

アクセスポイント配下に無線メッシュネットワークを構築するための検討

谷口勇樹

2009年末のインターネット利用者数は9,408万人、人口普及率は78.0%となりインターネット利用者は年々増加してきている(2010年版 情報通信白書)。インターネットの普及に伴い無線LANを利用できる場所も増加してきたが、利用できる場所は限られている。そのため、無線LANのない場所でイベントなどを行う際に、一時的に無線通信できる環境が必要になる場合がある。一般的に普及している無線LANの構築方法はインフラストラクチャモードであり、AP(Access Point)間は有線接続されている。そのため、増設や移設が必要になったとき迅速に対応できる方法がない。そこで、近年ではAP間をアドホックネットワークによって接続する無線メッシュネットワークに注目が集まっている。メッシュネットワークはAP設置の自由度が向上し、容易に無線メッシュネットワークのエリアを拡張することができる。そこで本稿では、無線メッシュネットワークと、既設のAPを利用し無線通信できる環境を容易に拡張する方法を提案する。

A Study on the Construction of a Wireless Mesh Network under an Access Point

YUUKI TANIGUCHI

The number of Internet users is 9,408 million end of 2009, 78.0% penetration rate of Internet users have been Nearby is increasing year by year (2010 edition information communication white paper.) Wireless LAN is the spread of the Internet has also increased where available, are limited places available. Therefore, when performing wireless LAN events where no other may be necessary environment for a temporary wireless communication. Generally popular wireless LAN infrastructure is how to build, AP (Access Point) are between a wired connection. Therefore, there is no way you can respond quickly when the expansion or relocation needs. Thus, in recent years has attracted attention AP wireless mesh networks connected by an ad hoc network between. AP mesh network improves flexibility of installation, you can extend the area of wireless mesh network with ease. In this paper, and wireless mesh networks, and propose how to extend the existing AP to facilitate an environment that can use wireless communication.

1. はじめに

2009年末のインターネット利用者数は9,408万人、人口普及率は78.0%となりインターネット利用者は年々増加してきている(2010年版 情報通信白書)。それと同時に無線LANもさまざまな場所で利用できるようになっている。例えば鉄道の駅や空港、ホテル、飲食店などでも公衆の無線LANが設置され利用できる場所がある。しかし、イベントなどで急に無線通信できる環境が必要となった時、迅速に対応できる方法がない。

無線LANの構築方法としてはインフラストラクチャモードとアドホックモードの2つの方法がある。インフラストラクチャモードは一般的に利用されている方式であり、AP(Access Point)間を有線によって接続し、端末は必ずAPを介して通信を行う。アドホックモードは端末同士で通信を行う方式で、その応用として直接電波の届かない端末にたいし、途中の端末を中継することで通信を可能とするアドホックネットワークがある。しかし、アドホックネットワークはユーザの意図に反して端末を利用してしまったりや中継端末の移動により経路が安定しないことから研究段階にとどまっている。

そこで、近年ではAP間をアドホックネットワークによって接続する無線メッシュネットワークに注目が集まっている。APと無線端末間はインフラストラクチャモードであり、一般端末が接続できる。メッシュ

ネットワークはAP設置の自由度が高く、容易に無線ネットワークのエリアを拡張することができる。APが中継装置となるため、端末のリソースが勝手に利用してしまうことがない。また、APは固定であるため経路が比較的安定している。しかし、従来の無線メッシュネットワークは、アドホックルーティングプロトコルを改造する方式が一般であり、用途が限定されるという課題があった。また、端末が移動したときにパケットロスが発生するという課題があった。そこで、これらの課題を解決するために、我々はWAPL(Wireless Access Point Link)と呼ぶ独自の無線メッシュネットワークを研究している。

WAPLは無線メッシュネットワークを実現させるための機能を、アドホックルーティングプロトコルから完全に独立させた。その結果、ルーティングプロトコルを自由に選択し、様々な用途に応用できる。また、無線メッシュネットワークに必要なテーブルの生成をオンデマンドで実現するため、制御パケットが通信トラフィックに与える影響が少ない。さらに近隣のAPの通信状況を常時監視しておくことにより、端末が移動したときのハンドオーバー通知をユニキャストで実現できるようになっている。これによりシームレスハンドオーバーを確実に行うことができる。

