

WAPL を適用した車車間通信の実現

053432005 大石泰大
渡邊研究室

1. はじめに

自動車台数の増加に伴い、自動車を情報化することによって、道路交通の安全化と効率化を目指す ITS(Intelligent Transport Systems)の研究が進められている。ITS における通信には、安全を目的としたタイムクリティカルなものやインフォテイメント(情報娯楽)なものに大別することができる。前者においては車車間通信を前提としたシステムが多く研究され、後者では主に路車間通信中心のものが多い。しかしながら、近年ではグループコミュニケーションや、音楽・映像データを共有するシステムが期待されており、インフォテイメントなシステムにおいても即時性の高い車車間通信の実現が必要と考えられている。また、車車間通信と路車間通信とが連携することでユビキタスな通信環境の構築も期待されている。

この様に様々な通信の実用化・研究開発が進められている一方で、従来の ITS では共通の通信基盤がなく新規システム構築時におけるコスト高やネットワークの煩雑化による問題が指摘されている。

そこで、特にインフォテイメントなシステムではこれらの問題を解決するために ITS における通信に汎用的な通信技術であるインターネット技術を用いた、インターネット ITS[1]に注目が集まっており、車車間通信においてもインターネットの技術を積極的取り入れる動きがある。

インターネットの技術と親和性を持った車車間通信としてアドホックネットワークを適用した通信が挙げられるが、この方法では電力消費の問題やトラヒックの増大、全ての端末に同じアドホックルーティングプロトコルを実装しないとイケないといった課題がある。

本研究では、これらの課題を解決するため、無線 LAN アクセスポイントをアドホックネットワークで結ぶ、メッシュネットワークを実現する一方式として独自に研究を進めている WAPL(Wireless Access Point Link)[2]を車車間に適用する方法を提案する。

2. 全アドホック型車車間通信の課題

アドホックネットワークは、無線端末のみで構成されており、端末間でパケットを転送するマルチホップ通信を行う。マルチホップ通信に必要となるルーティングプロトコルは MANET(Mobile Ad-hoc Network)で標準化されており、各端末がルーティング機能を持ち、柔軟なネットワークを形成することが出来るため、車車間通信の特徴であるトポロジーの頻繁な変化に適している。

全ての車載端末に MANET のルーティングプロトコルを実装することにより、現状の技術でも容易に車車間通信を実現することができる。これをここでは全ア

ドホック型車車間通信と呼ぶ。しかし、この方式には以下に述べるような課題がある。

(1) 消費電力

アドホックネットワークでは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り、また、中継に係わるとその分余分に電力を消費する。

(2) トラヒックの増大

端末の数が増加すると共にルーティングテーブル生成に関わる制御パケットによるトラヒックが増え、通常の通信を圧迫してしまう可能性がある。

(3) 通信相手の識別

車車間通信ではトポロジーが一定でないため、サーバと常にリンクを保つことが保証できない。そのため、DHCP による IP アドレスの取得および DNS による名前解決が利用できるとは限らない。よって車車間通信では、これらに対して端末が自律的に行える解決手段を検討する必要がある。

3. WAPL による車車間通信の実現

提案方式では車車間通信に WAPL を適用することによって、全アドホック型車車間通信における課題であった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

WAP に対応した AP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。WAP は WAP 間通信用と配下端末との通信用の 2 つの無線 LAN インターフェースを持つ。WAP 間はアドホックモードで、WAP と端末間はインフラストラクチャモードで通信を行う。WAP 間は MANET のルーティングプロトコルによって通信する。各 WAP では通信相手の端末がどの WAP 配下に存在するかを示すリンクテーブルを必要に応じてオンデマンドで生成し保持する。WAP は端末のパケットに対しリンクテーブルを元にカプセル化/デカプセル化することにより端末間通信を実現する。

3.2 車車間通信の構成例

車車間通信の構成例を図 1 に示す。本提案では車内に WAP を一台搭載する。WAP は車両から電力供給を受けるため電力の消費を気にしなくて良い。ルーティングテーブル作成における制御パケットは WAP 間のみで交換される。トラヒックを軽減することが出来る。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する必要がなく必要時のみ電源を立ち上げればよい。

