

WAPL を適用した車車間通信の実現

大石 泰大 増田 真也 渡邊 晃
名城大学

A realization of inter-vehicle communications with WAPL

Yasuhiro Ohishi Shinya Masuda Akira Watanabe
Meijo University

1. はじめに

自動車台数の増加に伴い、自動車の情報化をすることによって、道路交通の安全化と効率化を目指す ITS の研究が進められている。中でも ITS における通信にインターネット技術を用いる、インターネット ITS に注目が集まっている。従来の自動車を取り巻く多くの通信システムは、統一された規格を持たず、独自の通信方式でシステムを構築していたため、新たなシステムを構築するたびに車内の情報交換ネットワークの煩雑化やコスト高になるなどの問題などが生じていた。インターネット ITS では、このような課題を解決するため、汎用的な通信技術であるインターネットを用い、共通の通信環境やアプリケーション基盤の構築を行っている。

しかし、インターネット ITS の研究ではインターネット上のサーバにアクセスしてデータをダウンロードするようなクライアント・サーバモデルに基づくアプリケーションが主流である。そのため、走行支援システムやグループコミュニケーションシステムのような即時的要求の高いアプリケーションでは、効率的に通信を行うことが出来ない。そこで、インターネットの技術である MANET(Mobile Ad-hock Network)を用い、車両間で直接通信を行うことで効率的な通信を実現する方法が検討されている[1]。無線端末のみで構成できる MANET による車車間通信は柔軟性が高く有力な方式として考えられているが、車内の各端末がアドホックモードで通信を行う場合、消費電力の増加やルーティングによるトラヒックの増大が問題となる。

そこで、本研究では MANET を利用しアクセスポイント間を無線化する技術として独自に研究を進めている WAPL(Wireless Access Point Link)[2]を車車間通信に適用することにより、インターネットと親和性を持ちつつ効率的な車車間通信の環境の実現を目指す。また、車車間通信に WAPL を適用するために IP アドレスの取得を分散 DHCP で行い、名前解決は NetBIOS over TCP/IP を利用して行う。

以下、2 章では MANET による車車間通信の課題について、3 章で提案方式の概要を述べ、4 章でまとめと今後の課題を述べる。

2. MANET による車車間通信の課題

無線 LAN には各端末がアクセスポイントを介して通信を行うインフラストラクチャモードと端末同士が直接通信を行うアドホックモードという二つの通信モードがある。図 1 に MANET のトポロジ概念を示す。MANET はアドホックモードを用いて、無線で接続することの出来る端末のみで構成されたネットワークで、各ノードがルーティング機能を持っており、柔軟なネットワークを形成することができるため、車車間通信の特徴であるトポロジの頻繁な変化に適している。また MANET では、図 2 で示されるように各ノードがパケットを中継するマルチホップ通信を行うことが出来る。車両 A に属する端末が、自分の無線通信範囲外の車両 C に属する端

末にパケットを送る場合、自身の無線通信範囲内に存在する車両 B に属する端末を中継することによりパケットを送ることができる。

全端末に MANET の機能を実行させることで現状の技術でも車車間通信を実現することは可能である。しかし、以下に述べるように消費電力が大きい、トラヒックが増大する、通信相手の識別が難しいなどの課題があり実用的ではない。

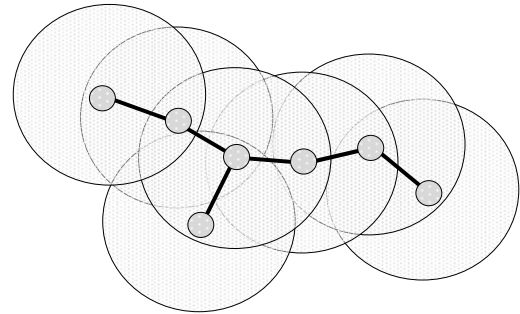


図 1 MANET のトポロジ概念

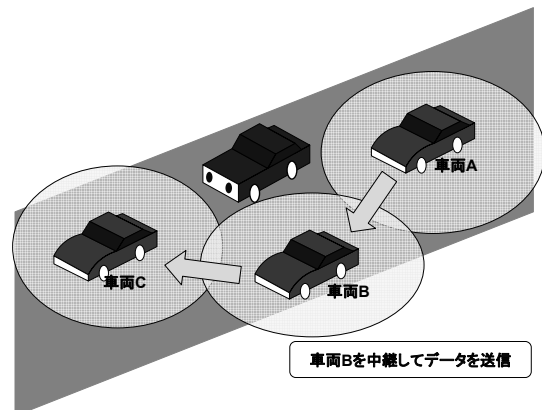


図 2 車車間マルチホップ通信の例

(1) 消費電力

MANET ではマルチホップ通信を行うため、その端末自体が通信を行わない場合においてもパケットを中継することがある。そのため、端末はネットワークを形成するために常に電源を入れておく必要がある。車車間通信では一台の車に対して複数の端末を搭載することも考えられるため、ネットワークの規模が大きくなると、中継に係わる消費電力も無視できなくなると考えられる。

(2) トラヒックの増大

MANET の課題として、ルーティングテーブル生成に係わる制御パケットによるトラヒックの増大が挙げられる。端末の数が増加すると共にフラディングによるトラヒックが増えるため、通常の通信を圧迫してしまう可能性が考えられる。

(3) 通信相手の識別

通信相手を識別するためには IP アドレスが必要である。しかし、車車間通信では端末が無線メディアを利用して集団移動するため、ネットワークリンクの状態が常に変化しており、図 3 で示されるようにサーバと常にリンクを保つことが保証できない。従って、DHCP サーバのようにサーバが集中管理する方法による IP アドレスの取得は難しい。また、ホスト名から IP アドレスを求めるときも同様に DNS サーバを用いるような名前解決手法は利用することが出来ないため、ノードが自律的に解決できるような方法が必要である。

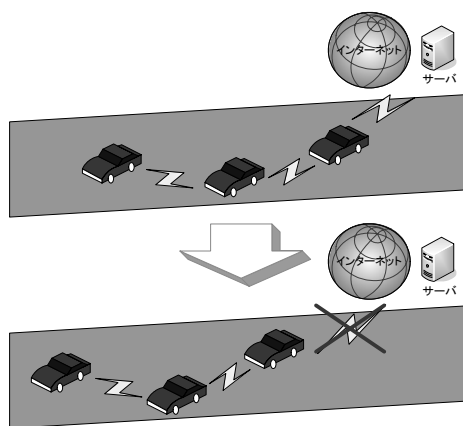


図 3 移動によるリンクの切断

3. 提案方式

提案方式では車車間通信に WAPL を適用することによって、MANET による車車間通信において重要な課題である消費電力の問題とトラヒックの改善を行う。さらに IP アドレスの取得と名前解決については車車間通信特有の機能を WAPL に追加する。