WAPLを構築するために無線化したAPをWAP(Wireless Access Point)と呼称する。WAPはアドホックモードとインフラストラクチャモードの2つのイ

インタフェースを持ち、アドホックモードのインタフェース側では既存のアドホックルーティングがそのまま動作する。

本研究では WAPL を既設の AP に接続できるようにして、AP 配下に無線メッシュネットワークを迅速に構築するための方法を提案する。現状の WAP は WAP と無線端末、WAP 間の通信は可能だが、WAP と既存 AP 間の通信は想定していない。そこで、WAP に AP に接続するインタフェースを追加する。これにより、既設の AP の配下に WAPL を構築し、無線環境を容易に構築することが可能になる。さらに、提案方式は既存設備に全く変更を加える必要がない。図 1 に提案方式の構成を示す。

以下 2 章で WAPL、3 章で提案方式の説明、4 章で実装の検討を行い、5 章でまとめる。

2. WAPL

2.1 概要

WAPL の概要を図 2 に示す。WAP はインフラストラクチャモードとアドホックモードの 2 つの無線インタフェースを持つ。インフラストラクチャモードのインタフェースは一般の AP と同様に無線端末と接続する。アドホックモードのインタフェースは WAP 同士でアドホックネットワークを構築する。無線端末は離れた通信相手に対して、WAP を中継することで通信することができる。無線端末が通信を開始する前に、WAP と無線端末の対応関係（以下、マッピング情報）がわかっている必要がある。WAPL ではこのマッピング情報をオンデマンドで生成する。オンデマンドでマッピング情報を生成する方式は、制御パケットがネットワークに与える負担が少ないという利点がある。また、WAPL では WAP 間で動作するアドホックネットワークのルーティングプロトコルは WAPL から完全に独立しており、MANET のルーティングプロトコルを自由に選択できる。また、端末が移動してもパケットロスの少ないシームレスなハンドオーバーを実現できる。

[1]

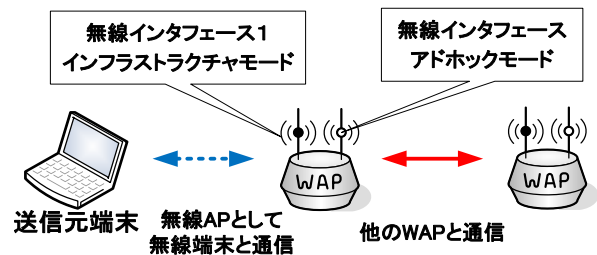


図 2 WAPL 概要

2.2 通信方式

WAP は無線端末が通信を開始する際の ARP 処理をトリガとして、WAP と無線端末のマッピング情報を WAP 間で交換し、LT(Link Table)に記録する。WAPL の経路生成とパケット中継のシーケンスを図 3 に示す。WAP は送信元端末から ARP 要求を受信すると、他の WAP へ LT 生成要求メッセージをフラグディングする。LT 生成要求メッセージには宛先端末の IP アドレスと、送信元端末の MAC アドレスが記載されている。LT 生成要求メッセージを受信した全ての WAP は自身の LT に送信元端末の MAC アドレスと送信元 WAP の IP アドレスの対応関係を記述する。配下に目的の端末があることを検出した WAP は、ユニキャストで送信元端末に LT 応答メッセージを返す。LT 応答メッセージには宛先端末の MAC アドレスと送信元 WAP の IP アドレスが記述されている。LT 生成要求メッセージの送信元 WAP は LT 応答メッセージを受け取ると、自身の LT に宛先端末の MAC アドレスと、その端末が所属する WAP の IP アドレスの対応関係を記述する。以上の動作により、互いの WAP に LT が生成される。以後のデータパケットは、MAC ヘッダの部分も含めて WAP 間のアドレスにより IP カプセルングされて中継される。

