# アクセスポイントの無線化を実現するシステム"WAPL"の提案

市川祥平†　　渡邊晃†

ユビキタスネットワークでは無線LAN環境が必須である．無線LAN環境を構築するためには，AP を無線化することが有効である．従来 AP を無線化する方法として，Multihop-WirelessLAN（M-WLAN）と呼ばれる方式が提案されている．だが，M-WLAN では，ネットワークに参加するホストが増えると，管理するテーブル量が多くなることや，経路維持のためのトラヒックが増大するという課題がある．そこで本研究では，ホストからの通信要求があった時点で，周囲のアクセスポイント（AP）へホスト情報を問い合わせ，随時テーブルを作成させる”Wireless Access Point Link”（WAPL）を提案する．

# The proposal of "WAPL" system realizing wireless access point

Syouhei Ichikawa†　Akira Watanabe†

Wireless LAN environment is indispensable in ubiquitous networks. In order to construct wireless LAN environment, it is effective to make access points wireless. Multihop-WirelessLAN (M-WLAN) has been proposed to make such an environment; however, routing tables and traffic grow when the system becomes large. We propose an on-demand searching method, which makes required link tables whenever it is necessary called "Wireless Access Point Link" (WAPL)

## 1　はじめに

インターネットの急速な普及に伴い，いつでも，どこから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．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（Access Point; 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を設置すると，移設や増設が難しい．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間が無線化されることによって，様々な応用が可能になる．

†名城大学大学院理工学研究科

Graduate school of Science and Technology, Meijo University

例えば，災害発生時，通信設備が破壊された様な状況においても，周囲にAPをばら撒くだけで通信環境を回復させることが可能になる．また，大勢の人が集まるイベントなどにより，一時的にトラヒックが輻輳状態になってもAPを臨時に増設させることにより，トラヒックを分散させることが可能である．

AP を無線化させる方式の一つとして，Multihop-Wireless LAN（M-WLAN）が提案され，実験環境の構築が行われている[1]－[4]．M-WLAN では，AP 間はアドホックモードで接続されており，ホストと AP 間はインフラストラクチャモードで接続される．ホスト間通信パケットは最寄りの AP によりカプセル化/デカプセル化されることにより宛先ホストに到達することができる．しかし M-WLAN では参加するホスト数が増加すると，AP の保持するテーブルの量が多くなり，かつルーティングテ

ーブル生成に係る AP 間の通信量が増大するという課題がある．そこで本研究では，ホスト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るとともに，トラヒックを大幅に減少させる Wireless Access Point Link（以下 WAPL と略す）を提案する．

## ２　従来方式

### ２．１　動作概要

従来方式のネットワーク構成図を図 1 に示す．円は AP の電波が届く範囲を示す．A～D は AP，a～e はホストを示す．

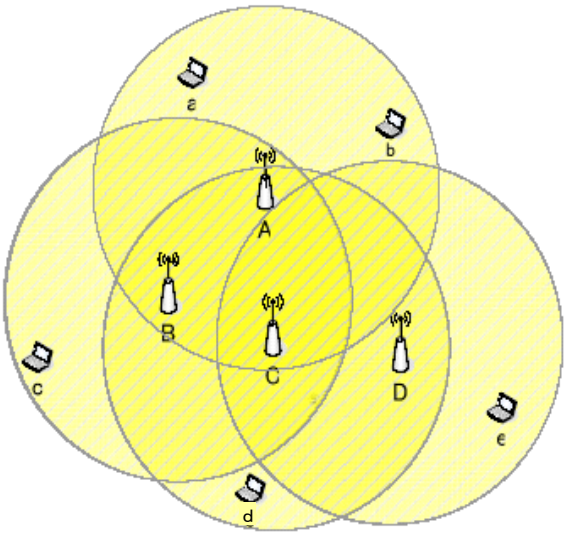



図１　ネットワーク構成図

AP は無線 LAN のインタフェースを２つ持つ．一つは AP 間の通信用，もう一つはユーザホストとの通信を行う．AP 間通信はアドホックモードであり，MANET のルーティングプロトコル[5]－[7]（ここではプロアクティブ型の OLSR を使用する）により，適切な経路情報を生成する．ユーザホストとの通信はインフラストラクチャモードで行う．よってユーザホストはアドホック機能を保持しない一般のホストでよい．AP はユーザホストのパケットをカプセル化/デカプセル化させることにより，AP エリアをまたいだユーザホスト間の通信を実現する．

各ホストは所属する 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予め登録する必要がある．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 へブロードキャストされる．これにより，すべての AP がシステム内のすべてのホスト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．

