

アドホックネットワークにおける動的アドレス配布機構

深澤賢至¹, 八代一浩², 森澤正之³, 伊藤洋⁴

山梨大学^{1,3,4}, 山梨県立女子短期大学²

概要

近年, 無線 LAN の普及が進んでおり, 喫茶店や, 駅構内, 大学のキャンパス内などに多く見られるようになってきている. 今後, 無線 LAN の利用はますます増大すると推測される. しかし, 既存の無線 LAN はアクセスポイントに依存するという問題点がある. そこで, アクセスポイントに依存しない新しい無線通信形態であるアドホックネットワークが注目されている. このアドホックネットワークは, アクセスポイントに依存しない通信が可能となるばかりでなく, マルチホップ通信が可能であるため, 通信範囲が大幅に拡大される. このアドホックネットワークを利用した際, 各ノードがインターネットに接続するためにはどのような機構が必要になるかを検討し, その設計および検証について報告する.

A Dynamic Host Configuration Protocol in Ad hoc Network.

Kenji FUKASAWA¹, Kazuhiro YATSUSHIRO², Masayuki MORISAWA¹, Hiroshi ITO¹,
Yamanashi Univ.^{1,3,4}, Yamanashi Women's Junior College²

Abstract

Recently, the wireless LAN system is becoming familiar with end users. And it is widely used in the public spaces such as cafe, station, campus and so on. And it is predicted the wireless LAN system is used increasingly.

The wireless LAN, however has a problem that it is hard to accept a lot of clients, because the system depends on an AP(Access Point). On the other hand, the Ad hoc network, a new wireless network technology, can not only communicate with each nodes without the AP(Access Point), but also realize multi-hop communication. Therefore, the Ad hoc network is being expected for the way of new communication.

In this paper, we first discuss the functions for each node in an Ad hoc network connecting with the Internet. Secondly, we propose protocols for the system, and show the implementation.

1 はじめに

現在, IEEE802.11bによる無線 LAN の普及が著しく, オフィス内, キャンパス内, 喫茶店や駅構内などのホットスポットで無線 LAN によるインターネット接続が実用化されている. また将来的には Bluetooth などの近距離無線通信技術を用いた PAN(Personal Area Network) の構築を行い, 家電を全て携帯端末で操作できるような環境も構築可能である. 無線基地局などのインフラストラクチャを利用することなく, 無線ノード間で特殊なプロトコルを使用し動的に形成されるネットワークをアドホックネットワー

クと言う [1]. 本稿では, このアドホックネットワークの各ノードがインターネットに接続するためにはどのような機構が必要であるかを考え, そのためのプロトコルを実装し, その有効性を検証する. 以下 2 節では, 研究の基盤となるアドホックネットワークについて説明する. 3 節ではアドホックネットワーク上での経路制御プロトコルである AODV についてその機能と問題点について説明する. 4 節では AODV の問題点を解決するためのモデルについて提案を行う. 5 節ではこのモデルを実現するためのプロトコルについて説明を行う. 6 節では実装例について示し, 7 節ではまとめを行う.

2 アドホックネットワークとは

アドホックネットワークでは、二つのノードが通信圏外であっても、中間のノードがルータの役割りを果たしパケットを転送することにより通信圏外間のノードも通信できる。

このアドホックネットワークはアクセスポイント等のインフラストラクチャに依存しないため、戦場や災害時など様々な利用が考えられる [2]。また、Bluetooth や IEEE802.11b など代表される短距離無線通信技術も最近では著しく発展しており、ワイヤレスモバイルアドホックネットワーク環境 [3] の実現が可能となってきた。

2.1 アドホックネットワークのルーティングプロトコル

アドホックネットワークでは無線ノード間で特殊なプロトコルを使用し動的にネットワークトポロジーを形成しなければならない。また、バッテリー駆動を考慮し、CPU に負荷をかけずに効果的にトポロジーを形成するための様々なルーティングプロトコルが提案されている。

MANET WG (Mobile Ad hoc Networking Working Group) は、IETF (Internet Engineering Task Force) WG の一つである。MANET WG では MANET (Mobile Ad-hoc Networks) という、移動端末で自律的に構成されるネットワークを実現するルーティングプロトコルについて議論している。これまでに様々なルーティングプロトコルが提案されてきている。これらのルーティングプロトコルは「Reactive 型」もしくは「Proactive 型」のどちらかに属することになる。Reactive 型ルーティングプロトコルは、実際に通信の要求を出すと、ルーティングプロトコルが動作し、経路表を作成していき通信が可能となる。一方、Proactive 型のルーティングプロトコルは、あらかじめ経路表を作成しておくプロトコルである。したがって、通信の要求が起ると、すぐに通信を開始できる。