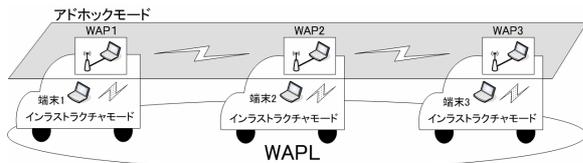


図1 車車間通信の構成例

3.3 IPアドレスの取得

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 サーバは多重化が可能な仕様であり、DHCP の技術をそのまま適用することができる。

WAPL 内はプライベートアドレス空間とし、端末にはプライベートアドレスを割り当てる。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。

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の分断・再結合によってアドレス重複が起こる可能性がある。

そこで、提案方式ではアドレスの重複を避けるため、使用可能なアドレス範囲が広い、クラス A プライベートアドレス空間を用いる。さらに、ホストアドレス部の先頭 16bit には、WAP の MAC アドレスからハッシュを取って得た固有の値を入れることで重複を避ける。それでも、アドレスが重複してしまった場合は通常の gratuitous ARP や ICMP によるアドレス重複チェックを行い、重複時は再度アドレス取得動作を実行する。

3.4 名前解決

各端末は NBT(NetBIOS over TCP/IP)を搭載し、端末が自律的に名前解決を行う。NBT は接続可能な端末全てに対して名前を問い合わせるパケットを送信し、該当する端末が IP アドレスを返信する方法である。Windows の NetBIOS を TCP/IP 上で実行できるように定義されており、端末が Windows マシンでなくても利用することができる。

4. 実験

4.1 実験概要

提案システムを実装した車車間通信の実証実験を行った。今回の実験では 1hop・2hop 環境下で RTT の計測、TCP・UDP スループットの計測を行なった。また、音声・動画通信の確認を行なった。

4.2 実験構成

同一車線上を車間距離 100m、走行速度 30km/h で並走しながら通信を行った。WAP は市販の AP と PC を Ethernet で接続することで実装した。PC 側の機能は Fedora core 3 (kernel 2.6.12)を使用し、アプリケーションとして WAP 機能を実装した。WAP 間のルーティングプロトコルは Reactive 型の AODV を使用し、IEEE802.11g による見通し通信を行った。

4.3 実験結果・考察

RTT の計測結果を表 1 に、スループットの計測結果を表 2 に示す。RTT・スループットともに大きな性能劣化が見られ、車両の移動による影響が大きいことが予想される。さらに、2hop 通信時においてはさらに影響が大きいことが伺える。その一方、車両入れ替えに時によるスループットの計測結果では並走時よりも高スループットだったことから WAP 間の距離が性能に与える影響も少なくないことが判明した。

表1 RTTの計測結果

	移動時	静止時
1hop	10~20	4.8
2hop	30~120	9.4

単位(msec)

表2 スループットの計測結果

TCPスループット			
	移動時	静止時	入れ替え時
1hop	1.28	4.12	2.80
2hop	0.73	2.86	—

単位(Mbps)

UDPスループット			
	移動時	静止時	入れ替え時
1hop	0.40	0.87	0.50
2hop	0.31	0.54	—

単位(Mbps)

移動通信時において性能劣化は見られたものの、音声通信で求められる許容遅延時間およびスループットは 200ms 以内・64kbps であることから、実験結果より 2hop 通信時においても十分な品質の音声通信が可能であることが推測できる。

実際に 2hop で動画通信を行って見たところ、音声の途切れやノイズが入ることもなく通信ができることを確認した。遅延に関しては携帯電話と同時に通信を行い比較してみたが、若干の遅れを感じたものの会話が成立しないほどの遅延は見られなかった。

5. まとめ

メッシュネットワークを実現する方法として独自に研究している WAPL を車車間通信に適用することで、トラヒックの量および電力消費の課題を改善する方法を提案した。また、提案方法において自律的な IP アドレスの取得方法と名前解決の方法の検討を行った。

WAPL を実装した実験では各種性能の測定・評価を行い、2hop 環境下においても十分な性能を持った音声通信が可能であることを示した。

今後はネットワークシミュレータ NS2 に WAPL を実装し、トラヒック量や電力消費について提案方式の有用性を証明する。また、車車間通信に適したアドホックルーティングやインターネット接続の検討を行う。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 小島他：無線アクセスポイントリンク WAPL の方式検討,情報学ワークショップ 2006 論文集,2006.9.

