

オンデマンド距離ベクトル型マルチパスルーティングの検討

M-32 A study of Ad hoc On-demand Distance Vector Multipath routing

茂木 信二† 吉原 貴仁† 堀内 浩規†
Shinji MOTEGI Kiyohito YOSHIHARA Hiroki HORIUCHI

1. はじめに

アドホックネットワークのためのルーティングプロトコルとしてAODV (Ad hoc On-demand Distance Vector Routing) [1]の研究が広く行われている。AODVはシングル・パス・ルーティングであることから経路が切断される度に経路発見が必要となり、経路発見を行う回数の増加に伴い通信遅延や制御メッセージ数が増加してしまう課題がある[1][2]。

そこで本稿では、1回の経路発見で複数の経路を発見し、一方の経路が切断した場合に他方の経路を用いることで経路発見を行う回数の削減を図るAODVを拡張したマルチパス・ルーティングプロトコルの検討結果を報告する。発見する複数の経路は、経路の切断に対する耐性を図るためノードもしくはリンクが重複しない経路とすることを設計目標とする。ノードが重複しない経路とは、パケットの送信元と宛先を除いて共通するノードがない経路であり、リンクが重複しない経路とは共通するリンクがない経路である。

2. AODVの概要と関連研究

2.1 AODVの概要

送信元と宛先間に経路の作成を行う経路発見は、以下に述べるRREQ(Route Request)のブロードキャストとRREP(Route Reply)のユニキャストからなる。

(1) RREQのブロードキャストと帰還経路

パケットの送信元ノードはRREQをブロードキャストする。RREQを受信したノードが宛先への経路を持たない場合、受信したRREQをブロードキャストする。宛先への経路を持つ場合、RREQのブロードキャストを行わず(2)の手順に進む。なお、RREQをブロードキャストしたノードは、そのRREQを受信したノードにとって送信元に至るための次ホップ(以下、帰還経路と呼ぶ)となる。また、ループを回避するため重複して受信したRREQは破棄しそのRREQによる帰還経路の作成は行わない。例えば図1(a)のAはSからRREQを受信し帰還経路をSとする。同様にI、X及びDは帰還経路をそれぞれA、I及びXとする。IがAからRREQを受信した後にBから受信するRREQは重複するため破棄しBは帰還経路にならない。DがYから受信したRREQも同様に破棄しYは帰還経路にならない。

(2) RREPのユニキャストと転送経路

RREQを受信したノードが宛先への経路を持つ場合、作成済みの帰還経路を用いてRREPを送信元に向かってユニキャストする。RREPは送信元に至るまで各ノードの帰還経路を用いて次々とユニキャストされる。RREPのユニキャストを行ったノードは、そのRREPを受信したノードにとって宛先に至るための次ホップ(以下、転送経路と呼ぶ)となる。図1(a)のXはDからRREPを受信し転送経路をDとする。同様にI、A及びSの転送経路はそれぞれX、I及びAとなる。このようにしてSとD間に経路S-A-I-X-Dを作成し、その経路数は1つの宛先に対し1つとなる。

(3) 経路の更新

発見する経路のループを防ぐと共に受信したRREQ及びRREPがより新しい経路を与えるか否かを各ノードが判断

† (株) KDDI 研究所, KDDI R&D Laboratories Inc.

