

アクセスポイントの無線化に関する研究

市川 祥平

渡邊 晃

近年のインターネット普及において、無線 LAN への需要が高まり、急速に普及してきている。無線 LAN を用いた新しいネットワークのコンセプトとして、Multihop-WirelessLAN (M-WLAN) が提案されている。だが、M-WLAN では、ネットワークに参加する端末が増えると、管理するテーブル量が多くなってしまったり、経路維持のために送信しあうパケットによるネットワークトラフィックが増大するという問題がある。そこで本研究では、すべての情報を管理するのではなく、端末からの通信要求があった際、周りのアクセスポイント (AP) へ端末情報を問い合わせ、随時テーブルを作成させる方式を提案する。

Researches on Wireless Access Point

Syouhei Ichikawa

Akira Watanabe

In the spread of the Internet in recent years, demand for wireless LAN rises and it is rapidly widespread. Multihop-WirelessLAN(M-WLAN) is proposed as a concept of a new network where wireless LAN was used. However, the managed amount of the table increases in M-WLAN when the number of terminals which participate in the network increases. Moreover, there is A Problem that Network Traffic with the packet transmitted for the route maintenance each other increases. Then, terminal information is inquired of surrounding access point (AP) when all information is not managed but there is a communication demand by the terminal, and it proposes the method to make the table at that time in this research.

1 はじめに

近年、インターネットの急速な普及に伴い、いつでも、どこでもインターネットへ接続できる無線 LAN の需要が高まってきている。家庭内やオフィス内での利用はもちろん、ファミリーレストランや大手喫茶店などでも、ホットスポットの導入など、無線 LAN によるインターネット接続サービスを始めており、さらなる拡大が予想される。しかし、無線 LAN エリアを広げるためにはアクセスポイント (AP) の整備が不可欠である。現在 AP 間は有線で結合されており、AP の設置に多大な工事費や時間を伴うのが現状である。また、一度 AP を設置してしまうと、新しい場所への移動や、別の場所への移設が難しい。そこで、AP 間を無線で結合できればこのような課題が解決され、無線エリアの拡大が容易になることが想定できる。さらに、AP 間

解決することができる。

例えば、大地震などの災害が発生し、備えてあった AP が壊れてしまい、通信が麻痺してしまった場合のことを想定する。そういったとき、AP が無線化していれば、そこに新たな AP を運びこむだけでよい。新しい AP を壊れた AP の代わりに置くことにより、新しい AP が素早く経路を再構成し、元の通信が可能になる。また、万博など、大勢の人が集まる大きなイベントなどにより、一時的に過度のデータが AP に流れ込み、ネットワークに負荷がかかる場合を想定する。そういった場合にも、ネットワークの負荷が大きい場所に、新たに AP を運んできて、その場所に置いてやることにより、一時的に AP を増設させることができる。すると AP は自動でルーティングテーブルを構築し、負荷がかかっているトラフィックを分散させ、輻輳を防止させることが可能である[1]。さらに、輻輳が収まれば増設した AP を回収してしまえばよい。AP を無線化させることによってこ

のようなことが可能になる。

現在、AP を無線化させる方法の一つとして、無線マルチホップ LAN (M-WLAN) が提案され、実験環境の構築が行われている [2][3]。W-MLAN とは AP 間の通信にモバイルアドホックネットワーク (MANET) のルーティングプロトコルを利用しているネットワークコンセプトのことである。アドホックネットワークは無線通信できる端末同士が、特別なインフラ (AP など) を利用せずに相互に接続されたネットワークのことである。したがって、端末は頻繁に移動することを想定指定している。つまり、MANET のルーティングプロトコルでは、端末が移動した際の経路制御を行っている [4]。この経路制御法を AP 間通信に利用しようとしているのが M-WLAN と本提案方式である。MANET のルーティングプロトコルを利用することによって、AP は自由に移動、移設することができ、また AP の追加、除去が可能になった。

しかし、現在の M-WLAN にはいくつかの問題がある。M-WLAN では MANET のルーティングプロトコルを利用する際に、AP のテーブル情報を定期送信させている。これは、MANET の Proactive 型ルーティングプロトコルである OLSR(Optimized Link State Routing Protocol)[5]のルーティング情報広告パケットを利用し、すべての AP と端末の情報を保持させるためだが、AP に接続される端末数が増加すると、AP の保持するテーブルの量が多くなり、定期送信するパケット量により、AP 間の通信量も増大するという問題点がある。

