

アドホックネットワークにおける グループ内調停端末の動的再配置手法の性能評価

鈴木貴也* 石川貴士† 石原進‡ 水野忠則‡

* 静岡大学大学院情報学研究科 † 静岡大学大学院理工学研究科 ‡ 静岡大学情報学部

1 はじめに

有線ネットワーク上でのゲームや協調作業の一般化が進む一方、Bluetoothなどの無線技術によりモバイルアドホックネットワーク環境が実現しつつある。今後はモバイルアドホックネットワーク環境においてもゲームや協調作業が行われるようになって考えられる。モバイルアドホックネットワークは短距離無線機能を持つモバイル端末による動的なネットワークであるが、端末の移動によるトポロジや通信経路の頻繁な変化に対応するため、さまざまなルーティングプロトコルが開発されている。

ゲームや協調作業では、アプリケーションに参加する端末間での遅延格差やデータの一貫性などを調停する端末（調停端末）が必要となる。調停の例として、遅延格差を調停する ICEGEM [2] や、マルチキャスト通信の順序一貫性保証のためにシーケンスサーバを用いる方式が挙げられる。有線ネットワークでは一般的に固定のサーバが調停端末の役割を果たす。一方、アドホックネットワークでは固定のサーバが存在するとは限らないため、ネットワーク上のいずれかの端末が調停端末の役割を担うことになる。しかしながら、頻繁に発生するトポロジ変化の影響で調停端末とその他の端末との通信遅延が増大し、ユーザの入力に対するアプリケーションの反応が鈍くなる可能性がある。

そこで筆者らは、アドホックネットワークのトポロジに応じてネットワークの中心に近い端末が調停端末となるよう、調停端末を再配置する手法を提案してきた [1]。本稿では、理想的な条件下において提案方式を導入した場合の効果を検証し、実際のルーティングプロトコルを用いた場合の影響について検討する。

2 提案手法

アドホックネットワーク上でゲームや協調作業を行う場合、ネットワーク上のいずれかの端末が調停端末

An ability estimation of dynamic relocation of the arbitration terminal for mobile ad hoc network

Yoshinari Suzuki*, Takashi Ishikawa†, Susumu Ishihara‡, Tadanori Mizuno ‡

* Graduate School of Information, Shizuoka University

† Graduate School of Science and Engineering, Shizuoka University

‡ Faculty of Information, Shizuoka University

432-8561, Hamamatsu, Japan

suzu@athene.cs.inf.shizuoka.ac.jp

となる。しかしながら、常に同一の端末が調停端末でありつづけた場合、トポロジの変化により調停端末とその他の端末（メンバ端末）との通信経路が変化して遅延が増加し、アプリケーションの効率が悪化する可能性がある。そこで筆者らは、トポロジに応じて調停端末を再配置する手法（図1）を提案している [1]。以下にその詳細について述べる。

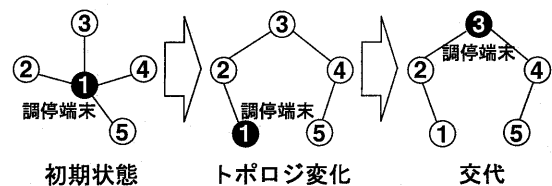


図1: 提案方式の概念図

2.1 前提条件

提案手法では以下のような前提条件を仮定している。

- 全ての端末は同一のアプリケーションを利用
- 全てのメッセージは調停端末のアドレスを保持
- ユニキャストメッセージは経路を保持
- 調停端末が送信するメッセージは全端末に到達可能
- 調停端末はネットワークのトポロジを経路情報から得られる全域木として保持
- 調停端末は全域木から中心のノード（交代相手端末）を導出可能

2.2 メッセージの種類と流れ

提案手法では2種類のメッセージを使用する。一つは下りメッセージであり、もう一つは上りメッセージである。下りメッセージは調停端末からメンバへ送信されるメッセージで、調停端末のアドレスが含まれる。上りメッセージは下りメッセージに対する応答としてメンバから調停端末へ送信されるメッセージで、送信した端末から調停端末までの経路が含まれる。いずれのメッセージもアプリケーションのデータとともに定期的に送信される。

2.3 交代手順

調停端末の交代は以下のように行われる。

1. 調停端末は経路情報を利用して全域木を生成

2. 調停端末は全域木から中心ノード (交代相手端末) を発見
3. 調停端末は下りメッセージを利用してメンバに交代相手端末を通知
4. メンバは下りメッセージ受信時に交代相手端末を認識
5. 交代相手端末は下りメッセージ受信後に調停を開始
6. メンバは交代相手端末へ上りメッセージを送信 (交代成立)
7. 下りメッセージより先に上りメッセージが交代相手端末に到着した場合、交代相手は最初の上りメッセージが届いた時点で調停を開始

