

# 無線アクセスポイントリンク“WAPL”の立上げ方式

小島 崇広 市川 祥平 渡邊 晃

名城大学大学院理工学研究科

## Starting system of Wireless Access Point Link WAPL

Takahiro Kojima Shouhei Ichikawa Akira Watanabe

Graduate School of Science and Technology, Meijo University

### 1. はじめに

通信端末の小型化、高性能化などの技術革新によるインターネットの急速な普及に伴い、時間や場所を気にせずインターネットに接続できる無線 LAN の需要が高まってきている。今後も無線 LAN を利用したサービスが増えることが予想され、どこにいてもインターネットに接続できるようになることが想定される。このようなネットワーク環境を実現するには、無線 LAN エリアの拡大、アクセスポイント(Access Point ; AP)の整備が不可欠である。しかし、現在 AP 間是有線で接続されており、AP の設置に多大な費用と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、移設や増設が困難であるので計画的な配備が必要である。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 LAN エリアの拡大が容易になると考えられる。

無線 LAN の通信形態には AP を経由して通信を行うインフラストラクチャモードと端末自身がパケットを中継して互いに通信を行うアドホックモードがある。アドホックモードでは自動的に経路が生成され端末は自由に移動することが可能である。しかし、アドホックモードでは端末が増加すると経路生成にかかわる制御パケットのトラフィックが増大してしまうといった問題がある。よって、一般的な通信にはインフラストラクチャモードが適している。

AP 間を無線化する研究としてはこれまで、Multihop-Wireless LAN (M-WLAN) が提案されており、実験環境の構築が行われている[1]-[4]。M-WLAN は、AP 間をアドホックモードで接続し、端末と AP 間はインフラストラクチャモードで接続するもので、両モードの利点を合わせもったシステムである。しかし、M-WLAN では、すべての AP がすべての端末の物理アドレスと IP アドレスを所持する必要があるため、ホスト数が増加すると、AP が管理するテーブルの量が多くなることや、経路維持のためのトラフィックが増大するという課題がある。

そこで、我々はホストからの通信要求があった時点で、随時必要なテーブルをオンデマンドで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、トラフィックを大幅に減少させることができる WAPL(Wireless Access Point Link)を提案している[5]。しかし、WAPL では初期の立上げに関わる端末の IP アドレス取得方法と MAC アドレスの解決方法が未検討であった。

IP アドレスを動的に割当てる方式として DHCP[6.7]が事実上の標準となっており広く利用されている。そこで、WAPL では DHCP を採用し、端末側には一切手を加えず IP アドレスを取得できるよう、WAP で DHCP メッセージを加工することにした。また、MAC アドレスの解決についても、端末側に一切手を加えずにすむように、WAP で ARP メッセージを加工する方式を採用した。

以下、2 章で WAPL の概要を説明し、3 章に WAPL の立上

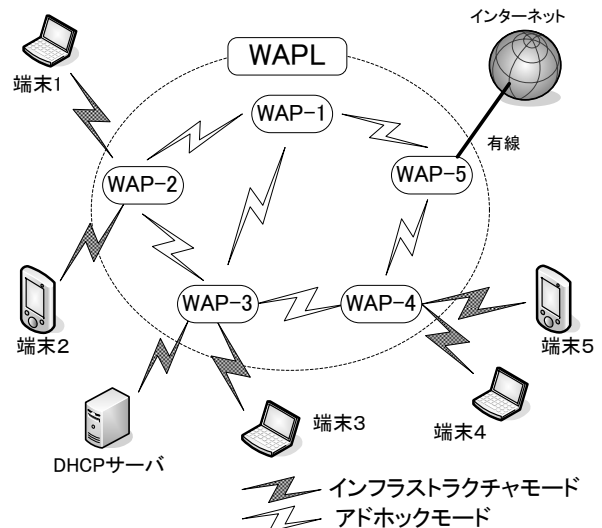


図 1 WAPL 構成例

げ、4 章で WAPL の実装について述べ、最後の章でまとめを行う。

### 2. WAPL の概要

#### 2.1 WAPL のコンセプト

図 1 に WAPL の構成例を示す。また、WAPL における AP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。

WAP は、無線 LAN のインタフェースを 2 つ持つ。一つは WAP どうしの通信用、もう一つは WAP 配下の端末との通信に用いる。WAP 間は MANET のルーティングプロトコルによりルーティングテーブルを自動的に生成する[8]-[11]。WAP-端末間はインフラストラクチャモードで接続する。ユーザは必要な時だけ端末を立上げ、自分の通信だけに専念すればよい。端末間通信パケットは最寄りの WAP でカプセル化・デカプセル化することにより WAP 間を中継され宛先端末に到達する。端末からは WAP 全体が一つのルータのように見え、WAPL 全体は LAN のような働きをする。このため、WAPL 内で端末は自由に移動が可能である。インターネットへは特定の WAP から有線で接続される。WAP 同士は電波が必ず届くように適切に配置する。

#### 2.2 WAPL の動作概要

WAP は自らが保持しているルーティングテーブルとリンクテーブルに従い通信の中継処理を行う。ルーティングテーブルは次にどの WAP にパケットを送信すべきかを示すテーブルで、MANET のルーティングプロトコルにより生成する。

一方リンクテーブルは通信したい相手端末が所属している WAP の位置を示すテーブルで、通信開始に先だってその都度生成する。

WAP は端末からパケットを受け取るとリンクテーブルから宛先の端末がどの WAP に所属しているかを調べる。上記パケットはカプセル化されルーティングテーブルに従いその端末が所属している WAP まで届けられる。そして宛先端末が所属する WAP でデカプセル化され宛先端末に送られる。

### 3. WAPL の立上げ

端末は自由に WAPL に参加、離脱できる必要がある。そのためには端末が自動的に IP アドレスを取得し、通信可能な状態になる必要がある。また、通信開始時には MAC アドレスの解決が必要である。