そこで本研究では、端末間通信を行うときに、オンデマンドで必要なテーブルを作成することにより、テーブル量の増加を抑え、トラフィックを減らすことができる方式を提案する。

以下 2 章では M-WLAN の仕組みと問題点を詳細に挙げ、3 章で提案方法を述べ、4 章で W-MLAN と本提案方式との比較、評価を行い、5 章でまとめと今後の課題を述べる。

2 M-WLAN

2.1 M-WLAN 詳細

M-WLAN は、AP 間の通信に MANET のルーティングプロトコルを用いる。つまり、AP 間はルーティングプロトコルによって作成される経路に従い、マルチホップして通信する。したがって、802.11 で規格化されている従来の AP 間通信 [6]とは異なり、IP 層で AP 間通信を行う [7]れば、AP に WLAN のインターフェースを 2 つ持たせることで実現している。ここでは、市販の AP と PC を組み合わせたものを M-WLAN での AP とし、以後、単に AP と呼ぶ。2 つのインターフェースを持たせるのは MANET 用 (AP 間通信用) のインターフェースと、802.11 用 (AP-端末通信用) のインターフェースに分けるためである。M-WLAN では、ユーザ端末はアドホック機能を保持しない一般の端末を想定しており、ユーザ端末のパケットを AP でトンネル化させることにより、AP エリアをまたいだユーザ端末間の通信を実現する。AP は、配下の端末へ送信するときは 802.11 用インターフェースを使用し、端末が AP エリアをまたいで通信を行うときは、パケットをカプセル化し MANET 用インターフェースから送信する。このカプセル化には、端末からのデータグラムにおいて、データリンクレイヤのフレームを IP でカプセル化させる“LAN エミュレーション”モデルを利用する。

M-WLAN の構成図を図 1 に示す。

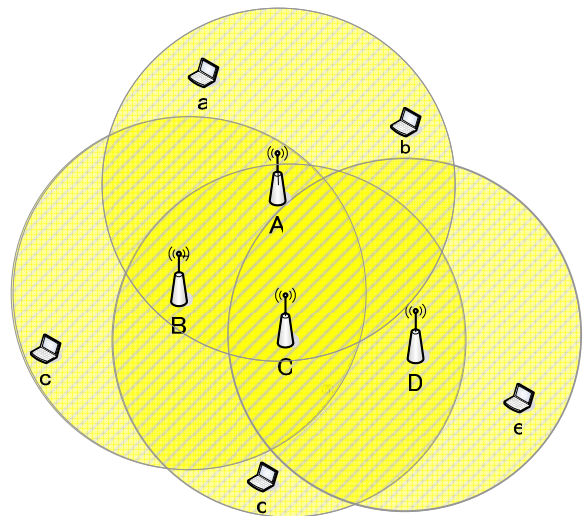


図 1 ネットワーク構成図

予め各端末は所属する AP へ自分の情報 (IP アドレス, MAC アドレス) をアソシエーション情報として登録する. AP は MANET のルーティングプロトコル中の Proactive 型のもの (OLSR) を利用する. 登録された情報は, OLSR のルーティング情報広告パケットを利用し, すべての AP へ各 AP が持つアソシエーション情報をフラッディングする. フラッディングとは, ネットワーク内のすべての通信端末へパケット輸をブロードキャストさせて情報伝達させる技術である. これにより, すべての AP がすべての端末の情報をルーティングテーブルとして持つことができる. また, AP の PC 部ではデータグラムのカプセル化プログラムとカプセル化開放プログラムを動作させる

図 2 において, 端末 a から端末 e まで通信を行うときの, パケットの動きを示す.