ここで，ホスト a からホスト e まで通信を行うときの動作を図２に示す．

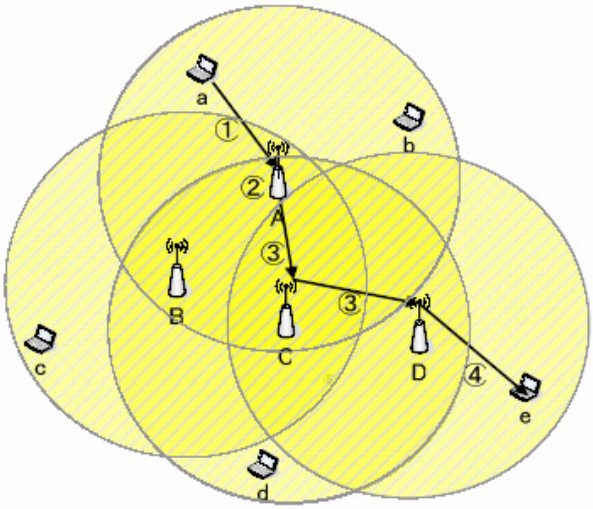



図２　従来方式の動作

① ホスト a は自分の所属する AP『A』へパケットを送信する

② AP『A』はパケットを，宛先ホストを配下に持つ AP『D』のアドレスでカプセル化する

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従い，AP『D』まで届けられる

④ AP『D』は，カプセル開放を行い，ホスト e に送信する

AP『A』と AP『D』が保持する MANET のルーティングテーブルの内容は図 3 の通りである.

AP『A』

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| B | B |
| C | C |
| D | C |
| a | A |
| b | A |
| c | B |
| d | C |
| e | D |

AP『D』

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | C |
| B | C |
| C | C |
| a | A |
| b | A |
| c | B |
| d | C |
| e | D |

図 3　ルーティングテーブルの内容

図 3 において, 宛先アドレスはシステム内に存在する全 AP 及びホストの IP アドレス，次アドレスは次に送信すべき AP の IP アドレスを示す.

ホスト a が AP『A』の配下から AP『B』の配下へハンドオフしたときは AP『B』が Gratuitous ARP を用いホスト a 及び AP『B』の ARP キャッシュを書き換える[8]. 同時に全 AP のルーティングテーブルをフラッディングにより更新する.

### ２．２　従来方式の課題

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，定期的に送受信する．したがって，小規模なネットワークでは大きな問題はないが，ネットワーク規模が大きくなると，AP で管理するルーティングテーブル量が多くなる．ルーティングテーブルは定期的にフラッディングされるため, トラヒックへの影響が無視できない．また，ハンドオフが発生するたびにそのことをフラッディングにより広告しなければならない.

## 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, 各 AP には自分の配下に存在するホスト情報のみを持たせておき, 通信開始時に通信に必要なテーブル（リンクテーブル）をオンデマンドで作成する方式 WAPL（Wireless Access Point Link）を提案する．WAPL における AP を以後 WAP（Wireless Access Point）と呼ぶ.

各 WAP 間の通信は，従来方式と同様に MANET のルーティングプロトコルを使用するが，提案方式では，WAP に関する情報のみを定期送信する. ホスト間の通信要求があると, 送信元ホストを配下に持つ WAP は宛先ホストを配下に持つ WAP をさがすため，”探索パケット”をフラッディングする．そのとき，応答パケットから得られた情報を元に, リンクテーブルを生成する. 各 WAP はリンクテーブルに基づいて以後のパケットのカプセル化を行う.

