

アドホックネットワークにおけるループ型ルーティングプロトコル

佐川 陽介 神林 洋平 桧垣 博章

{sgw, kan, hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科

ネットワークをモバイルコンピュータのみで構成したアドホックネットワークは、アクセスポイントを介した無線ネットワークに比べより高い柔軟性と移動性を持つ。本論文では、モバイルコンピュータが送信する無線信号の到達範囲を同一であると仮定せず、アドホックネットワーク内に複数の片方向リンクが存在することを仮定した新たなオンデマンド型ルーティングプロトコル LBSR (Loop-Based Source Routing) プロトコルを提案する。提案プロトコルでは、ネットワーク内に存在する複数のループ経路を経路探索に用いることにより、片方向リンクが存在する場合の DSR (Dynamic Source Routing) [3] による経路探索に比べフラッディングによるブロードキャスト数を削減することが可能である。

Loop-Based Source Routing Protocol for Ad-Hoc Networks

Yousuke Sagawa, Youhei Kanbayashi and Hiroaki Higaki

{sgw, kan, hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

Department of Computers and Systems Engineering
Tokyo Denki University

In an ad-hoc network where only mobile computers are included, higher mobility and flexibility are supported than an infrastructured network with access points. In this paper, we propose LBSR (Loop-Based Source Routing) which is a novel on-demand routing protocol supporting asymmetric wireless communication links. For achieving a route from a source to a destination, LBSR searches multiple loop routes. Here, smaller number of multicasts in a flooding protocol are required than conventional protocols like DSR.

1 背景と目的

近年、コンピュータの小型化、高性能化が進み、ノート型 PC や PDA といった携帯型のコンピュータが広く利用されるようになってきた。また、ネットワーク技術の発達と WWW をはじめとするネットワークアプリケーションの普及により、ネットワークに接続されるコンピュータの比率が急速に高まっている。このような背景から、携帯型コンピュータをネットワークに接続して利用するモバイルコンピューティングへの要求が高まっており、IEEE802.11 [1] や HIPERLAN [2] などの無線 LAN プロトコル技術が研究、開発されている。現在、多くの無線 LAN では、各モバイルコンピュータがルーティングを行うことはない。直接通信できないモバイルコンピュータ間の通信は、各無線通信セルに配置されたアクセスポイントと呼ばれる固定コンピュータを用いて有線ネットワークを介することにより実現している。しかし、この方法では、各モバイルコンピュータが通信を行なうためには、アクセスポイントとの通信が可能な位置に存在する必要がある、その移動性が制限される。現在、このような制限のないアドホックネットワークの研究開発がなされている。アドホックネットワークでは、アクセスポイントの存在を仮定せず、直接通信できないモバイルコンピュータ間の通信は、他のモバイルコンピュータがルーティングを行うことにより実現する。ここでは、ネットワークがモバイルコンピュータのみで構成されているため、モバイルコンピュータの移動により、モバイルコンピュータが相互に通信するための経路は静的ではなく動的となる。2章で述べるように、アドホックネットワークにおける

ルーティングプロトコルは、様々なものが提案されている。それらの多くは、各モバイルコンピュータから送信される無線信号の到達距離は同一であり、モバイルコンピュータ間は双方向接続されることを仮定している。しかし、無線通信では、無線信号の減衰、反射、回折により必ずしも双方向接続できるとは限らない。また、モバイルコンピュータの電源容量により、その送受信能力は一定ではない。さらに、アドホックネットワークは今後様々な無線通信メディアで構成されることが考えられるため、従来の双方向接続を仮定したルーティングプロトコルでは、片方向リンクが存在する場合に、ルーティング効率が著しく低下する可能性がある。これまでに提案されたルーティングプロトコルのなかにも片方向リンクに対応できるプロトコルとして DSR や CBRP [4] などがあるが、経路探索時に2組のフラッディングを用いる、経路情報を維持するために大きなトラフィックが発生する、といった問題がある。そのため、本論文では、片方向リンクを持つアドホックネットワークにおいて、経路探索時に送信元から送信先を経由し送信元へと戻るループ経路を検出することにより、1組のフラッディングと複数のユニキャストを組み合わせることで経路検出可能なルーティングプロトコル LBSR (Loop-Based Source Routing) プロトコルを提案する。