#### 3.1 端末の IP アドレス取得方法

IP アドレスの取得には既存の DHCP の原理をそのまま適用できる方式を採用する。DHCP サーバは WAPL 内の任意の場所に配置する。また WAPL 内には DHCP サーバを複数台置くことも可能とする。端末及び DHCP サーバの動作は通常の IP アドレス取得と全く同じでよいように WAPL においてパケットを加工する。ユーザは WAPL の存在を意識することなく DHCP サーバから IP アドレスを取得することができる。これを実現するためには、WAP は DHCP パケットの内容を解読し、内容を書き換える必要がある。

DHCP パケットフォーマットを図 2 に示す。加工の際に使用する DHCP パケット内のフィールドには以下のような情報が含まれる。

- A) トランザクション ID フィールド(xid) ; クライアントが要求ごとに用意するランダムな数字でメッセージの対応をとるために使用される。
- B) クライアントハードウェアアドレス(chaddr) ; クライアント側のハードウェアアドレスで ethernet では MAC アドレスを指す。
- C) ユーザ IP アドレス(yiaddr) ; クライアントに割当てた IP アドレスを指す

図 3 に端末の IP アドレス取得における WAP の動作シーケンスを、図 4 にパケットの内容がどのように変化するかについて示す。

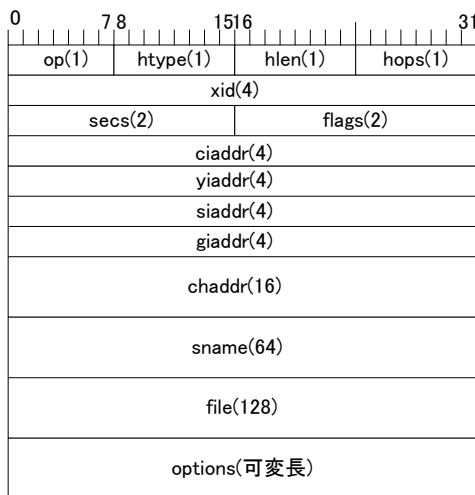


図 2 DHCP パケットフォーマット

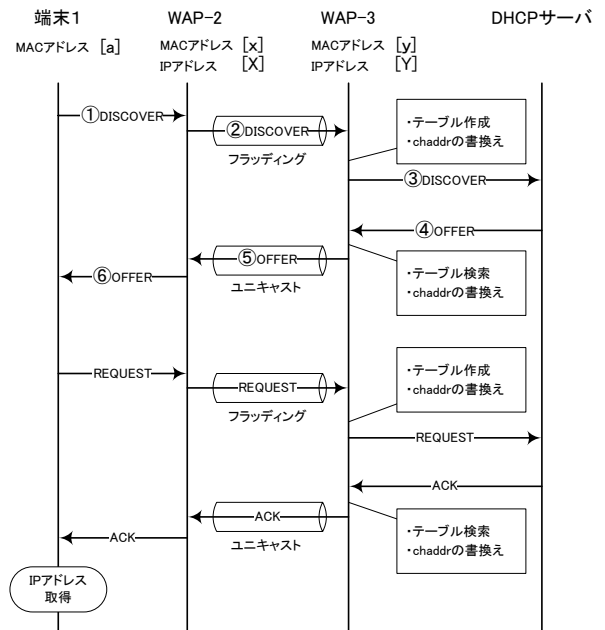


図 3 IP アドレス取得シーケンス

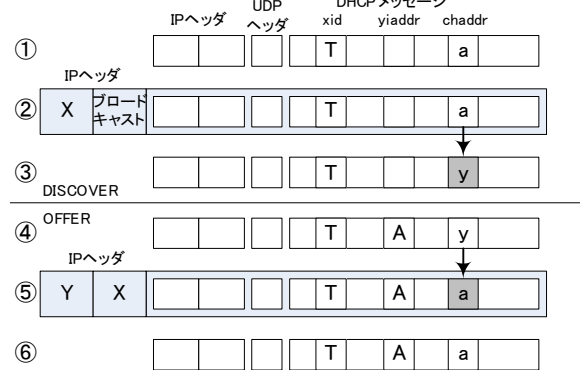


図 4 DHCP 動作時のパケット内容の変化

端末は電源を上げると DISCOVER パケットをブロードキャストする。最寄りの WAP-2 は DISCOVER パケットを受信すると、ブロードキャスト IP アドレスでカプセル化して WAP 全体にフラッディングする。このパケットを受け取った WAP-3 は DISCOVER パケット内のトランザクション ID『T』、クライアントハードウェアアドレス『a』、送信元 IP アドレス『X』を関連付けてテーブルとして一定時間保持する。そして DHCP サーバからの OFFER パケットが最寄りの WAP-3 に戻るように、DISCOVER パケット内のクライアントハードウェアアドレスを自分の MAC アドレス『y』に書き換え、配下の端末にブロードキャストする。

DHCP サーバはクライアントへの設定値「候補」を通知するメッセージ OFFER パケットを送信する。パケットを受け取った WAP-3 は先ほど作ったテーブルから OFFER パケット内のトランザクション ID が一致するクライアントハードウェアアドレスを検索し、OFFER パケット内のクライアントハードウェアアドレスを『A』に戻す。また、同テーブルに記憶されていた IP アドレス『X』によりパケットカプセル化しユニキャストで送り返す。このパケットを受け取った

WAP-2 はデカプセル化を行い、宛先 MAC アドレスを『a』としてクライアントに送信する。

後に続く REQUEST パケット, ACK パケットはそれぞれ DISCOVER パケット, OFFER パケットと同様の動作を行う。このようにしてクライアントは WAPL の存在を意識することなく, DHCP サーバから IP アドレスを取得することができる。

