

## アドホックネットワークにおける適応型経路制御の設計 Design of Adaptive Routing in Adhoc Networks

田中 健介<sup>†</sup>  
Kensuke Tanaka

吉田 紀彦<sup>†</sup>  
Norihiko Yoshida

### 1. はじめに

端末のみによって自律的に構成されるアドホックネットワークでは、特定のネットワーク設備を必要としないため比較的容易に柔軟性に富んだネットワークが構築可能である。しかし一方で、ルータのようなネットワーク全体の構成を把握して経路制御を行うものが存在しないために、端末自身が経路情報を取得しそれをもとに通信を行わなければならない。したがってどのように経路制御を行うかが重要な問題となってくる。

現在までにアドホックネットワークのために多くの経路制御プロトコルが提案されているが、アドホックネットワークはその柔軟性からネットワークの形状が様々であり、それらのどのプロトコルが最適であるかは適用するネットワークによって変わってくる。さらに、そもそもアドホックネットワークとはその場の(アドホック)に構成されるものであって、ネットワークの形状や状況などは事前に把握することが難しく、一度構築された後にも端末の移動や通信頻度などにより常に変化してしまう。

本研究ではこれらの問題に対応する手段として、ネットワークの開始後にネットワークの状況にあわせて動的に手法を変化させ、ネットワークに適した制御を行う適応型の経路制御を提案し、その設計を行った。

### 2. アドホックネットワークにおける経路制御

アドホックネットワークにおける経路制御プロトコルは主に以下の2つに分類することができる。

#### プロアクティブ型

各端末がネットワーク内の他の端末と経路に関する情報を定期的に交換し、ネットワーク内の全ての端末への経路を予め経路表として作成しておく方式。送信時には経路表にある経路情報によりすぐに送信が可能であるが、経路表の情報を常に最新のものに維持するためにはそれなりの負担がかかる。主なプロトコルとしてはOLSR[1], TBRPF[2]などがある。

#### リアクティブ型

実際にデータ送信要求が発生した際に経路を構築する方式。経路維持のオーバーヘッドを排除している反面、要求があってから実際に送信可能になるまでには経路探索のための時間を要する。またこの時、経路探索パケットを自分の周りにいる全ての端末に対して一斉送信(フラッディング)し、パケットを受け取った端末がこれを繰り返すことによって経路を探しているが、このフラッディングがトラフィック量の増大を招いている。主なプロトコルとしてはAODV[3], DSR[4]などがある。

また、この他にも2つの方式を自分からの距離などによって使い分けて併用するハイブリッド型や、ネットワークにクラス階層を持たせることによって制御パケット増大の問題を解消させようとしている階層型、GPSなどによる位置情報を利用してネットワークのパフォーマンスを向上させている位置情報型などがある [5]。

### 3. 提案手法の概要

前節に示したように、プロアクティブ型、リアクティブ型の2つの方式は、それぞれ経路維持の負担、ネットワークの負荷増大という問題を抱えている。したがってどちらが適当な方式であるかは、適用するネットワークにおいてこれらのどちらの問題が重大となるかによって決まってくる。しかし前述のようにネットワークの状況は動的に変化するため、初めに選択した方式が効率的であり続けるとは限らない。そこで提案手法では以下のような方法をとる。

まず初期状態ではリアクティブ型で経路制御を行う。リアクティブ型での問題は、探索パケットのフラッディングによりトラフィック量が増え、ネットワークの負荷増大を招くことにある。そこで提案手法では、各端末が自分の周りのトラフィックの状況を観測し、必要に応じて自らをルータ端末に格上げし周りの端末を結びつけ、これらの端末がルータ端末を中心とした経路制御に切り替わることでこの問題を防いでいる [6]。つまり、トラフィック量が増大しリアクティブ型では効率が悪くなった場所にはルータ端末が動的に生成し、その周囲の端末が直接ルータ端末に問い合わせを行うことで、トラフィック量の減少につながりネットワーク負荷を抑えられる仕組みとなっている。

この方式では、分散的に経路情報(完全ではない)を持つルータ端末が配置されることになり、これは全ての端末がネットワーク内の完全な経路情報を持つプロアクティブ型と、基本的に必要となるまで経路情報を持たないリアクティブ型との中間の形をとる(図1)。またその間でのどの程度の位置をとるかは、ルータ端末の存在個数つまりはトラフィック量によるため、ネットワークの状況によって動的に決定されることになる。

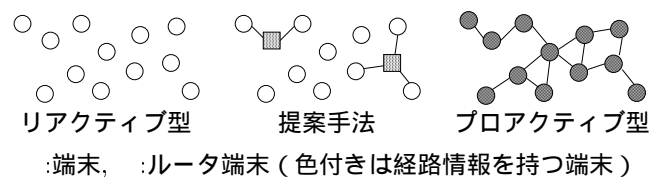


図1 経路情報の保持状況

<sup>†</sup> 埼玉大学 Saitama University

## 4. 詳細設計

### 4.1 初期状態

提案手法は初期状態ではリアクティブ型のAODVで経路制御を行う。端末は定期的にHelloパケットを送信し近隣端末との接続性を確かめている。経路はRREQ(Route Request)パケットをフラッディングして探索し、宛先または宛先までの経路をキャッシュしている中間の端末がRREP(Route Reply)パケットを返答することで2つの端末間に経路が構築される。

