

## ループ経路接合によるアドホックルーティングプロトコル(C-LBSR) \*

4G-02

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†  
佐川 陽介 ‡ 梶垣 博章 † §

## 1 背景と目的

近年、コンピュータネットワーク技術の発達により IEEE802.11 [1] や HIPERLAN [2] などの無線 LAN 技術を利用したモバイルコンピュータリングが広く利用されるようになってきた。現在、広く利用されている無線 LAN 環境では、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ベースステーションと呼ばれる固定コンピュータを介して行なわれる。しかし、このような方法では、災害現場やイベント会場などで一時的なネットワークを構築する場合、ネットワーク構築に要する時間的、金銭的コストが大きくなってしまふ。このような背景から、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を、他のモバイルコンピュータがルーティングを行なうことによって実現するアドホックネットワークの研究が進められている。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、すべての移動コンピュータの信号到達範囲の大きさが同一であると仮定している。一方、ネットワーク内に複数の片方向リンクが存在する場合においても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って経路構築可能なルーティングプロトコル LBSR(Loop-Based Source Routing) プロトコル [3] が提案されている。ここでは、送信元を含むループ経路の再利用により、フラッディングのオーバーヘッドを削減している。しかし、プロトコル実行中に検出したすべてのループ経路の情報を送信元に集約しているため、経路探索時間、必要なメッセージ数ともに大きくなっている。本論文では、送信元を含まないループ経路を探索し、その接合として、送信元と送信先とともに含むループ経路を構築する新しいプロトコル C-LBSR(Chained Loop Based Source Routing) を提案する。

## 2 LBSR プロトコル

片方向接続を含むアドホックネットワークにおいて、送信元  $S$  から送信先  $D$  までの経路情報を  $S$  が得るためには、 $S$  から  $D$  への経路  $R_{S \rightarrow D}$  と  $D$  から  $S$  への経路  $R_{D \rightarrow S}$  が必要である。DSR では、これらを 2 つの独立なフラッディングによって求めている。これに対し、LBSR では、これらを連結して得られるループ経路を探索している。特に、 $S$  から  $D$  を通り  $S$  に戻る経路を探索する途中で検出される  $S$  から  $D$  を通らずに  $S$  に戻る経路をユニキャストで利用することにより、経路探索に要するプロトコルオーバーヘッドを削減している。LBSR では、経路探索時に 2 種類のメッセージ RREQ と LOOP を用いる。RREQ は、 $S$  から  $S$  へ戻るループを探索するためのメッセージであり、経路上にある移動コンピュータのアドレスのシーケンスが含まれている。LOOP には、 $S$  から  $S$  に戻るループ上のアドレスのシーケンスが含まれている。LOOP は、このループ上をユニキャストで配

送される。また、各移動コンピュータ  $M_i$  は、2 種類の経路キャッシュを持つ。RREQ キャッシュには、送信元  $S$  から  $M_i$  までの経路(アドレスのシーケンス)が保持される。また、LOOP キャッシュには、 $M_i$  から  $S$  までの経路が保持される。RREQ キャッシュ、LOOP キャッシュへの経路追加は、それぞれ RREQ メッセージ、LOOP メッセージの受信時になされる。LOOP メッセージは、LOOP キャッシュの経路情報を用いてユニキャストされる。

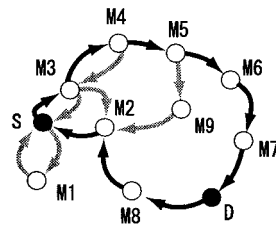


図 1: ループ経路構築

## [LBSR プロトコル]

1.  $S$  は、RREQ を  $S$  の信号到達範囲内にあるすべての移動コンピュータにブロードキャストする。
2.  $M_i$  または  $D$  が、RREQ を受信したならば、以下の処理を行なってから、RREQ に含まれる経路を RREQ キャッシュに保存する。
  - 2-1. RREQ キャッシュが空であるならば、ただちに、RREQ を自身の信号到達範囲内にあるすべての移動コンピュータにブロードキャストする。ただし、RREQ をブロードキャストする前に自身のアドレスを RREQ に含まれるアドレスシーケンスの末尾に加える。
  - 2-2.  $M_i$  の RREQ キャッシュが空でないならば、LOOP キャッシュに含まれる経路に従ってユニキャストで RREQ を送信する。 $M_i$  は RREQ をユニキャストする前に自身のアドレスを RREQ に含まれるシーケンスの末尾に加える。LOOP キャッシュが空である場合には、LOOP を受信するまで待つ。このとき、RREQ は LOOP にピギーバックされる。
  - 2-3.  $D$  の RREQ キャッシュが空でないならば、この RREQ を破棄する。
3.  $S$  が  $D$  をアドレスシーケンスに含まない RREQ を受信したならば、RREQ に含まれるアドレスシーケンスを用いてソースルーティングされる LOOP をユニキャストで送信する。
4.  $M_i$  が LOOP を受信したならば、これに含まれるアドレスシーケンスに従って  $S$  への経路を取得して LOOP キャッシュに保存する。そして、LOOP をユニキャストで送信する。
5.  $S$  が  $D$  のアドレスをシーケンスに含む RREQ を受信することで  $R_{S \rightarrow D} + R_{D \rightarrow S}$  が得られる。以降、 $S$  は RREQ を受信しても LOOP を送信しない。

\*Chained Loop Based Source Routing Protocol.