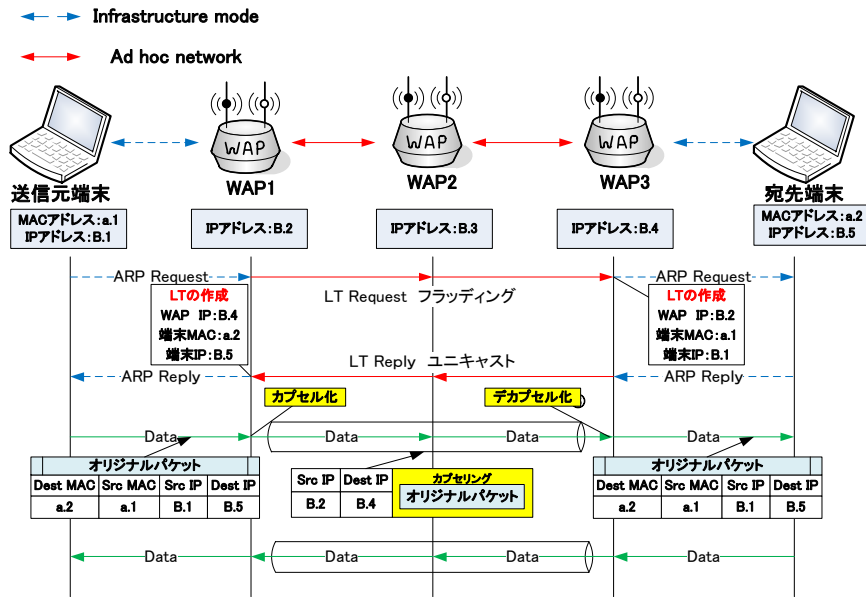


図3 WAPLの経路生成とパケット中継シーケンス

3. 提案方式

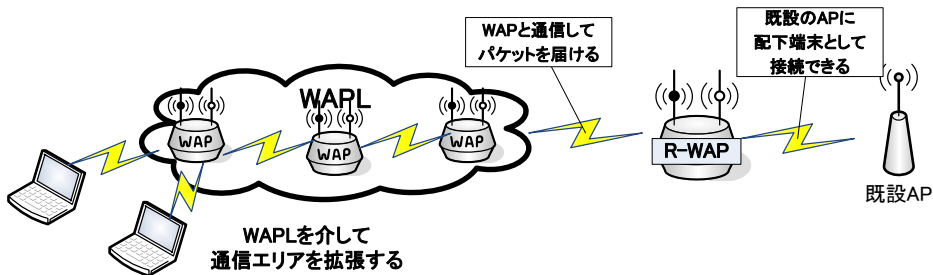


図4 提案方式の構成

3.1 提案方式の概要

図4に提案方式の構成を示す。提案方式では、既設のAP配下にWAPLが提供するネットワークを介して無線通信の環境を拡張させる。既設APとWAPLの接続は、WAPが既設APの配下端末となることで確立する。これを実現するため、WAPにAP配下端末として接続できる機能を新たに追加した。このWAPをR-WAP(Relaying-WAP)と呼ぶ。R-WAPの概要を図5に示す。R-WAPはWAPと同等の機能を包含し、無線インタフェースが1つ追加される。追加されたインタフェースはAPの配下端末としてインフラストラクチャモードで接続することができる。R-WAPは自身を無線端末として既設のAPと接続することで、他の無線端末との通信を可能とする。R-WAPの接続先の無線ネットワークにDHCPサーバが設置されていれば接続端末に特別な設定は不要である。

