

モバイルアドホックネットワーク構築のための分散アルゴリズムの提案とその実現

3H-2

片桐 秀樹† 河口 信夫† 外山 勝彦† 稲垣 康善†

†名古屋大学工学研究科計算理工学専攻

1 はじめに

近年、小型で高性能なモバイルコンピュータが広く普及しつつある。多くの人々が集まり端末を持ち寄られる会議のような状況では、各端末に保存されている情報を交換したり、共有したりすることによって、より効率的なコミュニケーション・コラボレーションが期待できる。しかし、そのための手段が無かったり、または面倒な作業であったりするために、実際にはほとんど行われていない。

この問題に対して、集まった端末同士でその場限りのネットワーク(モバイルアドホックネットワーク)を作り、そのネットワークを利用して情報の交換や共有を行うことが考えられる[1]。これまで筆者らは、モバイル環境下において端末同士が自律的に1対1通信を繰り返して、アドホックネットワークを構築するためのアルゴリズムを提案してきた。一方、実際のモバイル環境では、端末が固定的に接続するネットワークとは異なり、端末間の接続関係は動的に変わる。したがって、ネットワークを構築だけでなく、端末が移動してもネットワークを維持するような機構が必要となる。

本稿ではネットワークトポロジの動的な変更に対応したアルゴリズムを提案する。本アルゴリズムにより、端末の移動に伴うネットワークへの自由な途中参加・退出を可能にする。また、Windows95/CEが動作する携帯端末上に実装を行ったので、その結果について報告する。

2 ネットワーク構築のための分散アルゴリズム

本節では、各通信端末が他の通信端末に関する情報等を全く持たない状態から、自律的に1対1通信を繰り返してアドホックネットワークを構築し、さらにネットワークトポロジの動的な変化に対応するアルゴリズムについて述べる。アドホックネットワーク構築の例を図1(a)および(b)に、またネットワークトポロジの変化の例を図1(c)にそれぞれ示す。

2.1 準備

以下では、通信端末をノード、通信端末間の通信路をリンクと呼ぶことにする。ノード間の接続関係を表すために、各ノードのIDの対である隣接ペアを用い、その集合を隣接リストと呼ぶ。あるノードから直接通信可能なノードを隣接ノード、最初に隣接ノードを発見する手続きを行うノードを開始ノードと呼ぶ。また、直接通信可能なノード間において、最初に隣接リストを送信した方を親ノード、受信した方を子ノードと呼ぶ。

Design and Implementation of Distributed Algorithm for Mobile Ad-hoc Network Construction
Hideki Katagiri, Nobuo Kawaguchi, Katsuhiko Toyama, Yasuyoshi Inagaki (Nagoya University)

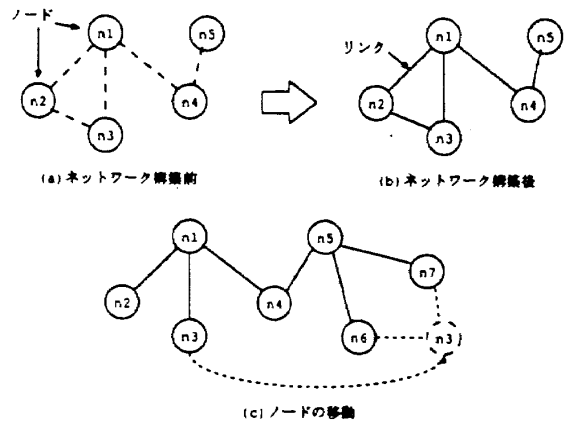


図1: アドホックネットワークの例

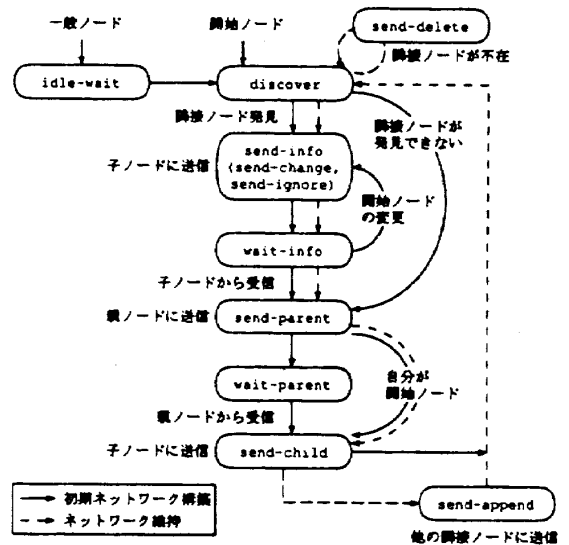


図2: ネットワーク構築アルゴリズムの概要

ドを開始ノードと呼ぶ。また、直接通信可能なノード間において、最初に隣接リストを送信した方を親ノード、受信した方を子ノードと呼ぶ。

本稿では、ノードとリンク、およびノード間の通信に関して、以下の4つの条件を前提とする。

1. 各ノードは固有IDを持つ。
2. 初期状態では、各ノードは他のノードの存在やリンクに関する情報は全く持たない。
3. 各ノードは直接通信可能なノードとリンクを自発的に発見できる。
4. 各ノードは、同時には高々一つのノードとしか通信できない。

