

無線アクセスポイントリンク；WAPL の方式検討

小島 崇広 伊藤 将志 加藤 佳之 渡邊 晃

名城大学大学院理工学研究科

A Realization method on WAPL; Wireless Access Point Link

Takahiro Kojima Masashi Ito Yoshiyuki Kato Akira Watanabe

Graduate School of Science and Technology Meijo University

1. はじめに

インターネットが急速に普及し、通信端末の小型化や性能の向上に伴い、時間や場所を気にせず、いつでも、どこでも通信したいという要求が高まっている。このようなネットワークインフラの整備には無線 LAN アクセスポイント(AP)の整備が不可欠である。現在 AP 間には有線で結合することが一般的であり、AP の設置には多大な工事費や時間を伴うのが現状である。また、一度 AP を設置してしまふ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エリアの拡大が容易になる。

無線 LAN で通信エリアを容易に拡大する方式としてネットワーク内の全端末がアドホックモードで参加し、アドホックネットワークにより互いに通信を行うものがある。しかし、この方式では参加する端末の数が増加するにつれ、各端末間の制御パケットによるトラフィックが増大し、更に中継を行う端末は常時起動させておく必要がある。また、通信を行うためには全端末が同じアドホックルーティングプロトコルを使用する必要があり、導入や運用の面で課題がある。

このような問題を解決し、容易に通信エリアを拡大する方式としてメッシュネットワークの研究に注目が集まっている。メッシュネットワークとは、無線 LAN の AP 間をアドホックネットワークで結合するもので、一般端末が容易にネットワークに参加することが可能である。メッシュネットワークは現在 IEEE802.11s において標準化が進められている。しかし、端末が移動する場合の効率的な動作については未検討の状態である。

我々は、メッシュネットワークを実現する方法の一つとして、Wireless Access Point Link(WAPL)[1]の提案をおこなっている。端末間の通信は最寄りの AP でカプセル化/デカプセル化を行う。適切なカプセル化を実現するために、端末とその端末がどの AP の配下に存在するかを示す、特有のリンクテーブル(LT)を保持する。今回は、端末の移動を含めた WAPL の方式について検討を進めたので報告する。

本稿は 2 章で既存の関連技術について、3 章で WAPL について、4 章でまとめる。

2. 既存技術

メッシュネットワークは現在、Tropos Networks 社[2]や MeshNetworks 社[3]といったいくつかのベンダがすでに製品化を行っている。しかし、それぞれ独自の方式でメッシュネットワークを実現しているため、他ベンダと相互接続することはできない。そのため、IEEE ではメッシュネットワークの標準規格として IEEE802.11s を策定中である。IEEE802.11s の構成例を図 1 に示す。IEEE802.11s は、アドホックネットワークを形成するノード MP(Mesh Point)、アドホックネットワークと有線を接続するノード MPP(Mesh Prtral Point)、MP に AP の機能を追加したノード

ド MAP(Mesh Access Point)、一般端末 STA(Station)から構成される。メッシュの経路制御にはリアクティブ型の RM-AODV とハイブリッド型の HWMP が提案されている。端末と MAP 間のアソシエーション情報の交換には WDS を拡張したものを用いる。しかし詳しい仕様については検討中の段階である。また、端末移動時の動作についてはまだ検討に着手されていない。

仕様が明確に公開されているメッシュネットワーク技術に M-WLAN(Multi-hop Wireless LAN)[4]-[7]がある。M-WLAN では複数のアーキテクチャが提案されているが、ここでは WAPL とコンセプトが似ている LAN エミュレーション方式について説明する。M-WLAN においては、MAP は配下の STA との接続用と、MAP 間接続用の 2 つの無線インターフェースを持つ。STA 側インターフェースは AP モードに設定して、インフラストラクチャモードの STA と接続を行う。MAP 間接続インターフェースはアドホックモードに設定し MANET(Mobile Ad-hoc Network)[8] のルーティングプロトコル OLSR(Optimized Link State Routing Protocol)[9]により経路制御を行う。MAP は配下 STA から受け取った Ethernet フレームをそのままアドホック側で UDP パケットにカプセル化し、目的の MAP へと転送する。この動作を実現するために、MAP は目的の STA が接続している MAP へ適切にフレームをルーティングするために、STA の MAC アドレスとそれを配下に持つ MAP の MANET 側の IP アドレスの関係を把握した共通の物理/IP アドレステーブルを持つ。物理/IP アドレステーブルを生成するために、OLSR の TC(Topology Control) パケットの内容を改造する。即ち、MAP は自分が所属している STA の MAC アドレス(アソシエーション情報)をルーティング情報とともに定期的にフラッディングする。この方式では、フラッディングによるネットワーク全体のトラフィックへの影響が懸念される。また、定期更新であるため、端末の移動などに伴うテーブル変更が即座に反映できないという課題がある。さらに、OLSR を改造しているために、他のルーティングプロトコルに変更することができない。