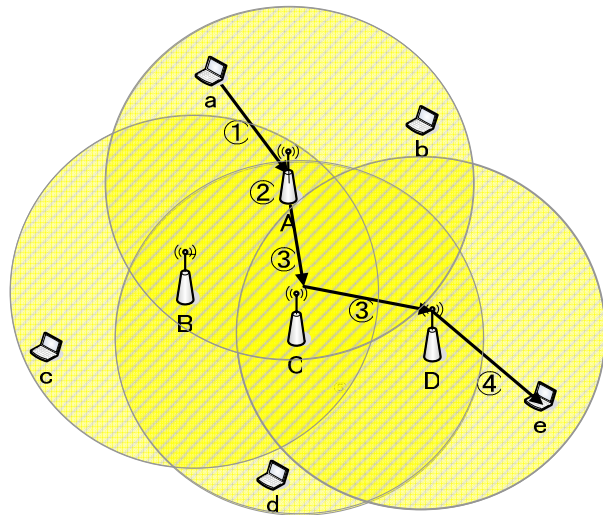


図 2 M-WLAN での通信時のパケットの動き

予め AP はネットワーク内すべての端末情報を持っているのでパケットの宛先に従いルーティングを行う. このとき, AP 『A』と AP 『D』が保持するルーティングテーブルを表 1 に示す.

・ 図 3 のパケットの流れ

- ① 端末 a は自分の所属する AP 『A』へパケットを送信する
- ② A はパケットを, 宛先端末を配下に持つ AP 『D』の宛先アドレスでカプセル化を行う
- ③ カプセル化されたパケットは MANET のルーティングテーブルにより, D まで届く
- ④ D で届いたパケットは, カプセル開放

を行い, 元のパケットの宛先により端末 e に届く

表 1 M-WLAN の AP が保持するルーティングテーブル

B	B
C	C
D	C
a	A
b	A
c	B
d	C
e	D

左側: 宛先アドレス

A	C
B	C
C	C
a	A
b	A
c	B
d	C
e	D

右側: 次に送る AP のアドレス

A のテーブル
D のテーブル

※青の網掛け部分が端末情報

2. 2 端末ハンドオフ時の動き

図 3 において, 端末 a が AP 『A』から AP 『B』へハンドオフしたときのことを考える. a が A と通信していたときは, アソシエーション情報により通信を行うことができるが, B に移動してきたときは, パケットの宛先 MAC アドレスは A の宛先になっているため, このままでは通信ができない. この問題を解決するためには Gratuitous ARP を用いる. この解決の流れについて以下に示す.

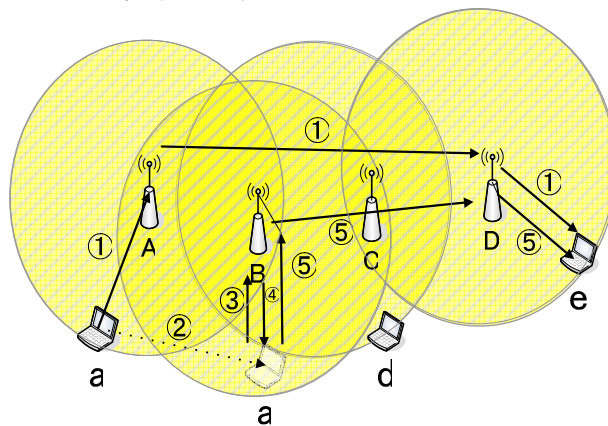


図 3 M-WLAN における端末のローミング時の動作

- ① 端末 a は端末 e と通信中
- ② 端末 a が AP 『B』のエリアに移動
- ③ AP 『B』は自エリアに新しく加わった端末からのパケットを監視している. 端末 a から出たパケットを拾うと, 宛先 MAC アドレスは AP 『A』のものな

ので、端末 a は AP 『A』 から移動して来たことを知る

- ④ AP 『B』 は Gratuitous ARP を送信し、端末 a の ARP キャッシュを書き換える。また、自分のテーブルを書き換える
- ⑤ 端末 a は書き換えられた MAC アドレス（ここでは AP 『B』宛）にパケットを送信し、パケットが端末 e まで届く

2. 3 M-WLAN の問題点

AP 間はアドホックネットワークのルーティングプロトコル (OLSR) に従い、所持している情報すべてをルーティング情報広告パケットに乗せ、定期的を送受信する。したがって、端末の少ない、小規模なネットワークでは大きな問題はない。しかし、大規模なネットワークを想定したときのことを考えると、AP で管理するテーブル量が多くなり、それに従い、定期送信させるアソシエーション情報量が極端に増加し、ネットワークトラフィックが増す。例えば、端末数を 100 保持している AP 同士でネットワークが構成されている場合を考える。このときルーティング情報広告パケットに乗せるテーブル情報は数百を超える端末のアドレスになるだろう。このパケットをフラッディングすることを考えると、ネットワークのトラフィックが増大することは明らかである。さらに、この情報の中には、自分にはまったく関係のない端末の情報を多く含んでいる。