### 3.2 MAC アドレスの解決及びリンクテーブルの生成

端末が通信を行うためには, MAC アドレスの解決が必要である。WAP において ARP メッセージの内容を加工することにより端末には手を加えることなく MAC アドレスの解決ができる。また, このとき同時にリンクテーブルを生成することが可能である。

図 1 の構成において端末 1 から端末 4 宛にパケットを送信する場合の MAC アドレス解決の動作を示す

図 5 に MAC アドレス解決シーケンスを図 6 にパケット内容の変化を示す。

端末 1 は端末 4 を探索するための ARP 要求を送信する。ARP 要求を受け取った WAP-2 はブロードキャスト IP アドレスでカプセル化し, WAP 全体にフラッディングする。

上記パケットを受け取った WAP はパケットの情報から端末 1 の IP アドレス『A』を取り出し, 端末 1 と WAP-2 を関連付けるリンクテーブルを生成する。その後デカプセル化を

行い, 端末 4 から返信される ARP 応答が WAP-4 に到達するように ARP 要求内の送信元 MAC アドレスを端末 1 の MAC アドレス『a』から自分の MAC アドレス『z』に書き換える。また, 返信される ARP 応答を判別するために端末 1 の MAC アドレス『a』を上記のリンクテーブルに関連付けて保存する。上記のリンクテーブルは一定時間内に ARP 応答を受信しなかった場合は消去される。

端末 4 は問い合わせの IP アドレスが自分であるので ARP 応答を返す。ARP 応答を受け取った WAP-4 は ARP メッセージ内の宛先 IP アドレス『A』からリンクテーブルを検索し, ARP 応答内の宛先 MAC アドレスを元の『a』に戻す。さらに, 宛先 IP アドレスを『X』としてカプセル化して WAP-2 に返送する。このパケットを受け取った WAP-2 はパケットの情報から端末 2 の IP アドレス『D』を取り出し, 端末 2 と WAP-4 を関連付けるリンクテーブルを生成する。また, パケットのデカプセル化を行い, ARP 応答内の送信元 MAC アドレス『d』を自分の MAC アドレスである『x』に書き換え送信する。

以上の処理により, ARP によるアドレス解決が可能となる。同時にカプセル化に必要なリンクテーブルを完成させることが出来る。

## 4. WAPL の実装

### 4.1 モジュール構成

実装対象となる OS はオープンソースで, IP 層に関する情報や処理内容の資料が多い FreeBSD を採用する。

図 7 に WAPL の階層モデルを示す。WAPL のコンセプトとして端末には一切手を加えない。また, MANET のルーティングプロトコルは他の処理とは独立させるため, 全ての実装は WAP のネットワーク層に組み込む。WAPL のモジュール構成を図 8 に示す。

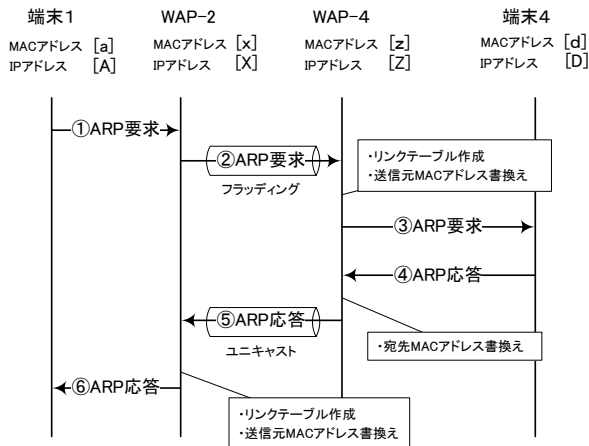


図 5 MAC アドレス解決シーケンス

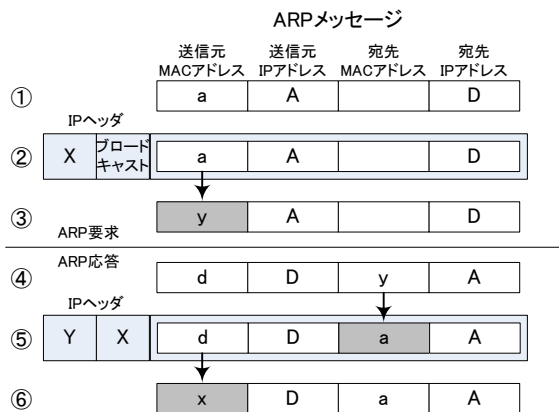


図 6 アドレス解決時のパケット内容の変化

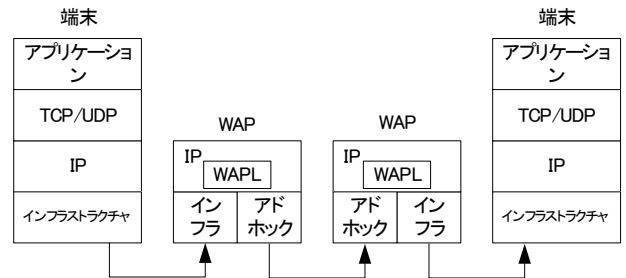


図 7 WAPL の階層モデル

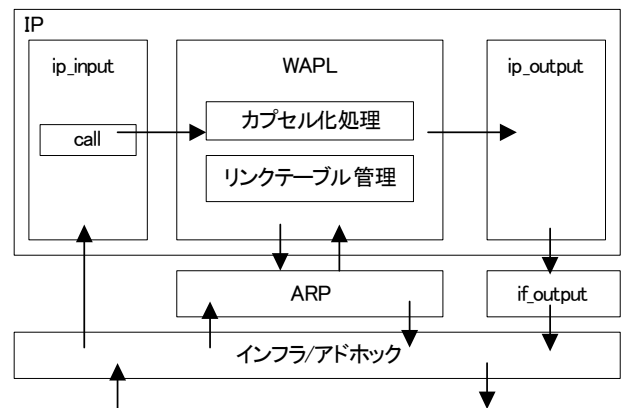


図 8 WAPL のモジュール構成

IP パケットについては既存の処理に変更を加えないようパケット受信時には IP 入力関数である `ip_input` で WAPL を呼び出す。WAPL 内でカプセル化/デカプセル化を行った後、`ip_output` に処理を移行する。ただし、ARP パケットの処理の場合は、FreeBSD の ARP 処理モジュール内から WAPL を直接呼び出す。