### ３．２　WAP 探索手順

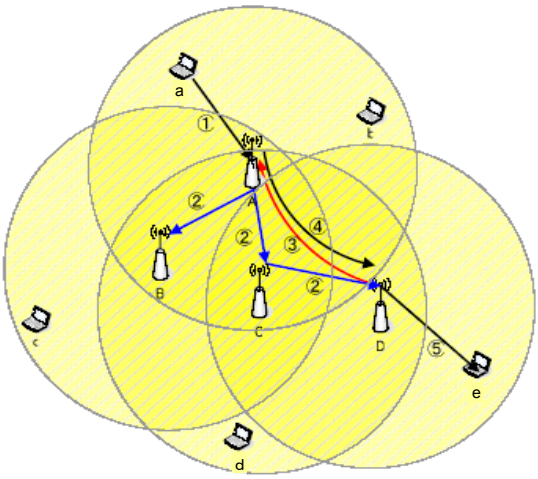



図 4　WAPL の通信開始時における動作

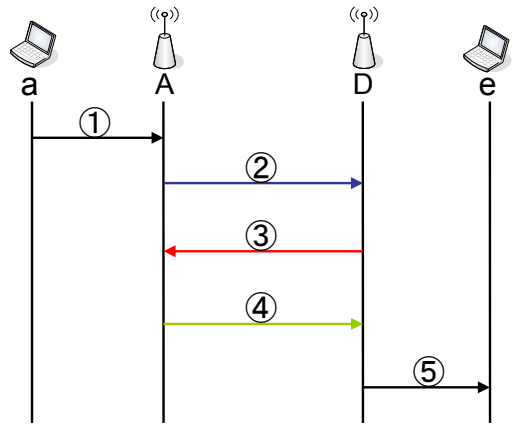



図 5　WAP 探索シーケンス

WAPL の通信開始時における動作を図 4 に，WAP 探索シーケンスを図 5 に示す．従来方式と同様，各ホストが所属する WAP へ自分の情報を予め登録する．WAPL では登録された情報は AP 間のルーティングテーブルとは完全に分離されたホスト管理テーブルで管理する．WAP が OLSR で定期送信する情報は，WAP の情報のみとし，MANET のルーティングプロトコルをそのまま使用する．

ホストａからホストｅ宛てにパケットを送信する場合の通信開始時の動作は以下の通りである．

① ホスト a は WAP『A』にパケットを送る．

② WAP『A』は自分のリンクテーブルを参照し，このテーブルに情報がない場合は，ホストｅまでの経路を探すために探索要求パケットをフラッディングさせる．この間送信パケットは待避させておく．

③ ホストｅを配下に持つ WAP『D』は，自分が担当 ＷＡＰである旨をユニキャストで WAP『A』に返信する（探索応答パケット）

④ WAP『A』は受け取った情報からリンクテーブルを生成し，待避させていた送信パケットをカプセル化し，WAP『D』へ送る

⑤ WAP『D』はカプセル開放を行い，ホストｅにパケットを送信する

一連の探索要求/応答パケットにより生成された各 WAP のテーブル情報を図 6 に示す．以後はこのテーブルの内容に従い通信を行う．

WAP『A』

ルーティングテーブル

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| B | B |
| C | C |
| D | C |

リンクテーブル

| eのIPアドレス | DのIPアドレス |
|---|---|

WAP『D』

ルーティングテーブル

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | C |
| B | C |
| C | C |

リンクテーブル

| aのIPアドレス | AのIPアドレス |
|---|---|

図 6　WAPL で AP が保持するテーブル

ホストがハンドオフしたとき，WAP 間でリンクテーブル情報を交換する必要がある．移動先の WAP は移動元 WAP に隣接していることに着目し，隣接 WAP にリンクテーブルの情報を問い合わせることで（隣接書換要求/応答），新しいリンクテーブルを生成することができる．

### ３．３　パケットフォーマット

探索要求/応答はＵＤＰ上で定義する．探索パケットのフォーマットを図 7 に示す．

・タイプフィールド

タイプには探索要求，探索応答，隣接書換要求，隣接書換応答の４種類がある．

・オプションフィールド

予備のフィールド．

・送信元ホストアドレス

パケットを送信するホストの IP アドレス．

・送信元 WAP アドレス

送信元ホストを配下に持つ WAP の IP アドレス.

・探索先ホストアドレス

宛先ホストの IP アドレス.

・探索先 WAP アドレス

宛先ホストを配下に持つ WAP の IP アドレス. 探索要求はブランクであるが探索応答時に埋め込まれる.

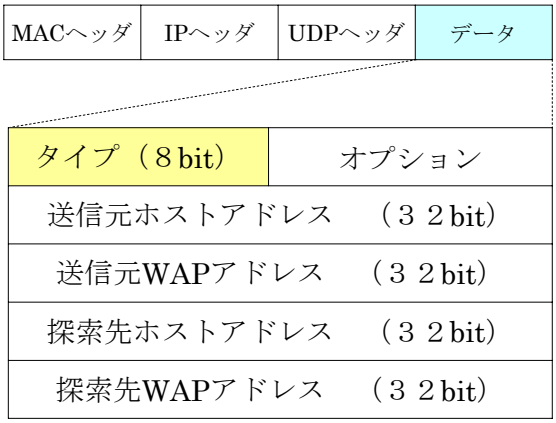



図７　探索パケットフォーマット

各 WAP は探索要求パケットを受け取ると，探索先ホストの IP アドレスをチェックし，自分のホスト管理テーブルと比較する. ホスト管理テーブルに情報がなければ探索要求パケットを破棄し，情報があれば，探索先 WAP アドレスに自分の IP アドレスを埋め込み，タイプフィールドを応答パケットに変換して送信元 WAP に返信する.