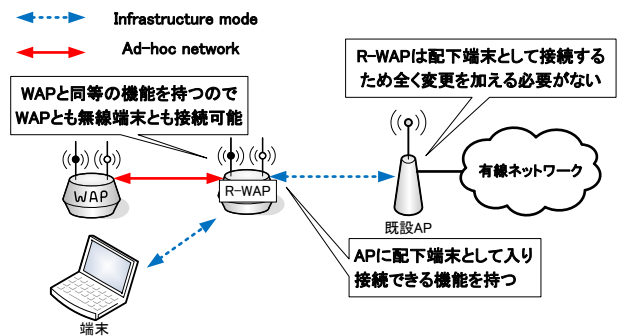


図5 R-WAPの概要

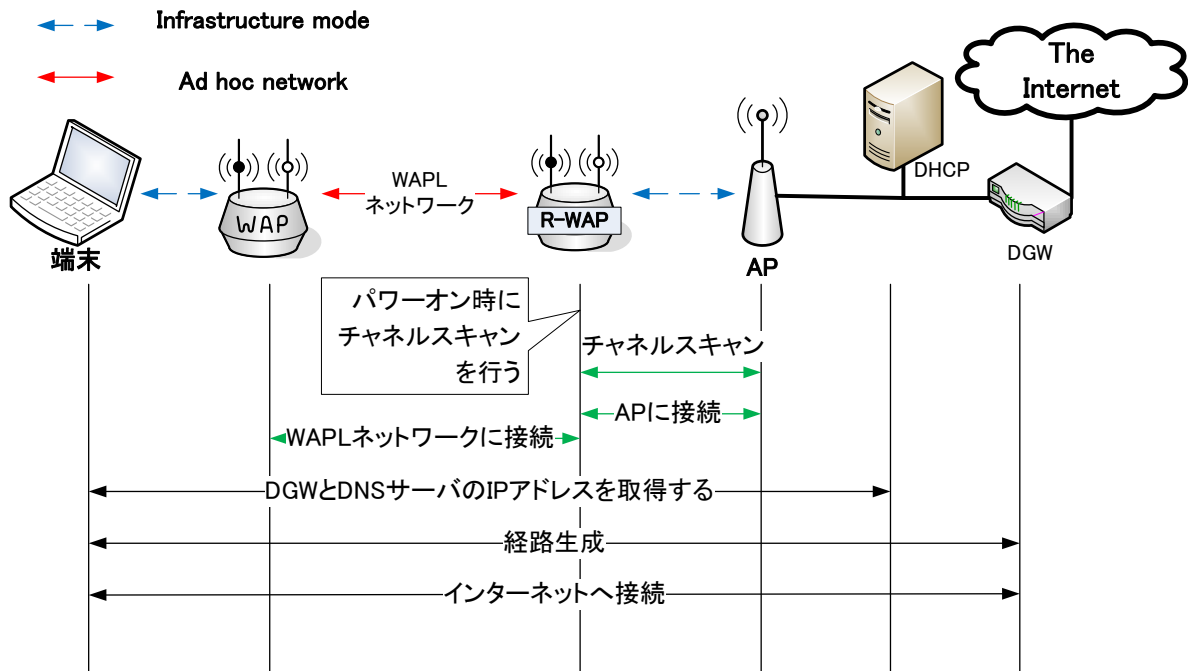


図6 R-WAP 立ち上げ動作

3.2 R-WAP の基本動作

R-WAP の立ち上げ動作を図6に示す。R-WAP はパワーオン時にチャネルスキャンを行い接続可能なAPに接続する。その後、WAPLのネットワークに接続する。端末は立ち上げる時にDHCPサーバによりIPアドレス及びDGWのアドレスを取得する。図7に経路生成とパケット中継のシーケンスを示す。端末はインターネットへ接続するためDGWへ向けてARP要求を送信する。ARP要求を受け取ったWAPは他のWAPへ向けてLT生成要求メッセージをフラグディングする。R-WAPにWAPからLT生成要求メッセージが到着すると、APに向けてARP要求をブロードキャストする。DGW(Default Gate Way)からARP応答が返ってきたら、LTをもとにLT応答メッ

セージをユニキャストで返信する。WAPはこのメッセージを受け取ると配下端末へARP応答を送信する。以上の動作により経路が生成される。WAPLネットワーク内では、シームレスハンドオーバーを実現するためにデータパケットはMACアドレスを含めてWAPのIPアドレスでカプセル化し送信される。図7ではオリジナルパケット内のB.1が送信元である端末AのIPアドレスを示し、B.4が宛先である端末Bのアドレスを示している。WAPLネットワーク内ではWAPのIPアドレスでカプセル化されたオリジナルパケット(B.2が送信元WAPのIPアドレス、B.3が宛先WAPのIPアドレス)が送信され、このパケットがDGWまで届くと、インターネットを通じて宛先の端末まで送信される。