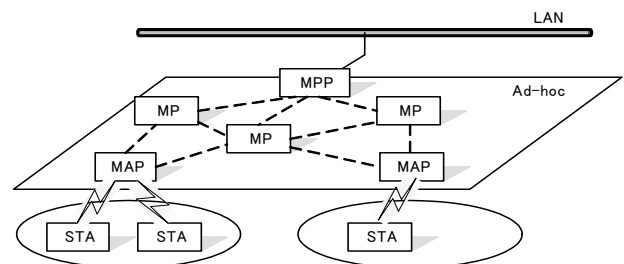


図 1 IEEE802.11s 構成例

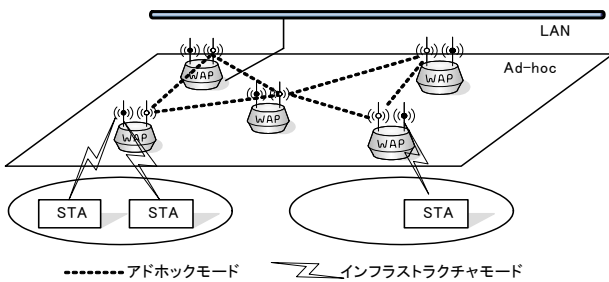


図 2 WAPL の構成例

3. WAPL

3.1 概要

WAPL の構成例を図 2 に示す。ここで、WAPL における MAP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼称する。WAP は、M-WLAN と同様に無線インターフェースを 2 つ持つ。一方は WAP 間通信に使用し、アドホックモードに設定し MANET のルーティングプロトコルにより経路制御を行う。もう一方は STA との通信に使用し、インフラストラクチャモードで配下 STA と接続する。WAPL ではアドホックのルーティングプロトコルには一切手を加えないため任意のプロトコルを選定することができる。

WAP はルーティングテーブルの他に、独自に定義したリンクテーブル(以下 LT)を保持する。LT は、現在通信中の相手 STA の IP アドレスと MAC アドレス、その STA が所属している WAP のアドホック側インターフェースの IP アドレスの対応情報を保持したテーブルである。WAPL ではこのテーブルをオンデマンドで生成する。このため、LT を生成するための制御情報の交換を最小限に抑えることができる。また端末が移動したときに即座にその内容を更新し、パケットロスを軽減する。LT の生成方法は 3.3 で、STA の移動時の動作については、3.5 で述べる。

LT とは、アドホックネットワークのルーティングテーブルの他に、独自に定義したテーブルで、通信したい相手 STA がどの WAP に所属しているかを示す。通信相手 STA の MAC アドレスとその STA が所属している WAP のアドホック側インターフェースの IP アドレスの対応情報を保持している。これは STA が通信を開始する際にオンデマンドで生成する。LT の生成方法、STA 移動時の動作については、3.2、3.4 で述べる。

3.2 WAPL メッセージ

WAP 間でやり取りされる通信 packets を WAPL メッセージと呼ぶ。WAPL メッセージは、STA 側の通信データ(IP ヘッダを含む)を新たに IP ヘッダ、UDP ヘッダ、及び WAPL ヘッダによりカプセル化したものである。図 3 に WAPL メッセージのフォーマットを示す。IP ヘッダの IP アドレスは WAP のアドホック側アドレスである。WAPL ヘッダには、送信元 STA 及び宛先 STA の MAC アドレス/IP アドレス、送信元 STA が属する WAP のアドホック側 IP アドレスが含まれている。この情報により、LT の生成・更新、さらには移動時の LT の修正を行う。表 1 に WAPL メッセージの種別を示す。

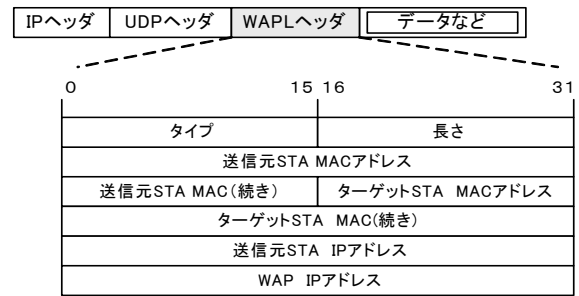


図 3 WAPL メッセージのフォーマット

表 1 WAPL メッセージの種別

タイプ	説明
データ	STAからの通信データをカプセル化。WAPLヘッダの後にデータ追加
LT生成要求	STAからパケットを受け取った際、LTがなかったらこのメッセージをフラッディング
LT生成応答	LT生成応答の応答メッセージ。逆方向のLTを生成
端末移動	通信中にSTAが移動していることを近隣1ホップのWAPに知らせる。WAPLヘッダの後にデータを追加
LT修正	STAが移動した際に、データの送信元のWAPのLTを更新

3.3 リンクテーブルの生成方法

WAP は必要に応じて LT を生成する。各 WAP は、配下に存在する STA の MAC アドレス(アソシエーション情報)を常時把握していることが前提である。LT の生成シーケンスを図 4 に示す。WAP-1 は STA1 から最初の packets を受け取ると、WAP-1 は LT を生成するため表 1 で定義した LT 生成要求メッセージをフラッディングする。このメッセージを受け取った WAP は、STA1 が WAP-1 の配下に存在することを LT に記録する。同時に、WAP は自らのアソシエーション情報の確認を行い、配下に宛先端末である STA2 が存在するかどうかを確認する。STA2 が存在する場合、LT 生成応答メッセージを WAP-1 宛にユニキャストで返送する。LT 生成応答メッセージを受け取った WAP-1 は STA2 が WAP-2 の配下に存在することを LT に記録する。その後は、LT の内容に従って STA1 と STA2 の間で通信が行われる。一定時間通信がなかった場合、該当する LT 内の情報は消去する。このように、LT はオンデマンドで必要とさきだけ生成されるため、WAP 間のアドホックネットワークにかかる制御 packets の増加を抑えることができる。