## ４　評価

従来方式と WAPL の比較を表１に示す. WAPL では，WAP 情報のみを MANET のルーティングプロトコルで管理するので, 保持するテーブル量が少なく, 既存方式に比べ，テーブルの管理が容易である. また，定期送信されるパケットは WAP 情報だけなので，AP とホストのすべての情報を交換し合う既存方式に比べ，トラヒックに与える影響が少ない. ハンドオフ時において，提案方式では，随時隣接 AP にのみ問い合わせるので，ホストが移動するたびに全 AP のテーブルを書き換える必要がない. 一方, ホストの通信要求があってから, 最初のパケットが届くまでの時間（初期遅延）は，WAP 探索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分だけ増加するが, 実質的な影響はほとんどないと考えられる.

表１　従来方式と WAPL の比較表

| | table 量 | トラヒック | 初期遅延 | table 書換量 |
|---|---|---|---|---|
| 従来 | △ | △ | ○ | × |
| WAPL | ○ | ○ | △ | ○ |

## ５　むすび

AP の無線化を実現する方式 WAPL を提案した. 従来方式では, 通信ホストが増大すると保持するテーブルが増加し, ネットワークトラヒックが増大するという課題があった. WAPL では通信要求時に探索パケットをフラッディングし，随時必要な情報を生成することで，これらの問題を解決した. 今後は WAPL の動作をさまざまな条件の下でシミュレーションすることにより，WAPL の有効性を確認する. また, WAPL の実装を進めていく予定である.

## 参考文献

[1] K.Mase, et al., “Wireless LAM with Wireless Multihop Backbone Network”, IEEE ICWLHN 2001.pp349-358, 2001

[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　信学技報（2002）

[3] 大和田 泰伯，間瀬 憲一， ”M-WLAN 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] 朴 鐘甲， 須田 利章， 大和田 泰伯， 照井 宏康， 間瀬 憲一 ”アドホックネットワークの通信実験-経路制御方式の性能評価-” 信学技法，IN/MoMuC/MVE2003-11，pp13-18，Nov. 2003

[5] T.Clausen P.jacquet， “Optimized Link State Routing Protocol” (OLSR) RFC3626 Oct.2003

[6] C.Perkins S.Das， “Ad hoc on-Demand Distance Vector” (AODV) RFC3561 July 2003

[7] R. Ogier M，Lewis， “Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding” (TBRPF) RFC3684 February 2004

[8] C.Perkins， “IP Mobility Support”，RFC2002， IBM， Oct.1996

[9] 小管 昌克，板谷 聡子，Peter Davis，梅田 英和,”アドホックネットワークが開く新しい世界(前編)” 情報処理， Vol.44，No.10， pp1052-1055，2003

[10] 小管 昌克，板谷 聡子，Peter Davis，梅田 英和,”アドホックネットワークが開く新しい世界(後編)” 情報処理， Vol.44，No.11， pp1060-1063，2003

[11] 廣森 聡仁， 山口 弘純， 安本 慶一， 東野 輝夫， 谷口 健一, ”モバイルアドホックネットワークシミュレーションの規模適応性を向上させる技法の検討”，情処研究報告，2003-MBL-27(19)

[12] MASH Research Group， University of California， Berkeley: The Network Simulator ns-2 (2000). http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns/.

[13] J.Jeong， J.park， H.kim， “Ad Hoc IP Address Autoconfiguration”，draft-jeong-adhoc-ip-addr-autoconf-03.txt July 2004

[14] A.Hills， “Large-Scale Wireless LAN Design” IEEE Commun. Mag.， Vol39，No.11， pp98-103，Nov.2001

# アクセスポイントの無線化を実現するシステム“WAPL”の提案

名城大学大学院理工学研究科
市川祥平　渡邊晃

# はじめに

- インターネットの普及
  → 無線LAN需要が高まる
- 無線LANのエリア拡大にはAPの整備が不可欠
- AP同士は有線で結合されているのが現状
- APを設置すると移動･移設が困難
  - レイアウトの大幅な変更
  - 多大な工事費と時間
- AP同士を無線化できればこれらの問題も解消