2 アドホックルーティングプロトコル

アドホックネットワークにおいて、モバイルコンピュータが他のモバイルコンピュータと通信を行なうためには、各モバイルコンピュータが経路情報

を何らかの方法で取得する必要がある。その基本的な方法はテーブルドリブン型とオンデマンド型の2つに分類することが可能である。[5]

2.1 経路探索方式

[テーブルドリブン型]

モバイルコンピュータ同士が通信を行うか行わないかに関わらず、各モバイルコンピュータが他のモバイルコンピュータへの経路情報(ルーティングテーブル)を保持する方法である。この方法では、送信先への経路情報は、通信開始時には保持されているため、通信を行なおうとした時点から実際にデータを送信するまでの遅延を最小にすることが可能である。しかし、ネットワーク内の経路情報を常に最新のものに更新する必要があるため、多くのトラフィックを浪費する。

[オンデマンド型]

モバイルコンピュータが通信を開始する直前に、送信元と送信先との間の通信経路を取得する方法である。モバイルコンピュータの移動によってネットワークトポロジーが経時的に変化するアドホックネットワークに対しては、通信を行なおうとした時点から実際にデータが送信されるまでに経路探索のための遅延が生じるという問題がある。しかし、通信開始時のネットワーク構成に基づいた経路が探索される点が適している。

2.2 無線信号の到達距離

無線通信に用いられている無線信号には光や電波などがある。このような無線信号を用いたネットワークでは、固定ネットワークのように端末間が必ずしも双方向通信可能であるとは限らない。ところが、現在のアドホックネットワークにおけるルーティングプロトコルの多くは端末間が双方向接続されることを仮定している。そこで、本論文では、アドホックネットワーク内に片方向リンクが多数存在するものと仮定したオンデマンド型ルーティングプロトコルを提案する。オンデマンド型を用いた場合の経路探索において、双方向接続を仮定する場合の経路探索と双方向接続を仮定しない場合の経路探索との相違を以下に示す。

[双方向接続を仮定したルーティング(図1)]

ネットワーク内のすべてのモバイルコンピュータが送信する無線信号の到達距離は同一であると仮定する方法である。無線到達距離が等しいので、経路要求メッセージを送信元から送信先へ送信するだけで、送信元から送信先への経路と送信先から送信元への経路を検出することが可能である。

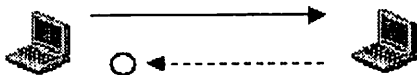


図1: 双方向接続を仮定したルーティング

[双方向接続を仮定しないルーティング(図2)]

モバイルコンピュータが送信する無線信号の到達距離は同一ではないと仮定する方法である。無線到達距離が同一ではないとすることで、無線信号の減衰、反射、回折や、複数の無線通信メディアが混在するネットワーク環境に

対応することが可能である。各モバイルコンピュータの無線到達距離は同一ではないとしているため、送信元からの経路要求メッセージによって得られる経路は送信元から送信先への経路のみである。よって、送信先から送信元への経路を検出するための手法が必要となる。

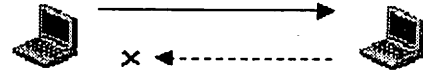


図2: 双方向接続を仮定しないルーティング

3 既存プロトコル

双方向接続を仮定しないネットワークへ対応可能なオンデマンド型ルーティングプロトコルとしてDSR(Dynamic Source Routing)プロトコルがある。DSRでは送信元 S から送信先 D への経路 $R_{S \rightarrow D}$ を探索し、これを用いて S がメッセージをソースルーティングする。経路探索にはフラッディングが用いられる。フラッディングとは、 S から D へメッセージ m を配送する際に、 S が無線信号の到達範囲にあるすべてのホストに対して m をブロードキャストする。 m を受信した各ホストも自身から無線信号が到達するすべてのホストに m をブロードキャストする。これを繰り返すことによって、 S から D への経路情報が存在しない場合でも m を配送することができる。以下に、DSRの経路探索アルゴリズムを示す。

[DSRによる経路探索(図3, 図4)]