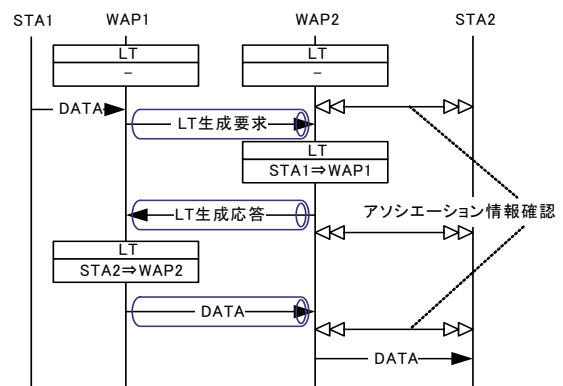


図 4 LT 生成シーケンス

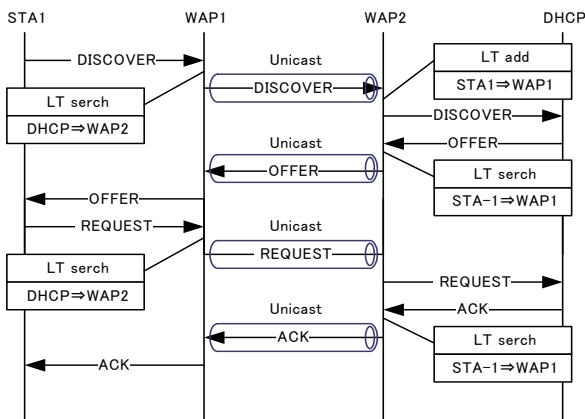


図 5 STA の IP アドレス取得シーケンス

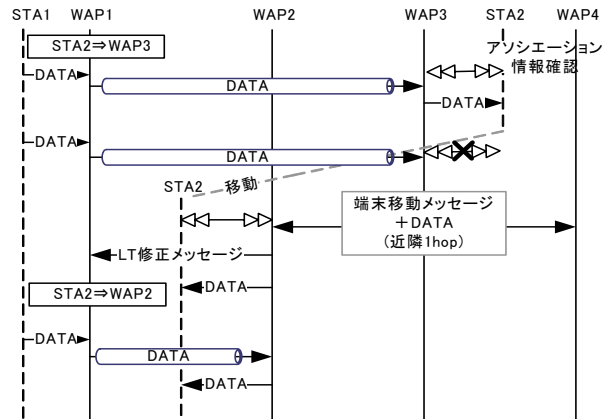


図 6 STA 間通信と STA 移動時の処理

3.3 STA の IP アドレス取得

STA の IP アドレスを取得する方法には、1 台の DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)[10]サーバから入手する方法と、すべての WAP に DHCP サーバの機能を持たせた分散 DHCP[11]から入手する方法がある。前者では DHCP サーバのアドレスを各 WAP にあらかじめ登録しておく。後者はアドレスが重複しないようにあらかじめアドレス範囲を決め各 WAP に IP アドレスを割り振っておき、STA は所属する WAP から IP アドレスを取得する。

図 5 に 1 台の DHCP サーバから IP アドレスを入手するときのシーケンスを示す。DHCP シーケンスは DISCOVER, OFFER, REQUEST, ACK の 4 つのメッセージから構成される。DISCOVER メッセージを STA1 から受け取った WAP-1 はあらかじめ登録してある DHCP サーバのアドレス宛にメッセージをカプセル化し、DHCP サーバを配下に持つ WAP-2 へと送信する。受け取った DHCP サーバを配下に持つ WAP-2 では WAPL ヘッダから STA1 が WAP-1 に所属していることを LT に記述する。同時に、受け取ったパケットをデカプセル化し、DHCP サーバへ送信する。DHCP サーバ側からの OFFER メッセージは LT に従って STA1 が所属する WAP-1 まで到達し、クライアントへと到達する。その後の REQUEST, ACK メッセージは LT の情報に基づいて通信が行われる。DHCP シーケンスの 1 往復目ではまだ IP アドレスが定まっていないので、STA の MAC アドレスにより LT を仮生成し、2 往復目で確定する。

DNS とデフォルトゲートウェイについても、DHCP サーバと同様にあらかじめ WAP に登録しておく。

3.4 STA 間通信と STA の移動

図 6 に STA 間通信と STA の移動時の処理について示す。まず STA 1 からパケットを受け取った WAP-1 はパケットの宛先 IP アドレスから、LT を検索し、LT の情報に基づいて STA 1 から受け取った IP パケットを WAPL ヘッダでカプセル化し WAP-2 へと送信する。受信した WAP-2 は配下に宛先 STA 2 が存在しているか、アソシエーション情報を用いて確認を行う。通常は配下に STA 2 が存在するのでデカプセル化を行い STA 2 へとパケットを送信する。もし、配下に STA 2 が存在していない場合は、通信中に STA2 が他の WAP は以下に移動したものとみなし以下に示す移動時の処理を行う。配下に STA 2 が存在していない場合、WAP-2 は隣接 1 ホップ内の WAP に移動メッセージを送信し、STA 2 が移動した

ことを通知する。1 ホップ内とする理由は、通信中であることから、1 ホップ以内の WAP に移動した可能性が高いためである。移動メッセージには通信データが含まれている。移動メッセージを受信した WAP は、自らのアソシエーション情報の確認を行い、配下に STA 2 が移動してきていないかを調べる。配下に STA 2 の存在を確認した WAP はではデカプセル化して配下 STA2 にデータを送信する。同時に、自らの LT を書換え、さらに WAP-1 の LT の内容を書き換えるために WAP-1 へ対して LT 修正メッセージをユニキャストで送信する。その後の通信は更新された LT にしたがって行われる。このように STA が移動した際にも必要に応じて LT をオンデマンドで書換え、パケットロスを極力抑えた通信を行う。

STA2 が移動した際に、STA2 側から最初の通信が始まる場合は、3.3 で記述したように、LT 生成メッセージのフラグgingから始まる LT の生成を行う。このシーケンスの中で、旧 WAP に該当する LT の情報は削除される。

3.6 WAP の構成

WAP の構成を図 7 に示す。WAPL は、APF(Access Point Function)と CAPF(CAPsulation Function)の 2 つの機能から構成される。