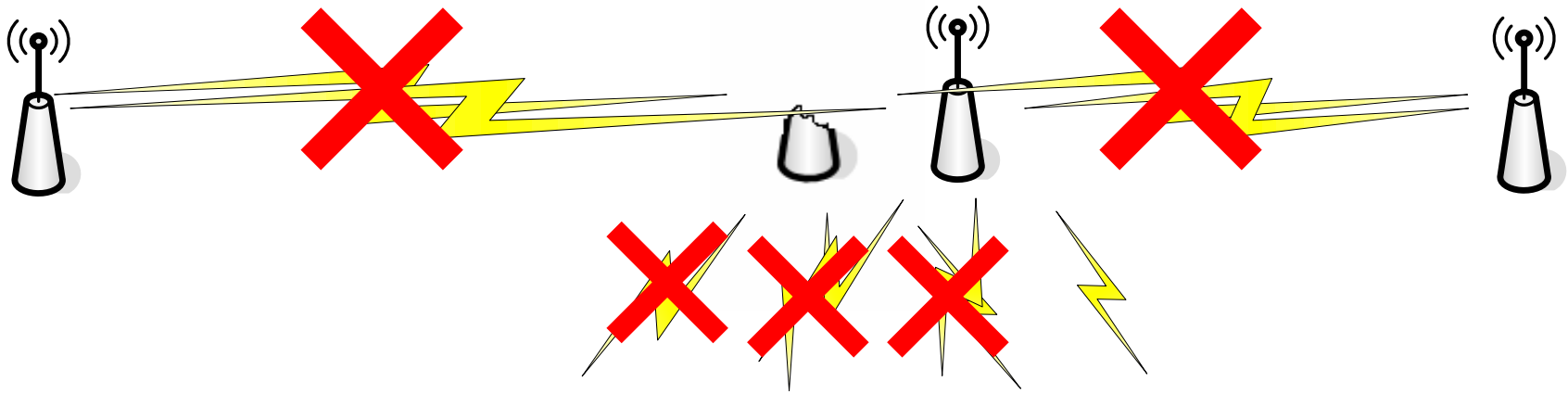
**さらに、AP無線化によって様々な応用が可能になる**

# AP無線化による応用例

## ■災害発生時

- 通信設備が破壊されたような状況

→新たなAPを運び込み、素早い経路の再構成を図る



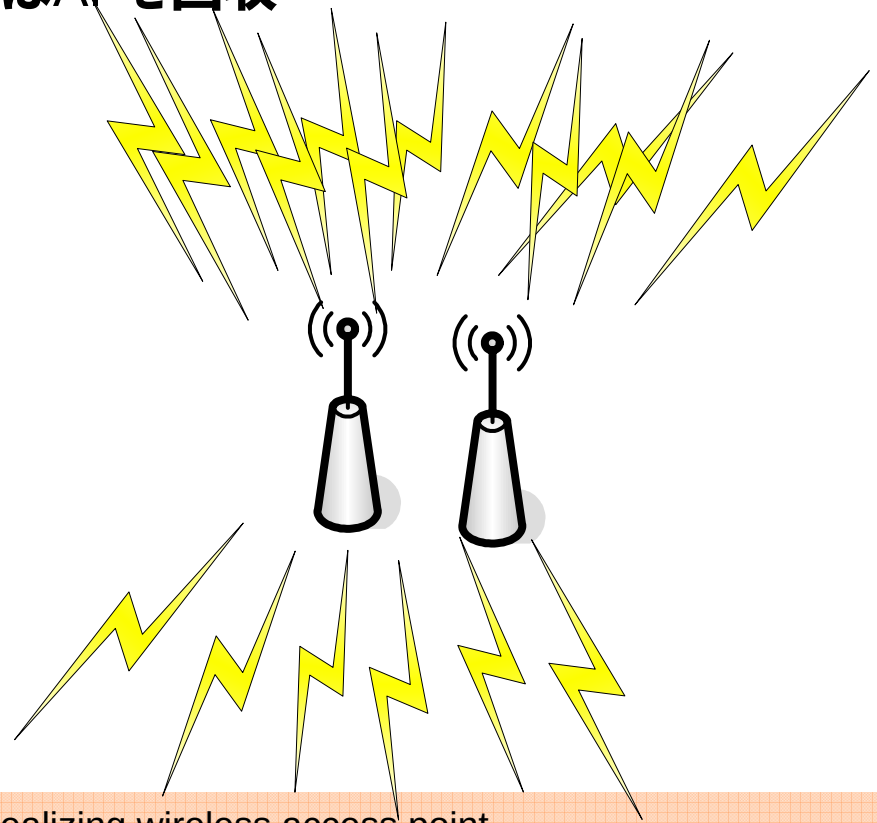
# AP無線化による応用例

## ■イベント時

- 一時的にトラヒックの輻輳が発生した状況

→APを一時的に増設することで輻輳を回避

→輻輳が収まればAPを回収



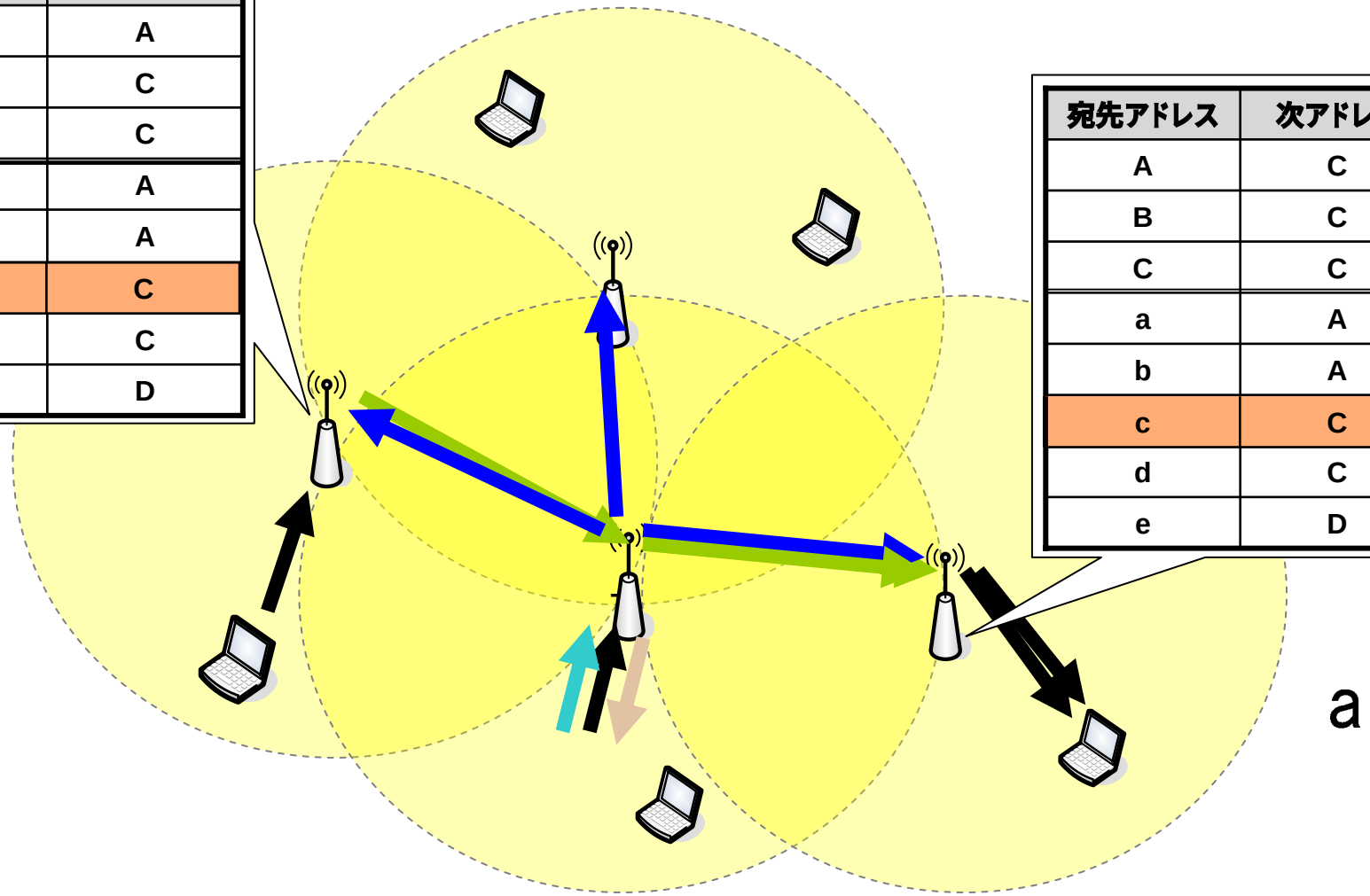
# 従来方式

## M-WLAN (Multi-hop Wireless LAN)

- **特徴**
  - ✓AP間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用いたネットワーク
  - ✓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
  - ✓ホスト間通信はパケットをAPによりカプセル化/デカプセル化することで、宛先ホストへ到達させる
  - ✓すべてのAPはすべての情報 (AP・端末情報) を保持する
  - ✓ＭＡＮＥＴのルーティングプロトコルにプロアクティブ型ＯＬＳＲを利用
  - ✓ホストのハンドオフ時にGratuitous ARPを用いる

# 従来方式動作概要

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | A |
| C | C |
| D | C |
| a | A |
| b | A |
| c | C |
| d | C |
| e | D |




| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | C |
| B | C |
| C | C |
| a | A |
| b | A |
| c | C |
| d | C |
| e | D |