3 提案方式

3. 1 動作概要

これらの課題を解決するために、M-WLAN において、各 AP には自分に所属する端末情報のみを持たせておき、通信開始時に随時通信に必要なテーブル（端末/AP 管理テーブル）を作成させる方式を提案する。

各 AP は MANET のルーティングプロトコル（ここでは OLSR を想定している）により、AP 間の通信を確立しているが、所属している各端末の情報を、OLSR のルーティング情報広告パケットに乗せ、定期送信させることは避け、各 AP の情報のみを定期送信する。端末から別エリアへの端末へ通信要求があ

った際、AP は宛先端末を配下に持つ AP をさがす探索パケットをフラッディングする。

M-WLAN 用の AP に当たる装置は、市販の WLAN 用の AP と PC を組み合わせて構成する。この PC の中にアドホック制御モジュール (ADH) と中継制御モジュール (REL) を組み込むことで提案方式を実現させる。

- ・ アドホック制御モジュール (ADH)
アドホックネットワーク経路制御、AP 間のパケットの送受信を行う。主に MANET のルーティングプロトコルに依存している。
- ・ 中継制御モジュール (REL)
提案方式の機能を実現させるモジュール。REL の主な機能を挙げる。

- (1) 配下通信端末の把握
- (2) 通信端末との送受信制御
- (3) トンネルヘッダの生成/除去
- (4) 端末/AP 管理テーブルの管理

(1), (2) は 802.11 で定められている AP 間通信の処理を利用する。(3) では、端末から送られてきたパケットに端末/AP 管理テーブルから照合した、宛先端末を配下に持つ AP のアドレスでトンネルヘッダを生成する機能を持つ。なお、各 PC は配下の通信端末のアドレスを把握していることが前提である。

図 1 と同様なネットワーク構成において、提案方式の通信開始時における動作を図 4 に示す。ここで、端末 a が端末 e と通信を行うまでの動きを説明する。

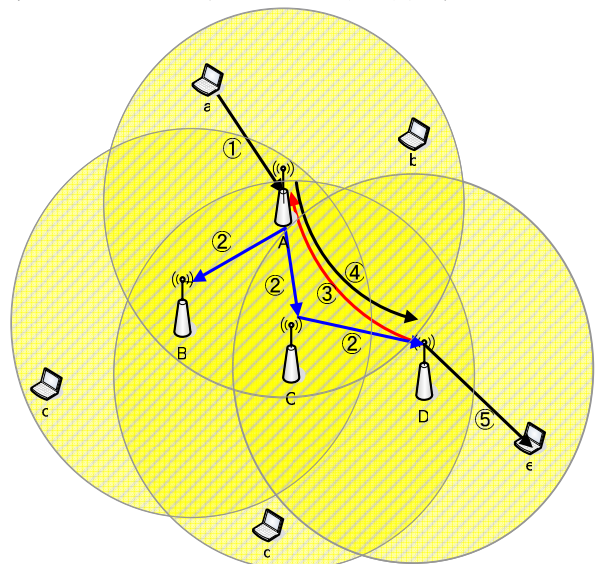


図 4 提案方式の通信開始時におけるパケットの動き

- ・ AP がテーブルを作る過程
始めに各端末が所属する AP へ自分の情報

を登録する。登録された情報は AP 間のルーティングテーブルとは別のテーブルで管理する（所属端末テーブル）。OLSR で定期送信させる情報には、AP 間のルーティングテーブルを利用する。これにより、AP 間ルーティングは MANET でのルーティングプロトコルにすべて依存させる。すなわち、AP の無線化には支障をきたすことはない。

