

## ノードの移動を考慮した局地的経路切換え Regional route switch by movement of node

前田 貴匡†  
Takamasa Maeda

中村 康弘†  
Yasuhiro Nakamura

### 1. まえがき

既存の通信インフラが活用出来ない場所でネットワークを実現する手法として、個々の通信ノードが自律分散的に通信経路の制御を行い、パケットを中継するマルチホップアドホックネットワークが注目されている。また近年、小型の無人航空機や災害救助ロボットが開発され、人間活動が制限される戦場や災害現場での様々な作業が遠隔システム化されることが期待される。そのための通信手法としてマルチホップアドホックネットワークの利用が考えられる。

マルチホップアドホックネットワークのプロトコルは、常に経路表を更新するプロアクティブ型、通信要求に応じて経路探索を行うリアクティブ型およびその2つを組み合わせたハイブリッド型に大きく分けられる。またGPS (Global Positioning System) 装置の小型軽量化により、位置情報を使用するプロトコルも数多く提案されている。位置情報からは、移動速度や移動方向等の情報を得ることができ、各通信ノードの位置や移動を考慮することで、ルーティングのオーバーヘッドを削減する手法や生存時間の長い経路を選択する手法などが提案されている[1]。

戦場や災害現場等では迅速で柔軟な状況判断が要求されるため、その使用者との間に遅れの無い通信が望まれる[2]。従来手法は経路探索を効率化し、通信品質が良い経路や生存時間の長い経路を選択すること等を目的としており、通信を行うノード自身が各ノードの通信可能距離を超えて広範囲で移動を続ける場合には通信経路の切断と再構成の繰返しを防ぐことができない。

本研究では、位置情報を利用したノードの移動予測によって、ノードの通信可能半径を超える移動による通信経路の切断に先行した経路切換えを行い、通信経路の切断回数と経路探索時間を削減し、持続的な通信経路の確保と制御メッセージによるオーバーヘッドを抑制する手法を提案する。

### 2. 提案方式

代表的なリアクティブ型マルチホップアドホックネットワークのルーティングプロトコルであるAODV[3]をもとに、ノード位置情報を利用したハイブリッド型プロトコルへの拡張を行う。各ノードはGPS等により自己座標を取得し、2次元平面に近似して管理する。各通信ノードは制御メッセージを利用し位置情報を交換することで周辺ノードの状況を把握する。移動するノードがある場合、ノードが今後通信できる中継ノードを予測し、局地的に経路表の更新を行うことで経路を更新する。

### 2.1 隣接ノード情報の取得

各ノードはRREQ(Route Request)メッセージ及びRREP(Route Reply)メッセージを送信する際、自身の位置と移動ベクトル情報を付加する。

初めて通信を行うノードから制御メッセージを受け取った際に自身が制御メッセージの転送を行わない場合は、1ホップ以内にRREPメッセージを送信して自身の情報を通知する。

移動するノードは自身の移動速度に応じて、1ホップ以内にRREPメッセージを送信して自身の情報を通知する。ノードの速度が速ければ頻繁に送信し、遅い場合は送信頻度を下げる。全く移動しないノードは送信しない。また、停止していたノードが移動を開始した場合と移動していたノードが停止した場合もRREPメッセージを送信し情報を更新する。

各ノードが保存している隣接ノードの情報のうち、移動しているノードの情報には有効時間を定める。有効時間は移動するノードの速度が速ければ短く、遅い場合は長く設定する。移動していないノードの情報には、有効時間は設定しない。移動するノードは、保存している全てのノード情報に有効時間を定める。有効時間は移動しているノードの速度が速ければ短く、遅い場合は長く設定する。有効時間を過ぎたノード情報は、通信可能範囲から出たと仮定し、削除する。

### 2.2 使用経路の記録

データの通信を行うノードは、使用する経路と転送元ノードを関連付けて記録する。

使用されなくなった経路および転送元の記録は削除する。

### 2.3 ノード移動による経路切り替え

移動するノードからRREPメッセージを受け取ったノードは、移動するノードからデータが転送されているかを確認する。移動するノードからデータが転送されていた場合、隣接ノードの中に自身より移動するノードへの距離が近いノードを探し、あればそのノードを新たな中継ノードとして経路更新のためのRREPメッセージをユニキャストする。RREPメッセージには送信先アドレスとして現在の経路の送信先アドレス、送信先ノードのシーケンス番号をインクリメントしたものをそれぞれコピーし、送信元アドレスは移動するノードとする。RREPメッセージを受け取った新たな中継ノードは送信先ノードへの経路を作成し、RREPメッセージを移動するノードへ転送する。RREPメッセージを受け取ったノードは、新たな中継ノードを次ホップとして経路を更新する。

図1を用いて、経路切替の一例を示す。

図1の(1)では、移動するノードDは中継するノードBを通じて、送信先ノードAにデータを送信している。

† 防衛大学校情報数理工 239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20. National Defense Academy, 1-10-20, Hashirimizu, Yokosuka, Kanagawa 239-8686, Japan. g48033@nda.ac.jp