# 従来方式の課題

- 大規模ネットワークにおいて
  - APで管理するルーティングテーブル量が多くなる
  - 定期送信パケットのフラッディングによるトラヒックへの影響
  - ハンドオフ時のテーブル変更パケットによるトラヒックへの影響

**提案方式である“WAPL”により解決**

# 提案方式

## WAPL (Wireless Access Point Link)

- **特徴**
  - ✓WAP**間通信はアドホックモード、**WAP/**端末間通信はインフラストラクチャモードで接続する**
  - ✓**端末の通信開始時に、通信に必要なテーブルをオンデマンドで作成する**
  - ✓**端末から通信要求があった際、探索パケットをフラッディングする**
  - ✓**ホスト間通信はパケットを**WAP**によりカプセル化/デカプセル化することで、宛先ホストへ到達させる**
  - ✓MANET**で定期送信させる情報は**AP**間のルーティング情報のみとする**

# 探索パケット

## パケットフォーマット

- 探索要求
  - ✓フラッディング
- 探索応答
  - ✓ユニキャスト
- 隣接書換要求
  - ✓ブロードキャスト
- 隣接書換応答
  - ✓ユニキャスト

| MACヘッダ | IPヘッダ | UDPヘッダ | データ |
|---|---|---|---|

| タイプ (8bit) | オプション |
|---|---|
| 送信元ホストアドレス (32bit) | |
| 送信元WAPアドレス (32bit) | |
| 探索先ホストアドレス (32bit) | |
| 探索先WAPアドレス (32bit) | |

# 作概要

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | A |
| C | C |
| D | C |

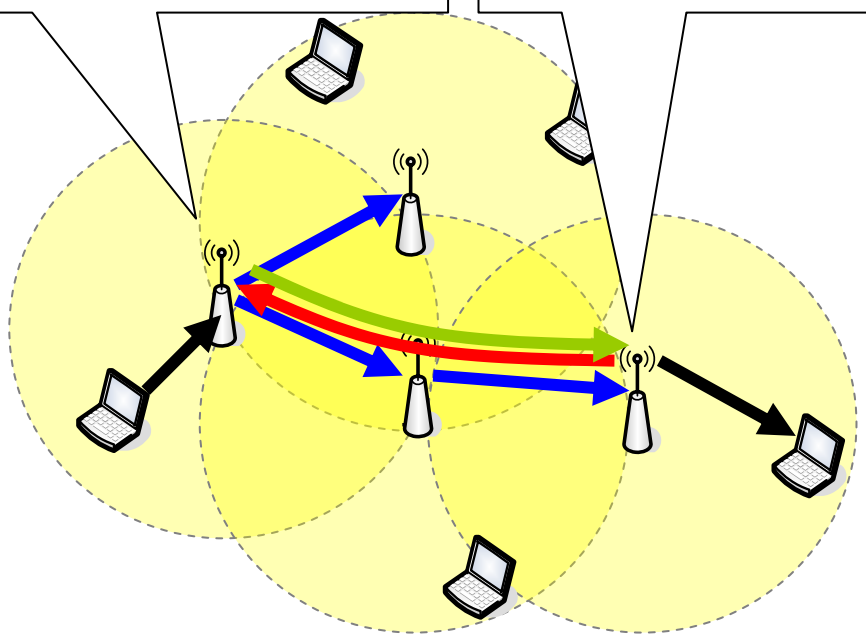
| リンクテーブル | |
|---|---|
| eのIPアドレス | DのIPアドレス |