APFは、インフラストラクチャ側の通信パケットを Ethernet パケットに変換するもので、一般の AP と同様に無線 MAC ヘッダと Ethernet ヘッダの変換処理を行う機能を担う。CAPFは、APF から受け取った IP パケットを、LT に従ってカプセル化を行い、WAP 側へアドホックモードで転送する機能、WAP 側からのパケットを受信した際は、WAPL メッセージかどうかの判別を行い WAPL メッセージであった場合、LT の生成や STA 移動時の処理など各メッセージの処理を行う。また、カプセル化されたパケットであれば、デカプセル化を行い APF へと中継する。更に、LT 生成時や端末移動時

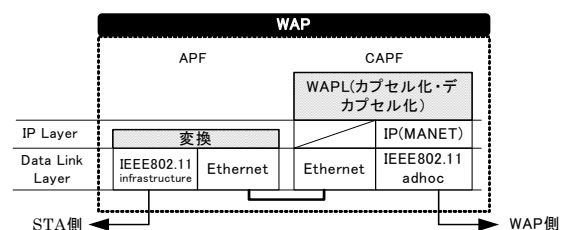


図 7 WAP の構成

に WAPL 独自の制御メッセージを送信する機能を担う。

4. まとめ

本稿では AP 間の接続の無線化を行うメッシュネットワーク技術として独自に検討している WAPL の方式について、端末の移動を含めて検討を進めたので報告した。STA とのアソシエーション情報を元に、端末からの通信をトリガーとして、必要なときにオンデマンドで LT を生成する。端末間の移動では、隣接した WAP に端末の移動を通知し、通知を受けた WAP が配下に STA が移動していないかどうかを確認し、送信元 WAP の LT を修正することにより、STA 移動時のパケットロス防止をする。今後は、本提案方式の実装を行い、検証を行う。

【参考文献】

- [1] 加藤佳之, 大石泰大, 小島崇広, 伊藤将志, 渡邊晃”無線アクセスポイントリンク WAPL の方式とインターネット接続” DICO2006, Jul.2005.
- [2] <http://www.troposnetworks.com/>
- [3] <http://www.motorola.com/>
- [4] 大和田泰伯, 照井宏康, 間瀬憲一”無線マルチホップ LAN のアーキテクチャにおける検討”電子情報通信学会信学技報 2004-11 pp.25-30
- [5] 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”信学技法, 2004-11
- [6] 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)
- [7] K.Mase, et al, “Wireless LAN with Wireless Multihop Backbone Network”, IEEEICWLHN2001.pp349-358, 2001
- [8] IEEE Home Page.<http://www.ietf.org>
- [9] T.Clausen P.jacquet, “Optimized Link State Routing Protocol”(OLSR) RFC3626 Oct.2003
- [10] R.Droms, “Dynamic Host Configuration Protocol”, RFC2131 (1997)
- [11] 大石泰大, 増田真也, 渡邊晃,” WAPL を適用した車車間通信の実現” DICO2005, Vol.2005, No.6, pp.153-156, July.2005.

無線アクセスポイントリンク； WAPLの方式検討

名城大学 理工学研究科

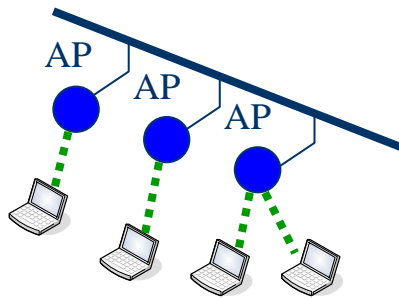
小島崇広 伊藤将志 加藤佳之 渡邊晃

はじめに

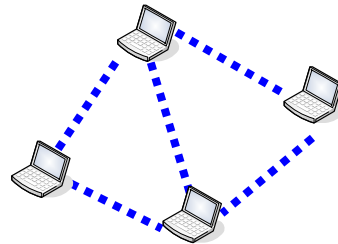
- ◆ 無線LANの普及
 - 無線技術の向上
 - 利便性(移動性, 配線が不要)
- ◆ 無線LANエリアの拡大
 - アクセスポイント(AP)の整備
- ◆ AP間是有線接続が一般的
 - 敷設コストが高く, 時間がかかる
 - 柔軟性が低い

無線LANインフラを容易に構築

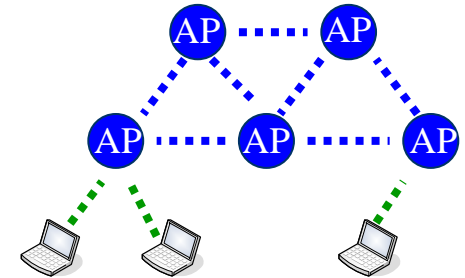
無線LANの通信形態



アドホックネットワーク



メッシュネットワーク



◆ アドホック・ネットワーク

- 電力消費問題
- 端末リソースの消費問題

普及していない

◆ 無線メッシュネットワーク

- AP間をアドホックネットワーク
- 端末はインフラストラクチャモード
- 柔軟なインフラ構築が出来る

無線LANインフラを
容易に構築可能

IEEE802.11s

◆ IEEE802.11sにて標準化作業中

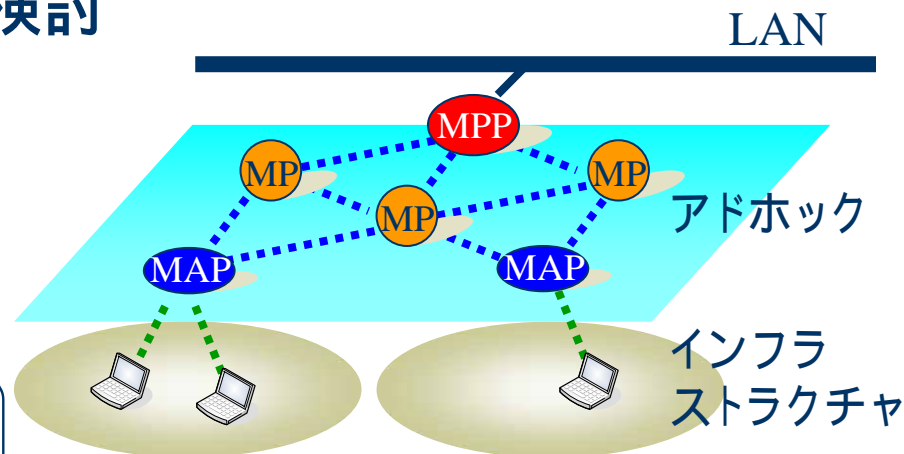
◆ 構成

- MPP(Mesh Portal Point) : アドホックネットワークと有線を接続する
- MP(Mesh Point) : アドホックネットワークを形成する
- MAP(Mesh Access Point) : MPにAPの機能を追加
- STA(Station) : 一般端末(インフラストラクチャモード)