3.1. WAPL の概要

図 4 に WAPL の構成を示す。WAPL 対応の AP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。WAP は WAP どうしの通信用と WAP 配下の端末との通信に用いる 2 種類の無線 LAN インターフェースを持つ。WAP 間の無線通信はアドホックモードで、WAP と端末間の通信はインフラストラクチャモードで行う。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。各 WAP には自身の配下に属する端末情報のみを持たせておき、端末からの通信要求があった時点で、通信に必要なテーブル(リンクテーブル)の作成を行う。

WAPL では他の WAP に属する端末と通信を行う場合、通信パケットはまず最寄りの WAP に送られる。上記パケットを受信した WAP ではリンクテーブルを元に宛先の端末が所属する WAP を確認し、カプセル化を行い宛先 WAP に送信する。このパケットは MANET のルーティングテーブルに従って宛先 WAP まで送られる。このパケットを受信した宛先 WAP はカプセル化を解除して、宛先端末へと送信する。また、

端末からは WAP 全体がひと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ため、端末は WAPL 内を自由に移動することが出来る。また端末は、特別な機能を持たない一般端末を使用することが出来る

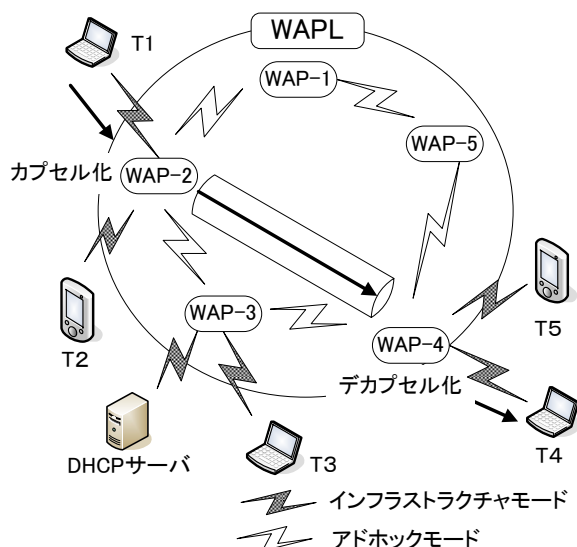


図 4 WAPL の構成例

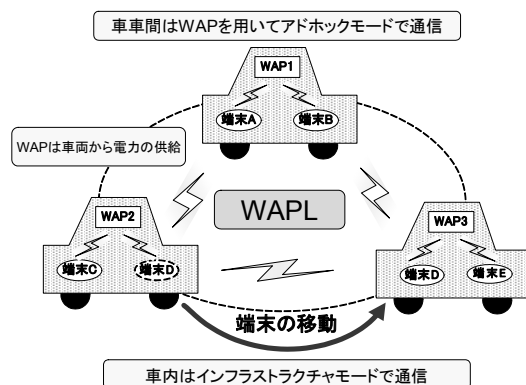


図 5 車車間通信の構成

車車間通信の構成を図 5 に示す。本提案では車内に WAP を一台搭載する。車内には乗客が複数の携帯端末を持ち込み、通信を行う。車車間 は WAP を用いアドホックモードで通信を行い、車内ネットワークはインフラストラクチャモードで通信を行う。WAP は車両に常時設置されており、車両から電力の供給を行うため、電力の消費を気にする必要はない。また、MANET によるルーティングは WAP 間でのみ行われるため、アドホックネットワークに係わる制御情報のやり取りがトラヒックに与える影響は少ない。一方、端末はインフラストラクチャモードで通信を行うため、他端末のパケットの中継を行うことはなく、自端末が通信を行うときにだけ電源を投入すればよい。

しかし、WAP を固定して設置する場合においては DHCP サーバによる IP アドレスの取得および DNS による名前解決を行うことが可能であるが、車両の移動にあわせ WAP が移動してしまう車車間通信においては、これらの方法をそのまま利用することができないため、車車間通信特有の方式を考える必要がある。

3.2. IP アドレスの取得

本提案では、端末が立ち上げ時に IP アドレスを取得可能とするため、全ての WAP に対して DHCP サーバの機能を搭載した分散 DHCP を用いる。もともと DHCP サーバはネットワーク内に複数台設置されていても正常に動作するように設計されているため、端末に対して特別な変更をすることなく既存の DHCP の技術をそのまま利用することができる。

WAPL 内はプライベート空間であり、端末にはプライベートアドレスが割り当てられる。WAPL 全体に対してひとつのアドレス空間を保持させ、端末の立ち上げ時にユニークなアドレスを割り当てる。