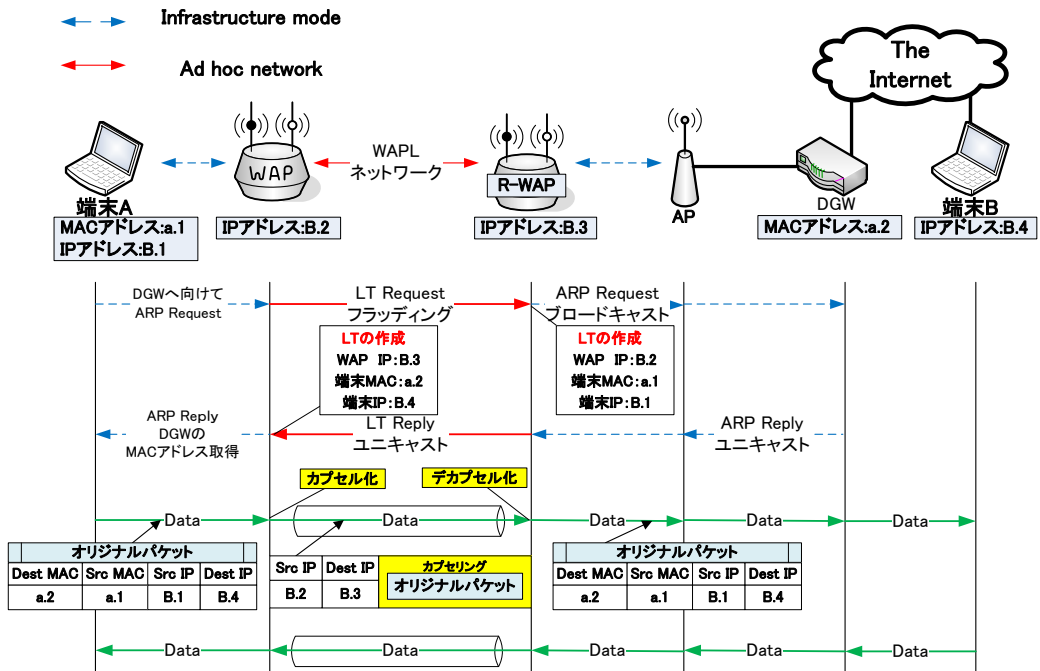


図7 R-WAP 経路生成とパケット中継のシーケンス

3.3 R-WAP の利点

R-WAP の利点は WAP と同等の機能を持ち、AP に配下端末として接続できるので WAPL ネットワークを介して無線環境の拡張が容易に行えることである。また、既設 AP に配下端末として接続するため、ネットワークに全く変更を加える必要がない。

4. 実装の検討

オリジナルの WAP は自身が無線 AP となるインタフェースと他の WAP と通信するためのインタフェースの 2 つのインタフェースを持ち、WAP のアプリケーション上でパケットの解析や判断、カプセル化処理、LT の生成を行っている。WAP を無線 AP にするために市販の無線 LAN カードと、mad-wifi というドライバを使用し PC を AP 化させている。WAP 側に接続するモジュールにはノート PC 内蔵の無線デバイスを使用している。

R-WAP のモジュール構成を図 8 に示す。図中の赤

枠が新規追加部分である。R-WAP はオリジナルの WAP に対して、AP に自身が配下端末となり接続するインタフェースを追加することで実現する。

R-WAP のメインモジュールはノート PC に実装し、無線 AP 側に接続するモジュール(無線クライアント機能)は市販の無線クライアントカードを追加することで実装することを検討している。R-WAP のメインモジュールは、カプセル化モジュール、LT モジュール、パケットの解析・判断モジュールにより構成される。R-WAP のメインモジュールは WAP のプログラムを元にして、追加した無線クライアントカードを扱うためのソケットの追加、受信したパケットを扱うためのソケットの追加、受信したパケットの解析と判断を行う部分の動作の変更を行った。[2]