- $R_{S \rightarrow D}$ が S のキャッシュに存在する場合、 S はこの経路を使用して D へメッセージをソースルーティングする。
- $R_{S \rightarrow D}$ が S のキャッシュに存在しない場合、 S は、メッセージに S のアドレスとメッセージIDを格納した経路要求メッセージ RREQ(Route Request) を S の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータ M_i へブロードキャストする。RREQには D が先として指定される。
- M_i が RREQ を受信する。このとき既に RREQ を受信していた場合、この RREQ を破棄する。 M_i の受信した RREQ が初めて受信する RREQ である場合、受信した RREQ に自身のアドレスを加え、 M_i の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータに RREQ をブロードキャストする。
3. を繰り返すことにより RREQ のうちの1つは D に到達する。このとき、RREQ には $R_{S \rightarrow D}$ 上にあるモバイルコンピュータのアドレスのシーケンスが含まれる。
- D が RREQ を受信する。このとき、 D のキャッシュに $R_{D \rightarrow S}$ の経路情報が存在する場合、 D は、自身の経路情報を利用し $R_{S \rightarrow D}$ を含む経路応答メッセージ RREP を S へソースルーティングする。一方、 D のキャッシュに $R_{D \rightarrow S}$ の経路情報が存在しない場合は、 D は、 $R_{S \rightarrow D}$ を含む RREP を D の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータ M_i に対してブロードキャストする。

6. M_i が、RREP を受信する。このとき既に RREP を受信していた場合はこの RREP を破棄する。 M_i の受信した RREP が初めて受信する RREP である場合は、受信した RREP に自身のアドレスを加え M_i の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータに RREP をブロードキャストする。
7. 6. を繰り返すことにより RREP のうちの1つは S に到達する。このとき、RREP には $R_{D \rightarrow S}$ 上にあるモバイルコンピュータのアドレスのシーケンスが含まれる。
8. $R_{D \rightarrow S}$ を含むメッセージを $R_{S \rightarrow D}$ でソースルーティングすることにより、 D が $R_{D \rightarrow S}$ を得る。以降、 S と D の間でアプリケーションメッセージを双方向に交換することが可能となる。

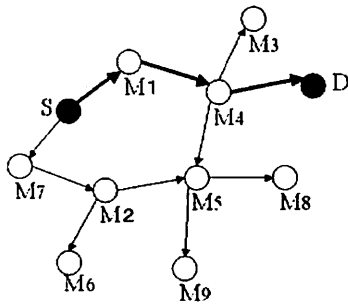


図 3: $R_{S \rightarrow D}$ の探索

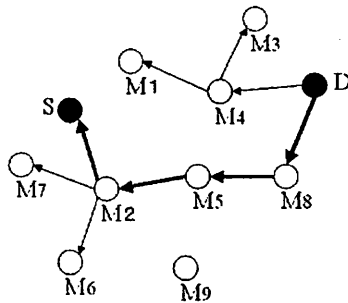


図 4: $R_{D \rightarrow S}$ の探索

4 提案プロトコル

4.1 LBSR(図 5)

片方向リンクの存在を仮定した場合の DSR では、各モバイルコンピュータが RREQ と RREP をフラッディングすることによって、 $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ を探索する。これによって S は $R_{S \rightarrow D}$ を知ることができ、アプリケーションメッセージのソースルーティングが可能となる。しかし、この経路探索方法では $R_{S \rightarrow D}$ の探索と $R_{D \rightarrow S}$ の探索が独立したフラッディングによって行われているために多くのブロードキャストが必要となる。ところで、 $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ を連結した経路は S から D を通り S に戻るループ経路である。そのため、LBSR では S からフラッディングされた RREQ が D を経由し S に戻ることで S は経路の検出を行う。また、LBSR は S からのループ経路情報を各モバイルコンピュータが

保持するようになっており、 D を通ってフラッディングされてきた RREQ を別のループ経路上にあるモバイルコンピュータが受信した場合、このモバイルコンピュータから S まではフラッディングではなくユニキャストで経路情報を配送することが可能である。提案プロトコル LBSR では、経路探索時に 1 組のフラッディングと複数のユニキャストを用いることによって、DSR のように $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ を独立のフラッディングで探索する問題を解決することができる。つまり、 S から D を通って S に戻るループ経路をより小さなループ経路を利用して検出することにより、フラッディングのためのブロードキャストの数を減少させることが可能である。

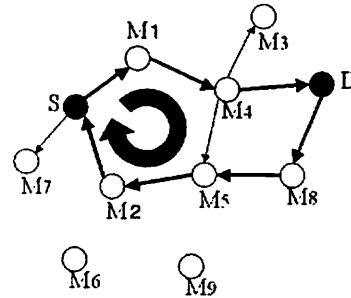


図 5: $R_{S \rightarrow D} + R_{D \rightarrow S}$ の探索

4.2 ループ経路

LBSR は経路探索時に複数のループ経路を検出し、利用することによって送信元と送信先間の通信を可能にする。以下で LBSR におけるループ経路を定義する。

[片方向ループ経路(図 6)]