端末立ち上げ時から IP アドレスを取得するまでの動作を図 6 に示す。

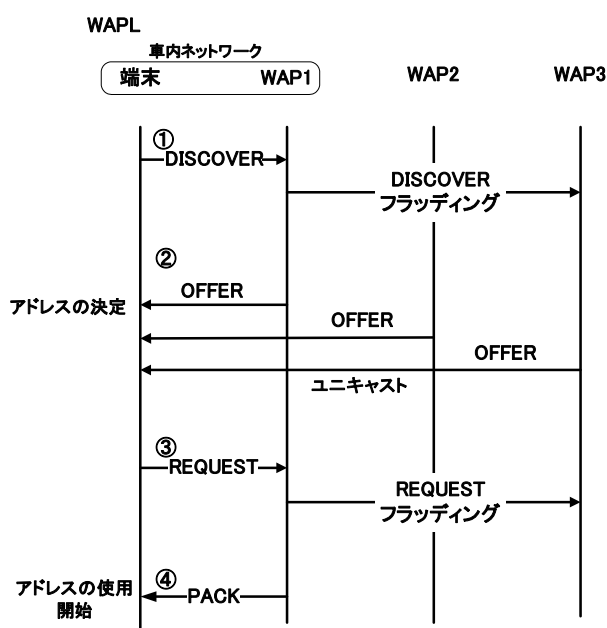


図 6 IP アドレス取得動作

- ① 端末は立ち上げ時に、IP アドレスを要求する DISCOVER メッセージをブロードキャストする。
- ② DISCOVER メッセージを受け取った WAP はこのパケットを全 WAP に対してフラッディングする。また DISCOVER メッセージを受け取った全ての WAP は割り当て可能な IP アドレスを示した OFFER メッセージを端末に送り返す。
- ③ 端末は最初に届いた OFFER メッセージに付加されている IP アドレスを自身の IP アドレスとして設定し、そのアドレスを使用することを知らせる REQUEST メッセージをブロードキャストする。
- ④ REQUEST メッセージを受け取った全 WAP は内容を見て、どのアドレスが選択されたか確認を行う。選択されたアドレスを送信した WAP はそのアドレスが使用可能であるか判断を行い、使用可能であれば PACK メッセージを端末に返信する。そうでなければ、NACK メッセージを端末に返信する。
- ⑤ PACK メッセージを受け取った端末は OFFER メッセージで指定された IP アドレスを正式に自分のアドレスとして使用を開始する。NACK メッセージを受け取った場合は、再度①～④までの処理を繰り返す。

分散 DHCP では自律的にアドレスの取得を行うため、車両の移動時に起こるネットワークパーティションの分断・再結合によってアドレス重複の可能性がある。

そこで、DHCP アドレスの取得に続く ARP を利用した二重アドレスのチェック機能も WAPL で動作可能でなければならない。また、DHCP サーバでプールするアドレスを工夫する等により限りなく衝突の可能性を低くする方法の検討が必要である。

3.3. 名前解決

WAPL による車車間通信は前提条件としてグループコミュニケーションのようなアプリケーションを想定しているため、各端末の名前はルールに従って決められており(たとえば SIP アドレス/ホスト名など)、お互いの名前は事前に知っているものとする。

本提案方式では通信相手の IP アドレスを取得するため、各端末は NetBIOS over TCP/IP を搭載し、端末が自律的に名前解決を行う。NetBIOS over TCP/IP は Windows Network 上でのシーケンスである NetBIOS を TCP/IP 上で定義したもので、端末が Windows マシンでなくても利用することが出来る。本提案では NetBIOS over TCP/IP を利用して名前解決を行う。図 7 に名前解決の動作を示す。

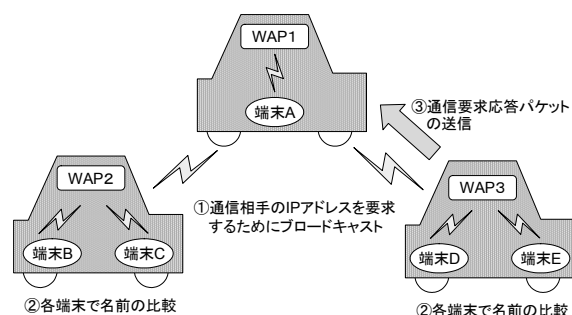


図 7 名前解決の動作

- ① 端末は通信相手の IP アドレスを取得するため、通信相手の名前を付加した通信要求パケットを車内ネットワークにブロードキャストする。通信要求パケットを受け取った WAP は全ての WAP に対してこのパケットをフラッディングし、さらにその WAP に属する端末に対してブロードキャストを行うことで全ての端末にパケットを送信する。
- ② 通信要求パケットを受け取ったネットワーク内の前端末は、自身の名前とパケットに付加されている名前を比較する。
- ③ パケットに付加された名前と自身の名前が一致していれば、名前と IP アドレスを対応付けた情報をパケットに付加し、通信要求応答パケットとして送信元の端末に送り返す。
- ④ 通信要求応答パケットを受け取った送信元端末は通信相手の IP アドレスを特定し、通信を開始する。

4. 結び

本稿では、車車間通信に WAPL を適用することで効率的な通信を実現する方式を提案し、その通信形態に適した IP アドレスの割り当て方法と名前解決について検討を行った。

今後は本システムの実装し、音声や動画通信の通信環境の構築を目指すともに、インターネットとの接続の検討を行う。

参考文献

- [1] 西田他, "インターネット ITS における車両間 P2P 通信に関する一考察", 電子情報通信学会総合大会, 2003.3
- [2] 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, 2004.9
- [3] 小島他, "無線アクセスポイント環境 WAPL の実現"電気関係学会東海支部連合大会, 2004.9
- [4]植原他, "自動車情報化のためのインターネットを用いた通信システムの構築",情報処理学会論文誌, vol.42 ,No.2, pp286-296,2001.2
- [4]湧川他, " Basic Network Mobility Support for Internet ITS" , 情 報 処 理 学 会 論 文 誌 , vol.44 ,No.12, pp2925-2935,2003.12
- [6]Andress Festag,"FLEETNET : BRINGINGCAR-TO-CAR COMMUNICATION INTO THE REAL WORLD", 第 11 回 ITS 世界会議 愛知・名古屋,2004.10
- [7]J.P.JEONG, "Ad Hoc IP Address Autoconfiguration", INTERNET DRAFT 2004.2
- [8] R.Droms, "Dynamic Host Congiguration Protocol", RFC2131.1997.3
- [9] S.Alexander,and R.Droms, "DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions", RFC2132,1997.3
- [10] "PROTOCOL STANDARD FOR A NetBIOS SERVICEON A TCP/UDP TRANSPORT : CONCEPTS AND METHODS",RFC1001 1987,3
- [11] "PROTOCOL STANDARD FOR A NetBIOS SERVICEON A TCP/UDP TRANSPORT : DETAILED SPECIFICATIONS",RFC1002 1987,3
- [12]C. Perkins S . Das , "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Rourtig",RFC3561, 2003.7
- [13] T.Clausen P.Jacquet, "OptimizedLink State Routing Protocol (OLSR)",RFC3626, 2003.10
- [14] R.Ogier M.Lewis,"Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)", RFC3684, 2004.2
- [15]"The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)", draft-ietf-manet-dsr-09.txt, 2003.4