WAPLによる車車間通信の実現

05342005 大石泰大
渡邊研究室

はじめに

- ITS (Intelligent Transport Systems)の研究

タイムクリティカル

車車間通信が中心

ー走行支援システム:AHS

車間距離制御や衝突防止など人命に関わるシステムが多い

インフォテイメント(情報娯楽)

路車間通信が中心

ーETC (料金支払いシステム) ーナビマティクスシステム

ーVICS (交通情報) (各種情報のダウンロード)

はじめに

- グループコミュニケーションシステム
- 音楽・映像データの共有

エンタテインメントな通信でも即時性の高い車車間通信

- 車両間ネットワークと路側通信機の連携
 - 新しい通信機設置によるコスト
 - 路側通信機が設置困難な場所

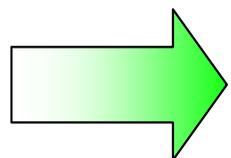
いつでも・どこでも通信が行えるユビキタスな環境

はじめに

- 従来の自動車を取り巻く通信環境

統一された規格をもたず独自の通信方式でシステムを構築

- 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

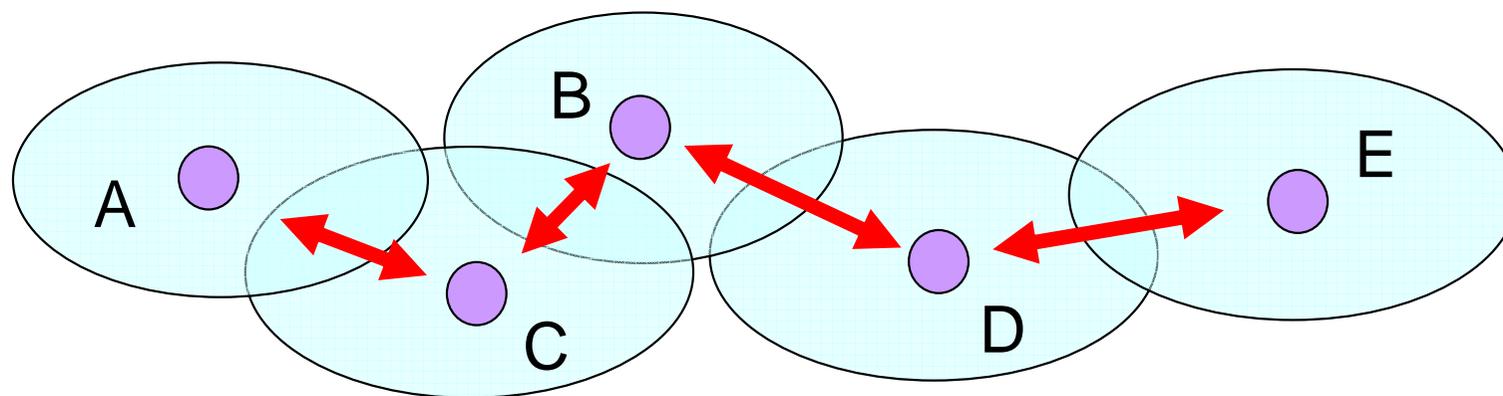
インターネットの技術を利用し、ITSの通信環境を構築

インターネットと親和性を持った車車間通信
→アドホックネットワークの技術を利用

アドホックネットワーク

- ・ノードが自律的にルーティングを行なう
 - － 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
 - － 障害物の影響を受けにくく広範囲に通信可能