片方向ループ経路は 3 つ以上のモバイルコンピュータが接続されており、そのうちの少なくとも 1 つの接続が片方向接続であるループ経路である。

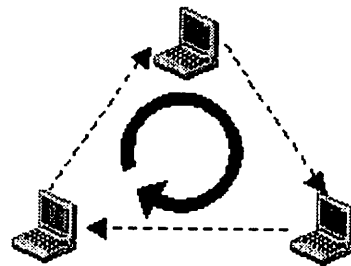


図 6: 片方向ループ経路

[双方向ループ経路(図 7)]

双方向ループ経路は 2 つ以上のモバイルコンピュータが双方向接続されることによりできるループ経路である。



図 7: 双方向ループ経路

4.3 メッセージフォーマット

LBSR では以下の 4 種類のメッセージを用いる。

RREQ{Src, Dst, ID, Node_list}

Src: RREQ の送信元のアドレス

Dst: 送信元が通信を行ないたい送信先のアドレス

ID: 同一送信元からの RREQ を一意に識別するための ID

Node_list: RREQ が通った経路上のモバイルコンピュータのアドレスのリスト

RREQ は、送信元から送信先への経路を探索するためにフラッディングされるメッセージである。各モバイルコンピュータはすべての RREQ を受信するが、フラッディングを行なうのは最初に受信した RREQ のみである。また、RREQ は送信元のアドレスと ID により一意に識別可能である。送信元が RREQ をフラッディングするごとに RREQ の ID が 1 増える。

LOOP{Src, Dst_num, Dst[Dst_num], ID, Node_list[loop_num]}

Src: RREQ の送信元のアドレス

Dst_num: DST の数

Dst[Dst_num]: LOOP の送信先のアドレス

ID: RREQ の ID

Node_list[loop_num]: 経路探索を始めた送信元からのループ経路上のモバイルコンピュータのアドレスのリストがループの数 (loop_num) だけ入れられる。

LOOP は送信元からのループ経路情報をモバイルコンピュータの LOOP キャッシュに設定するためのメッセージであり、Src と ID により、どの RREQ に対する LOOP であるかを一意に識別することが可能である。また、LOOP 内の経路情報には送信元からの双方向ループ経路情報と片方向ループ経路情報が別々に記載されている。

DATA{Src, Dst, Node_list, Data_No, Data}

Src: DATA の送信元のアドレス

Dst: DATA の送信先のアドレス

Node_list: DATA を送信元から送信先へソースルーティングするために必要なモバイルコンピュータのアドレスのリスト

Data_No: DATA のシーケンスナンバであり、送信元は DATA を送信する度にこの値を 1 増やす。

Data: 実際に送信したいデータ

DATA は実際に送信したいデータを送信するためのメッセージであり、送信元から送信先へとソースルーティングされる。

ACK{Src, Dst, Node_list, Data_No}

Src: ACK の送信元のアドレス

Dst: ACK の送信先のアドレス

Node_list: ACK を送信元から送信先へソースルーティングするために必要なモバイルコ

ンピュータのアドレスのリスト

Data_No: 受信した DATA のシーケンスナンバ

ACK は DATA の受信確認に用いられる。DATA の送信元は DATA を送信後、一定時間内に ACK が送信元へ返らなかった場合、経路の再構築を行なう。

4.4 キャッシュ

[LOOP キャッシュ]

各モバイルコンピュータは LOOP の受信もしくは、新規にループ経路を発見したときに設定される LOOP キャッシュを持つ。各モバイルコンピュータは自分宛てに送信された LOOP を受けとった後 LOOP キャッシュが有効になり、LOOP の送信が可能となる。LOOP キャッシュ内には送信元→送信先、送信先→送信元への経路情報が LOOP と同様のリストとして設定される。また、LOOP キャッシュが設定された後、一定時間使用されなかった LOOP キャッシュは破棄される。

[RREQ キャッシュ]

RREQ を受信した場合に設定されるキャッシュ。ループ経路は LOOP キャッシュと RREQ キャッシュにより発見されるが、新たなループ経路が発見された場合や、一定時間使用されなかった RREQ キャッシュはキャッシュから削除される。