## 5. まとめ

WAPL を実現するために、WAPL における端末の IP アドレス取得方法と通信開始時の MAC アドレス解決方法について検討した結果を述べた。いずれの処理においても端末やサーバには一切変更を加えることをせず、WAP がパケットの内容を書き換えることにより実現を可能とした。また、アドレス解決と同時にリンクテーブルも同時に生成できることを示した。今後は WAPL の実装とトラヒックシミュレーションを並行して実施し、動作検証と評価を行う。

### 参考文献

1. K.Mase, et al., "Wireless LAN 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-LAN における LAN エミュレータの実装と性能評価", 電気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", 信学技報, IN/MoMuC/MVE2003-11, pp13-18, Nov.2003
5. 市川祥平, 渡邊晃, "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", 第 30 回 MBL 研究報告会, Sept.2004
6. R.Droms, "Dynamic Host Congiguration Protocol", RFC2131 (1997)
7. S.Alexander, and R.Droms, "DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions", RFC2132 (1997)
8. IEEE Home Page. <http://www.ietf.org>
9. T.Clausen P.jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol" (OLSR) REC3626 Oct.2003
10. C.Perkins S.Das, "Ad hoc on-Demand Distance Vector"(AODV) RFC3561 July 2003
11. R.Ogier, M.Lewis, "Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding"(TBRPF) RFC3684 February 2004

# 無線アクセスポイントリンク ”WAPL”の立上げ方式

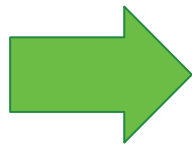
---

名城大学大学院理工学研究科  
小島崇広 市川祥平 渡邊晃

# 研究背景

## □ インターネットの普及

- 無線LANの需要の高まり
- 無線LANを利用したサービスの増加



無線LANエリアの拡大  
アクセスポイントの整備

## □ アクセスポイント間通信にアドホックを利用

- 設置・移設が容易

WAPL (Wireless Access Point Link)

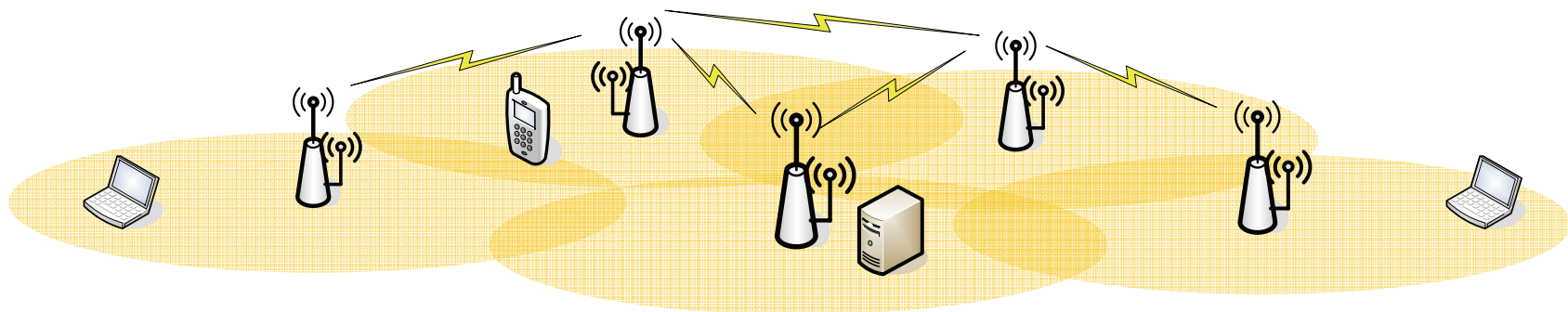
# WAPL (Wireless Access Point Link)

## □ WAPLのシステム構成

- 2つの無線LANインターフェースをもつAP (WAP)
- WAP間通信用 (アドホック・モード)
- 端末-WAP間通信用 (インフラストラクチャ・モード)