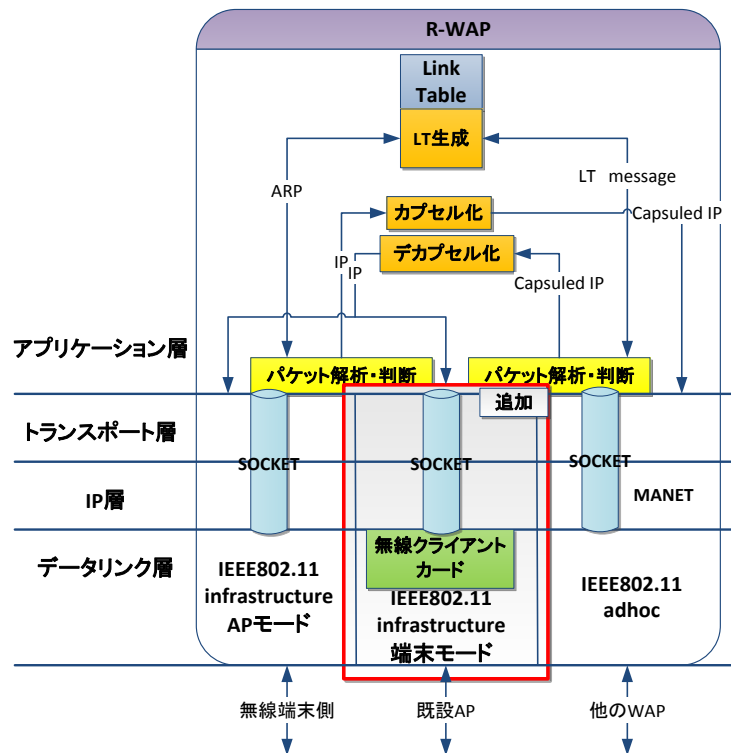


図 8 R-WAP のモジュール構成

5. まとめ

イベント会場などに一時的に通信網を構築するため WAP に無線端末として既設の AP に接続できる機能を持たせた。これにより、WAPL を既設の AP 配下に接続し、容易にインターネット接続環境を実現できる方法を提案した。今後は実装と評価を行う予定である。

参考文献

- [1]伊藤将志,鹿間敏弘,渡邊晃 シームレスハンドオーバを実現する無線メッシュネットワークの提案とシミュレーション評価 (DICO2007 シンポジウム論文集, Vol2007.No.1, pp.1-8)
- [2] 永井 順也: 災害時における無線メッシュネットワークを用いた孤立無線ネットワーク復旧手法の提案 (卒業論文, 2007 年度)