WAPLを適用した車車間通信の実現

A realization of inter-vehicle communications with WAPL

名城大学大学院理工学研究科

大石 泰大 増田 真也 渡邊 晃

はじめに

□ ITS (Intelligent Transport Systems)の研究

ー システムごとに独自の通信方式

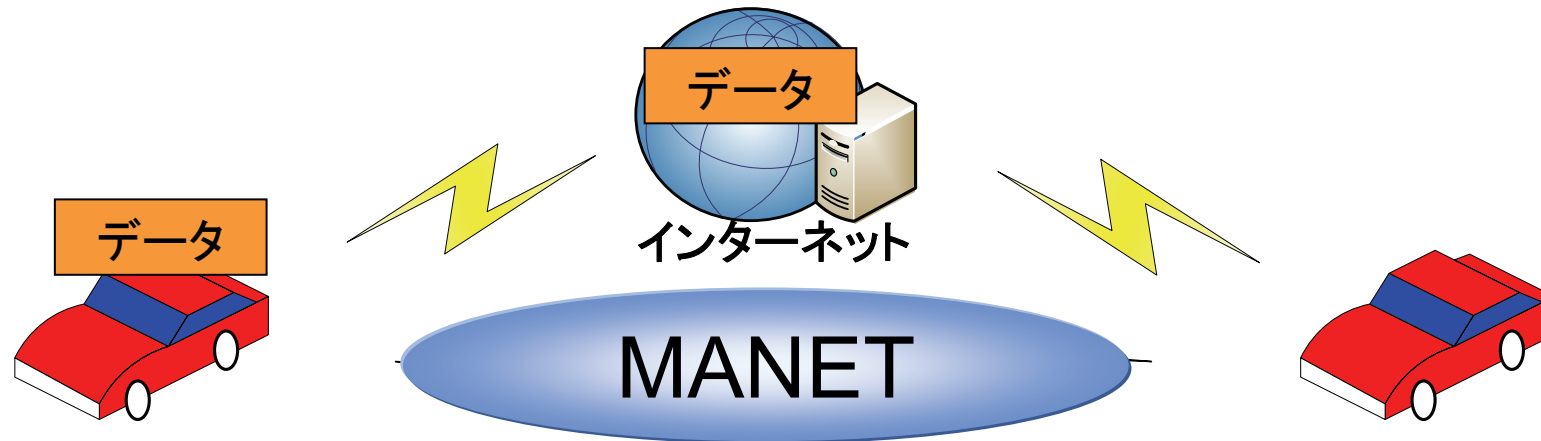
- ✓ 新規システム導入時のコストの問題
- ✓ 情報交換ネットワークの煩雑化

□ インターネットITS

インターネットの技術を利用し、ITSの通信環境を構築

- ✓ 新規事業者の参入・研究開発の促進
- ✓ 既存サービスの利用・新たなサービスの展開

はじめに



□従来のインターネットITS

- ✓ クライアント・サーバモデルの通信
- ✓ 車両間通信でもインターネットを介して通信

即時的要求の高いアプリケーションでは効率的でない

- ・走行支援システム
- ・グループコミュニケーションシステム

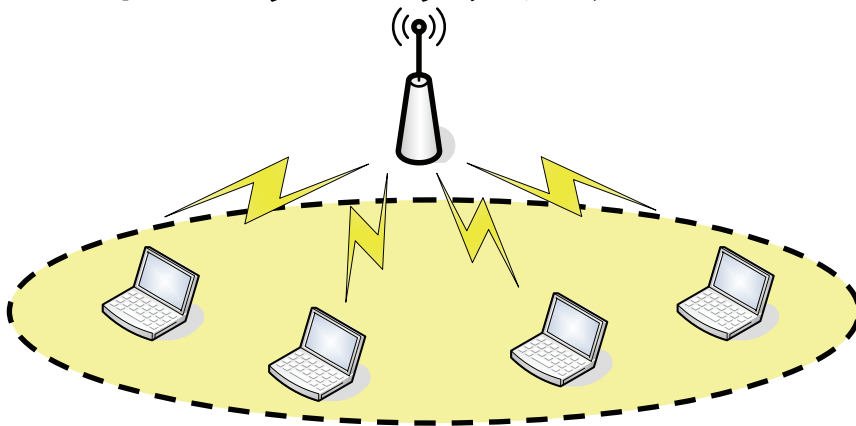
インターネットと親和性を持ちつつ