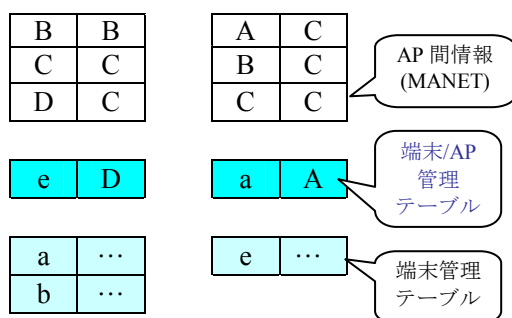
・通信開始時の動作

ネットワーク内を流れるパケットの動きは以下の通りである。

- ① 端末 a が端末 e 宛てにパケットを送信するために、端末 a の所属する AP 『A』へパケットを送る
- ② A は自分のテーブルを参照し、このテーブルに情報がない場合は、端末 e までの経路を探すために探索パケットを各 AP へフラディングさせる
- ③ 端末 e を含んでいる AP 『D』は、自分が情報をもっているのを、自分が担当 AP であるということユニキャストで A に伝える（応答パケット）
- ④ A は受け取った情報からパケットをカプセル化し、D へ送る
- ⑤ D でカプセル開放を行い、端末 e にパケットが届く

このとき、問い合わせパケットにより作られた端末/AP 管理テーブルを表 2 に示す。

表 2 提案方式における AP が保持するルーティングテーブル



A のテーブル D のテーブル

※青の網掛け部分が端末情報

以後はこのテーブルを使い通信を行う。

3. 2 AP 探索の手順

図 4 における、端末 a から端末 e までの通信において、パケットに付加したトンネルヘッダの情報を図 5 に示す。

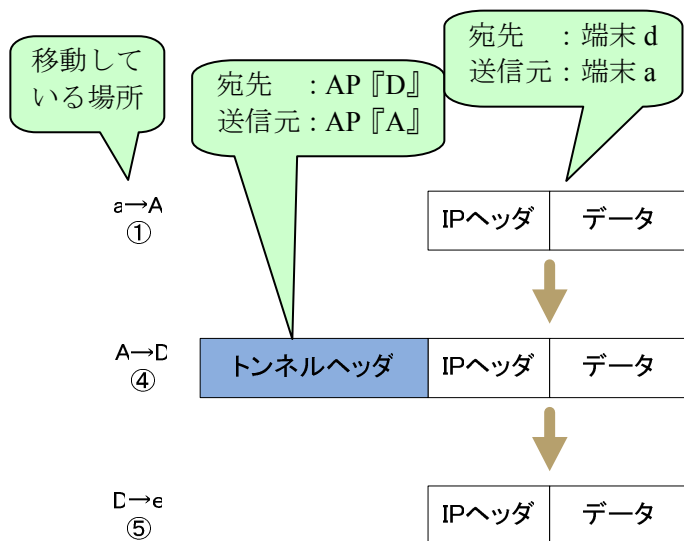


図 5 トンネルヘッダ情報

AP 『A』の REL を REL 『A』, ADH を ADH 『A』, AP 『D』の REL を REL 『D』, ADH を ADH 『D』とする。

①において、REL 『A』は端末 a からのパケットの宛先と、端末/AP 管理テーブルの内容を照合して、どこの AP に送信すべきか判断する。テーブルに情報がない場合は、その時点で相手 AP 探索を行う。（②～③の動き）この手順について、シーケンスを用いて次ページの図 6 に示す。

3. 3 端末ハンドオフ時の動き

提案方式では、AP が必要なアドレスしか持たない。よって端末が AP エリアをまたいで移動してきたとき、移動された AP は他の AP に経路を尋ねる必要がある。移動してきた端末の元の AP は、宛先端末の情報を持っている。よって、隣接 AP へ問い合わせることで、端末/AP 管理テーブルを生成することができる。パケットの動きを図 7 に示す。