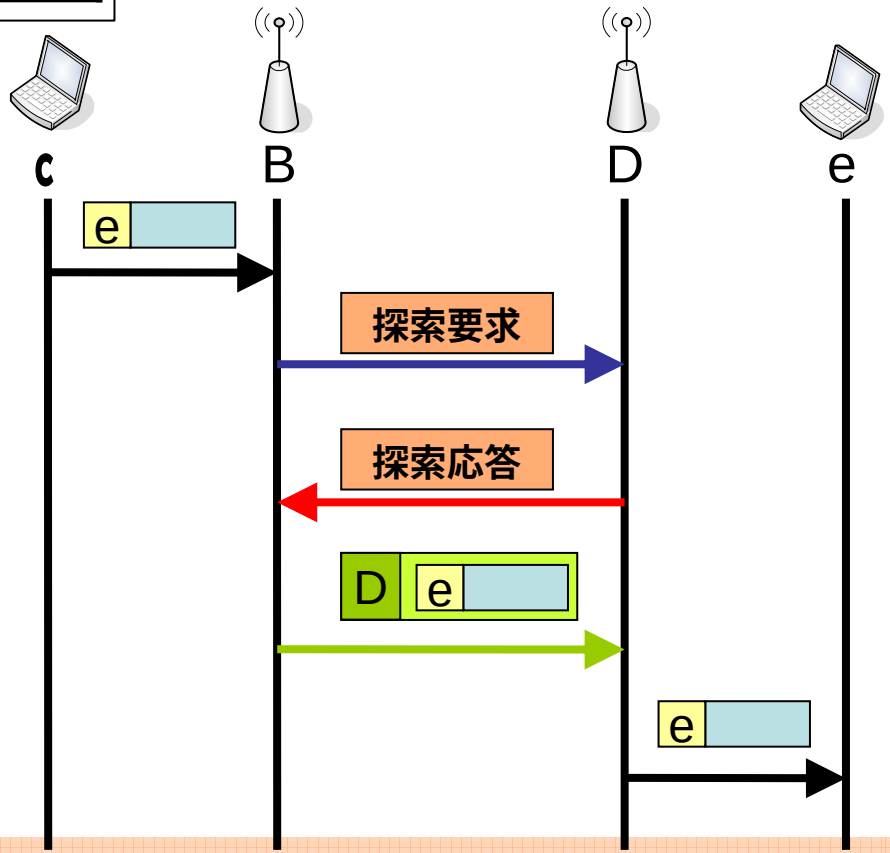
| 端末情報 |
|---|
| c |

| 宛先アドレス | 次アドレス |
|---|---|
| A | C |
| B | C |
| C | C |

| リンクテーブル | |
|---|---|
| cのIPアドレス | BのIPアドレス |

| 端末情報 |
|---|
| e |



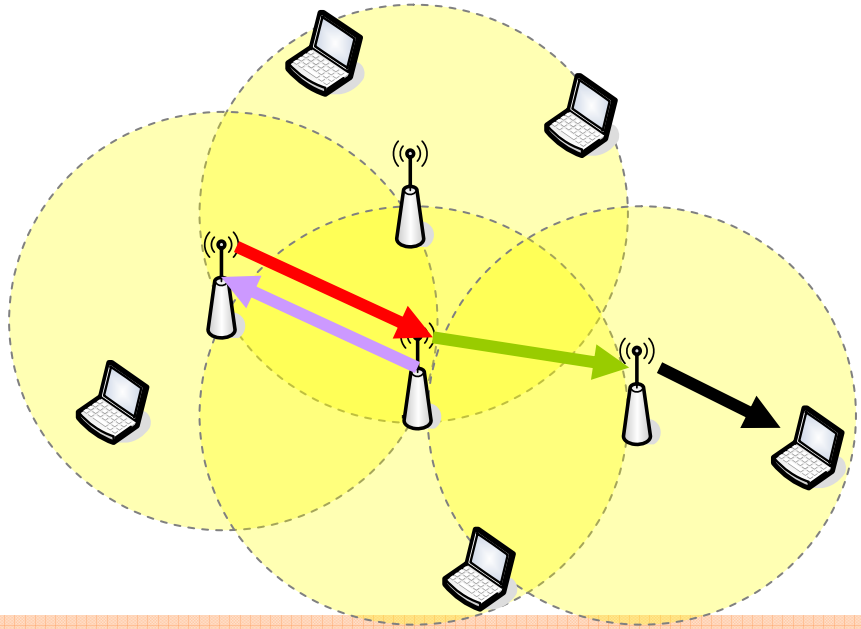


# ハンドオフ

## ■ハンドオフ時について

- WAP間でリンクテーブル情報を交換する必要がある
  →移動先のWAPは移動元のWAPに隣接している

**隣接WAPへリンクテーブルの情報を問い合わせる**



# 評価

## ■評価

- テーブル量
  →ＡＰの保持するテーブル量がＷＡＰＬでは少ない
- トラヒック
  →定期送信するパケット量がＷＡＰＬの方が少ない
- 初期遅延
  →予め全ての情報を保持している従来方式の方が少ない
- テーブルを書き換える量
  →隣接書換を行うＷＡＰＬの方が少なくすむ

| | テーブル量 | トラヒック | 初期遅延 | テーブル書換量 |
|---|---|---|---|---|
| 従来方式 | △ | △ | ○ | × |
| WAPL | ○ | ○ | △ | ○ |

# 結び

## ■まとめ

- APの無線化を実現する方式“WAPL”を提案し従来方式の課題を解決した

## ■今後は

- シミュレーションによるWAPLの有効性の確認
- WAPLの実装を進める

# 終わり