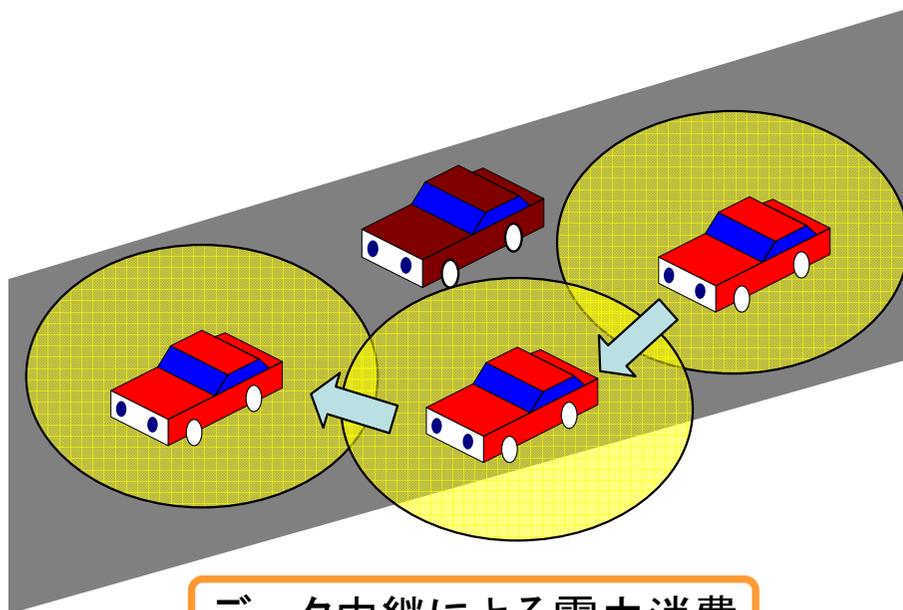
車車間通信に適したネットワークを構築可能



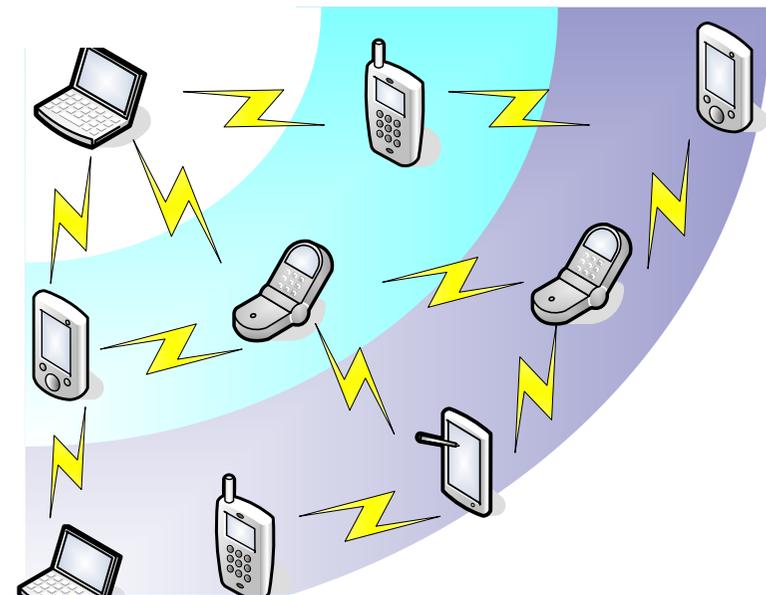
- ✓ 自律的にルーティングテーブルを生成
- ✓ リレー式にパケットを中継

全アドホック型車車間通信の課題

- 消費電力
 - マルチホップ通信によるパケットの転送
 - 経路維持
- トラヒックの増大
 - ルーティングテーブル作成時の
フラッディングによるトラヒック