3 AODV

AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [5] は、「Reactive 型」のプロトコルであり、アドホックネットワーク用に作成されたプロトコルである。Linux カーネルを用いた実装があり、現在 INTERNET DRAFT の最新バージョンは 13 である。また AODV は IPv6 に対応した実装 [7] も存在する。従っ

て、Linux をプラットフォームとした AODV の実験環境を IPv6 へ拡張することは容易である。また、ネットワークシミュレーター ns2 [8] 上においても実装されているなど、先に示したプロトコルの中では実装が最も進んでおり、RFC 化が予想される。以上の理由から AODV を本研究で用いる事とした。

3.1 AODVを用いたアドホックネットワークの問題点

既存の無線 LAN によるインターネット接続を行う際、アクセスポイントが DHCP サーバとなり、アクセスポイントの通信圏内のクライアントに IP アドレスを動的に配布することが多い。DHCP をアドホックネットワークにそのまま適応することができれば、アドホックネットワーク内のノードもインターネットに接続することが可能となる。しかし、アドホックネットワーク内では DHCP サーバへアクセスし、IP アドレスをリースしてもらうといった手法が使えない。なぜならば、アドホックネットワーク内の各ノードはルータの機能を持っており、自身のネイバーのみがブロードキャストの到達するブロードキャストドメインであるため既存の DHCP は利用できない事になる。

4 AODVの問題点を解決するためのモデルの提案

前節で示した問題点を解決する方法として AODV によって構築されたインフラ上に、新たに動的なネットワークを構築する手法を提案する。

図 1 に、その提案モデルを示す。まず、プライベート IP アドレスを用いた、AODV により構成されたアドホックネットワークがある。そのアドホックネットワークを構成している各ノードに、既存の DHCP サーバのように動的に IP アドレスを割り当てる役割りを果たすサーバを用い、グローバル IP アドレスを動的に配布する。それにより、グローバル IP アドレスを持ったノードはインターネット接続が可能になる。その際、パケットは、POP (Point of Presence) との間のノードを経由していく。この時、パケットは、グローバル IP アドレスが割り当たっていないノードを経由していくことが可能である。

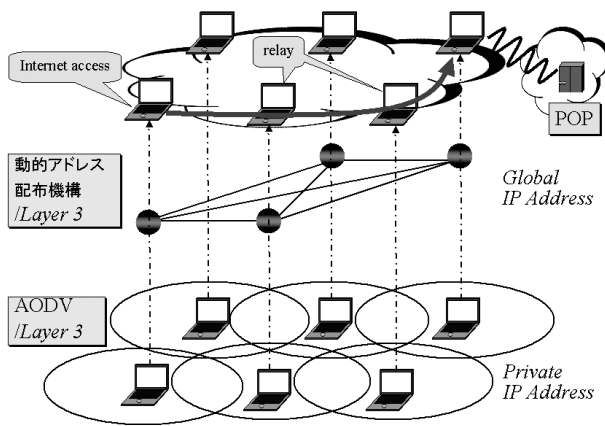


図 1: AODV 上に動的アドレス配布機構を用いた仮想的ネットワーク構成

5 提案するプロトコル

5.1 3つのプロトコル

4節で示したモデルを実現するため、以下に示す3つのプロトコルを提案し、アドホックネットワーク内のノードが自動的にインターネット接続できるようにする。アドホックネットワーク内の各ノードがIPアドレスを持つことができれば、アクセスポイントから遠い通信圏外のノードでも、近隣のノードを経由してインターネットに接続できる。このことが可能となれば、少ないアクセスポイントで通信可能範囲を大幅に拡大でき、災害時などにも有効的である。

- NADP(Network Address Distribution Protocol)
- SADP(Server IP Address Distribution Protocol)
- A-DHCP(Ad hoc-Dynamic Host Configuration Protocol)

