

モバイル環境下の自律分散通信の実現とその応用

河川 信夫 片桐 秀樹 内柴 道浩 外山 勝彦 稲垣 康善

名古屋大学大学院工学研究科

E-mail: mobile@inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

1 はじめに

携帯情報端末の小型化、軽量化により、情報端末を気軽に持ち運び、利用できるようになった。それとともに、モバイル環境下で他の端末と直接情報の共有・交換を行いたいという要求が増えている。しかし、端末間の直接情報交換を支援する仕組みはほとんど整備されていない。本稿では、モバイル環境下での高度で自由な情報交換を行うために、自律的にアドホックネットワークを構築し、ネットワークの動的な変化にも対応して、適切なアプリケーションを実行する自律分散通信の枠組を提案する [1]。第1に、端末を持ち寄るだけで自律的にネットワークを構築し、直接通信できない相手とは中継により通信を可能にする自律分散通信プロトコルを提案する。このプロトコルはネットワークの動的な変更にも対応する。第2に、赤外線通信を用いた本手法の携帯端末上への実現と、具体的なアプリケーションについて述べる。実現においては、システムを構成するモジュールを自律分散プロトコルの実現部と通信デバイス固有の制御部に階層化し、プロトコルの容易な実現・テストを可能にした。特に、実際に赤外線通信を利用したデバッグは時間と労力を要するため、TCP/IP 上で赤外線通信をエミュレートする環境を構築した。

具体的なアプリケーションとしては、Windows 95/CE 上で、URL を交換することにより様々な情報交換を行うシステムを構築した。本システムは会議の議事録の共有や、プレゼンテーション等に利用でき、本プロトコルの有効性が確認できた。

2 アドホックネットワーク

モバイル環境下で、必要に応じて移動端末間で構築されるネットワークをアドホックネットワークと呼ぶ。アドホックネットワークを構築する場合、各端末は他の端末に関する情報を持たないため、自律的に他の端末を認識する必要がある。また、すべての端末が互いに直接通信可能であるとは限らないため、どのように中継を行うかという情報、すなわち、経路情報の交換が必要となる。さらに、各端末は現在の状況を認識し、状況によって適切なアプリケーションを自動的に実行することが望ましい。

このように、アドホックネットワークの構築、経路制御、アプリケーション制御を統一的に扱うことは、携帯端末の高度な利用を可能にする。その実現には、以下の性質を持つ自律システムが必要となる。

1. 自律的動作により、アドホックネットワークを構築

Implementation and Application of Autonomous Distributed Communication under the Mobile Environment

Nobuo Kawaguchi, Hideki Katagiri, Michihiro Uchishiba, Katsuhiko Toyama and Yasuyoshi Inagaki (Nagoya University)

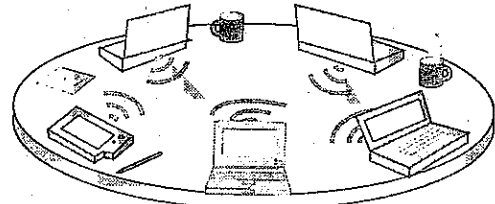


図 1: 携帯端末によるネットワーク

2. ネットワークトポロジーの動的変化に対応
3. 状況依存のアプリケーション制御

この場合、ユーザは本当に望むことを指示するだけで良く、他の複雑な処理はすべて自律システムが行ってくれる。

3 自律分散通信プロトコル

アドホックネットワークを構築しネットワークの動的な変化に対応するアルゴリズムの動作の概略を図2に示す。プロトコルの動作は1つ以上の開始ノードから始まる (discover)。他の一般ノードは開始ノードに発見されるのを待機している (idle-wait)。開始ノードは隣接ノード (子ノードと呼ぶ) を発見し、情報交換をする (send-info, wait-return)。発見されたノードも同様に他のノードの発見、情報交換を繰り返す。このように次々とノードの発見、情報交換を行うことにより、ネットワークの末端まで探索が到達すると、逆に親ノードへ接続情報を送り返す (send-parent)。開始ノードが全てのノードからの情報を受け取ると、隣接リストを完全にするために、子ノードへ経路情報を送り、各子ノードもそれを繰り返す (send-child)。この結果、すべてのノードがネットワーク全体の隣接リストを獲得することができる。