データ中継による電力消費

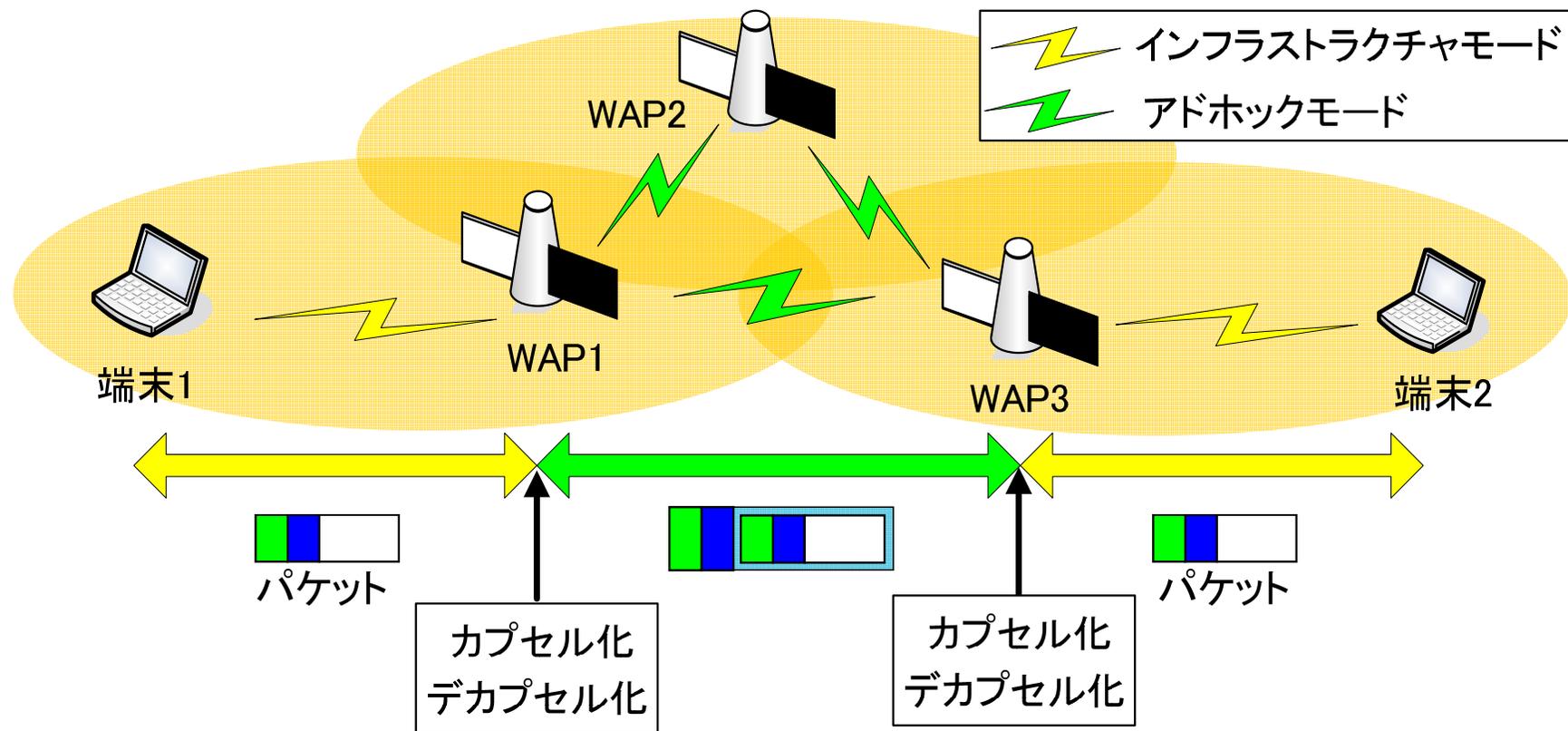


フラッディングによるトラヒックの増大

- 車車間通信にWAPLを適用
 - －インターネットと親和性を持った
インフォテイメントな車車間通信
 - －消費電力・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
 - －分散DHCPによるIPアドレスの取得
 - －NBTによる名前解決