4.5 経路探索アルゴリズム

1. $R_{S \rightarrow D}$ が自身の LOOP キャッシュに存在する場合、 S はこの経路を使用し D へ DATA をソースルーティングする。
2. 自身の LOOP キャッシュに $R_{S \rightarrow D}$ が存在しない場合、 S は RREQ を S の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータ M_i へとブロードキャストする。
3. M_i または D が、最初の RREQ を受信した場合、自身の LOOP キャッシュに $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ の経路情報が存在するか確認する。経路情報が存在する場合は、 $S \rightarrow R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ を LOOP により送信する。
4. もし、自身の LOOP キャッシュに $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ の情報が存在しない場合は、ただちにその RREQ を自身の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータにブロードキャストする。 M_i や D は RREQ をブロードキャストする前に自身のアドレスを RREQ に含まれるリストの末尾に加える。
5. M_i 、 S 、 D が 2 回目以降の同一の RREQ を受信すると、自身の LOOP キャッシュと RREQ 内の経路情報を参照し、新たなループ経路が作成可能であるかを確認する。新たなループ経路が作成可能である場合、そのループ経路上のモバイルコンピュータに対して LOOP をユニキャストし、新規ループ経路の作成に使用した RREQ キャッシュを破棄する。このとき、複数の RREQ を受信しており、複数のループ経路が作成可能であると、新たに発見したすべてのループ経路情報を LOOP に格納して送信する。ただし、LOOP の送信は LOOP によって LOOP キャッシュに送信元への経路情報が設定されるまで LOOP を送信することはでき

ない。RREQは一定時間RREQを受信したモバイルコンピュータのRREQキャッシュに保持され新たなループ経路が作成可能になった場合に利用される。

6. M_i が LOOP を受信した後、 $R_{S \rightarrow D}$ の情報を格納した RREQ を受信すると、 M_i は、 $R_{S \rightarrow D}$ の情報と $R_{D \rightarrow S}$ の情報を LOOP により S へと送信する。
7. D は LOOP を受信すると、受信した LOOP 内の経路情報を見て、双方向ループ経路があった場合、受信した LOOP を S へとユニキャストし、 S に $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ の情報を伝える。また、 D は、 $R_{S \rightarrow D}$ と $R_{D \rightarrow S}$ の情報を得ると、それ以降の同じ LOOP (Src, ID) を受信しても、新たな経路の作成を行わない。
8. S は、 D を経由し S へと返ってきた RREQ や D からの LOOP を受信すると D への経路情報を検出でき、DATA をソースルーティングすることにより通信が可能となる。

4.6 経路探索例

図 8、図 9、図 10 に LBSR による経路探索例を示す。図 8 は各モバイルコンピュータが双方向接続可能であるか、片方向接続のみ可能であるかの状態を、図 9 は S が D と通信したいときに送る RREQ の送信順序を番号順に、図 10 はループ経路を構築するときに送信する LOOP の送信順序を図 9 に対応した順序でそれぞれ示したものである。

1. S は D と通信をするための経路情報を得るために RREQ を S の無線到達範囲内にあるすべてのモバイルコンピュータへとブロードキャストする。このとき RREQ には RREQ {Src= S , Dst= D , ID=1, Node_list= S } という情報が格納される。
2. B は S から RREQ を受信すると受信した RREQ を自身の RREQ キャッシュに入れる。その後 RREQ {Node_list} の最後尾に自身の ID を加えた RREQ を送信する。 B が送信した RREQ は以下のようなものになる。RREQ {Src= S , Dst= D , ID=1, Node_list= SB }
3. ネットワーク内の各モバイルコンピュータは、RREQ {Src= S , ID=1} を初めて受信すると 2 の動作を行なう。2 回目以降の RREQ {Src= S , ID=1} を受信すると、RREQ の送信は行わず、RREQ を RREQ キャッシュに入れる動作を行なう。
4. B が送信した RREQ が S , A , C により受信されると A , C は 2 の動作を行なう。また、 S はこの RREQ を受信すると S , B 間が新規ループ経路であると認識するので、新規ループ経路を LOOP キャッシュに入れ LOOP を B へと送信する。この LOOP は以下のようなものになる。LOOP {Src= S , Dst.num=1, Dst= C , ID=1, Node_list[1]= OSB }
5. B が S からの LOOP を受信すると LOOP 内の経路情報が自身の LOOP キャッシュに入る。この後、 B は LOOP の送信が可能になる。
6. B は A , C から受信した RREQ と S からの経路情報を比較し、 B は A および C と双方向接続であることを認識するため以下の LOOP を A と C に対し送信する。LOOP {Src= S , Dst.num=2, DST= A,C ,