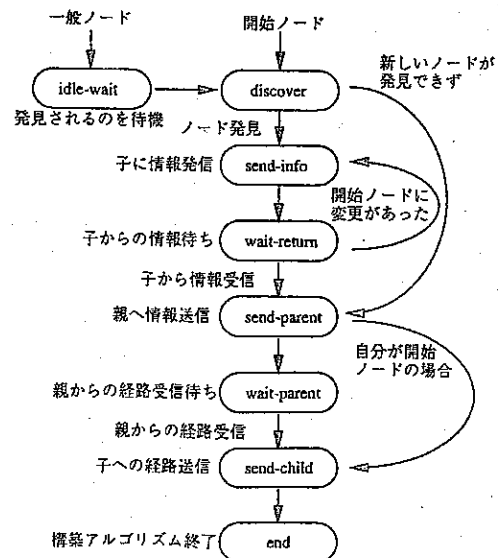


図 2: アルゴリズムの概略

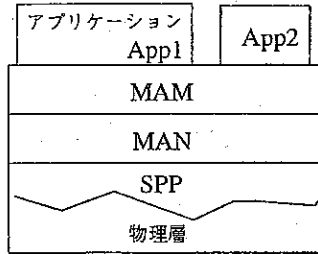


図 3: モジュールの階層構造

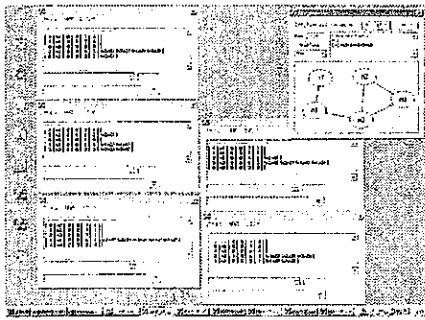


図 4: エミュレーション環境での実行画面

4 プロトコルの実現

本プロトコルを実際に Windows 95/CE の端末上に実現した。実際に無線通信を用いたコーディング・デバッグ作業では、複数の端末を用い、プログラム更新の度に転送を行う必要があり、非常に複雑な作業となる。そこで、プロトコルを階層化し、無線通信をエミュレートするライブラリを構築して、コーディング・デバッグ作業を容易にした。

図 3 にモジュールの階層構造を示す。物理層は通信媒体であり、具体的にはアプリケーションの実現に IrDA、開発環境のために TCP/IP を用いた。SPP (Simple Point to Point) 層は物理層を隠蔽し、隣接ノードの発見、エラー処理を行い、高信頼の 1 対 1 通信を実現する。MAN (Mobile Ad-hoc Network) 層はアドホックネットワークを構築し、ルーティングにより、直接通信できないノード間での多対多通信を実現する。MAM (Mobile Application Manager) 層はネットワークの構築後、アプリケーションの動的な実行や、種類の異なるアプリケーション間の通信を支援する。アプリケーション層は MAM により管理される多種多様なモバイルアプリケーションであり、本稿では Web ブラウザや URL メモ等に相当する。

エミュレーション環境:

プロトコルを実現するシステムの開発、デバッグのために、SPP 層として、TCP/IP 上に赤外線のエミュレートする環境を構築した。図 4 にエミュレーション環境上でのプロトコルの動作の様子を示す。右上のウィンドウはエミュレーションサーバであり、各ノードの通信を管理する。画面上には、各ノードの物理的な接続、及び赤外線通信の様子を表示する。小さなウィンドウ群は、各々がノードを実現するプログラムであり、現在の情報テーブルを表示している。各プログラムは SPP を用い、TCP/IP によりサーバに接続され、相互に通信を行ってネットワークを構築する。



図 5: アドホックネットワークによる会議

4.1 モバイルアプリケーション

モバイルアプリケーションとして、Web ブラウザ及び URL メモを Windows 95/CE 上に開発した。URL メモは、URL 情報を他の端末上の URL メモや Web ブラウザと交換することができる。Web ブラウザは、Web ページを表示し、かつ他の端末と URL や Web ページに関する通信を行うことができる。Web ブラウザ同士では、同期してページを表示したり、URL を送ることができる。これらのアプリケーションは MAM によって管理されており、各端末では登録されている Web 関連アプリケーションが自動的に起動する。Web ビューア、URL メモにより、簡単な会議を行うことができる (図 5 参照)。

5 まとめ

本稿では、モバイル環境下でアドホックネットワークを構築する自律分散プロトコルを提案した。また、本手法を赤外線通信上に実現し、その上で環境に適応して動作するアプリケーションを構築した。本システムにより、端末を持ち寄るだけで自律的にネットワークを構築し、アプリケーションを必要に応じて動作させることができる。

さらに本手法に対し頑健性を高めたものを提案した [2]。また、現在我々はプロトコルそのものが動的に環境適応する必要があると考え、アクティブネットワークとモバイルエージェントを融合したシステム [3, 5] を構築している。このシステムでは、モバイルエージェントによって通信プロトコルを実現するため、事前に端末にプロトコルをインストールする必要がなく、必要に応じたプロトコルの追加や更新が動的に可能である。

参考文献

- [1] 河口信夫, 片桐秀樹, 内柴道浩, 外山勝彦, 稲垣康善: モバイル環境下の自律分散通信の実現とその応用, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルワークショップ論文集 (DiCoMo98), pp.619-626(1998).
- [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, 情報技報, 98-MBL-7, pp.63-70(1998).
- [3] 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). (<http://www.softlab.is.tokuba.ac.jp/~kato/spa99/>)
- [4] Nobuo Kawaguchi, Hideki Katagiri, Katsuhiko Toyama and Yasuyoshi Inagaki, Ad Hoc Network System based on Infrared Communication, CMC'99,(1999).
- [5] Nobuo Kawaguchi, Katsuhiko Toyama and Yasuyoshi Inagaki, MAGNET: Ad-Hoc Network System based on Mobile Agents, MATA'99,(1999).