

ループ探索に基づいたアドホックルーティングプロトコルの実装*

4G-03

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†

神林 洋平 佐川 陽介 長谷部 顕司 黒沢 祐介 桧垣 博章‡ §

1 背景と目的

近年、コンピュータの小型化と高性能化により、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、移動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 などの無線 LAN 技術が研究開発されている。移動コンピュータの移動性を活用したネットワークアプリケーションの実行環境として、アクセスポイントを用いないアドホックネットワークが注目されている。アドホックネットワークは、アクセスポイントの設置が困難な状況におけるネットワーク構築手段としても有効である。ここでは、移動コンピュータがメッセージのルーティングを行なう。これによって、移動コンピュータのみからなる、より柔軟性の高いネットワークを構築することが可能となる。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として、AODV [1] などがある。これらのプロトコルでは、すべての移動コンピュータの無線到達範囲の大きさは同一であると仮定している。しかし、無線通信に用いられる電磁波は、反射、回折、透過を行なうため、無線到達範囲の大きさは一定であるとは限らない。そのため、2つの移動コンピュータ間に片方向接続が存在する場合がある。本論文では、片方向接続を含む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 LBSR [2] の FreeBSD への実装について述べる。

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つの独立なフラディングによって求めているのに対し、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。

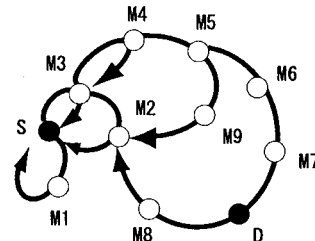


図 1: ループ経路構築

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。

[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 M_i 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、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 にビジーバックされる。
 - 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。

*Implementation of Loop Based Source Routing Protocol

†Tokyo Denki University

‡Youhei Kanbayasi, Yuusuke Sagawa, Kenji Hasebe, Yusuke Kurosawa and Hiroaki Higaki

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

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。

3 LBSR の実装

オンデマンド型ソースルーティングプロトコルである DSR は、FreeBSD3.3 上で実装されている [4]。ここで、DSR は、ネットワーク層の IP とトランスポート層の TCP、UDP の中間に位置している。受信したメッセージの種類は IP ヘッダのプロトコルフィールドの値により判別可能であり、これを処理するための関数が呼び出される。また、メッセージの送信時には、送信先をブロードキャストアドレスとした IP ヘッダと IEEE802.11 ヘッダが DSR によって作成される。つまり、この実装においては、すべての DSR メッセージはブロードキャストによって配送される。

本論文では、FreeBSD+PAO を対象として [4] の方法に基づき、IP と TCP、UDP の間に LBSR を実装した。メッセージの種類の違いは、IP ヘッダのプロトコルフィールドの値によって行なっている。ただし、ブロードキャストとユニキャストの両方を利用している点が [4] の実装とは異なっている。LBSR の構成を図 2 に示す。

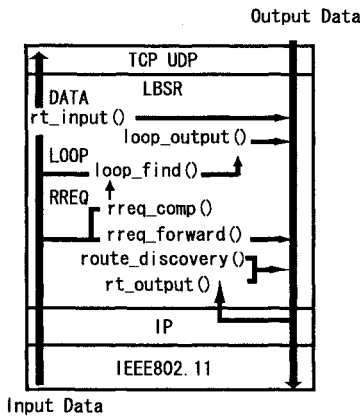


図 2: LBSR の構成

受信した LBSR メッセージの IP ヘッダに含まれるプロトコルフィールドの値 (RREQ:55、LOOP:57、DATA:60) に対応して、それぞれのメッセージを処理する関数が実行される。RREQ を受信したならば、RREQ キャッシュを参照する。RREQ キャッシュが空であるならば、RREQ のブロードキャスト (フラッディング) を行なう関数 rreq_forward が呼び出される。RREQ キャッシュが空でないならば、loop_output 関数により、ループ経路に沿ったユニキャストによる RREQ の配送を行なう。いずれの場合も、RREQ に格納された送信元からの経路を RREQ キャッシュに格納する。LOOP を受信したならば、LOOP に格納された経路情報を LOOP

キャッシュに格納し、loop_out 関数で LOOP をループ経路に沿ってユニキャストで配送する。DATA を受信したならば、rt_input 関数でメッセージの宛先アドレスを調べる。自身のアドレスであれば、上位層にデータ部を渡す。それ以外の場合、DATA の経路情報にしたがってユニキャストでメッセージを送信する。

上位層からの送信要求を処理する場合は、IP によって rt_output 関数、route_discovery 関数が起動される。キャッシュに経路が保持されているならば、これを用いてソースルーティングを行なう。保持されていなければ、RREQ のフラッディングによる LBSR 経路探索を開始する。なお、LBSR で用いる 3 種類のメッセージ、RREQ、LOOP、DATA の構成を図 3 に示す。

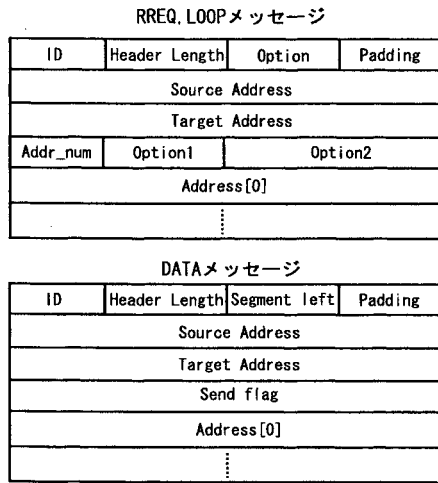


図 3: RREQ、LOOP、DATA の構成

これまでに主要機能の実装を終了し、4 台の移動コンピュータによる経路探索、データ配送の正常動作を確認した。なお、片方向接続を含む場合の動作についても確認済みである。

4 まとめと今後の課題

本論文では、LBSR を FreeBSD3.3 上に実装する際のプロトコルスタック、動作システムについて述べた。今後は性能評価とキャッシュ管理機能、再経路構築機能についての拡張を行なう。

参考文献

- [1] Perkins, C.E and Royer, E.M, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proc. of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 99-100 (1999).
- [2] 佐川, 椋垣, "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," 情報処理学会第 62 回全国大会, No. 3, pp. 359-360 (2001).
- [3] David, B., David, A., Hu, Y.Cm, Jorjeta, G., Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-01.txt (1998).
- [4] <http://www.monarch.cs.cmu.edu/dsr-impl.html> .