ID=1, Node_list[2]= $OSBA, OSBC$ }

7. ネットワーク内の各モバイルコンピュータは 5, 6 の動作を行い LOOP によりネットワーク内の各ループ経路を構築する。
8. D が LOOP を受信すると、 D は S へ $R_{S \rightarrow D}$ の情報を伝えるため、受信した LOOP を S へと送信する。
9. S は LOOP を受信すると、 $R_{S \rightarrow D}$ の経路情報を得ることができるので、DATA を D へ送信可能になる。

以下にネットワーク内の各モバイルコンピュータが受信した RREQ、LOOP 及び、各モバイルコンピュータに存在する RREQ キャッシュ、LOOP キャッシュの情報をそれぞれ示す。RREQ キャッシュ内の情報はループ経路の作成で使用された後、RREQ キャッシュから削除される。また、各モバイルコンピュータが受信する RREQ 及び、LOOP には以下の同一情報があるため、この情報以外の部分を示した。

```
RREQ {Src= $S$ , Dst= $D$ , ID=1}
LOOP {Src= $S$ , ID=1}
```

RREQ packet, RREQ_cache

```
A: {Node_list= $SB$ 
     {Node_list= $SBC$ }
B: {Node_list= $S$ 
     {Node_list= $SBA$ }
     {Node_list= $SBC$ }
     {Node_list= $SBCEF$ }
C: {Node_list= $SB$ 
     {Node_list= $SBA$ }
D: {Node_list= $SBCE$ }
E: {Node_list= $SB$ 
     {Node_list= $SBCE$ }
F: {Node_list= $SBCE$ }
S: {Node_list= $SB$ }
```

LOOP packet

```
A: {Dst.num=2, Dst[2]= $A,C$ ,
     Node_list[2]= $OSBA, OSBC$ }
B: {Dst.num=1, Dst[1]= $B$ ,
     Node_list[1]= $OSB$ 
     {Dst.num=1, Dst[1]= $B$ ,
     Node_list[3]= $OSBC, 1BCEFB, OED$ }
C: {Dst.num=2, Dst[2]= $A,C$ ,
     Node_list[2]= $OSBC, OSBA$ 
     {Dst.num=1, Dst[1]= $C$ ,
     Node_list[2]= $OSB, 1BCEFB$ }
D: {Dst.num=1, Dst[1]= $D$ ,
     Node_list[3]= $OSB, 1BCEFB, OED$ }
E: {Dst.num=1, Dst[1]= $E$ ,
     Node_list[2]= $OSB, 1BCEFB$ 
     {Dst.num=1, Dst[1]= $E$ ,
     Node_list[3]= $OSB, 1BCEFB, OED$ }
F: {Dst.num=1, Dst[1]= $F$ ,
     Node_list[2]= $OSB, 1BCEFB$ 
     {Dst.num=1, Dst[1]= $F$ ,
     Node_list[3]= $OSB, 1BCEFB, OED$ }
S: {Dst.num=1, Dst[1]= $S$ ,
     Node_list[3]= $OSB, 1BCEFB, OED$ }
```

LOOP_cache

A: {Node_list[2]=OSBA, OSBC}
 B: {Node_list[3]=OSBC, 1BCEFB, OED}
 C: {Node_list[3]=OSBC, OSBA, 1BCEFB}
 D: {Node_list[2]=OSB, 1BCEFB, OED}
 E: {Node_list[3]=OSB, 1BCEFB, OED}
 F: {Node_list[3]=OSB, 1BCEFB, OED}
 S: {Node_list[3]=OSB, 1BCEFB, OED}

