンバリストを用いないメンバ識別方法が望ましいと言える。

3.2.1 グループ情報の保持状況を用いたメンバ識別

本節では、グループメンバをメンバリストを用いずに識別する方法を提案する。3.1節で、グループ情報は、そのグループに所属する端末全てが保持するとした。また、端末が保持するグループ情報は、その端末が所属しているグループの情報のみとした。このことより、端末のグループへの所属を次の様に表せる。

端末のグループへの所属

「端末がグループに所属している」とは、そのグループのグループ情報がグループマネージャに登録されていることである。また、グループマネージャにグループ情報が登録されている場合、端末はそのグループ情報に表されるグループに所属している。

このことはすなわち、グループ情報がそのグループのメンバであることを証明するアカウントになっていることを意味する。これにより、グループのメンバは次のように定義できる。

グループメンバ

あるグループに対して、そのグループと同じグループIDのグループ情報を保持をしている端末をグループメンバとする。

この定義により、通信によって各端末のグループへの所属情報を交換し合うことで、グループメンバを漸増的に把握し、識別できるようになる。ただし、情報の交換によって得られるメンバ情報は、その時ネットワークに参加している端末の所属情報に限られる。

この識別方式により、アドホックネットワーク上の端末は、そのネットワーク内の端末がそれぞれどのグループに所属しているかに関し、同じ情報を得ることができる。同時に、ネットワークへの端末の動的な出入りにも柔軟に対応したメンバ識別が可能となる。

また、このメンバ識別方式においては、グループ管理システムはメンバリストを管理する必要がない。メンバリストを必要とするかどうかはグループ毎のポリシーによって異なるため、メンバリストはグループに必須の情報ではなく、拡張情報として保持する。この時、メンバリストを管理しないグループは、アドホックネットワークに参加していないメンバがいたとしても、そのことをグループマネージャは認識できない。

3.3 メンバの追加/削除

3.2.1節のメンバ認識方式を使用する場合、メンバの追加/削除は次の処理を行うことに等しくなる。

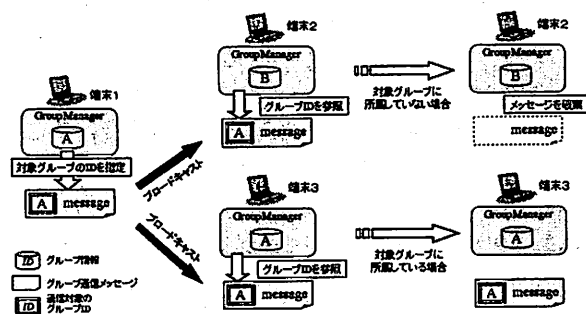


図 1: ブロードキャストによるグループ通信

メンバの追加/削除

対象となる端末のグループマネージャにグループ情報を登録/登録削除する。

また、グループの消滅処理は、そのグループに所属する全ての端末のグループマネージャから、グループ情報を登録削除することで行う。

3.4 グループ通信

グループ通信の実現方法としては、大別して二通りの方法が考えられる。一つは、ブロードキャストを利用する方法であり、もう一つはマルチキャストを利用する方法である。

ブロードキャストを利用する場合、次のようにしてグループ通信を実現することができる (図 1)。

- ブロードキャストメッセージに、対象となるグループのグループ ID を指定。
- ブロードキャストメッセージを受信した端末は、グループ管理システムでグループへの所属情報を確認し、指定されたグループに所属していなければメッセージを破棄。

ブロードキャストを利用したグループ通信は比較的に容易に実現できる。しかし、その反面、グループ通信に関係無い端末へのメッセージ送信が増えるため、ネットワークのトラフィックが増加するという欠点がある。

マルチキャストを利用する場合、動的にマルチキャスト木を構築する必要がある [8]。アドホックネットワーク構築プロトコルに、各端末のグループへの所属情報を収集するプロセスを設けることで、アドホックネットワークの構築と同時に各グループのマルチキャスト木を構築できる。マルチキャストを利用したグループ通信は、マルチキャスト木構築のための計算コストはかかるものの、グループ通信に不必要な端末へのメッセージ送信を防ぐことができるため、ブロードキャストを用いる場合よりトラフィックを軽減できる。