### 4.2 経路情報のキャッシュ

リアクティブ型のプロトコルでは利用した経路情報を一時的にキャッシュする。通信頻度が上がり短時間の間に多数の経路を利用すれば、それにともないキャッシュされる経路情報も増える。そこで、キャッシュによってトラフィック量を判断し、制御手法変更の基準とする。

ここで、AODVでは自分の周りのいる近隣端末と接続できなくなった場合、その近隣端末を利用した経路を持つ端末に対してErrorパケットを送りそのことを通知する仕組みになっている。したがって提案手法では経路の有効性はErrorパケットの通知によって確認するものとし、キャッシュの有効時間を既定値よりも長く設定する。

### 4.3 ルータ端末への格上げ

経路情報のキャッシュが一定量以上集まった端末は、ルータ端末へと格上げする。ルータ端末となった端末は周りの端末に対しその事を通知し、それらの端末からさらに経路情報を集める。

この時、集められた経路情報はそれぞれの端末用の経路情報であり他の端末がそのまま利用することはできない。そこでルータ端末では集めた経路情報からトポロジ表を作成する。そして、経路は問い合わせを受けた時点でトポロジ表からダイクストラ法によって作成する(図2)。

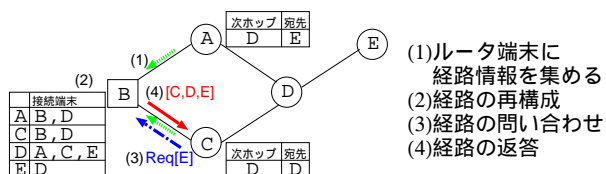


図2 ルータ端末への経路問い合わせ・返答の流れ

### 4.4 経路情報の取得

各端末は以下の順序で経路情報の取得を試みる。

1. 自分の経路キャッシュをみる
2. 知っているルータ端末に対して問い合わせを行う
3. 経路探索パケットをフラッディングする

それぞれの過程で経路情報がみつければそこで終了。みつからなければ次に進む。また、他の端末から経路探索パケットを受け取った時も、すぐにフラッディングをするのではなく上の過程をふむ。

### 4.5 データ送信・転送

AODVで経路制御を行っている場合、各端末は宛先と次の送信先などからなる経路表を持ち、この情報と送られ

てきたパケットの宛先から次の送信先を判断してパケットを送信することになる。しかし、ルータ端末から返答された経路情報は送信元から宛先までの全ての経路を示すソースルートであり、この場合各端末はソースルートでデータを送信または転送する必要がある。そのためパケットにはソースルートであるかどうかを知らせるフラグがあり、ソースルートで送信時にはこのフラグを立てる。パケットを受け取った端末はまずこれを見て、転送の方法を決定することになる。これにはアクティブネットワーク技術[7]を応用している。

### 4.6 経路情報の更新

提案手法ではルータ端末が持つ経路情報には有効時間を持たせない。しかし、これらの情報もトポロジの変化により当然利用できなくなってしまうことが考えられる。この経路情報を更新するために、ルータ端末につながれた周りの端末はErrorパケットを受け取ったり自身が自分の周りの経路の破損を感知したりした時、これをルータ端末に報告する必要がある。またこの時、経路が利用できないことをそのまますぐに報告するのではなく、新たな経路を探索しみつければその経路を報告する。

## 5. おわりに

本研究ではネットワークの状況にあわせて動的に制御手法を変化させ対応する適応型経路制御の設計を行った。この手法は、リアクティブ型を基礎とするためプロアクティブ型に比べ経路維持のための負担は少なく、リアクティブ型で問題となる経路探索パケットのフラッディングによるトラフィック量増大を軽減することもできる。また、制御手法を決定づける基準が実際のネットワークの挙動に依存することになるこの手法においては、ネットワークが開始される前に少ない情報からプロトコルを選択せざるを得ない従来の手法よりも、よりネットワークに適した経路制御が行えると考えられる。

現在ネットワークシミュレータNS2[8]上で提案手法の実装を行っている。今後はシミュレータで性能評価を行い有効性を確かめると共に、トポロジの変化により柔軟に対応できるような仕組みやルータの所在情報を伝播させていく仕組みなど、更なる機能拡張を行う予定である。

## 参考文献

- [1] <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>
- [2] <http://www.ietf.org/rfc/rfc3684.txt>
- [3] <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- [4] <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-09.txt>
- [5] 小菅昌克他, “アドホックネットワークが開く新しい世界(前編)”, 情報処理 Vol.44 No.10, (2003)
- [6] 田中健介, “アドホックネットワークにおける動的経路制御”, 埼玉大学卒業論文 (2004)
- [7] 山本幹, “アクティブネットワーク”, 電子情報通信学会誌, Vol.86 No.7 pp.489-492(2003)
- [8] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>