車車間で直接通信を行う環境が提案されている

MANETによる車車間通信

MANET —Mobile Ad-hock Network—

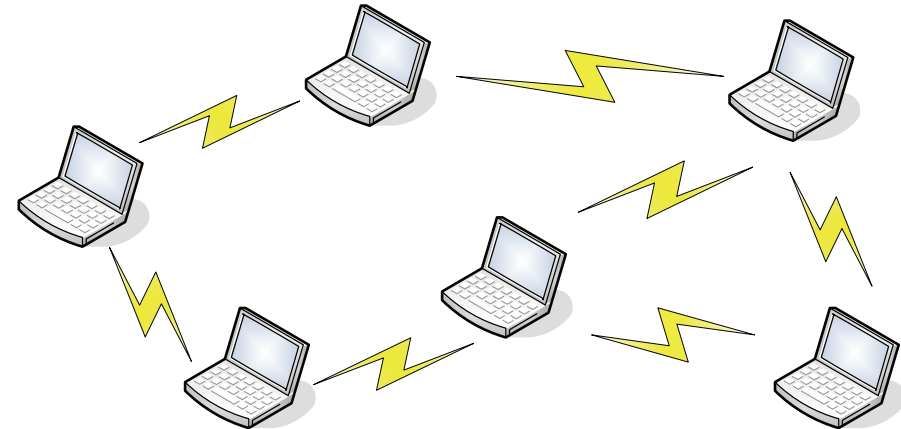
無線LANの通信モード

■ インフラストラクチャモード



各端末がアクセスポイントを介して通信

■ アドホックモード



端末同士が直接通信

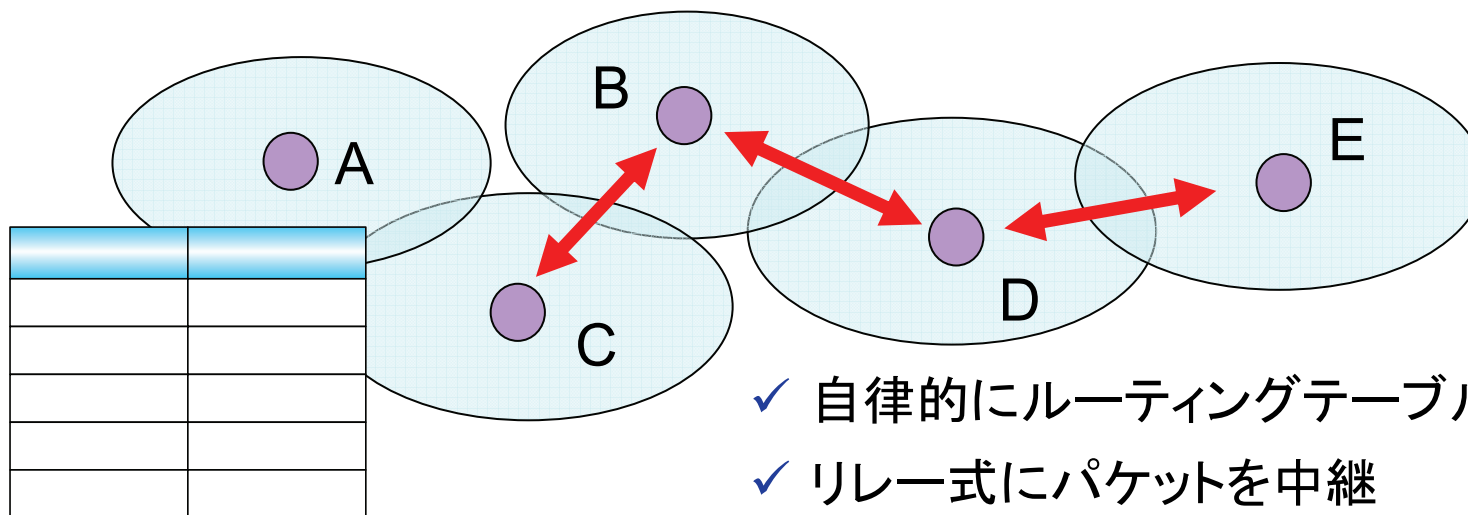
移動可能な端末で構成される自律的なネットワーク

MANETによる車車間通信

□ MANETの特徴

- ✓ ノードが自律的にルーティングを行なう
 - ー 移動によるネットワークの参加/離脱に対応
- ✓ マルチホップ通信
 - ー 障害物の影響を受けにくく広範囲に通信可能

車車間通信に適したネットワークを構築可能



- ✓ 自律的にルーティングテーブルを生成
- ✓ リレー式にパケットを中継

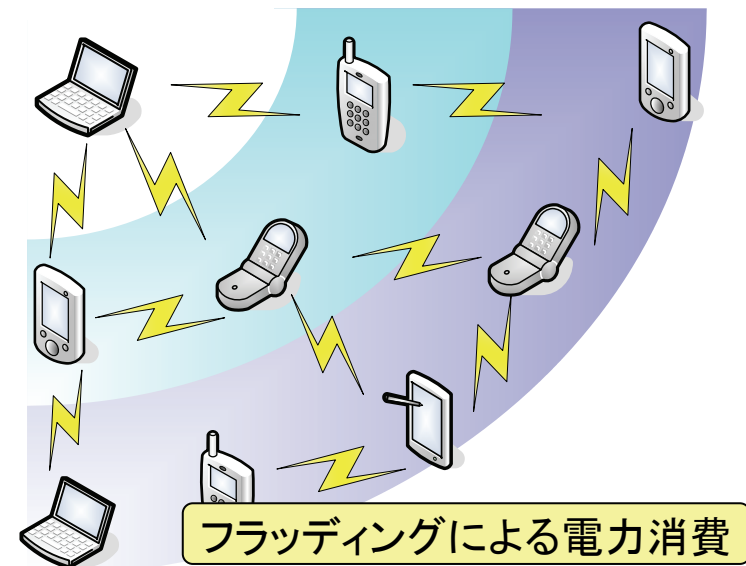
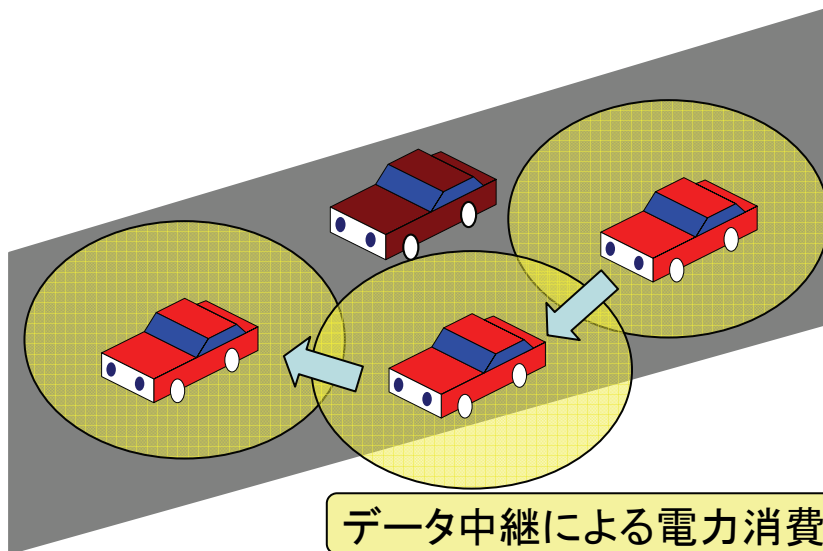
MANETによる車車間通信の課題