グループ通信を実現する上で考慮しなければならない問題として、以下のものがある。

- グループメンバ全員へのメッセージ配信保証
- グループ通信メッセージの到達順序の一貫性の保証
- その他セキュリティに関する諸問題

アドホックネットワークにおいて、ネットワークへのグループメンバの動的な出入りがある以上、グループ通信メッセージのメンバ全員への配信保証や、メッセージの到着順序制御を行うのは困難である。また、メンバ全員へのメッセージ配信を保証するためには、ネットワーク外にいるメンバを把握しなければならないため、メンバリストの管理が必要となる。しかし、グループ通信メッセージの中には、到達までの時間的ずれが生じて、ほぼ全てのメンバに配信されることが望ましいメッセージもあると考えられる。これらの問題については、使用するブロードキャストプロトコル、及びマルチキャストプロトコルに依存するため、本稿では詳細な対応策に付いては触れない。

セキュリティ関連の問題については、4.3 節で述べる。

3.5 グループ情報の同期問題

アドホックネットワークにおいて、複数の端末で何らかの情報を共有することを考える。情報を共有している端末同士が互いに通信不可能な状態でも共有情報の変更ができるとする。この時、共有情報に変更があったことを各々の端末は知ることができない。そのため、変更された情報は次に端末が出会った時に最新の情報に置きかえられる。このような、アドホックネットワークにおける情報の分散共有を行う手法としては、清水らによる情報分散共有手法 [2] が提案されている。

共有情報が同時期に別々の端末上で更新された場合、共有情報に不整合が生じることがある。これを、共有情報の同期問題と呼ぶことにする。この問題は、アドホックネットワークにおいて情報の分散共有を行おうとした時に、必ず起こり得る問題である。提案するグループ管理手法において、各グループ情報は共有情報であるため、情報の同期問題が生じる。清水らの分散共有手法では、この問題に対してはユーザの手によって情報を修正することで対応している。しかし、情報の不整合が生じること自体を防ぐことはできないため、グループ管理におけるメンバ識別用のメンバリスト等の、より高い整合性の保証を求められる情報については適応することができない。

4 モバイルエージェントを用いたグループ表現の適用

本章では、グループを柔軟に表現・管理可能な仕組みを実現するために、モバイルエージェントを用いたグループ管理を提案する。その後、3 章で提案した仕組みと本章で提案する仕組みを組み合わせた、グループ管理システムについて提案する。

4.1 モバイルエージェントによるグループの表現

アドホックネットワークにおける多様なグループを表現・管理可能にするため、本手法ではモバイルエージェントを用いてグループを表現・管理する仕組みを導入する。モバイルエージェントを用いると、エージェントプログラミングにより、ユーザによる自由なグループの性質 (グループ情報やその編集方法等) の定義が

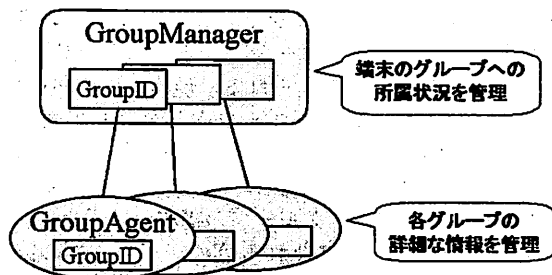


図 2: 提案するグループ管理システムの構成

可能となる。また、エージェントの持つ自律性により、ユーザの手を借りなくてもエージェントが自律的にグループメンバの変更等を行うことが可能となる。さらに、モバイルエージェントの持つ移動能力により、相手先のグループ管理システムが未知のグループでも容易にその管理方式を得ることができる。

4.2 グループ管理システムの構成

3.1 節で述べたグループマネージャに、モバイルエージェントを用いたグループ表現・管理手法を導入する。これに際して、グループ管理システムを二つのモジュールに分割する (図 2)。

まず一つは、自端末がどのグループに所属しているかを管理するモジュールである。このモジュールはまた、メンバ認証等、ユーザやアプリケーションからの問い合わせに対する応答を行う。以降、このモジュールを改めてグループマネージャ (GroupManager) と呼ぶことにする。もう一つは、実際にグループ情報を管理するモジュール、すなわち、モバイルエージェントである。このモバイルエージェントのことをグループエージェント (GroupAgent) と呼ぶことにする。各グループエージェントはグループ毎に固有なグループ ID を持っており、その ID に基づいてグループマネージャに登録される。また、グループマネージャへの登録をグループエージェントから能動的に行える仕組みを作ることにより、エージェント自身による自律的なグループメンバの変更が可能となる。