提案方式 – WAPLの適用 –

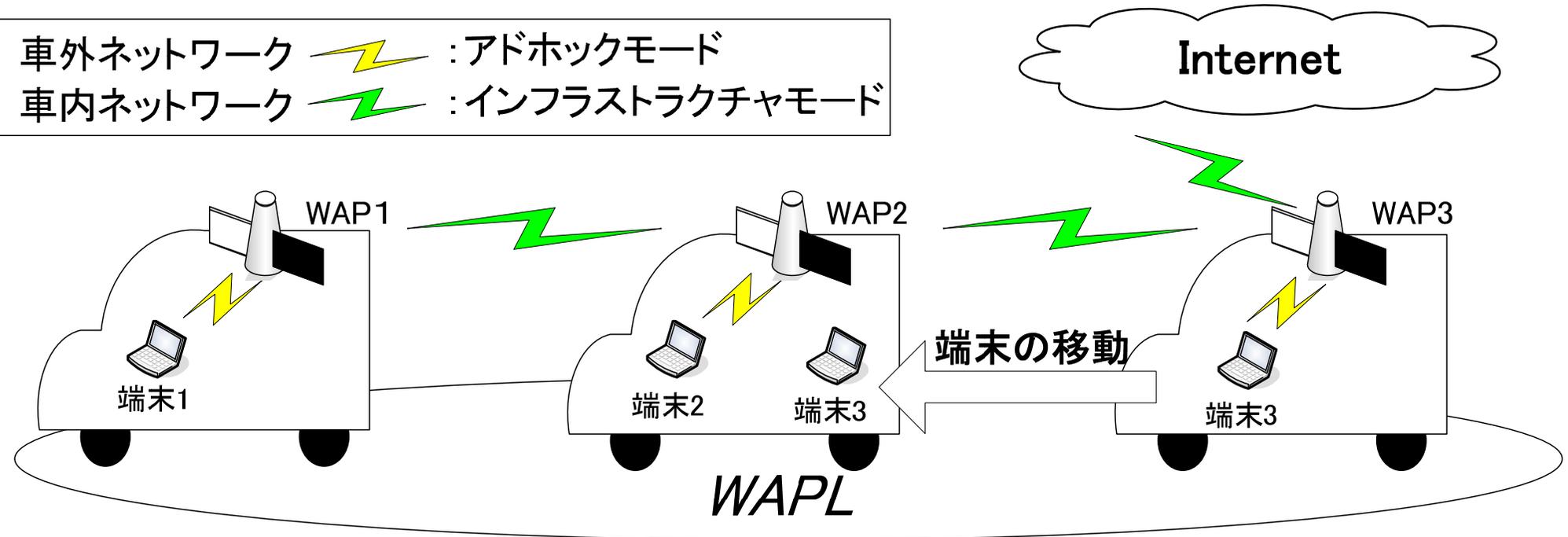
- WAPL (Wireless Access Point Link)
 - AP間を無線化しメッシュネットワークを構築



- 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

車車間通信の構成例

車外ネットワーク ⚡ : アドホックモード
車内ネットワーク ⚡ : インフラストラクチャモード



- 電力消費
 - 車両からWAPに電力供給
 - 端末: 通信時のみ消費
- トラヒック
 - ルーティングテーブル作成に関連するパケットを削減
- 端末の自由な移動・一般端末の使用
- マルチホップ通信によるインターネットとの接続