5.2 NADP

5.2.1 NADPの概要

本モデルの実現においては、インターネットへのGatewayとなるホストは、一定のアドレス空間を持ち、それをクライアントからの要求に応じて配布す

る必要がある。最初に一定のアドレス空間を保持することはできないので、動的にISPから割り当ててもらう必要がある。既存のDHCPやPPPはホストアドレスを配布するプロトコルであるためこれを利用することができない。そこで、ISPからネットワークアドレスを受け取るためのプロトコルが必要になる。NADPは、ISPのサーバがクライアントのネットワークアドレス配布要求を受け、ネットワークアドレスを配布するプロトコルである。

5.2.2 NADPのメッセージ

NADPは以下の2つのメッセージから構成される。

- NAREQ(Network Address REQuest): アドホックネットワーク中で、AP(Access Point)に一番近いノードがNADPクライアントになり、ISPへネットワークアドレスを要求するため、NAREQを送信する。
- NAREP(Network Address REPLY): NAREQを受信したISP側のNADPサーバは、使用可能なネットワークアドレスをNAREPにより返信する。

NADPクライアントは、NAREPを受信することにより、自身にネットワークアドレスからなるアドレスプールを持つこととなる。このNADPクライアントが以下で示すA-DHCPサーバとなる。

5.3 SADP

5.3.1 SADPの概要

本モデルの実現において、インターネットへのGatewayとなるホストは、一定のアドレス空間を持ち、それをクライアントからの要求に応じて配布する必要があることは既に述べた。このノードは、後で示す提案プロトコルのA-DHCPを用いて動的にアドレスを配布する。以降、このノードをA-DHCPサーバと呼ぶこととする。AODVの近隣探索機能によりアドホックネットワーク中の各ノードは、近隣情報を得ることができる。この情報を元に近隣ノードにA-DHCPサーバの存在を、他のノードに伝えるプロトコルが必要になる。このサーバ情報(IPアドレス、サブネットマスク)を配布するプロトコルがSADPである。

5.3.2 SADP のメッセージ

SADP は、A-DHCP サーバとなった Node が、A-DHCP サーバの IP アドレスをアドホックネットワーク中に配布するプロトコルである。SADP は、以下の 2 つのメッセージから構成される。

- (1) ADVERTISE : A-DHCP サーバ IP アドレスを広告するメッセージ
- (2) RESPONSE: ADVERTISE の確認応答メッセージ

ADVERTISE は、A-DHCP サーバの IP アドレスとサブネットマスクをアドホックネットワーク中に広告する。RESPONSE は ADVERTISE の確認応答である。

5.3.3 SADP の動作例

図 2 は、NodeA, NodeB, NodeC, NodeD, NodeE, NodeF からなるアドホックネットワークにおける、A-DHCP サーバ IP アドレス伝搬の様子を表している。図中の Node の周囲の円はその Node の通信圏内を表す。アドホックネットワークはマルチホップ通信が可能であるので、NodeA と NodeF は通信が可能となる。図 2 のアドホックネットワークにおいて、AP(Access Point) に一番近い NodeA が NADP クライアントとなり、ネットワークアドレスを ISP からリースされ、アドレスプールを持つことになる。

AODV の近隣探索機能により、各ノードは近隣ノードの存在を知ることができる。そして、A-DHCP サーバは近隣ノードへ ADVERTISE メッセージを送信する。ADVERTISE を受信した近隣ノードはその確認応答として RESPONSE を返信する。RESPONSE が 2 秒以上返ってこなければ、ADVERTISE は 3 回まで再送される。

図 2 では、ADVERTISE を受信した A-DHCP サーバの近隣ノードである NodeC が、A-DHCP サーバの IP アドレス情報を NodeC の近隣ノードへ転送している様子を示している。今、NodeC の近隣ノードである NodeE は ADVERTISE を受信したら、さらに自身の近隣ノードである NodeF へ ADVERTISE を転送する。このように、A-DHCP サーバから発信された ADVERTISE は、各ノードでさらに転送され、アドホックネットワーク中に A-DHCP サーバの IP アドレスが行き渡る。それにより、A-DHCP