このようにモジュール分割を行うことで、自端末が所属していないグループの管理方式をシステムで保持する必要がなくなるため、グループ管理システムの肥大化を抑制できる。

4.3 グループに関するセキュリティ問題

本グループ管理手法において考慮すべきセキュリティ上の問題として、以下の問題がある。

- グループ ID の偽称によるメンバへのなりすまし
- 第三者によるグループ情報の改竄
- 第三者によるグループ通信メッセージの傍受・改竄

提案した手法では、グループエージェントはそれぞれのグループ毎に固有のグループ ID を保持しており、このグループ ID を基にグループを判断する。そのた

め、グループ ID を偽造したグループエージェントのグループマネージャへの登録により、第三者がグループのメンバになりすまることができる。この問題には、グループ ID をグループ管理システム外から参照できない様なシステム設計により対処する方法が考えられる。

グループ情報の改竄

第三者によって、不当にグループ情報が書き換えられる可能性がある。この問題は、広い意味では先述したメンバへのなりすまし問題も含んでいる。本グループ管理手法では、グループ情報はモバイルエージェントによって表現されているため、グループ情報の改竄に関する問題は、モバイルエージェント全般のセキュリティ問題でもある。モバイルエージェントのセキュリティ問題は、現在研究がなされている [9]。

グループ通信メッセージの傍受・改竄

アドホックネットワークでは、任意の端末と直接通信できるとは限らない (隠れ端末が存在する) ため、グループ通信メッセージが、そのメッセージに関係の無い端末を中継して配信される場合が生じる。そのため、グループ通信メッセージの内容を読み取られたり、内容を改竄されたりする危険性がある。この問題に対処する方法としては、グループとそのメンバの間で鍵を用いた暗号化方式を用いる方法等が考えられる。ブロードキャストを用いたグループ通信の場合、まずグループ通信メッセージをグループに固有の鍵で暗号化する。そして、グループの正式なメンバには、そのグループの鍵を公開鍵暗号方式等を用いて配布しておく。これにより、グループの正式なメンバだけがグループ通信メッセージを復号化できる。ただし、グループのメンバは他者にグループの鍵を漏洩しないことが前提となる。また、マルチキャストを用いたグループ通信の場合は、宛先となる端末がルーティングされているので、それぞれの端末毎に、その端末の公開鍵でグループ通信メッセージを暗号化してから送信する、という処理を行えばよい。

5 実装

提案したグループ管理システムのプロトタイプを、モバイルエージェントシステム MAGNET (Mobile AGent NETwork) [7] 上に実装した。MAGNET は、モバイルエージェントにより実現される通信ネットワークシステムであり、現在は Java (JDK1.1) 上において実装されている。

開発したグループ管理システムは、主に以下の二つのモジュールによって構成される。

- GroupManager
GroupAgent の登録状態を管理するマネージャで、各端末に一つずつ存在する。GroupManager に GroupAgent が登録されることによって、初めて端末がそのグループに所属したことになる。
- GroupAgent
グループ情報を管理するエージェントの基本クラス。全てのグループはこのクラスを継承する。

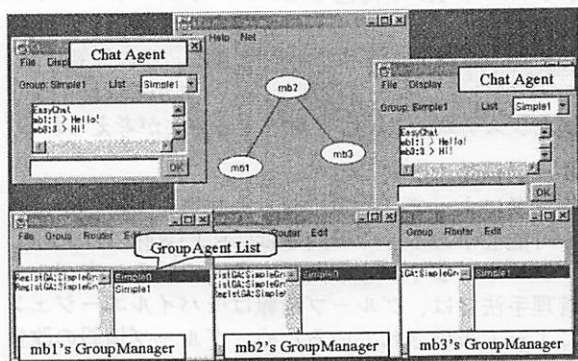


図 3: Windows98 上での動作画面

グループ通信に関しては、ブロードキャストを利用したグループ通信エージェントを作成した。このエージェントは、生成時に引数でグループ通信メッセージ (MAGNET エージェント) と対象グループを指定することにより、3.4 節で述べた手法を用いてグループ通信を実現する。