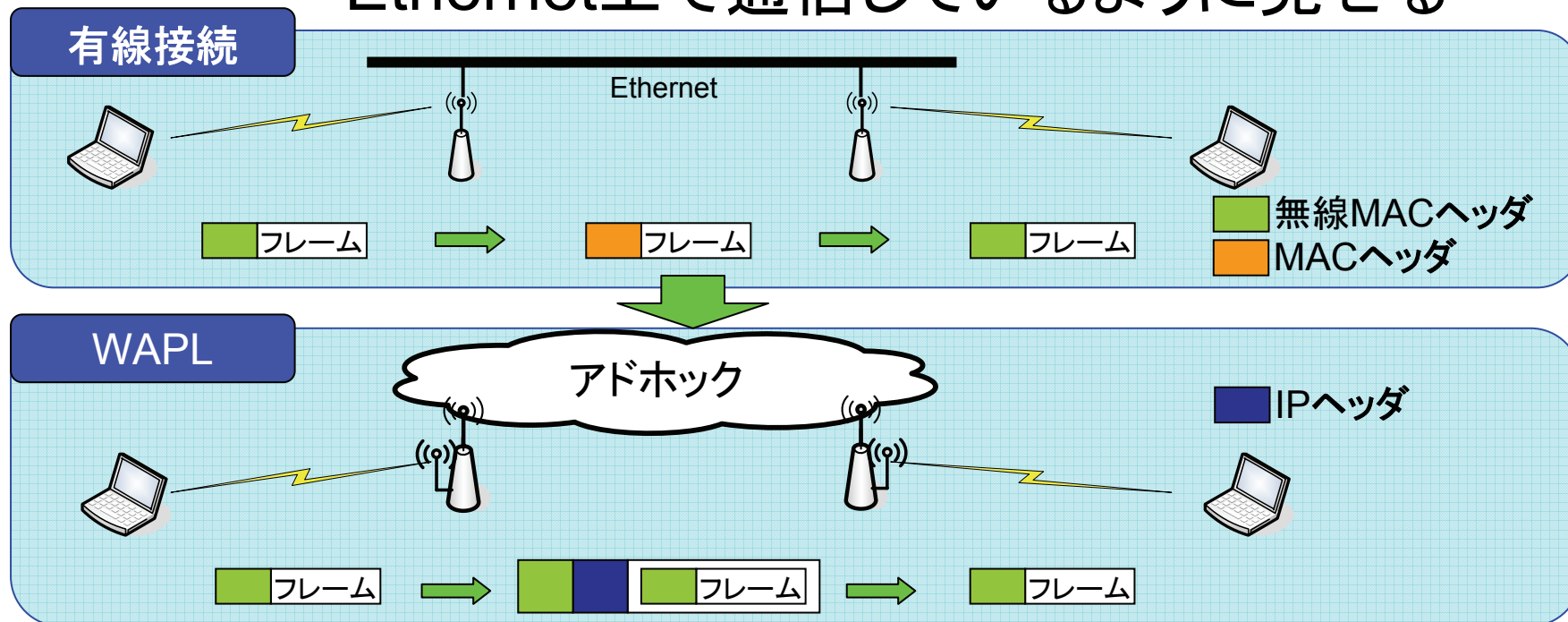
## □ 構成例



# WAPLにおけるカプセル化

## □ EthernetフレームをMANETのルーティングプロトコルでカプセル化

- 端末にWAP間でのアドホック通信がEthernet上で通信しているように見せる



有線接続と同様の通信が可能



# WAPLの立上げ

## □ 通信開始前

### ■ ルーティングテーブル生成

- MANETのルーティングプロトコルにより自動生成
- MANETの処理には手を加えない