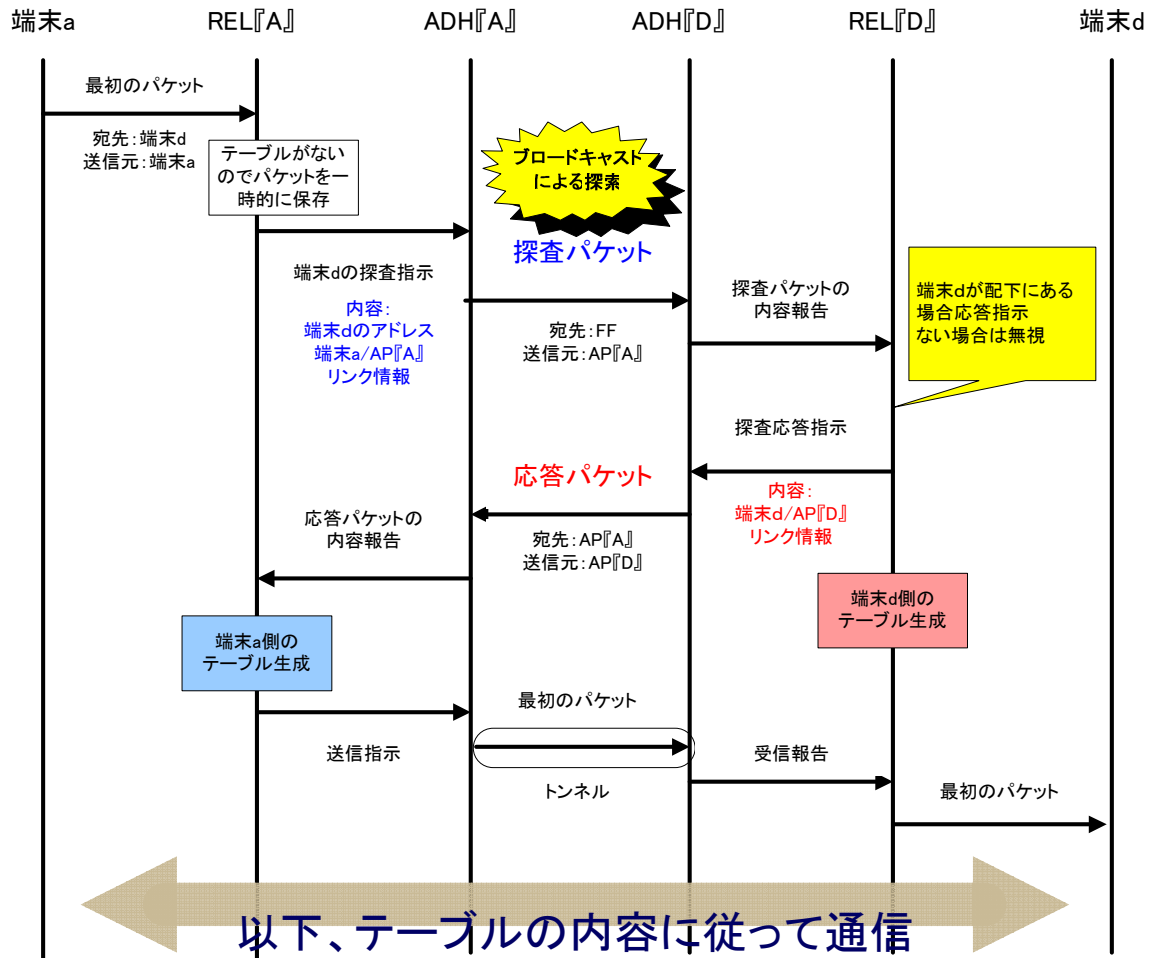


図6 シーケンス表

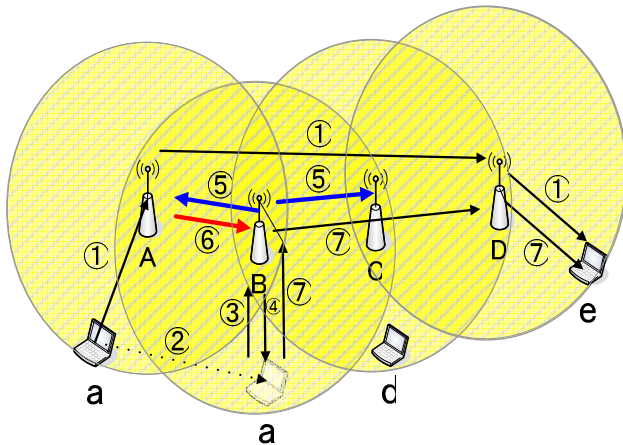


図7 提案方式における端末のローミング時の動作

端末 a が AP 『A』 から AP 『B』 へハンドオフしたときのことを考える。

- ① 端末 a は端末 e 通信中
- ② 端末 a が AP 『B』 のエリアに移動

- ③ AP 『B』 は新しく加わった端末からのパケットを監視している。a から出たパケットを拾うと、MAC アドレスは A のものなので、a は A から移動してきたと知る。
 - ④ a に宛先 MAC アドレスの変更を知らせる
 - ⑤ B は e の情報を持っていないので、e を配下に持つ AP の情報を調べるために、探査パケットをフラッディングする。経路情報を持つ AP は隣接しているので、ここでのパケットは、ネットワークトラヒックを考慮し、1 ホップだけフラッディングさせることにする (ワンホップ探査パケット)
 - ⑥ e のリンク情報を持つ AP (ここでは C) が B へ返答する (ワンホップ返答パケット)
 - ⑦ 入手した経路を使い、パケットにトンネルヘッダを付加し、D へ送信する
- 以上により、端末移動時においても、通信の維持ができる。

