

## アドホックネットワークを実現するモバイルエージェントシステム

## MAGNET: Mobile Agent System for Constructing Ad hoc Network

河川 信夫†      杉浦 俊一†      外山 勝彦††      稲垣 康善†  
 Nobuo KAWAGUCHI†    Shunichi SUGIURA†    Katsuhiko TOYAMA††    Yasuyoshi INAGAKI†

†名古屋大学大学院工学研究科

†Graduate School of Engineering, Nagoya University.

†名古屋大学統合音響情報研究拠点

†Center for Integrated Acoustic Information Research (CIAIR), Nagoya University

In this paper, we propose a mobile agent system which can construct the ad hoc network. We regard each mobile agent as an implementation of the protocol and the network packet. The mobile agent can move over the network while containing data and programs. The system is extensible by the agent exchange. We introduce the agent duplication for inter-agent communication. Agent hierarchy enables the component software design. Link monitoring agent enables the adaptations to the dynamic network change. We also describe the implementation of our prototype system MAGNET which is based on the framework. MAGNET is developed by Java and working both on the ad hoc network emulation environment and on the real infrared device in Win95/CE.

## 1 はじめに

小型で高性能な携帯情報端末を自由に持ち運び、高度な無線技術によりいつでもネットワーク接続を可能にする環境が整った。しかし、モバイル環境下において端末間で情報の交換や共有を直接行いたいという要求は十分には満たされていない。いつでもどこでも自由に端末間で情報の交換・共有が可能になれば、名刺交換や資料の配布等の、協同作業に加え、人と人の対面コミュニケーションの支援を可能にすることが期待される。このように、必要に応じ一時的に構築するネットワークはアドホックネットワークと呼ばれ、近年盛んに研究が行なわれている [5]。アドホックネットワークでは、ネットワークを構成する端末は事前に互いの存在を知らず、集中管理を行うサーバは存在しない。そのため、従来のネットワークとは異なった概念や管理・利用手法が必要となる。

我々はすでに、出会ったその場で、いつでもどこでも誰とでも何台とでも手軽に通信を可能にするアドホックネットワークの構築手法を提案した [2]。この手法では、各端末は自律的に周囲の端末を認識し、情報交換を行うことによりアドホックネットワークを構築する。直接通信が不可能な端末同士は、自律的に最適な通信路を選択し、中継により通信を行う。しかし、この手法はアルゴリズムが複雑であり、環境に適応した変更を行うことは容易ではない。

一方、アドホックネットワークを TCP/IP 上で構築するために、IETF 内で MANET というワーキンググループが研究を行っており、AODV, DSR [5] といったさまざまなルーティングプロトコルが提案されている。しかし、ネットワークに接続する端末の数、集中・分散の度合、データ量、通信速度、リンクの双方向性等が多様であるため、単

一のルーティングプロトコルが全ての状況において最適となることは考えられない。すなわち、任意の状況で適切な通信を行なうためには、一つの端末上に様々なプロトコルを準備し、さらに、ネットワーク上のすべての端末がそのプロトコルを理解する必要があり、現実的には困難である。

本稿では、様々な状況に応じたアドホックネットワークを構築するために、モバイルエージェント技術を用いる手法を提案する。各データパケットをモバイルエージェントと捉え、全ての通信をエージェントの移動として考える。通信を行う端末がその目的に応じて適切なエージェントを利用することにより、状況を認識し、適応した動作をするネットワーク、及びアプリケーションを構築することが可能となる。また、従来のルーティングプロトコルでは、中継する端末の接続が切れていると通信を行うことができなかったが、接続を待つエージェントを利用することにより、人づてに伝言を伝えるように、断続的なネットワーク接続においても通信が可能となる。我々は、この枠組に基づいたプロトタイプシステムとしてモバイルエージェントネットワーク MAGNET を構築した。MAGNET は携帯端末等の赤外線通信上で用いることを目標に開発された。

## 2 モバイルエージェントネットワーク

従来のモバイルエージェント技術は、ネットワークの存在や、通信相手の存在を仮定しており、ネットワークの動的な変更が起こるアドホックネットワーク上ではそのまま利用できない。つまり、ネットワークの状況の動的な変化に対応するための手法が必要となる。そこで、我々はネットワークのリンクを監視し、その変更をイベントとしてエージェントに伝えることにより、動的な適応を可能にする枠組を提案する。

MAGNET (Mobile AGent NETwork) は、通信ネットワークを実現可能なモバイルエージェントシステムである。MAGNET は、赤外線通信 (IrDA) 上での実装を目指し、Java (JDK1.1) 上におけるモバイルエージェントシステムとして実装されている。本システムの基本的枠組は Ac-

連絡先：河川 信夫    名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻  
 〒464-01 名古屋市中区千種区不老町  
 Tel: 052-789-3630 Fax: 052-789-3800  
 Email: kawaguti@nuie.nagoya-u.ac.jp