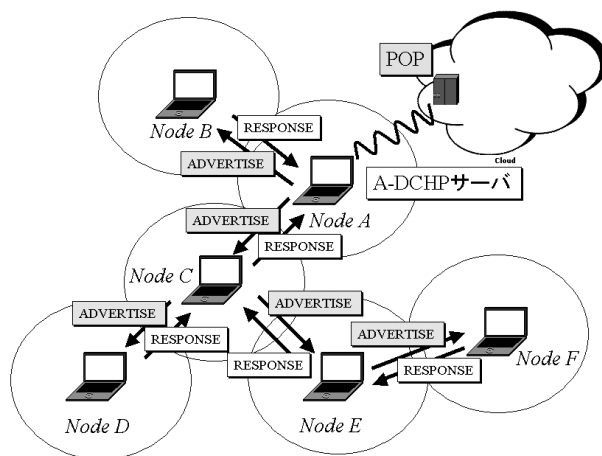


図 2: SADP を用いたサーバ IP アドレス伝搬

クライアントは A-DHCP サーバとピアツーピアのセッションの確立が可能となる。また、A-DHCP サーバおよび A-DHCP クライアントは、定期的に近隣ノードの監視を行っている。そのため、自身の通信圏内におけるノードの参加、脱退を検知できる。仮に新たなノードが参加してきたら、ADVERTISE により A-DHCP サーバの IP アドレスの広告を自動的に行う。

5.4 A-DHCP

5.4.1 A-DHCP の概要

まず、A-DHCP は、アドホックネットワーク内における DHCP の役割りを果たすため、クライアントサーバモデルを用いる。

アドホックネットワークでは、全てのノードがマルチホップにより相互通信可能である。このアドホックネットワーク内のそれぞれのノードへ、IP アドレスをリースし、その通信圏外のノードもインターネットに接続することを考える。そのためには、まず、NADP を使い、ISP からホストアドレスではなく、ネットワークアドレスをリースしてもらう必要がある。次に、リースを受けたノードが、既存の DHCP サーバのようにアドホックネットワーク内でグローバル IP アドレスを配布する機能を付加すればよい。このアドホックネットワーク内において DHCP の役割りを果たすプロトコルを A-DHCP(Ad hoc-Dynamic Host Configuration Protocol) と定義する。本研究に

においてアドホックネットワークを形成し、各ノードがインターネットを介してエンドツーエンドの通信を行えるようにするため、グローバル IP アドレスを利用する。

5.4.2 A-DHCP のメッセージ

A-DHCP は以下に示すメッセージから構成される。既存の DHCP はレイヤ 2 で動作するプロトコルだが、A-DHCP はレイヤ 3 で動作するプロトコルである。

- (1) IPREQ(IP address REQuest) : ホストアドレスの要求
- (2) IPREP(IP address REply) : IPREQ の返信。クライアントに必要な情報が格納されている。
- (3) A-DHCPREQUEST : ホストアドレスの使用継続をサーバに要求
- (4) A-DHCPRELEASE : ホストアドレスの使用を停止時、サーバに送信
- (5) A-DHCPACK : ホストアドレス継続を許可する
- (6) A-DHCPNACK : ホストアドレス継続を拒否する。

図 3 に IPREQ のメッセージフォーマットを、図 4 に IPREP のメッセージフォーマットを示す。IPREQ を受信した A-DHCP サーバは、ネットワークアドレス、サブネットマスク、DNS サーバ、デフォルトゲートウェイ、IP アドレスの使用期限を IPREP に格納し、返信する。

0	16	31
Header Type	Header Length	
unused	0 padding	

図 3: IPREQ のメッセージフォーマット

5.4.3 A-DHCP の動作

A-DHCP サーバは、クライアントへホストアドレスの動的配布を行う。アドホックネットワーク内の各ノードは、ホストアドレスをサーバから受け取るために、A-DHCP サーバの IP アドレスを知る必要

0	16	31
Header Type	Header Length	
renewal timer	rebinding timer	
expiration timer	unused	
Lease IP address		
DNS Server IP address		
Default Gateway IP address		
Subnet Mask		
Network address		

図 4: IPREP のメッセージフォーマット

がある。既存の DHCP は、レイヤ 2 ブロードキャストパケットによりサーバの応答を待つが、アドホックネットワークではレイヤ 2 ブロードキャストが使用できないため、A-DHCP サーバの IP アドレスの広告を行う機構である SADP を用いる。

図 5 は、A-DHCP クライアントが、A-DHCP サーバよりホストアドレスを獲得する手順を示す。図中の各ノードは先に示した、SADP により A-DHCP サーバの IP アドレスを知っている。このとき、NodeF がインターネットに接続するため、A-DHCP サーバからグローバル IP アドレスを取得しようとする。通常では NodeF は通信圏外にいるため、インターネットに接続することができない。しかし、アドホックネットワークではマルチホップすることにより、NodeE、C を経由して A-DHCP サーバである NodeA と通信できる。NodeA はアクセスポイントを介してインターネットにつながっているため、結局 NodeF はインターネットに接続できることになる。