実装したグループ管理システムの動作画面を図 3 に示す。図 3 では、mb1, mb2, mb3 の三つの端末によりアドホックネットワークが構築されている。図 3 の下側に並んでいるのは、それぞれの端末の GroupManager (GM) である。GroupAgent List には、その GM が管理している GroupAgent、すなわち、その端末が所属しているグループの一覧が表示される。図 3 では、mb1 と mb2 が Simple0、mb1 と mb3 が Simple1 という名称のグループに所属している。

また、サンプルアプリケーションとして、チャットエージェント等を作成した。図 3 の上側にある二つのウィンドウがチャットエージェントである。このチャットエージェントは、グループ通信を利用して指定されたグループのメンバとのみチャットができるようになっており、図 3 では Simple1 グループが指定されている。

6 まとめ

本稿では、アドホックネットワークに適応したグループ管理手法として、モバイルエージェントを用いたグループ管理手法を提案した。本手法では、グループ情報をそのグループに所属する端末で分散して管理する。また、モバイルエージェントを用いたグループの表現・管理により、グループの柔軟な表現・管理を実現できる。

また、提案したグループ管理手法に基づいたシステムを MAGNET 上に実装した。今回実装したシステムでは、グループのメンバであれば、自由にグループメンバやグループ情報を変更することができる。しかし、特に組織関係に依存したグループ等においては、メンバ変更やグループ情報の変更は、変更権限を持つ端末 (ユーザ) によってのみ行われるべきである。また、4.3 節で述べたセキュリティ問題についても今回のシステムでは考慮していない。現実にはグループ管理を行う上では、権限問題やセキュリティ問題は解決しなければならない問題であり、それらへの対応は今後の課題で

ある。

また、グループエージェントによるグループの表現の拡張として、グループエージェントの組み合わせ [4] によるグループの表現が考えられる。現実世界において、あるグループが幾つかのグループの集合として表現できることは多い。グループエージェントを組み合わせることにより、階層構造を持つグループの表現が可能となると考えられる。また、グループの構成だけでなく、特定の場所でのみメンバになれる等の、グループの持つ性質も組み合わせることが可能になれば、単純なグループエージェントの組み合わせによって、様々なグループエージェントが簡単に生成できるようになる。このようなグループエージェントの組み合わせが実現できれば、より柔軟なグループ管理が実現できると考えられる。

参考文献

- [1] 倉島顕尚, 前野和俊, 市村重博, 田頭繁, 武次将徳, 永田善紀: 集まったその場での共同作業を支援するモバイルグループウェアシステム「なかよし」, 情報処理学会論文誌, Vol.40; pp.2487-2496(1999)
- [2] 清水邦彦, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: アドホックネットワークにおける情報分散共有手法, 平成 11 年度電気関係学会東海支部連合大会, pp.292(1999)
- [3] 戸崎貴資, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: 漸増的に端末を認識するアドホックネットワーク構築手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO'99) シンポジウム論文集, pp.261-266(1999)
- [4] 杉浦俊一, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: モバイルエージェントを用いたファイル管理システムの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2000) シンポジウム論文集 (2000)
- [5] Hal Stern 著, 倉骨彰 訳, 砂原秀樹 監修: 「NFS & NIS」, 株式会社アスキー (1992)
- [6] CRAIG STINSON, CARL SIECHERT 著, 株式会社ドキュメントシステム 訳: 「Windows NT Workstation Version 4.0 オフィシャルマニュアル」, 株式会社アスキー (1996)
- [7] Nobuo Kawaguchi, Katsuhiko Toyama, and Yasuyoshi Inagaki: MAGNET: Ad Hoc Network System based on Mobile Agents, MATA'99 (Ottawa, Canada), pp.127-142(1999), (<http://www.inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp/person/kawaguti/mobile/index.html>)
- [8] Frank Adelstein, Golden G. Richard III, Loren Schwiebert: Building Dynamic Multicast Trees in Mobile Networks, ICPP'99 WORKSHOPS, pp.17-22(1999)
- [9] Günter Karjoth, Danny B. Lange, Mitsuru Osima: A Security Model for Aglets, Lecture Notes in Computer Science No. 1419, pp.188-205(1998)