最初の調停端末はグループ内での ID (IP アドレスなど) が最小の端末とする。

3 評価

提案手法について理想的な条件下での導入効果を検証する。また、実際のルーティングプロトコルである DSR (Dynamic Source Routing) を用いた場合の性能について検討する。

3.1 理想的な条件下での評価

理想的な条件下とは、i) 生成される全域木は必ず最小木となる、ii) 調停端末により検出される交代相手端末 (新しい調停端末) はどの端末から見ても最適 (トポロジの中心) となる、という状態を示す。この条件下においてシミュレーションを行い、提案手法を適用した場合としなかった場合について、メンバ端末が調停端末へ上りメッセージを送信する際の最悪ホップ数を比較した。シミュレーションは以下のような条件で 1000 ステップ実行した。1 ステップとは、調停端末から下りメッセージが送信され、それに対応する上りメッセージ全てが調停端末に到着するまでの一連の処理を指す。

50 × 50 の格子状に 50 個の端末を重ならないようにランダムに配置する。各端末は一定の確率で隣接する 8 つの格子点のいずれかへ重ならないように移動する。端末の通信範囲は十分広く、端末数は常に一定である。通信路は端末をノードとする最小木 (minimum spanning tree) の辺であるとし、交代相手端末の発見は 1 ステップ毎に行う。

結果は図 2 のようになり、提案手法を適用した場合の最悪ホップ数は適用しない場合の 2/3 程度に抑えられた。よって、提案手法の適用により通信遅延が減少したと言えるため、理想的な条件下における提案手法の有効性を示すことができた。

3.2 実際のルーティングプロトコルによる影響

前節では理想的な条件下での性能についての評価を行った。しかしながら、実際のルーティングプロトコルにより得られる情報を元にした経路やトポロジは理想的条件を満たすとは限らない。本節では実際のルーティングプロトコルとして DSR プロトコルを採り上げ、理想的条件下との差異を検討する。

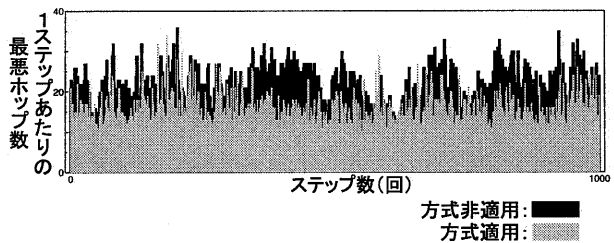


図 2: 理想的な条件下におけるホップ数の比較

DSR では、送信元から宛先までの経路が指定された状態でデータパケットが送信される (source routing)。そのため、送信元は Route Discovery により指定するための経路を得る。Route Discovery は送信元からの要求 (Route Request) に宛先が応答する (Route Reply) という流れを基本としている。これにより DSR は、a) 検出された経路が最短のものであるとは限らない、b) 全ての端末が同じトポロジを把握できるとは限らない、という性質を持つ。a) の例として次のような場合が考えられる。端末 A が通信範囲外にいる端末 B へデータを送るために経路を検出した後、移動により B が A の範囲内に入ると、A から B への経路は最短でなくなる。また、b) の例として次のような場合がある。端末 A から調停端末への利用可能な経路が複数存在し、そのうちの x という経路で調停端末へ送信したとする。その後 x 上の端末 B に調停端末が交代したときに、A が B へ x とは異なる経路 y で送信できたとすると、元の調停端末と端末 B とで把握するトポロジが異なる。

これらの性質により、i) 求められる全域木は最小木でない、ii) 交代相手端末は最適なものにならない、といった問題が発生し、前節の理想条件を破綻させる。これにより、提案手法の性能に影響が生じる。例えば、調停端末が常に最適な端末であるとは限らなくなり調停端末とメンバ端末間の通信遅延 (ホップ数) が増加する、という影響が考えられる。この問題の詳細については現在検討中である。

4 おわりに

アドホックネットワークのトポロジに応じて調停端末を再配置する方式について理想的な条件下での性能を検証し、現実のルーティングプロトコルを適用した場合についての性能を検討した。今後は実在するルーティングプロトコルによる提案手法への影響をシミュレーションにより評価する予定である。

参考文献

- [1] 鈴木貴也, 石川貴士, 石原進, 水野忠則: アドホックネットワークにおける遅延較差吸収機能を持つ端末の動的再配置に関する基礎検討, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, p.594, (2000)
- [2] 石川貴士, 石原進, 井手口哲夫, 水野忠則: メンバ間公平性保証方式の同期機構の特性評価, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信, Vo.2000, No.15, pp. 81-88, (2000).