また、アルゴリズムを簡単にするために、通信エラーについては考慮しないものとする。

2.2 初期ネットワーク構築アルゴリズム

各ノードが初期状態からネットワークトポロジを把握するまでのアルゴリズムの概要を示す(図2)。

ネットワーク構築アルゴリズムでは、構築するネットワークを木構造とみなし、開始ノードをその根とする。まず開始ノードから木構造の葉にあたるノード(以下、末端ノードと呼ぶ)へ向かって探索(discover)と隣接リストの送信(send-info)を繰り返して行う。その後、反対に末端ノードから開始ノードへ向けて隣接リストを送り返す(send-parent)。この時点で、開始ノードはネットワーク全体の隣接リストを得る。最後に、再び開始ノードから、末端ノードへ向かって、隣接リストを送信する(send-child)。以上の結果として、ネットワーク全体のトポロジを表す隣接リストをすべてのノードが獲得できる。

開始ノードが複数の場合、send-infoの手続きが衝突するノードが存在する。その場合、このノードを新たな開始ノードとし、隣接ノードに対して、親ノードと子ノードの役割を入れ替えるための情報を送信する(send-change)。

また、ネットワーク内にループが存在する場合にも、send-infoの手続きが衝突するノードが存在する。その場合には、手続きの衝突したノードは、後から隣接リストを送信した親ノードに対し、以後の情報交換を行わない旨のメッセージを送信する(send-ignore)。

2.3 ネットワーク維持アルゴリズム

端末の移動に伴うネットワークトポロジの動的変更に対応し、ネットワークを維持するアルゴリズムの概要を示す(図2)。

初期ネットワーク構築後、各ノードは定期的に発見手続き(discover)を行い、隣接ノードの存在確認を行う。

隣接ノードが存在しなくなった場合には、自ノードとその隣接ノードのIDを要素とする隣接ペアを隣接リストから削除する。そして、その隣接ペアを他の隣接ノードに対して送信する(send-delete)。隣接ペアを受信したノードは、それを自分の持つ隣接リストから削除し、さらに他の隣接ノードに送信することを繰り返す。図1(c)の場合、ノード n_1 は隣接ペア(n_1, n_3)を削除するようにsend-deleteを n_2, n_4, n_5, n_6, n_7 宛に送信する。

また、あるノード、例えば n_6 が、新たに通信可能になった隣接ノード n_3 を発見した場合、 n_6 を開始ノードとし n_3 のみを子ノードとして、send-infoを送信する。発見されたノード n_3 は、2.2節で述べたアルゴリズムに従う。 n_6 は一連の動作を終了した後、 n_3 以外の隣接ノードに新しい隣接リストを送信する(send-append)。隣接リストを受信した各ノードは、それを自分の持つ隣接リストに加えて、さらに他の隣接ノードに送信する。図1(c)の場合、ノード n_6 は隣接ペア(n_3, n_6)を追加するようにsend-appendを n_1, n_2, n_4, n_5, n_7 宛に送信する。

2.4 ルーティングテーブルとデータの配送

構築したネットワークにおいて、リンクがないノード間の通信は他のノードを中継して行う。したがって、各ノードはどのノードを中継に用いるかを決定しなければならない。これは以下のように行う。

まず各ノードは、獲得した隣接リストから、他の各ノードへの最小パスを全域木の最小パスを求めるアルゴリズムによって計算し、ルーティングテーブルを作成する。あるノードから直接通信できないノードへデータを送信する場合は、ルーティングテーブルを参照して中継先を決定し、目的のノードにデータが到達するまで中継を繰り返す。また、複数のノードへ同じデータを送信する場合には、中継先毎にデータを送信し、疑似的なマルチキャストを実現する。

3 アルゴリズムの実装と通信実験

提案したアルゴリズムをWindows95/CEが動作する携帯端末上の実装し、実際に通信する実験を行った。通信媒体としては、すでに多くの携帯端末に標準装備されている赤外線通信[4]を利用した。

実験の結果、赤外線通信を利用しているため、端末の相対的な位置は大きく制限された。しかし、相互に通信が可能な端末間では、端末を持ち寄るだけで、ネットワークを構築でき、手軽に通信を行えることが確認できた。また、一度ネットワークを構築した後、端末を移動させると、5台の端末の場合では5~10秒後に全端末がトポロジの変更を認識することができた。

しかし、通信エラーに対する処理が不十分なため、端末同士が離れている場合や、蛍光灯等のノイズがある場合には、ネットワーク構築の手続きやデータ通信が正しく完了しないことがあった。

4 まとめ

本稿では、モバイルアドホックネットワークを構築するための分散アルゴリズムを提案した。また、提案したアルゴリズムを実際に携帯端末上の実装し、本アルゴリズムの有効性を確認した。

今後の課題としては、通信エラーに対する頑健性の向上、データ通信の効率化、端末数の増加に伴うスケーラビリティの問題、アプリケーションとの連携方法などが挙げられる。

参考文献

- [1] 河川 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, 情報処理学会, DiCoMo98, pp.619-626, 1998.
- [2] 中村 眞, 藤井 章博, 根元 義章: 移動分散環境下でのネットワークトポロジ把握のためのプロトコル, 情処研報, DPS 66-12, 1994.
- [3] Michel Raynal: Distributed Algorithms and Protocols, Wiley, 1988.
- [4] Infrared Data Association: Serial Infrared Link Access Protocol, version 1.1, 1996.