次に、NodeA と NodeF のネゴシエーションの方法を示す。NodeF は、A-DHCP サーバの NodeA へ IPREQ を送信する。IPREQ を受けた A-DHCP サーバの NodeA は、自身のアドレスプールからリース可能なホストアドレスを選び出し、さらに、ネットワークアドレス、サブネットマスク、DNS サーバ、デフォルトゲートウェイ、IP アドレスの使用期限を IPREP に格納し返信する。IPREP を受信した NodeF はそのメッセージから、ホストアドレス、ネットワークアドレス、サブネットマスク、DNS サーバ、デフォル

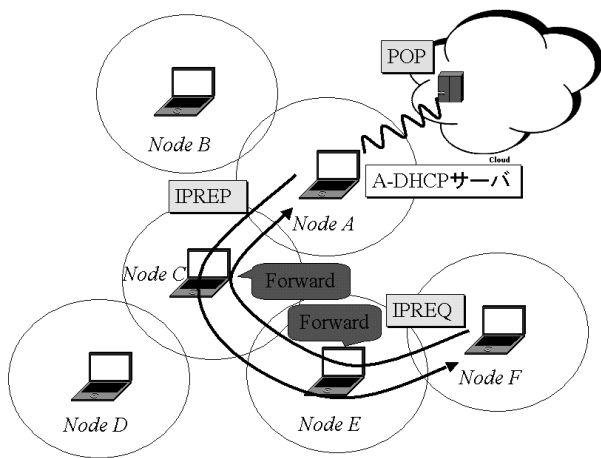


図 5: 提案法 A-DHCP の動作例

トゲートウェイ, IP アドレスの使用期限を読み取り, 自身の TCP/IP ソフトウェアを設定する. このようなネゴシエーションにより, NodeF は, インターネットに接続することができる.

6 実装例

これまでに示した NADP, SADP, A-DHCP を用いた実装例を示す. NADP, SADP, A-DHCP については以下の通りである.

- OS : VineLinux2.6 kernel-2.4.19
- 言語 : C 言語

また, 用いた AODV, 無線ツール, pcmcia-cs, 無線規格は以下の通りである.

- AODV : kernel-aodv_v2.1
- 無線ツール : wireless_tool.25
- pcmcia-cs : pcmcia-cs-3.2.3
- 無線規格 : IEEE802.11b
- 無線 NIC : BUFFALO, WLI-PCM-L11GP

7 おわりに

本稿では, アドホックネットワークの各ノードがインターネットに接続するためにはどのような機構が必要であるかを考え, そのためのプロトコルを実装した. 今後, 実際にアドホックネットワークを構築し, 提案法プロトコルの評価を行う.

参考文献

- [1] 今井尚樹, 中川智尋, 森川博之, 青山友紀, “片方向リンクが存在するアドホックネットワークにおける安定ルート構築機構” 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J85-B No.12 pp.2097-2107(2002)
- [2] 織田将人, 上原秀幸, 横山光雄, 伊藤大雄, “端末の packets 中継機能を用いた安否確認ネットワークの検討” 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J85-B No.12 pp.2037-2044(2002).
- [3] S.Crson, J.Macker: IETF MANET(Mobile Ad hoc Networking) Working Group. “Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations RFC2501” RFC2501(1999).
- [4] <http://internet.watch.impress.co.jp/www/column/wp2p/wp2p04.htm>
- [5] Chales E. Perkins, Nokia Research Center, Elizabeth M. Belding-Royer, University of California, Santa Barbara, Samir R. Das, University of Cincinnati, “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing” INTERNET-DRAFT(2003).
- [6] David B. Johnson, Rice University, David A. Maltz, Carnegie Mellon University “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks(DSR)” INTERNET-DRAFT(2003).
- [7] Chales E. Perkins, Nokia Research Center, Elizabeth M. Royer, University of California, Santa Barbara, Samir R. Das, University of Cincinnati, “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing for IP version 6” INTERNET-DRAFT(2000).
- [8] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [9] <http://internet.watch.impress.co.jp/www/column/wp2p/wp2p07.htm>
- [10] W. Simpson, Editor Daydreamer, “The Point-to-Point Protocol (PPP)” RFC1661(1994).
- [11] R. Droms, Bucknell University, “Dynamic Host Configuration Protocol” RFC2131(1997).