□ 消費電力

- ✓ マルチホップ通信によるパケットの転送
- ✓ ルーティングテーブル作成時のフラッシング

□ トラヒックの増大

- ✓ ノード間の情報交換によるトラヒック



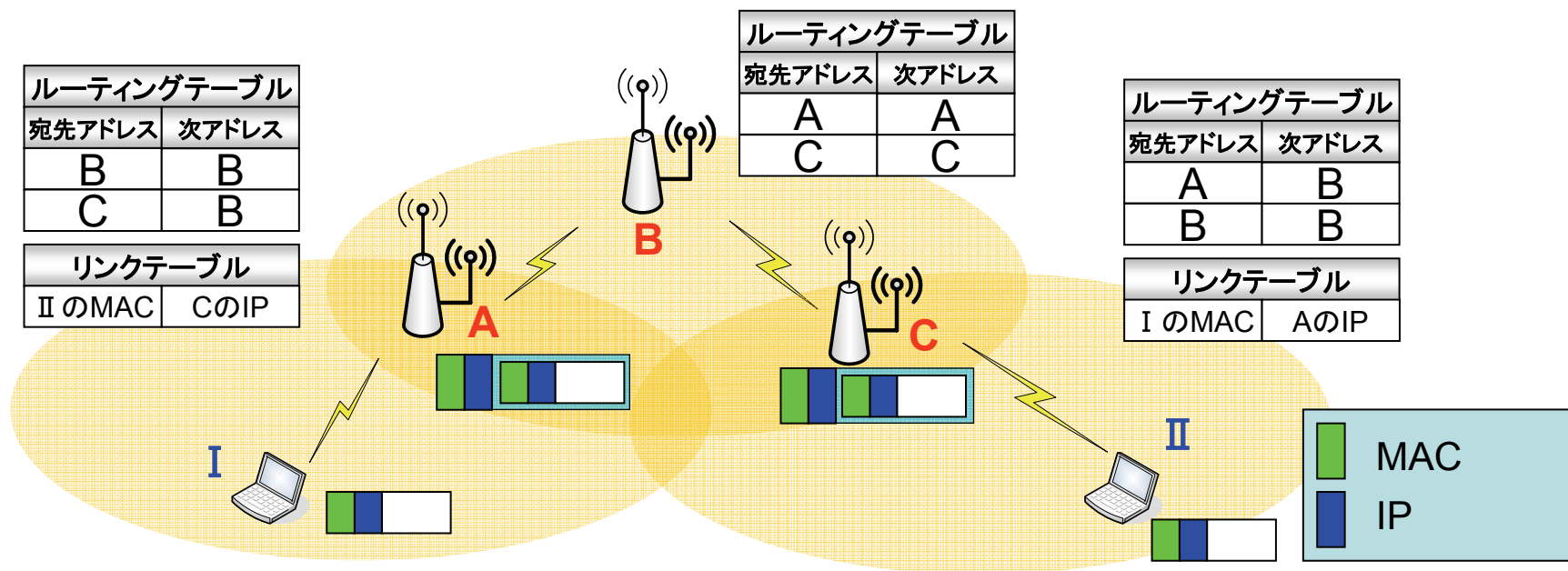
提案方式

□ 車車間通信にWAPLを適用

- ✓消費電力の改善
- ✓トラヒックの増大の改善
- ✓車車間通信に適したIPアドレスの取得と、
名前解決手法の検討
 - ー 分散DHCPによるIPアドレスの取得
 - ー ブロードキャストを利用した名前解決

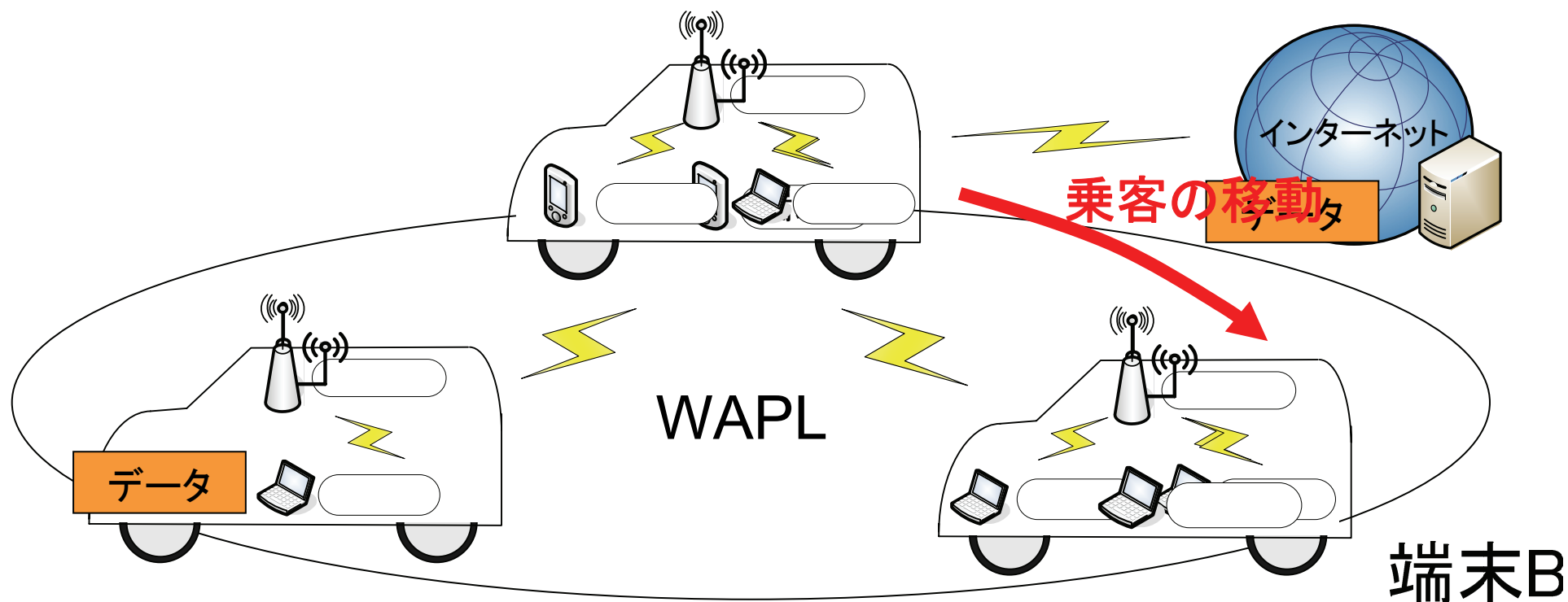
提案方式 —WAPLの適用—

WAPL — Wireless Access Point Link — — MANETの技術を用いてAP間を無線化



- WAP間通信はアドホックモード
- WAP-端末間はインフラストラクチャモード
- WAPでイーサフレームを
カプセル化・デカプセル化
- 端末は特別な機能を
保持しない一般端末
- 端末はWAPL内を自由に移動可能