## □ WAPLの立上げ

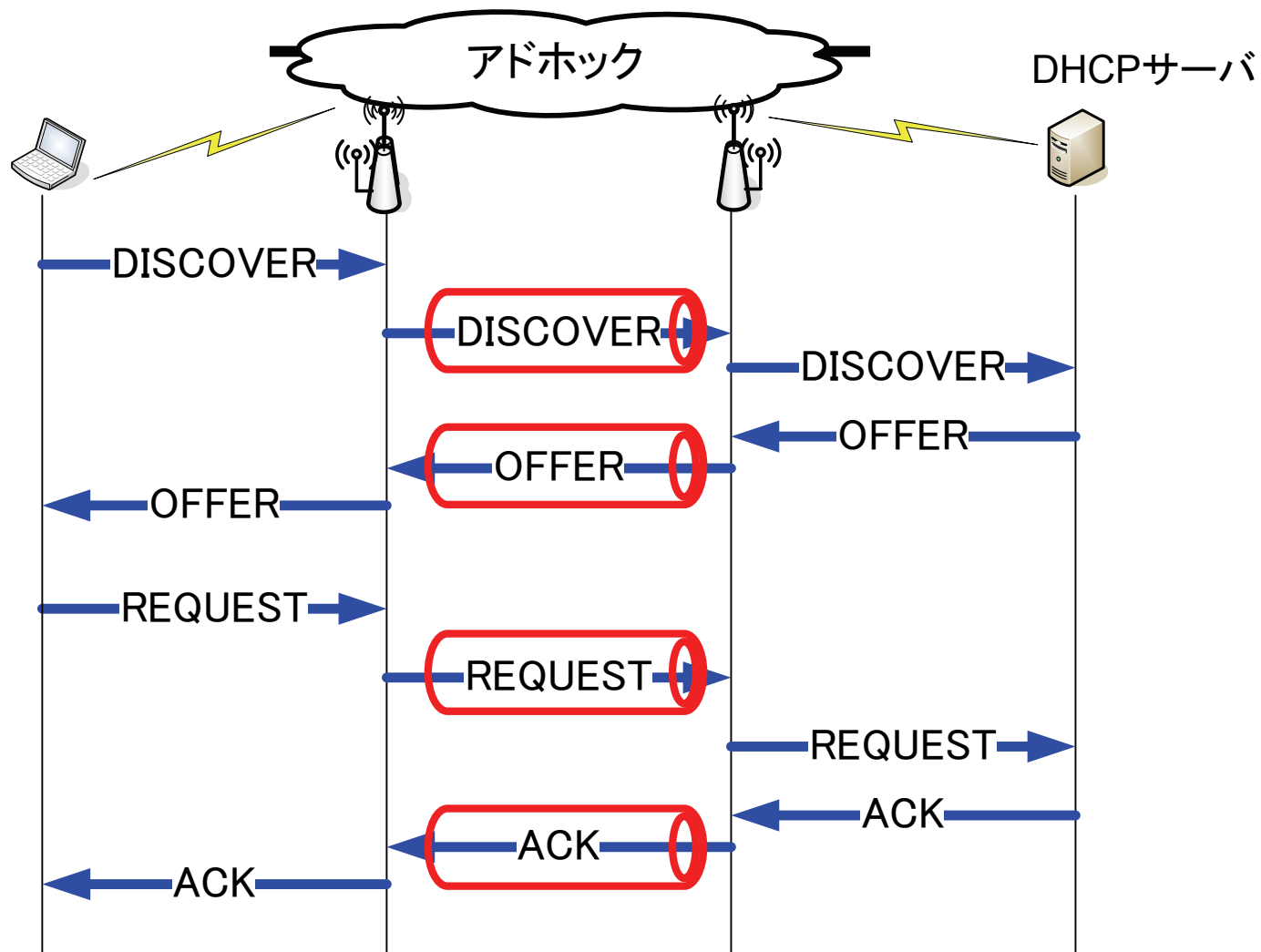
### ■ IPアドレス割当て方法

- WAPL内の任意の場所に設置されたDHCPサーバから割当てる

### ■ リンクテーブル生成

- 通信開始時のアドレス解決(ARP)と同時に生成
- 一定時間参照されなければ削除

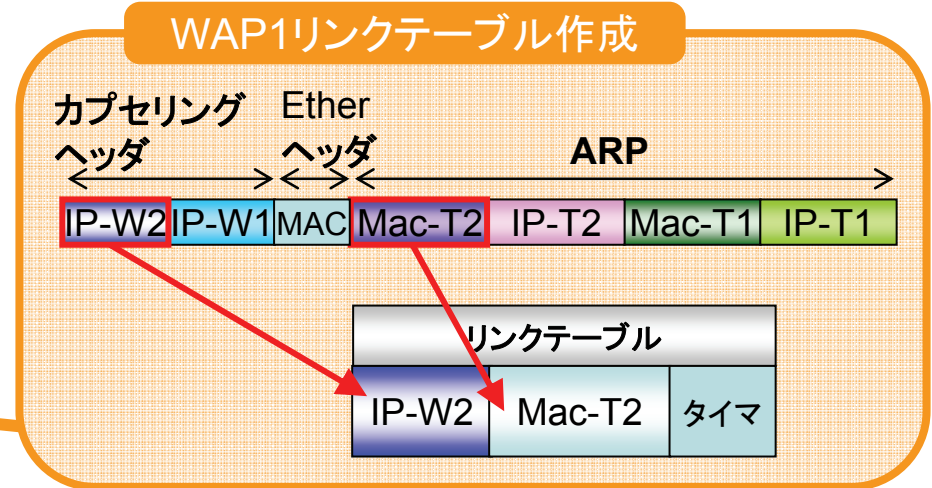
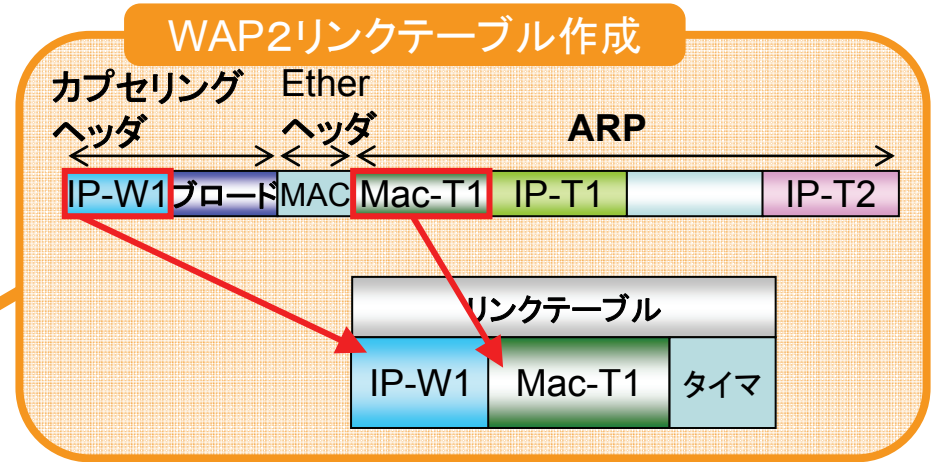
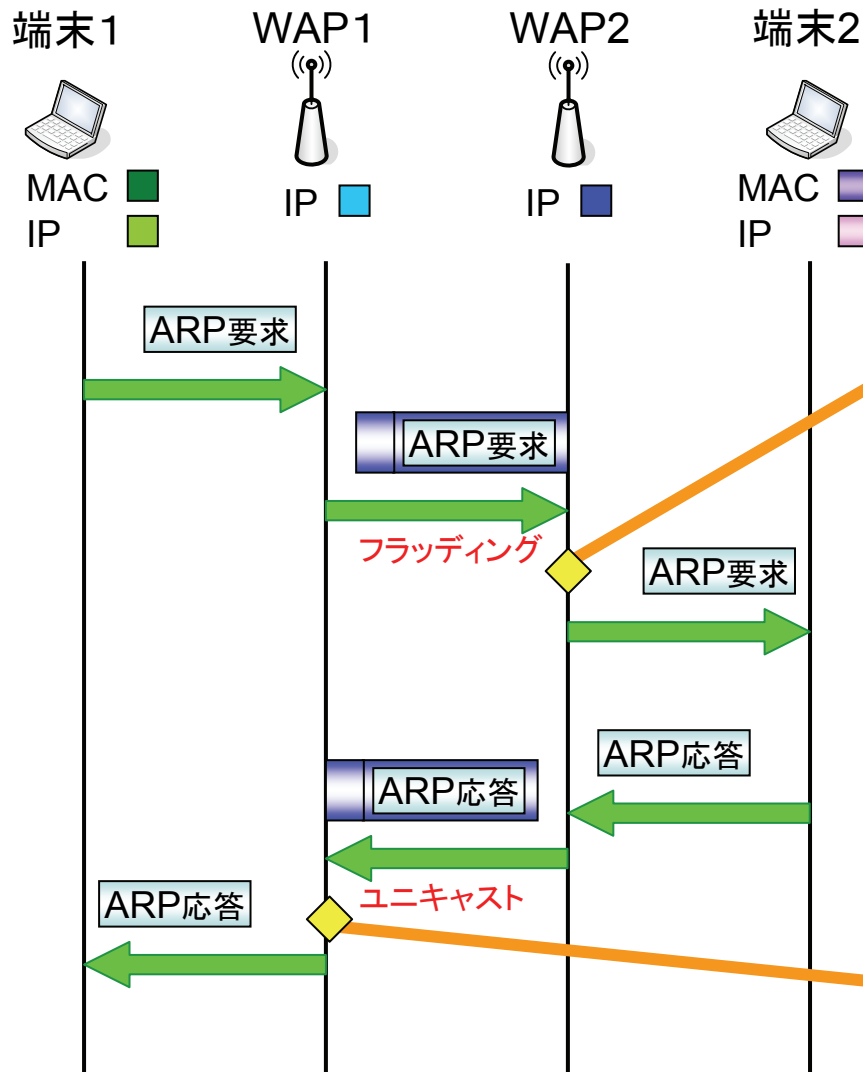
# IPアドレス割当て