(2)において、移動ノードDはRREPメッセージを用いて、周囲のノードBとCに位置情報を通知している。この際、ノードDからのデータを中継しているBは、保存されている隣接ノードの位置情報から移動ノードにより近いCノードを選択する。

(3)において、ノードBはノードCに経路変更のためのRREPメッセージを送信し、ノードCは移動するノードDにRREPを転送し、それぞれ経路を更新する。

(4)において、新たな経路を用いてノードDはノードAにデータを送信する。

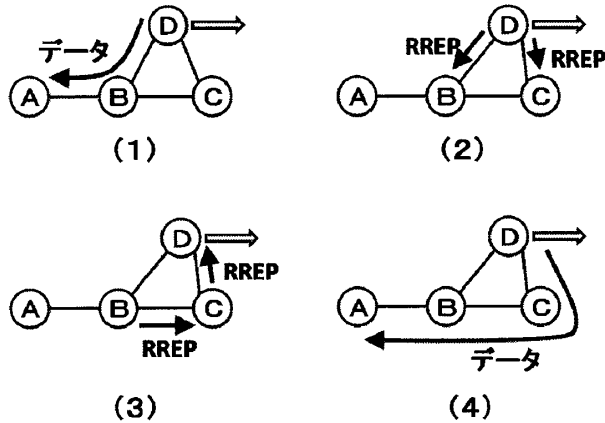


図1 経路の切換え例

### 3. 実験

本実験では、アドホックネットワーク上を高速で移動するノードが取得したデータをストリーミング配信することを想定して、QualNet 4.5を用いてシミュレーションを行った。

想定環境の前提として、基盤となるネットワークを構成するノードは中継のために配置され、固定されている。

図2と図3にネットワークの構成を示す。ネットワークは格子状に300m間隔で5×5のノードを配置したものとそこから4ノードを除き中空ができてくるものの2種類のネットワークで評価する。各ノードはIEEE802.11bの規格による無線通信により上下左右の4ノードと通信可能である。

通信ノードはこのネットワーク上を移動し、固定ビットレートでノードRにデータを送信する。

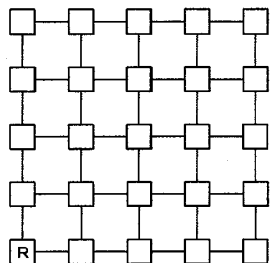


図2 中空のない格子

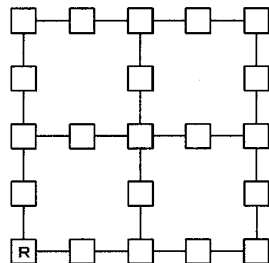


図3 中空のある格子

移動ノードはネットワーク上を秒速25mでランダムに移動しながら、ノードRに対し固定ビットレートで512bytesのデータを送信する。

上記の条件でビットレートを変えてシミュレーションを行い、AODVのHelloメッセージ不使用時、使用時および提案手法でのパケット到達率を比較した。

結果を表1と表2に示す。

表1 中空の無いネットワークでのパケット到達率

	4056byte/s	8112bytes/s	16224bytes/s
AODV	86.9%	83.4%	87.5%
AODV (Hello 使用)	87.8%	88.8%	39.2%
提案手法	99.4%	99.4%	93.8%

表2 中空のあるネットワークでのパケット到達率

	4056byte/s	8112bytes/s	16224bytes/s
AODV	90.0%	90.0%	71.3%
AODV (Hello 使用)	83.1%	83.1%	68.9%
提案手法	97.5%	99.4%	63.8%

提案手法は経路の逐次切換えにより通信経路を維持し、AODVに比べ高いパケット到達率であった。

中空の無いネットワークにおいて、Helloメッセージを使用したAODVは16224bytes/sで通信を行った際、制御メッセージとデータの衝突が増大しパケット到達率が低下した。

中空のあるネットワークにおいて、提案手法では中空部分を横切の際、隣接ノードに切り替わるより早く通信半径から出てしまうため、経路の切り替えができなくなり経路の再探索が頻出した。また、16224bytes/sで通信を行った際は、衝突が増大しパケット到達率が低下した。

### 4. まとめ

本研究ではノードの移動性を考慮した逐次経路切替の有効性を示すため、シミュレーションによりAODVとのパケット到達率の比較評価を行った。

実験の結果、本提案手法は持続的に経路を維持することができ、通信品質の向上に有効であった。しかし、隣接ノードとの無線リンクのない中空を移動する場合には、経路探索のために制御メッセージが増大した。

今後の課題として、中継ノードや受信ノードが移動する場合の経路の切換えと評価が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] M.Abolhassan, T.Wysocki and E.A.Dutkiewicz, "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks", Ad Hoc Networks, vol.2, no.1, pp.1-22, Jan. 2004
- [2] K.Shima and Y.Uo, "Requirements for Quick Network Construction Mechanisms for the On-Site Emergency Rescue Activity," Internet Conference 2006, October 2006
- [3] C.Perkins, E.Belding-Royer and S.Das "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", IETF Request for Comments 3561, 2003