車車間通信におけるIPアドレスの取得

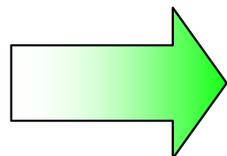
- 通信相手の識別方法
 - IPアドレスを使用して通信相手を識別

既存技術

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

→ いずれかのWAPに対してDHCPの機能を保持させる

- 車両が移動するためトポロジが常に変化
 - 機能を保持したWAPとのリンクが切断
- 機能を保持させるWAPの選択

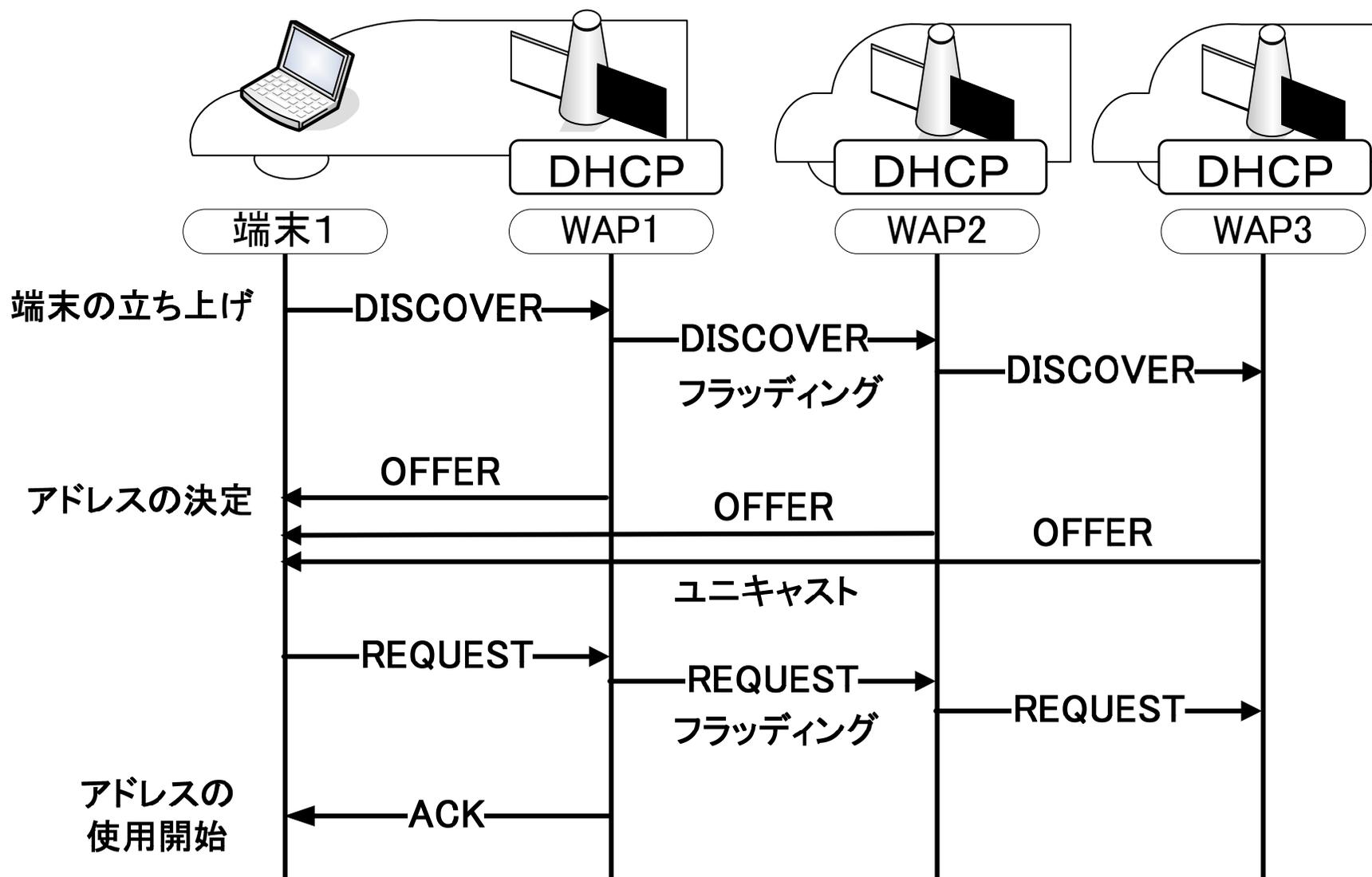


分散DHCPによるIPアドレスの取得

- 全てのWAPにDHCPの機能を保持

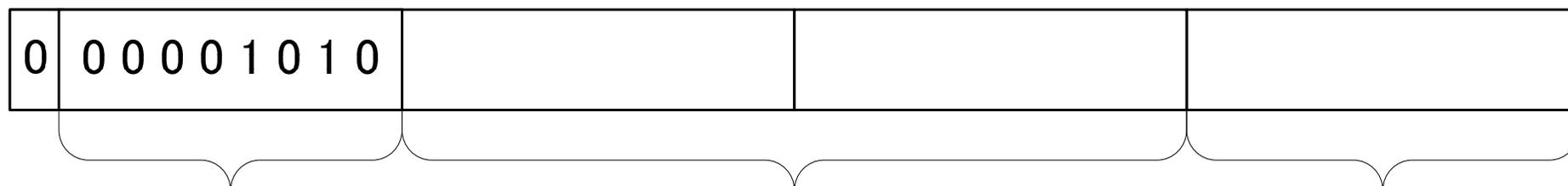
分散DHCPによるIPアドレスの取得

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



重複アドレス問題の解決

- クラスAのプライベートアドレス空間
「10.0.0.0～10.255.255.255」を使用



プライベートアドレスとして
定義されている値

WAPのMACアドレスから
ハッシュを取って得た値

端末に割り当てる値

ホストアドレス部

上位16bit WAPのMACアドレスからハッシュを取って得た値

下位8bit 端末に割り当てる値

(各WAPが配布可能なアドレスは126個)