†Tokyo Denki University

‡Sagawa Yousuke and Higaki Hiroaki

§{sgw,hig}@higlab.k.dendai.ac.jp

### 3 C-LBSR プロトコル

LBSR では、 $S$  から  $D$  を通らずに  $S$  に戻る経路を検出すると、その情報を  $S$  に伝達し、LOOP によってループ経路上の移動コンピュータにこの経路を伝える。このため、経路探索に要する時間とメッセージ数のオーバーヘッドが大きい。検出済みのループ経路  $L$  上にある移動コンピュータ  $M$  が RREQ を受信するとき、新たに検出されたループ経路  $L'$  との関係には次の2つの場合がある。

- (A)  $L$  に含まれるが  $L'$  に含まれない移動コンピュータが存在する。
- (B)  $L$  に含まれる移動コンピュータはすべて  $L'$  に含まれる。

ここで、 $L' - L$  は、自身を含むループ経路がはじめて検出された移動コンピュータの集合である。 $S$  から  $D$  への経路を検出するためには、 $L' - L$  に含まれる移動コンピュータに検出したループ経路を伝えなければならない。(A) の場合、 $L' - L$  に含まれる移動コンピュータに検出したループ経路を伝えるためには  $S$  を経由しなければならない。しかし、(B) の場合、 $M$  から  $S$  を経由せずに  $L' - L$  に含まれるすべての移動コンピュータを通り  $M$  に戻るループ経路が存在する。このループ経路は、 $L$  に接合する新しいループ経路である。本論文では、この新しいループ経路に沿って LOOP を配送する C-LBSR プロトコルを提案する。C-LBSR プロトコルでは、 $S$  から  $D$  までの経路は  $S$  ではなく  $D$  で検出される。そこで、この経路を  $S$  に伝えるためのメッセージ DETECT を導入する。

#### [C-LBSR プロトコル]

1.  $S$  は、RREQ を  $S$  の信号到達範囲内にあるすべての移動コンピュータにブロードキャストする。
2.  $M_i$  または  $D$  が、RREQ を受信したならば、以下の処理を行ってから、RREQ に含まれる経路を RREQ キャッシュに保存する。
  - 2-1. RREQ キャッシュが空であるならば、ただちに、RREQ を自身の信号到達範囲内にあるすべての移動コンピュータにブロードキャストする。ただし、RREQ をブロードキャストする前に自身のアドレスを RREQ に含まれるアドレスシーケンスの末尾に加える。
  - 2-2.  $M_i$  の RREQ キャッシュが空でないならば、RREQ に含まれる経路と LOOP キャッシュに含まれる経路の接合によって作られるループ経路を含む LOOP を作成する。このループ経路から、 $M_i$  を含む最小のループ経路を作成し、この経路を用いたソースルーティングによって LOOP をユニキャスト配送する。LOOP キャッシュが空である場合には、LOOP を受信するまで待つ。
  - 2-3.  $D$  の RREQ キャッシュが空でないならば、この RREQ を破棄する。
3.  $S$  が  $D$  をアドレスシーケンスに含まない RREQ を受信したならば、RREQ に含まれるアドレスシーケンスを用いてソースルーティングされる LOOP をユニキャストで送信する。
4.  $S$  または  $M_i$  が LOOP を受信したならば以下の処理を行ってから、ソースルーティングによりこの LOOP をユニキャスト送信する。

4-1. もし、LOOP キャッシュが空ならば、LOOP に含まれるループ経路を用いて  $S$  への経路を取得し、LOOP キャッシュに保存する。

5.  $D$  が LOOP を受信したならば、これに含まれるループ経路を用いて  $S$  への経路を取得する。この経路を用いたソースルーティングにより、RREQ キャッシュに含まれる経路を含む DETECT を  $S$  へユニキャスト配送する。
6. DETECT の受信により、 $S$  は  $D$  への経路を得る。

### 4 評価

LBSR と C-LBSR について経路探索に要するメッセージ数を比較評価する。シミュレーション環境は表 1 の通りである。

表 1:シミュレーション環境

無線 LAN プロトコル	IEEE802.11
実験領域	500m×500m
移動コンピュータ数	20~100

シミュレーション結果を図に示す。LBSR と比較して C-LBSR では必要メッセージ数が削減されていることが分かる。

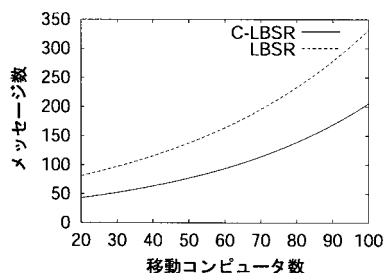


図 2: シミュレーション結果

### 5 まとめと今後の課題

本論文では、検出したループ経路情報を送信元に集約しないループ探索に基づく新しい経路探索プロトコル C-LBSR を提案し、その有効性をシミュレーションにより明らかにした。今後はマルチキャストプロトコルへの拡張を行なう。

#### 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); HIPERLAN," ETSI Functional Specifications (1995).
- [3] 佐川, 楢垣, "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," IPSJ Symposium Series, Vol. 2001, No. 3, pp. 359-360 (2001).
- [4] Charles, E. Perkins., "Ad Hoc Networking," Addison-Wesley (2001).
- [5] David, B., David, A., Hu, Y.C., Jorjeta, G., Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-04.txt (2000).
- [6] Perkins, C.E., "Mobile Ad Hoc Networking Terminology," Internet Draft, draft-ietf-manet-term-01.txt (1998).