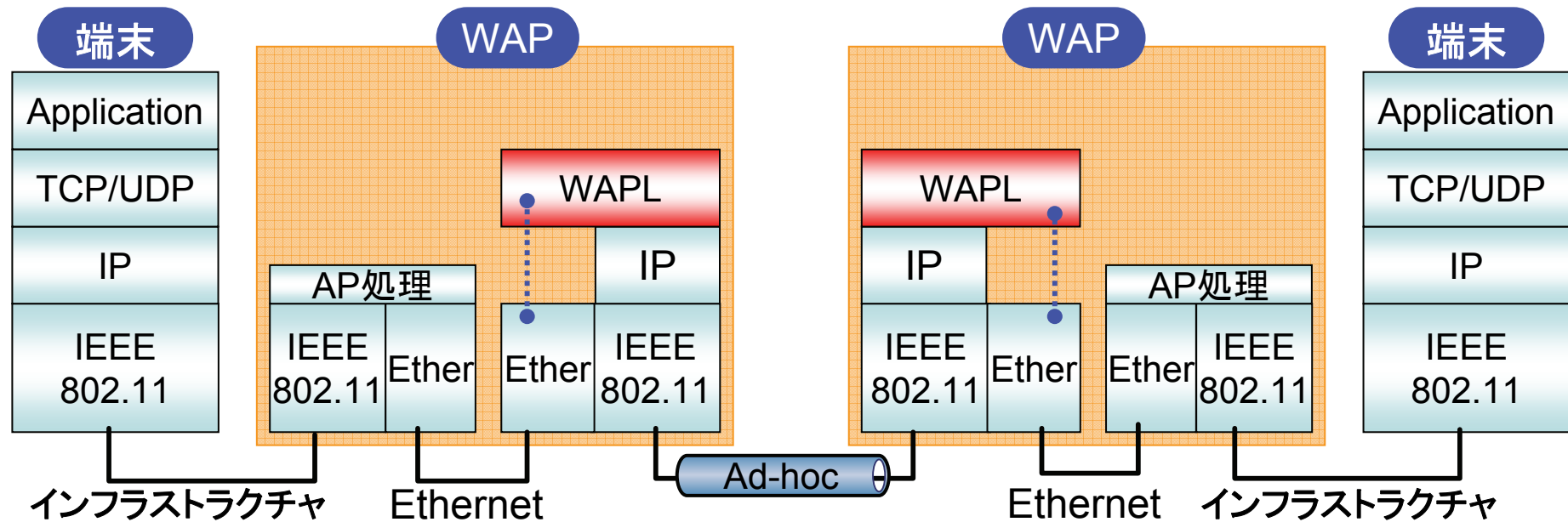
□ 有線と同様の方法でIPアドレス割当て可能

# リンクテーブル生成

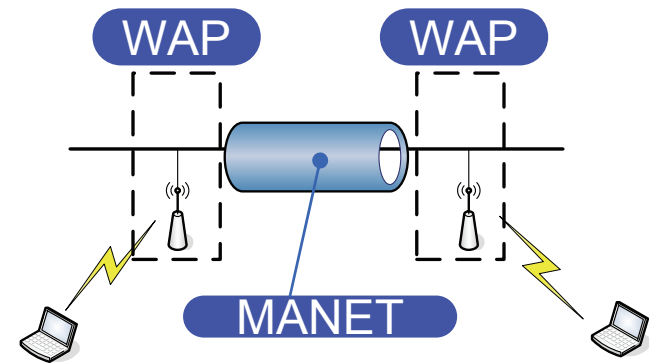
## □ ARPを利用



# WAPLのアーキテクチャ



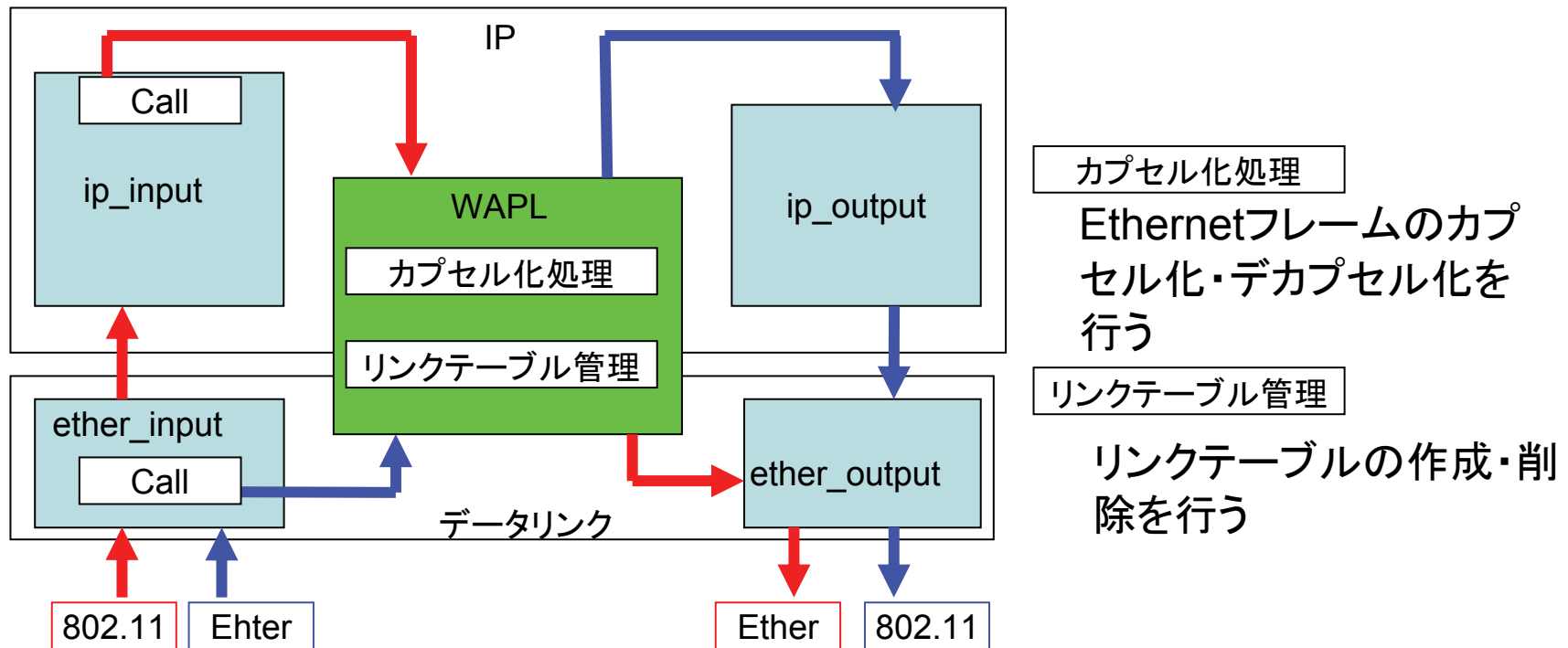
- ❑ WAPはAP機能とカプセル化機能で構成される
- ❑ 試作として一般のAPとPCでWAPを構成
- ❑ AP-PC間はEthernetでデータを中継



# 実装

## □ WAPLの実装方式

- FreeBSDのカーネルにモジュールを組み込む