◆ 主にAP間の通信について検討

- 経路制御
- セキュリティ
- チャンネル設定
- WDSを利用したMAP間通信

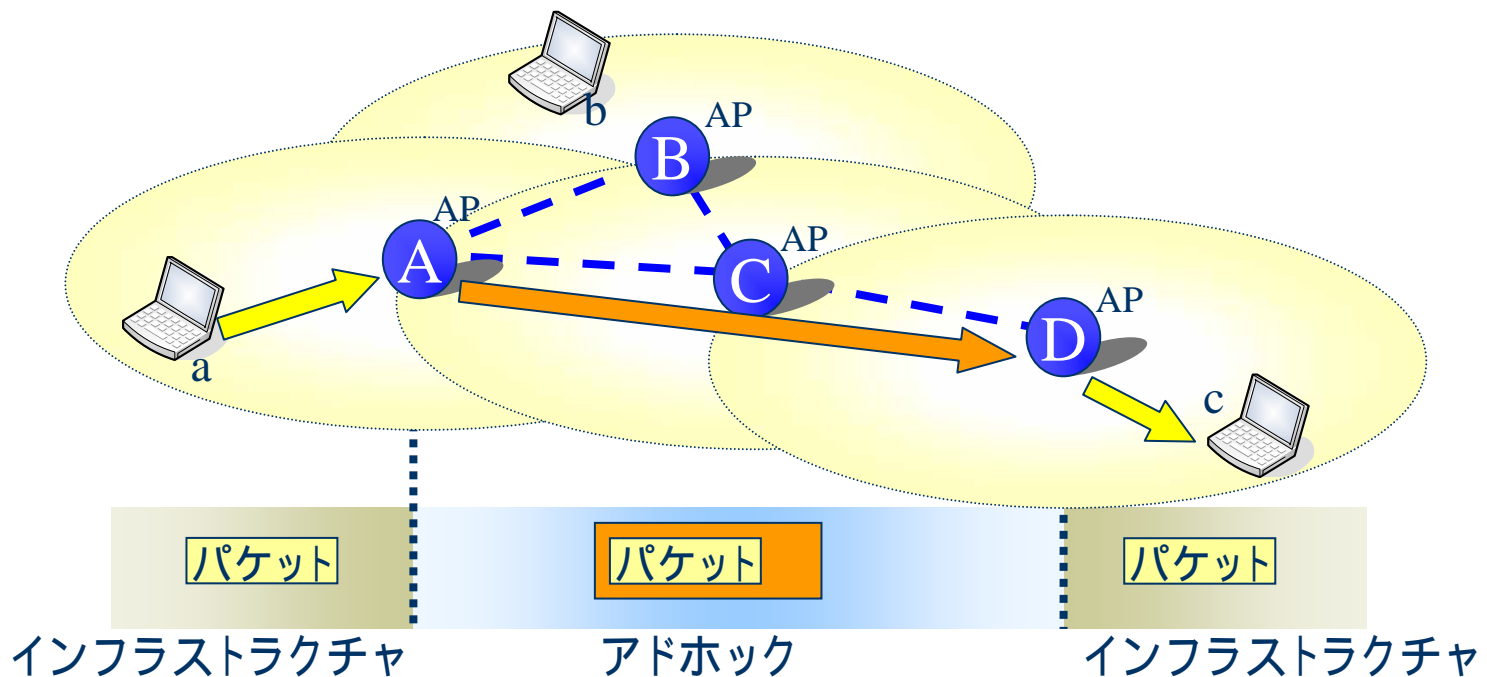
STAの移動に関しては未検討



◆ 構成

- アドホック機能を持った専用のAP

◆ 端末間通信はカプセル化によりトンネリング



M-WLAN - Multihop-Wireless LAN -

- ◆ アソシエーション情報の交換
 - 通信相手端末がどのAPに接続しているか把握

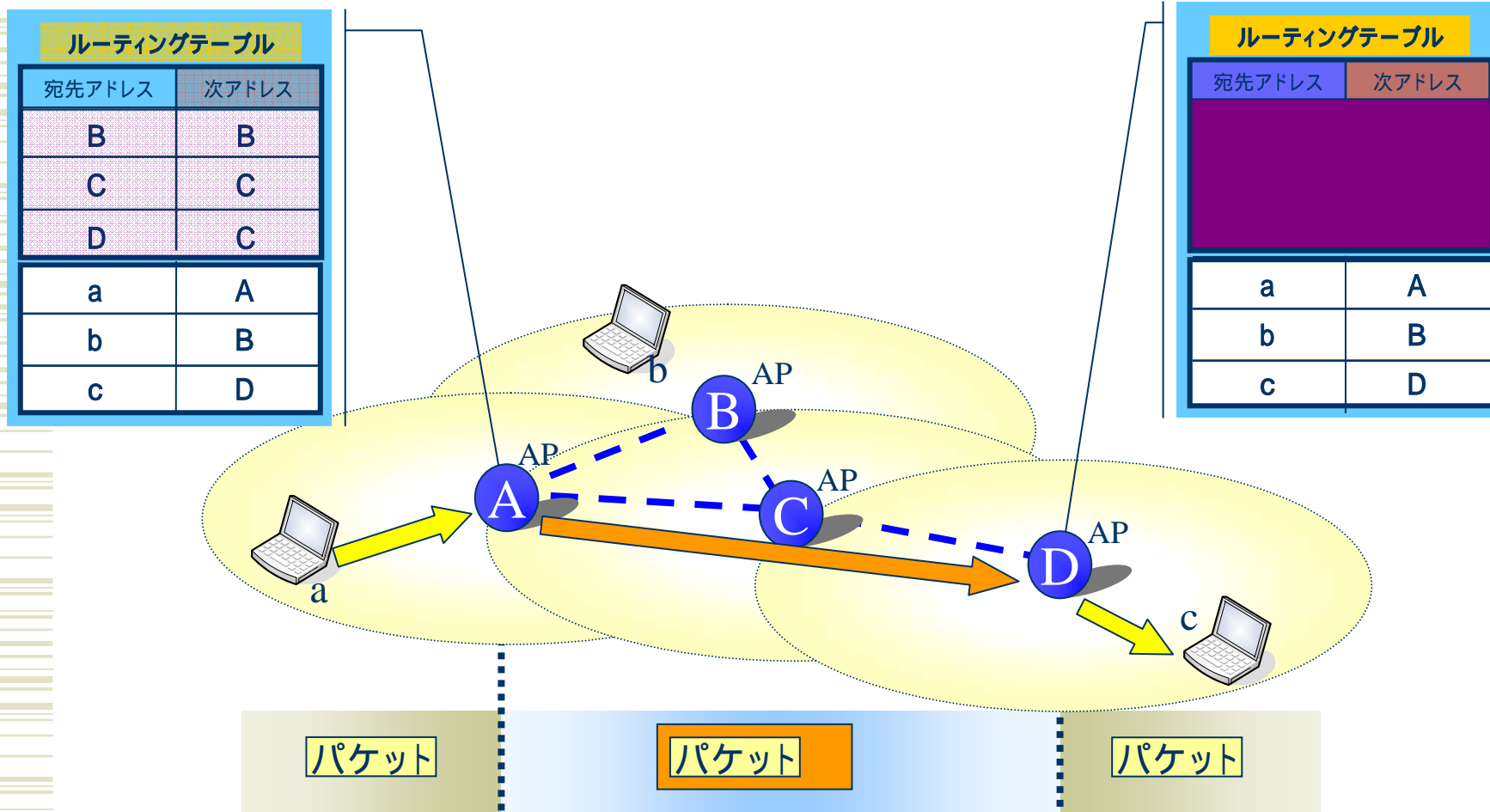
端末の物理アドレスとAPのIPアドレスの対応情報を
テーブルとして保持

- ◆ OLSRを改造
 - OLSR特有の制御パケットにアソシエーション情報を付加
 - 付加情報を定期的にフラッシング

APがネットワーク内のすべての情報を保持する