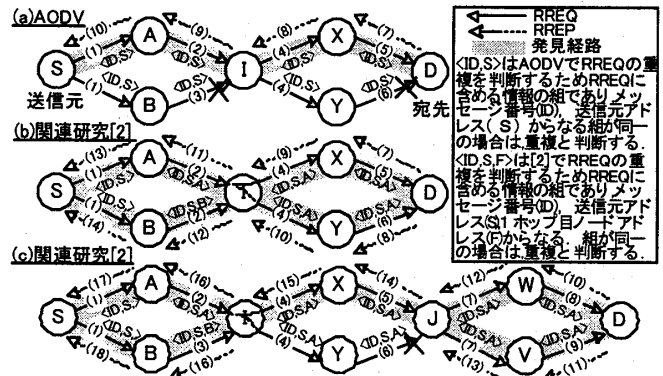


図1 AODVと関連研究におけるRREQとRREPの制御例

するためシーケンス番号を用いる[1]。新たな経路を与える場合、または、よりホップ数が小さい経路を与える場合、各ノードは経路を更新する。

2.2 関連研究

1章で述べたAODVの課題を解決するため、AODVを拡張しリンクが重複しない複数経路の発見を行うルーティングプロトコルが提案されている[2]。[2]は重複しない複数の経路は送信元から1ホップ目が異なることに着目し、中継ノードがあらたに受信したRREQが先に受信したRREQと異なる1ホップ目を経て受信したものである場合、あらたに受信したRREQのブロードキャストを行ったノードを帰還経路として加える。これより、中継ノードから送信元までに至る重複しない複数の帰還経路が作成される。例えば、図1(b)のIは、Aから受信したRREQによりAを帰還経路とし、その後Bから受信したRREQのブロードキャストを行ったBを帰還経路に加える。なお、異なる1ホップ目を経て受信したものではない場合、中継ノードはAODVと同様に重複するRREQとして受信したRREQを破棄し帰還経路は作成しない。また、Iがブロードキャストするのは先にAから受信したRREQのみとなる。

宛先ノードは1ホップ目が異なるか否かにかかわらず受信した各RREQに対しRREPを応答する。RREPが作成済みの重複しない帰還経路上を転送されることで送信元と宛先間に重複しない複数の転送経路を作成できる。

しかしながら、送信元と宛先間に重複しない複数経路を発見するため上記図1(b)のように複数の帰還経路の作成が本来必要となるノードが2つ以上存在する場合、最初にRREQを受信し複数の帰還経路を作成するノード以外のノードが複数の帰還経路を作成できないことから送信元と宛先間に重複しない複数経路を発見することができなくなってしまう問題がある。例えば図1(c)のJは先にXから受信したRREQの後にYから受信するRREQは、Xから受信したRREQと同一の1ホップ目(A)を経て受信したものとなるため、JはYから受信したRREQによる帰還経路Yを作成しない。Dが応答したRREPは作成済みの帰還経路上を転送されるため、Jは受信したRREPをXのみに転送することになる。このようにしてSとD間に作成した複数経路は、IとX間のリンク及びXとJ間のリンクが重複する経路となってしまう。

3. オンデマンド距離ベクトル型マルチパスルーティング

AODV を拡張し、重複しない複数経路の発見を可能とする新たな手法を用いたオンデマンド距離ベクトル型マルチパスルーティング (AODVM : Ad hoc On-demand Distance Vector Multipath Routing) について検討する。

3.1 重複しない複数経路の発見手法

ノードが重複しない複数経路の発見手法について図 2 を用いて述べる。発見する経路は、送信元から宛先までのホップ数が最小となる最短経路とする。図 2(a)の最短経路には図 2(b)に示す経路 1)、2)、3)及び 4)がある。また、ノードが重複しない経路として、経路 2)と 4)の組及びそれぞれ“淵”となる経路である経路 1)と 4)の組がある。ここでは経路 1)と 4)の組のように、淵となる経路を発見することでノードが重複しない 2 つの経路の発見を行うことにする。経路 1)と 4)の組の経路を得るためには、転送経路として B 及び E を持つ A が B のみを転送経路に選択し、転送経路として E 及び G を持つ F が G のみを転送経路に選択すればよいことがわかる。ここで、複数の帰還経路を持つノードに着目すると、A が選択する転送経路 B は転送経路 E に比べ宛先に至るまでにある複数の帰還経路を持つノードの数が小さいことがわかる。F が選択する転送経路 G も同様になっている。これより、複数の転送経路がある場合、宛先に至るまでにある複数の帰還経路を持つノードの数がより小さい転送経路を選択することで重複しない経路が発見できることがわかる。

3.2 基本方針

以下に AODV を拡張し重複しない複数経路を発見可能とするための基本方針を示す。

- (1) 複数の帰還経路を作成可能とする。そのため、重複した RREQ を受信した場合 AODV のように直ちに破棄せず受信した RREQ による帰還経路を作成する。ただし、ループを回避するため送信元までのホップ数が同一以下となる場合にのみ帰還経路を作成する。重複して受信した RREQ は AODV と同様ブロードキャストしない。
- (2) 宛先は受信した各 RREQ に対し RREP を応答する。
- (3) 複数の帰還経路を持つノードの数を表す項目 (以下、交差数項目と呼ぶ) を RREP に追加する。RREP を受信したノードが複数の帰還経路を持つ場合、受信した RREP の交差数項目の値に 1 を加えた RREP を送信元に向かってユニキャストする。複数の帰還経路を持たない場合、そのまま RREP をユニキャストする。なお、宛先がユニキャストする RREP の交差数項目の値は 0 とする。
- (4) 複数の RREP を受信した場合、交差数項目の値が小さい RREP による転送経路を選択する。交差数項目の値が同一の場合、双方を選択する。
- (5) 作成した経路の更新は 2.1(3)で述べた AODV の更新方法と同様とする。