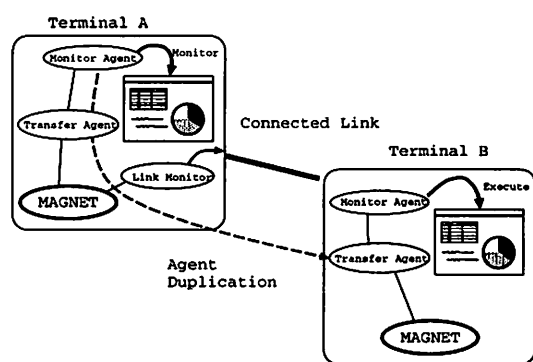


図1: ファイル監視・転送エージェント

tiveNetwork である ANTS[4] 等と類似しているが、高いレベルのアプリケーションもエージェントで実現することを目指す点で異なる。また、端末間の通信は赤外線通信を行うことに加え、ソフトウェアで実現された赤外線エミュレータ上のノード間で行うことも可能である。MAGNETでは、シンプルなモバイルエージェントを組み合わせ、様々なネットワークプロトコルと同様の動作を実現することができる。

MAGNETは(1)重複するエージェントIDの存在、(2)通信リンクの監視、(3)エージェント階層の概念、という特徴を持つ。従来のエージェントシステムでは、各エージェントにユニークなIDが用いられてきた。MAGNETでは、他の端末へコピーされる場合に限り、同じIDを持つことを許す。ただし、単一のホスト上には同じIDを持つエージェントは複数存在しない。これにより、同一エージェントである判断が容易になり、エージェント間通信が不必要となった。また、ループが存在するネットワークにおいても、エージェントがループをおこさない仕組みを容易に提供できる。

隣接端末との通信リンクの監視により、エージェントの適応動作が可能になる。例えば、携帯端末を利用しているユーザの場合、リンクの新たな存在は、ユーザが何らかの通信を行おうとする意図を表していると考えられる。そこで、適切なエージェントにリンクの存在を伝えることにより、ユーザの意図を理解した動作が可能になる。また、美術館や会議室といった特定の場所に存在するホストにおいては、新たなリンクの存在は新たなユーザの登場であるため、必要なエージェントを移動させることができる。

また、MAGNETでは、MobileSpaces[3]で用いられたエージェント階層の概念を導入している。単純な働きをするエージェントを適切に組み合わせることにより、必要なネットワークエージェントが構築できる。エージェント階層はネットワークエージェントのコンポーネントプログラミングを可能にする。

MAGNETは基本構成として、(1)エージェントマネージャ: 各モバイルエージェントの管理を行う、(2)リンクマネージャ: 通信リンクの変化をリンクモニタエージェントに通知する、(3)ルーティングマネージャ: 通信を行うルーティングエージェントを管理する、という3つマネージャを持ち、階層的な管理を可能にしている。

### 3 MAGNETのアプリケーション

MAGNET上で実用的なアプリケーション構築が可能なことを示すために、ファイル監視・転送エージェントを開発した(図1)。このエージェントは、ローカルなファイルを監視し、その変更があった場合に他の端末へ転送を行う。エージェントは、移動先の端末でファイルを復元し、関連づけられたアプリケーションを起動することにより、疑似的にファイル共有を実現することが可能になる。移動先でファイルに変更があった場合、同様にして元の端末へ移動し、変更を反映させることが可能になる。

このエージェントをアドホックルーティングエージェント(パケットリレー式に移動するエージェント)を用いて移動させることにより、直接通信ができない端末間でもファイルの疑似的な共有が実現できる。これはエージェントを階層的に管理することによって可能になった。さらに、環境を監視するエージェントが転送エージェントを管理することにより、特定の端末に対し、特定のファイルを転送するような仕組みが実現可能である。

### 4 まとめ

本稿では、アドホックネットワークを実現するモバイルエージェントシステムの提案を行い、そのプロトタイプシステムMAGNETの実現を示した。MAGNETではエージェントをネットワークパケットとみなし、階層的にエージェントを利用することにより、単純なエージェントの組合せにより様々なプロトコルを実現できる。

MAGNETは赤外線通信エミュレータ上に実装されており、視覚的な表示により、モバイルエージェントの動作の様子を用意に理解することができる。また、端末の接続状況を監視し、状況に応じて適切な動作を行うことが可能なファイル監視・転送エージェントを開発した。

MAGNETは現在も開発中であり、プロトコルデザインのための様々なエージェントのデザインパターンの開発、状況に適応したプロトコルの選択手法、性能評価、セキュリティ等は今後の課題である。特にエージェントが移動した先の環境を認識する手法については、現在はネットワークの状況のみの認識であるが、携帯端末のバッテリー、処理能力などのハードウェアの含めて様々なものが考えられる。

### 参考文献

- [1] 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: モバイルエージェントによるアドホックネットワークの構築, 第2回プログラミング及び応用のシステムに関するワークショップ(SPA'99)(1999).
- [2] 片桐秀樹, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善: 赤外線通信を用いた頑健なモバイルアドホックネットワーク構築手法, 情報研報, 98-MBL-7-9, pp.63-70(1998).
- [3] 佐藤一郎, 高橋美奈子, 棚橋杏子, 吉野裕子: モバイルエージェントの階層的な構成と移動, 日本ソフトウェア科学会第15回大会, pp.249-252(1998).
- [4] David J. Wetherall, John V. Guttag and David L. Tennenhouse: ANTS: A Toolkit for Building and Dynamically Deploying Network Protocols, IEEE OPENARCH'98(1998).
- [5] David B. Johnson and David A. Maltz: Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks, In *Mobile Computing*, Tomasz Imielinski and Hank Korth eds., Chapter 5, Kluwer Academic Publishers, pp.153-181(1996).