M-WLAN - Multihop-Wireless LAN -

◆ 動作概要



M-WLANの課題

APがネットワーク内のすべての情報を保持

定期的にアソシエーション情報を交換

アソシエーション情報をフラッシュングすること
によるトラヒックへの影響

端末の移動時にパケットロスが発生

WAPL (Wireless Access Point Link)

WAPL-Wireless Access Point Link-

- ◆ オンデマンドで相手端末の位置を把握
 - 通信開始時のパケットによりアソシエーション情報の交換を行う

AP間通信のトラフィックを抑制

- ◆ 通信中の端末の移動を考慮

移動時のパケットロスを極力抑える

- ◆ アドホックルーティングプロトコルが独立

利用する場面に合ったプロトコルを選択できる

WAPLの概要

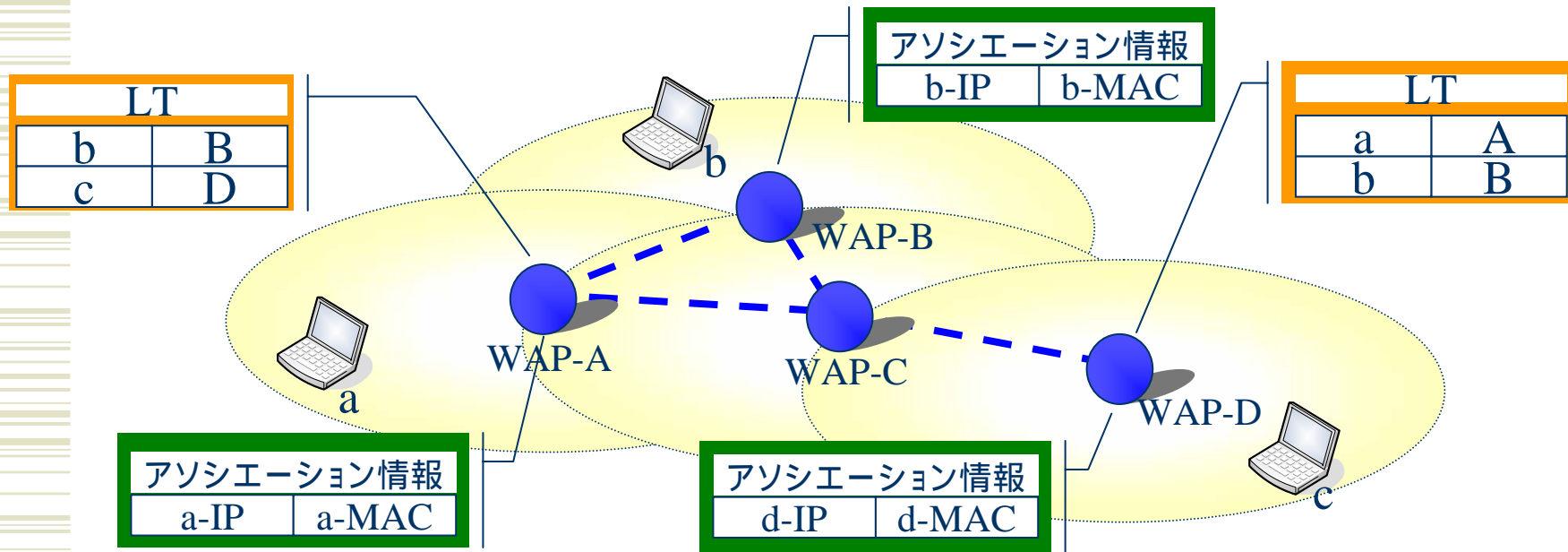
リンクテーブル(LT)