3.3 RREQ と RREP による重複しない複数経路の発見

図 2(a)の構成を例に AODVM による RREQ 及び RREP の制御例を図 3(a)に示す。

(1) RREQ による帰還経路の作成

送信元 S は経路発見のため RREQ をブロードキャストする。RREQ を受信した各ノードは基本方針(1)に従い帰還経路を作成する。図 3(a)E は A から RREQ を受信し帰還経路 A を作成する。E はその後 F から受信した RREQ による帰還経路 F も帰還経路に加えることで複数の帰還経路を持つノードとなる。同様に C も複数の帰還経路を持つノードとなる。E と C 以外のノードは複数の RREQ を受信しないことから単一の帰還経路を持つノードとなる。

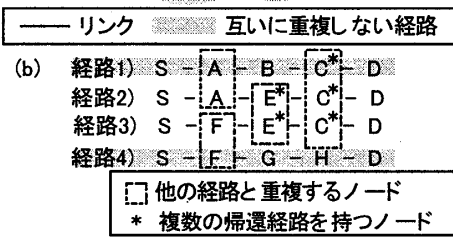
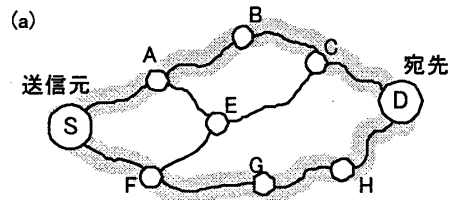


図 2 互いに重複しない経路

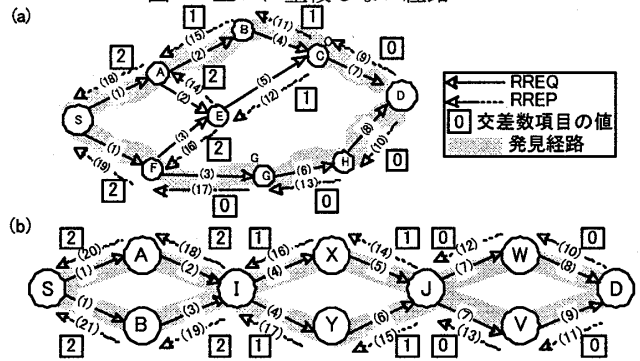


図 3 AODVM における RREQ と RREP の制御例

(2) RREP による転送経路の作成

宛先ノード D は、基本方針(2)に従い C 及び H から受信したそれぞれの RREP に対し RREP を応答する。なお、D が応答する RREP の交差数項目の値は基本方針(3)に従い 0 とする。RREP を受信した C は、作成済みの帰還経路数が複数となっていることから受信した RREP の交差数項目の値に 1 を加えた RREP を B 及び E にユニキャストする。作成済みの帰還経路数が複数となっている E も同様に交差数項目の値に 1 を加えた RREP を A 及び F にユニキャストする。A は B 及び E からそれぞれ交差数項目の値を 1、2 とする RREP を受信する。基本方針(4)に従い交差数項目の値が小さい B から受信した RREP による転送経路 B を選択する。F も同様にして転送経路 G を選択する。なお、A 及び F 以外の複数の RREP を受信しないノードは AODV と同様に受信した RREP の送信を行ったノードを転送経路とする。このようにして作成された S から D に至るまでの転送経路は、図 2(b)で示した経路 1)と 4)の組、すなわち、重複しない複数経路となる。なお、関連研究[2]では発見できなかった図 2(c)のような場合でも、AODVM は図 3(b)に示すようにリンクが重複しない複数経路を発見することができる。

4. おわりに

本稿では、AODV を拡張し重複しない複数経路の発見を行う AODVM について検討を行った。最後に、日頃ご指導頂く (株) KDDI 研究所浅見所長、松島副所長、ならびに水池執行役員に感謝する。

参考文献

[1] C.E.Perkins, et al., "Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing", In Proc. of 2nd IEEE Wksp. Mobile Comp. Sys. and Apps., 1999.
 [2] M.K.Marina, et al., "On-demand Multipath Distance Vector Routing for Ad Hoc Networks", In Proc. of the International Conference for Network Protocols(ICNP), 2001.