- Ethernetインターフェース→EthernetのドライバからWAPLモジュールへ
- 無線インターフェース→IP処理終了後WAPLモジュールへ



# ハンドオーバー

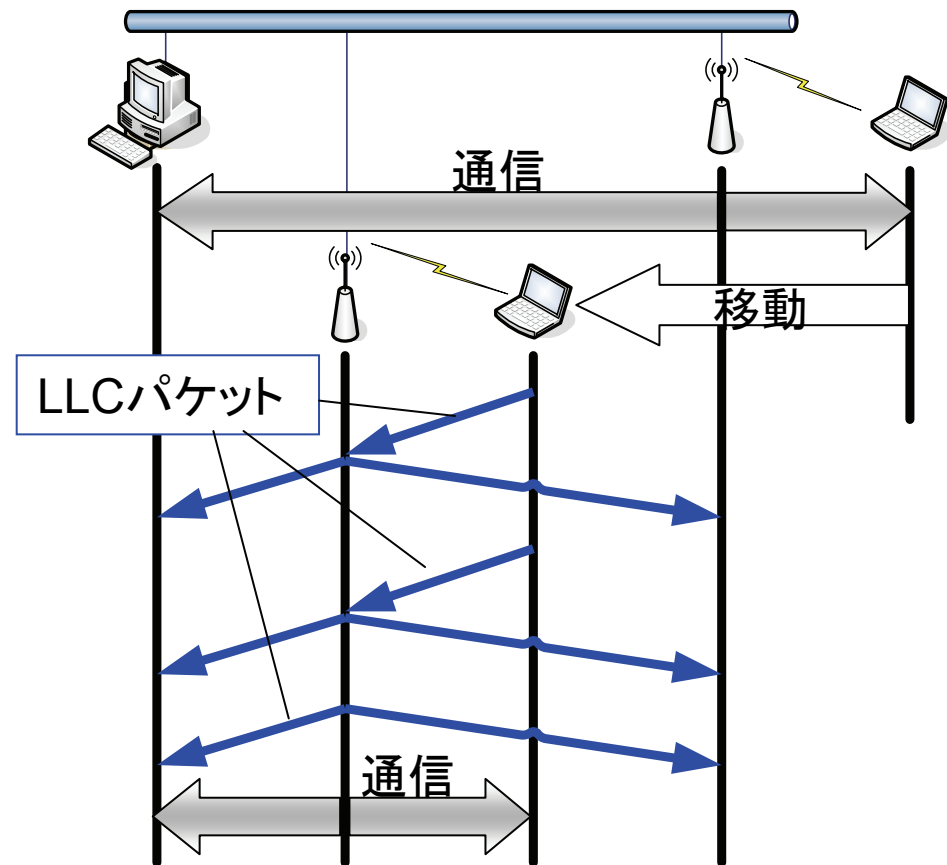
- アソシエーション張替え後にLLCパケットを送信
- APが保持している端末の情報の書き換え

Ether上での処理は  
そのまま利用可能



ハンドオーバー可能

## 有線接続でのハンドオーバー



端末:Windows AP:BUFFALO社製

# まとめ

- AP間通信をアドホックによってカプセル化するWAPLのリンクテーブル作成方法とWAPLのアーキテクチャについて説明した
- 今後は、本提案の実装を完了し、検証を行っていく

おわり