提案方式 一車車間通信の構成例一



□ WAP

- ✓ アドホックモードで通信
- ✓ 車両から電力供給

□ 端末

- ✓ インフラストラクチャモードで通信
- ✓ 乗客の乗降に合わせて移動

□ マルチホップ通信によってインターネット上の情報が取得可能

車車間通信におけるIPアドレスの取得

□ 通信相手の識別方法

- ー IPアドレスを使用して通信相手を識別

WAPL内のいずれかのWAPに

DHCPの機能を保持

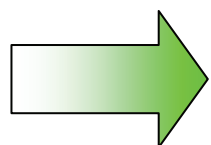
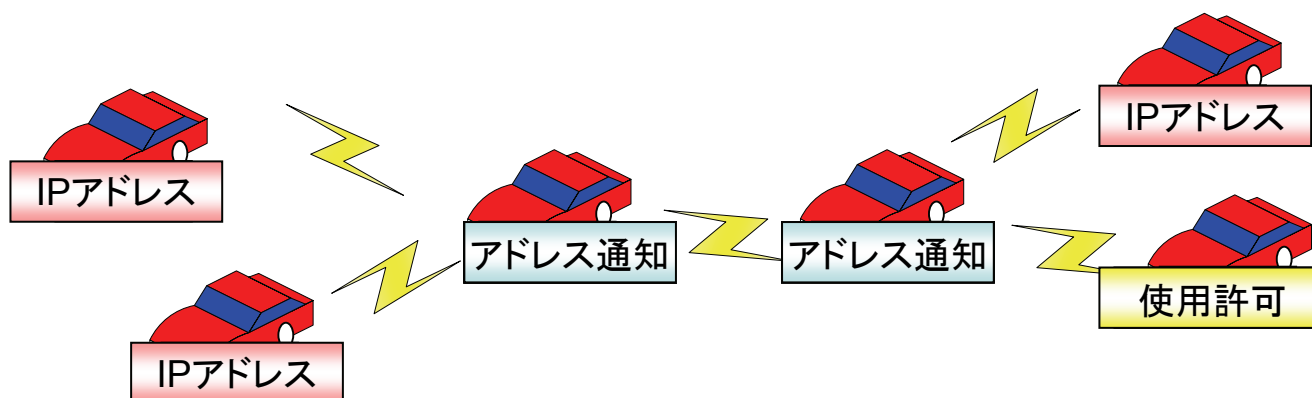
- ✓ DHCP機能をもったWAPとのリンク
- ✓ ネットワーク内における機能を保持したWAPの有無
- ✓ 機能を保持させるWAPの選択