3. 4 パケットフォーマット

AP 探査パケットのフォーマットを図8に示す。

バージョン	オプション
宛先端末情報 (IP アドレス)	
宛先 AP 情報 (IP アドレス)	
送信元端末情報 (IP アドレス)	
送信元 AP 情報 (IP アドレス)	

図8 AP 探査パケットのフォーマット

パケットフォーマットの説明は以下の通りである。

- バージョンフィールド
パケットのバージョンを表すフィールド。探査パケット、応答パケット、ワンホップ探査パケット、ワンホップ応答パケットの4種類の判別に用いる
- オプションフィールド
予備フィールド
- 宛先端末情報フィールド
探索の鍵となる情報を持つフィールド
- 宛先 AP 情報フィールド
一番聞きたい情報。所属端末テーブルに宛先端末情報を持つ AP が、このフィールドに自分のアドレスを書き返答パケットとして送信する
- 送信元端末情報フィールド
通信要求を行った端末の情報フィールド
- 送信元 AP 情報フィールド
探査パケットを送る AP の情報フィールド

宛先端末情報/宛先 AP 情報, 送信元端末情報/送信元 AP 情報がそれぞれの端末/AP 管理テーブルでのリンク情報となる。

4 評価

提案方式では、AP 情報のみを MANET のルーティングプロトコルで管理することで、保持するテーブル量が少なくなる。よって、既存技術に比べ、テーブルの管理が容易である。また、定期送信させるパケットは AP 情報だけなので、AP と端末のすべての情報を送信し合う既存方式に比べ、接続端末の増加によるトラヒックが極端に増すことはない。以上により、M-WLAN の問題点を改善することが可能である。通信端末の通信要求があつてから、最初のパケットが届くまでの時間（初期遅延）について、AP 探査パケットを送信してから応答パケットが返ってくるまでの遅延を考慮した時間であるが、予めテーブルのある従来技術より若干遅くなるのは明らかだが、AP のネットワーク構成などから、AP 探査パケットのブロードキャストは効率よく行える。

5 むすび

AP の無線化の利便性を述べ、その方法の一つである M-WLAN について調べた。また、M-WLAN では、通信端末が増大すると、保持するテーブルが極端に増加し、ネットワークトラヒックが増大するという問題があるが、予め AP の情報のみを定期送信させ、通信要求時に AP 探査パケットをフラッディングさせる方法を提案した。今後は M-WLAN を構築し、提案方式を組み込むことで、実際に初期遅延を計り、実際の通信において有効性を調べる。また、既存技術との比較検討を行う。

参考文献

- [1] 菅沼拓夫 北形元 加藤貴司
白鳥則郎 小野良司 黒田正博, 無線ネットワークにおける端末間協調に基づく基地局選択法, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信 24-15 (2003. 3.6)

- [2] 大和田泰伯 間瀬憲一, 無線マルチホップLANの通信方式の検討とスループット評価, 電子情報通信学会信学技法 (2002)
- [3] 大和田泰伯 間瀬憲一, WMLANにおけるLANエミュレータの実装と性能評価, 電子情報通信学会総合大会、SB-9-4 (2002)
- [4] 市川祥平 渡邊晃, アクセスポイントの無線化に関する研究, 電気関係学会 東海支部連合大会,388 (2003)
- [5] T. Clausen P. Jacquet, Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) RFC3626 October 2003
- [6] Matthew S.Gast 著, 802.11 無線ネットワーク管理, オライリー・ジャパン (2003)
- [7] C . E . Perkins , IP Address Autoconfiguration for AD Hoc Networks, INTERNET DRAFT 2001
- [8] C . Perkins S . Das , Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing RFC3561 July 2003
- [9] R . Ogier M . Lewis , Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF) RFC3684 February 2004
- [10] The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)
<draft-ietf-manet-dsr-09.txt>April 2003