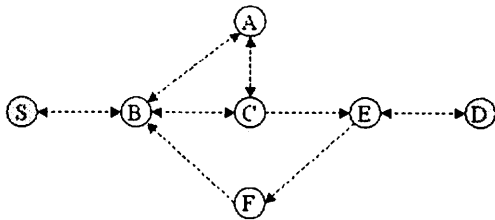


図 8: 経路状態

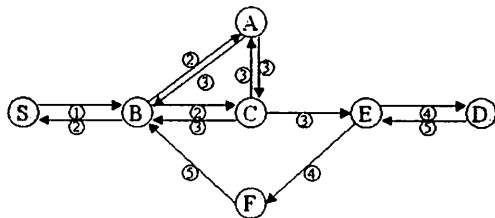


図 9: RREQ の送信順序

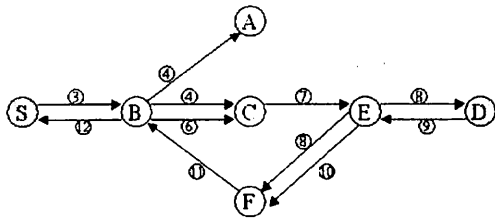


図 10: LOOP の送信順序

4.7 経路管理

[経路の再構築]

送信元と送信先との間の経路が確立され送信元が DATA をソースルーティングしているときに経路上のどこかで経路が切断された場合には、経路を再構築する必要がある。この再構築は DATA に対する ACK が送信先から送信元へ返ってこなかったときに行われることになる。リンク切断の検出は送信元が DATA を送信後、一定時間内に ACK が返らない場合、送信元はリンクが切断されたとみなし、経路の再構築を行なうことになる。

4.8 LBSR と DSR の比較

DSR では、片方向リンクが存在するアドホックネットワークにおいて経路探索時に RREQ と RREP の 2 組の経路探索を独立にフラッディングする。これに対し、LBSR では経路探索時に RREQ を 1 組と複数の LOOP を用いることにより経路探索を行うことが可能である。(図 11) LOOP は送信元を始点とし、RREQ の伝達経路に沿って

伝達されるためアドホックネットワーク内に流れる LOOP の総数は $LOOP \cong RREQ \cong RREP$ となり、アドホックネットワーク内に流れるメッセージの総数は $LBSR(RREQ + LOOP) \cong DSR(RREQ + RREP)$ となる。ところで、RREQ や RREP はブロードキャストで送信されるため、RREQ や RREP はメッセージの届く範囲に存在する全てのモバイルコンピュータが受信を行なう。これに対し、LOOP はユニキャストで送信されるため、メッセージ内で指定された宛先のモバイルコンピュータでのみ受信されることになる。よって、アドホックネットワーク内に存在するモバイルコンピュータが受信する総メッセージ数は $LBSR(RREQ + LOOP) < DSR(RREQ + RREP)$ になると考えられる。

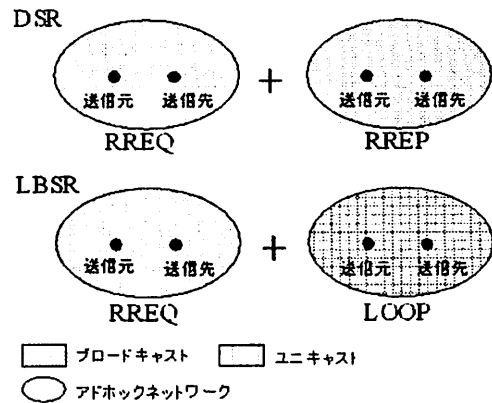


図 11: DSR と LBSR における経路探索メッセージ

5 まとめと今後の課題

本研究では、アドホックネットワークにおいてすべてのモバイルコンピュータの無線到達範囲の大きさが同じではない場合の新しいルーティングプロトコル LBSR を提案した。本方式では、ループ経路を探索することにより DSR に比べフラッディングメッセージの数を減少させることが可能である。今後は、シミュレーション実験による評価と、経路探索と経路構築における最適化なかでも、最短経路探索プロトコルへの改良や、コンピュータの移動に対して低コストで経路変更可能なプロトコルへの拡張、マルチキャストへの対応を行なう必要がある。

参考文献

- [1] "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," Standard IEEE802.11 (1997).
- [2] "Radio Equipment and Systems(RES); HIPER-LAN," ETSI Functional Specifications (1995).
- [3] David, B., David, A., Yih-Chun, Hu, Jorjeta, G., Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-04.txt (2000).
- [4] Jiang, M., Li, J. and Tay, Y.C., "Cluster Based Routing Protocol (CBRP) Functional Specification," Internet Draft, draft-ietf-manet-cbrp-00.txt (1999).
- [5] Charles, E. Perkins., "Ad Hoc Networking," Addison-Wesley (2001).