付録 WAPL 状態遷移表

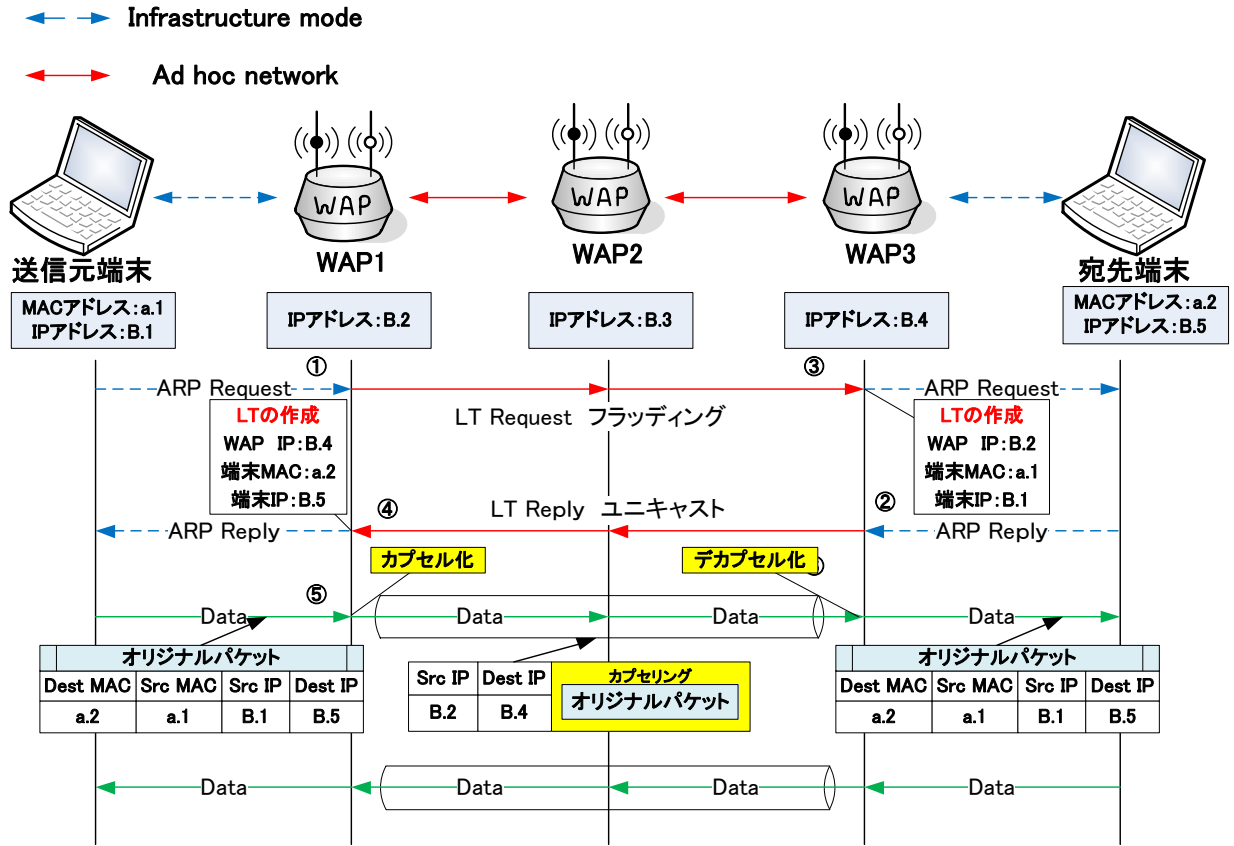


図9 WAPL の経路生成とパケット中継のシーケンス

表 1 WAPL の経路生成とパケット中継の状態遷移表

	idle 状態[0]	LT が存在する状態[1]
① インフラ側から ARP 要求を受信	インフラ側へ ARP 要求を送信し、LT 要求をアドホック側から送信する。 [→0]	インフラ側へ ARP 要求を送信し、LT 要求をアドホック側から送信する。 [→1]
② インフラ側から ARP 応答を受信	インフラ側へ ARP 応答を帰す。 [→0] (ネットワーク内でのやりとり)	LT 応答をアドホック側へユニキャストで送信する。 [→1]
③ アドホック側から LT 要求を受信	シーケンス番号をチェックして、一致したらそのパケットを破棄する。一致しない場合、LT を追加する。AT を検索し、AT に宛先端末の情報が存在した場合は LT 応答をアドホック側へ送信する。 [→1] 存在しなければ LT 要求をアドホック側へ送信する。ARP 要求をインフラ側へ送信する。 [→0]	シーケンス番号をチェックして、一致したらそのパケットを破棄する。一致しない場合、LT を更新する。AT を検索し、AT に宛先端末の情報が存在した場合は LT 応答をアドホック側へ送信する。 [→1] 存在しなければ LT 要求をアドホック側へ送信する。ARP 要求をインフラ側へ送信する。 [→0]
④ アドホック側から LT 応答を受信	LT を追加する。退避されているパケットが存在する場合、LT に従ってそのパケットをアドホック側へ送信する。 インフラ側に ARP 応答を送信 [1]	無視動作 [→1]
⑤ インフラ側から IP パケットを受信 (ユニキャスト)	退避動作 (送られてきたパケットの保護) を行い、LT 要求をアドホック側に送信する。 [→0]	LT に従って、パケットをカプセル化して送信する。 [→1]
⑥ アドホック側から自分宛てのカプセル化された IP パケットを受信	デカプセル化してインフラ側へ送信する。 [→0]	デカプセル化してインフラ側へ送信する。 [→1]
無通信 Time Out(LT)	無効な遷移	LT の削除 [→0]