端末とWAPの対応関係を示すテーブル
WAPのIPアドレスと端末のIPアドレス

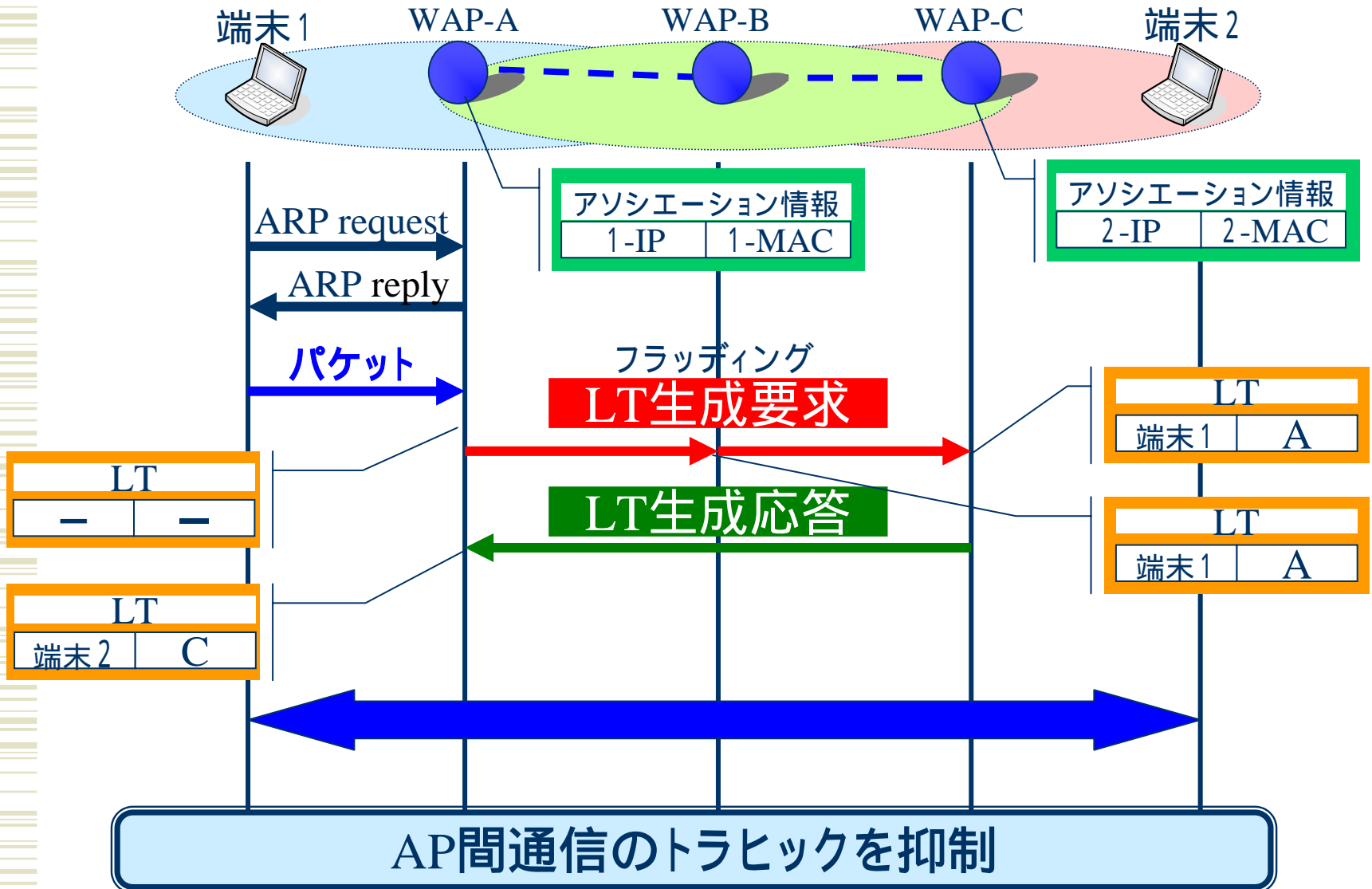
アソシエーション情報

配下端末をMACアドレスとIPアドレスで把握

 WAP(WirelessAP)