提案方式 —IPアドレスの取得—

□ 分散DHCPによるIPアドレスの取得

— 全てのWAPにDHCPの機能を保持させる

DHCPはネットワーク内に複数台設置されていても
正常に動作するため既存技術を利用可能

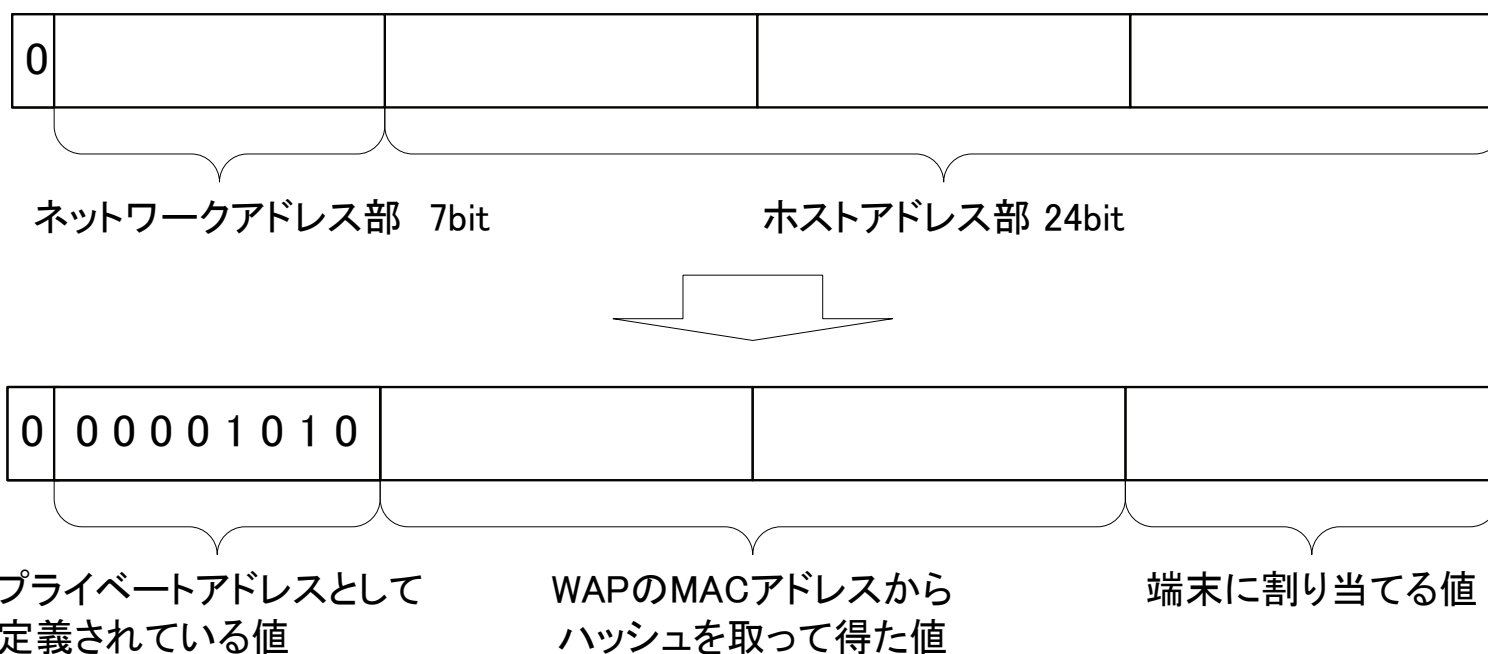


アドレス重複の問題を解決する必要

提案方式 ー重複アドレス問題ー

□ WAPL内はプライベート空間

ー 割り当てられるアドレス空間が広いクラスAを使用



✓ DHCP→ICMP

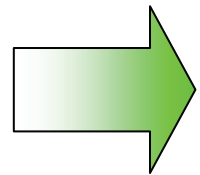
✓ 端末→ARP

アドレス重複チェック

車車間通信における名前解決

□ 提案方式における車車間通信

- 端末が自由に移動可能なため
IPアドレスは固定されない



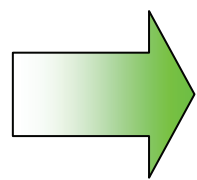
IPアドレスと名前の対応情報を
静的に保持することが出来ない

ノードが自律的に名前を解決できる方法が好ましい

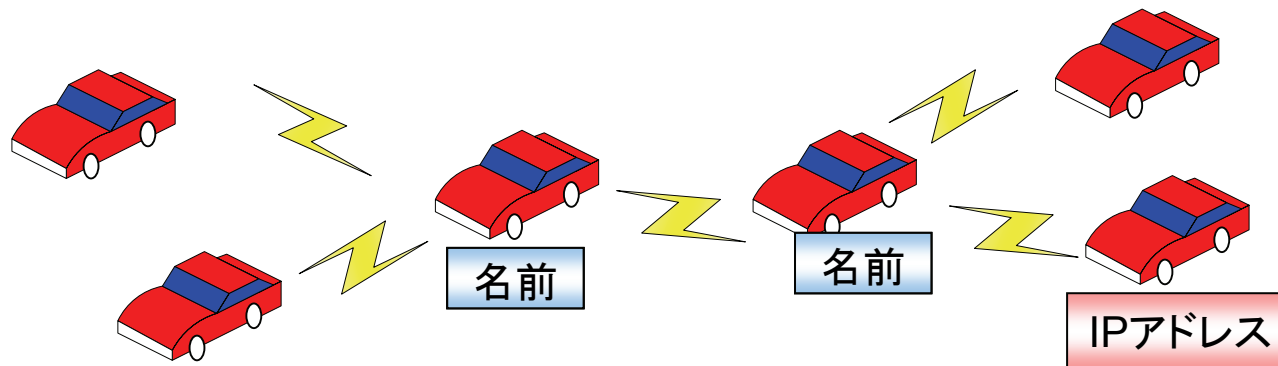
提案方式 ーブロードキャストによる名前解決ー

□ NetBIOS over TCP/IP (NBT) による名前解決 ーブロードキャストを利用する方法

- 端末は互いの名前を事前に認識
- SIPアドレスを使用



- ✓ 名前の制限(文字数・種類)
- ✓ ネットワークの参加/離脱時



むすび

□ まとめ

- 車車間通信特有の課題を解決するために、WAPLを適用した効率的な通信方法の提案

□ 現在の状況

- WAPLに適用するルーティングプロトコルの選定
→ Proactive型ルーティングプロトコル OLSR

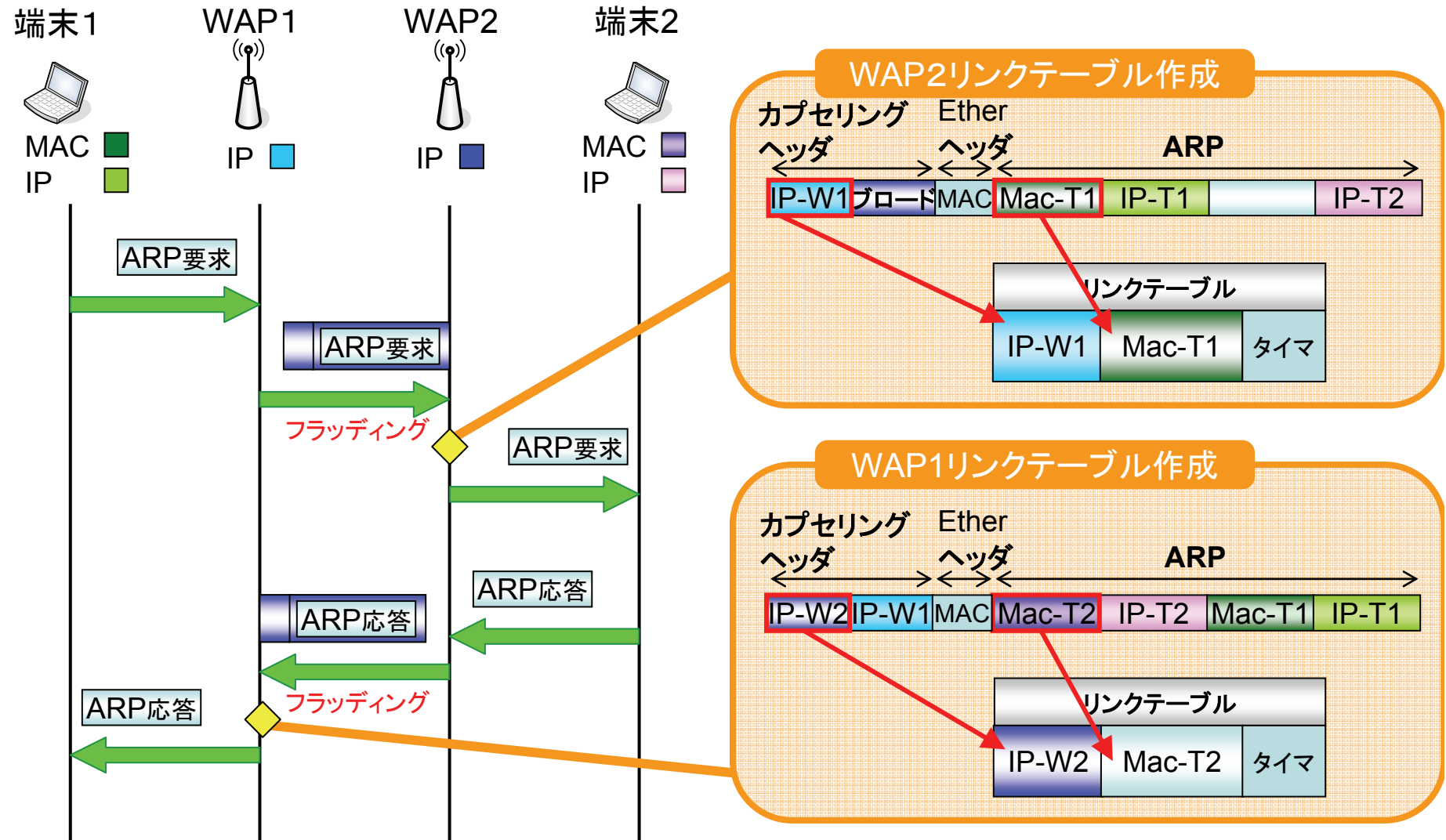
□ 今後

- WAPLの実装
- 音声や動画通信の通信環境の構築
- インターネットからの接続

おわり

リンクテーブル生成

□ARPを利用



補足資料 —MANETのルーティングプロトコル—

Proactive型ルーティングプロトコル

- 定期的にフラッディングを行い予め経路表を作成
 - OLSR ▪ TBRPF

Reactive型ルーティングプロトコル

- 通信要求があったときに経路表を作成
 - AODV ▪ DSR

	Proactive型	Reactive型
電力消費	×	○
初期遅延	○	×
経路表作成の効率	○	×