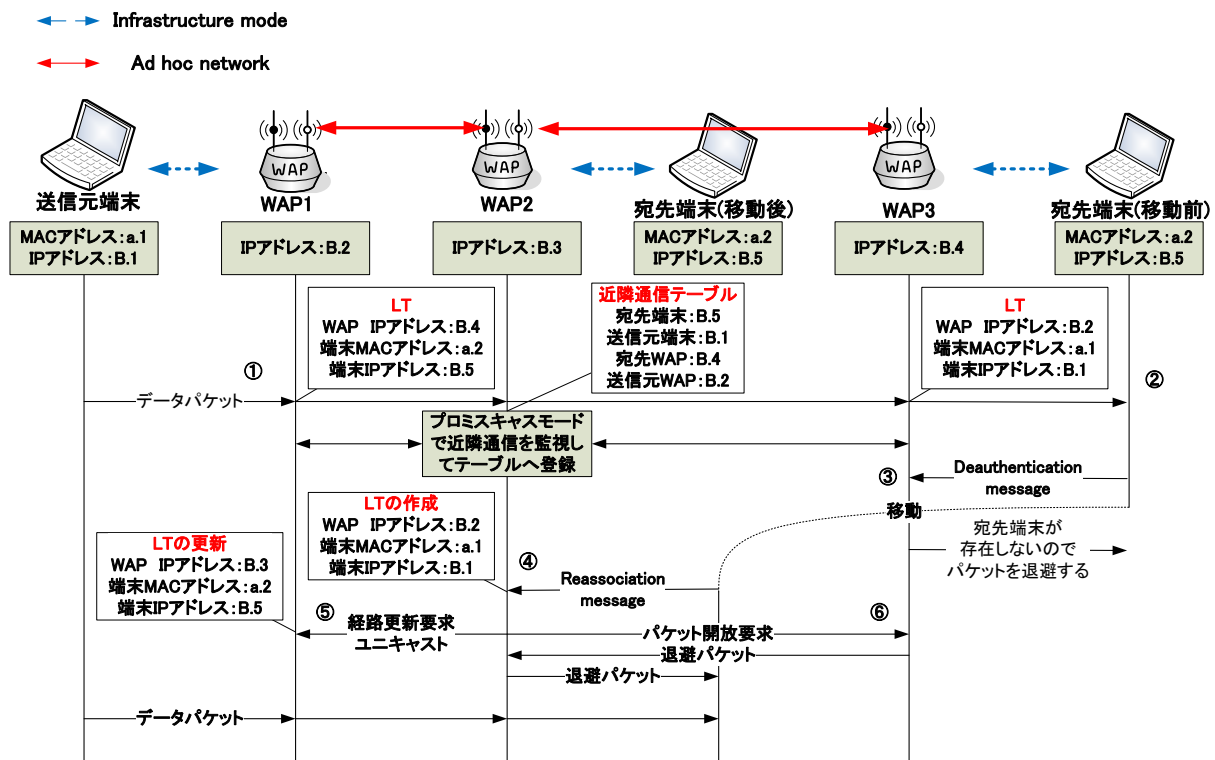


図 10 WAP 移動時のシーケンス

表 2 WAP 移動時の状態遷移表

	配下に端末が存在する[0]	配下に端末が存在しない[1]
①インフラ側から自分のネットワーク内宛てではない IP パケットを受け取る	LT をもとに、アドホック側から宛先端末へ向けてパケットをカプセル化して送信する [→0]	無効な遷移
②アドホック側からカプセル化されたパケットを受け取る	デカプセル化して、インフラ側の宛先端末へパケットを送信する [→0]	パケットを退避させる (退避動作) [→1]
③端末のから Deauthentication Message を受け取る	AT の情報を書き換え [→1]	無効な遷移
④端末から Reassociation Message を受け取る	AT の情報を書き換え 近隣通信テーブルをもとに送信元端末へ向けて経路更新要求をユニキャストで送信する 元コネクしていた WAP へ向けてパケット開放要求をする [→0]	AT の情報を書き換え 近隣通信テーブルをもとに送信元端末へ向けて経路更新要求をユニキャストで送信する 元コネクしていた WAP へ向けてパケット開放要求をする [→0]
⑤経路更新要求を受け取る	LT の書き換え [→0]	無視 [→1]
⑥パケット開放要求を受け取る	指定された端末へ向けて、アドホック側からパケットをカプセル化して送信する [→0]	指定された端末へ向けて、アドホック側からパケットをカプセル化して送信する [→1]