LTの生成方法



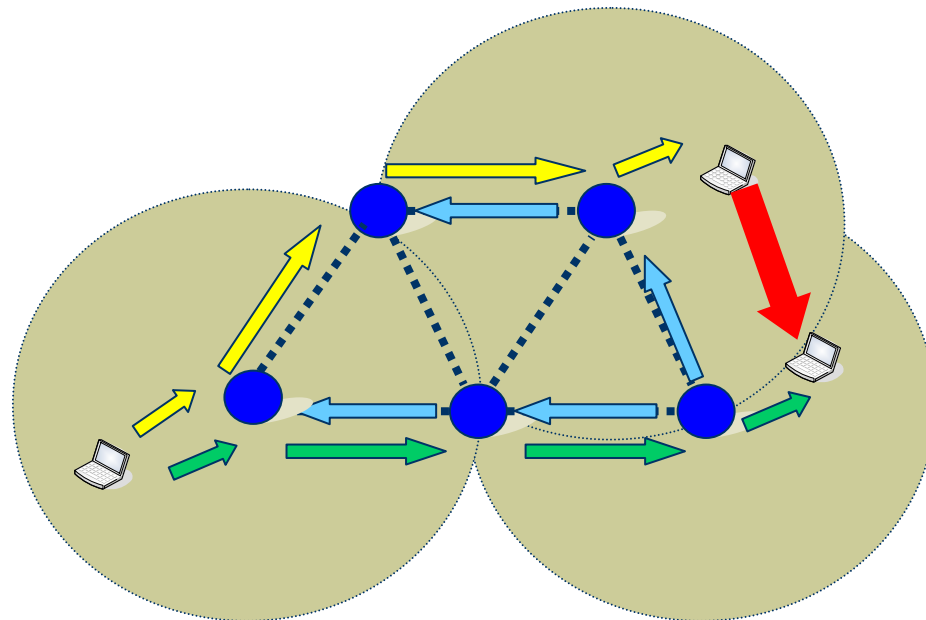
通信中の端末の移動

IEEE802.11s

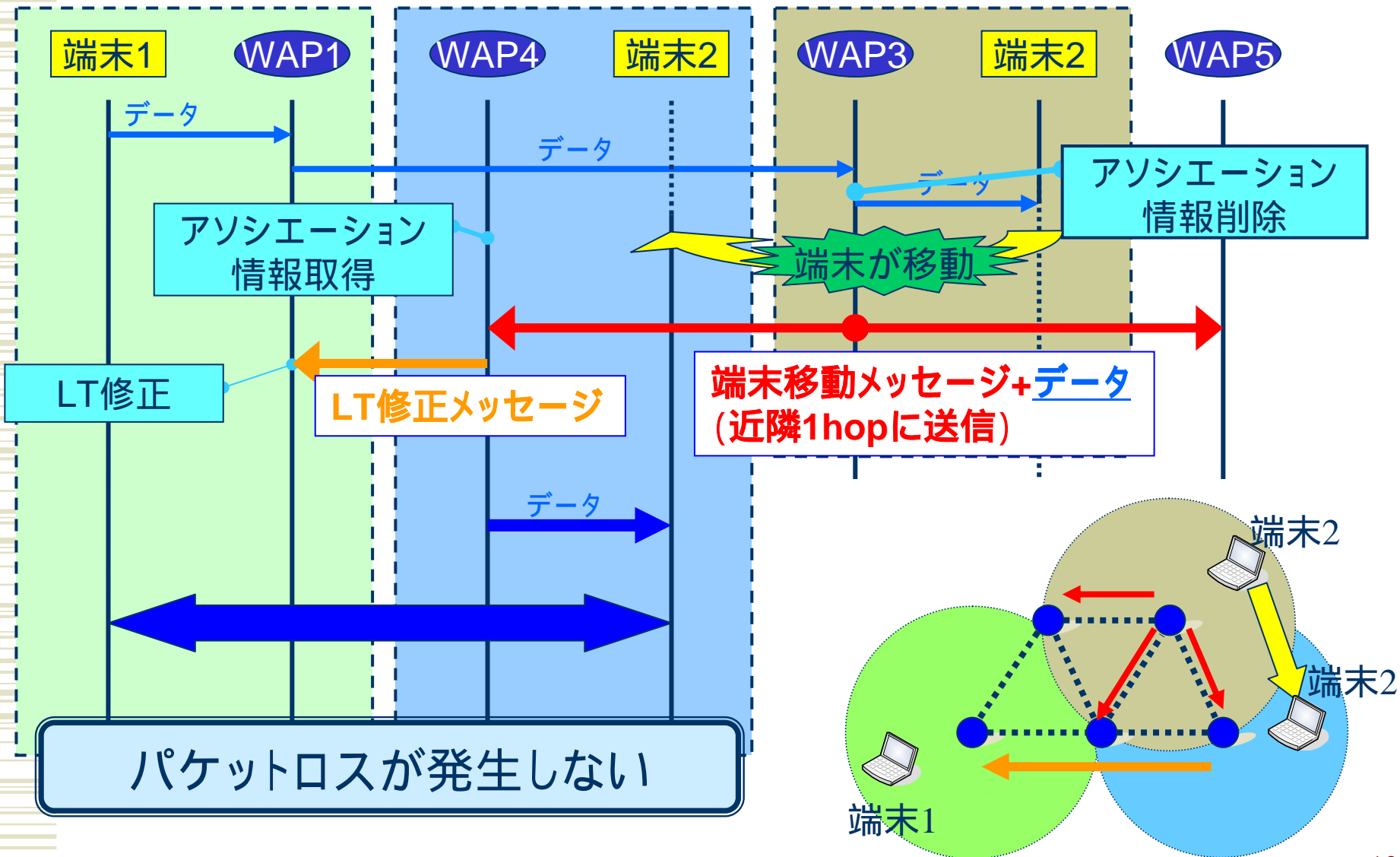
- ◆ 通信中の端末移動は未検討

M-WLAN

- ◆ 定期的なアソシエーション情報交換が起こるまで通信が中断



通信中の端末の移動



むすび

◆ まとめ

■ WAPL

- オンデマンドなアソシエーション情報の交換
 - ◆ トラヒックを抑制
- 通信中の端末の移動
 - ◆ パケットロスを極力抑える

◆ 今後の展開

- 実装と評価
- シミュレーションによる定量的な評価
 - トラヒックの有効性
 - 移動時のパケットロス率