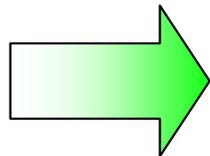
もし重複してしまった場合

ICMP・ARPを利用した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

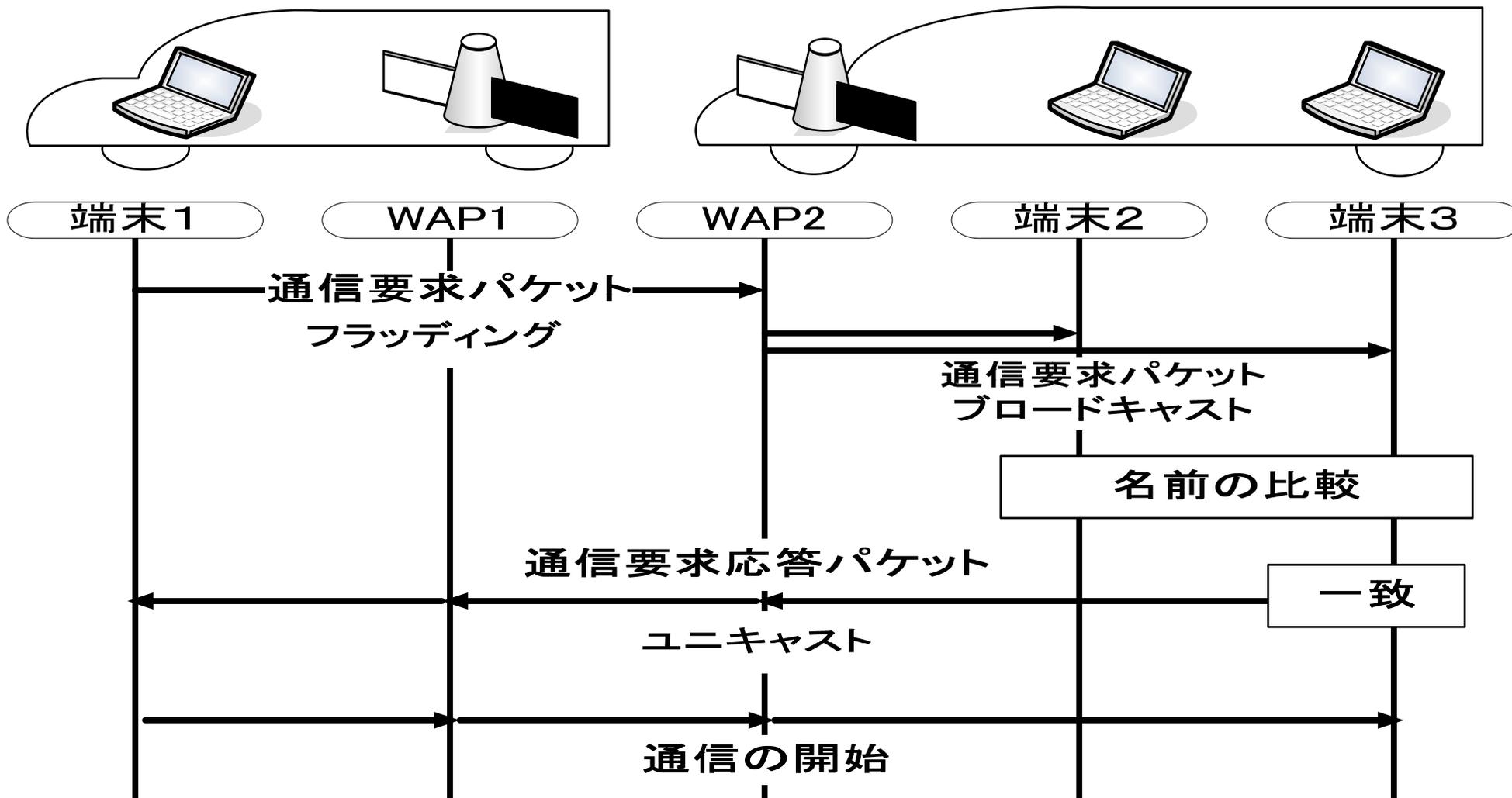
IPアドレスと名前の対応情報を静的に保持することができないためノードが自律的に解決できる方法が好ましい

 NetBIOS over TCP/IP(NBT)による名前解決

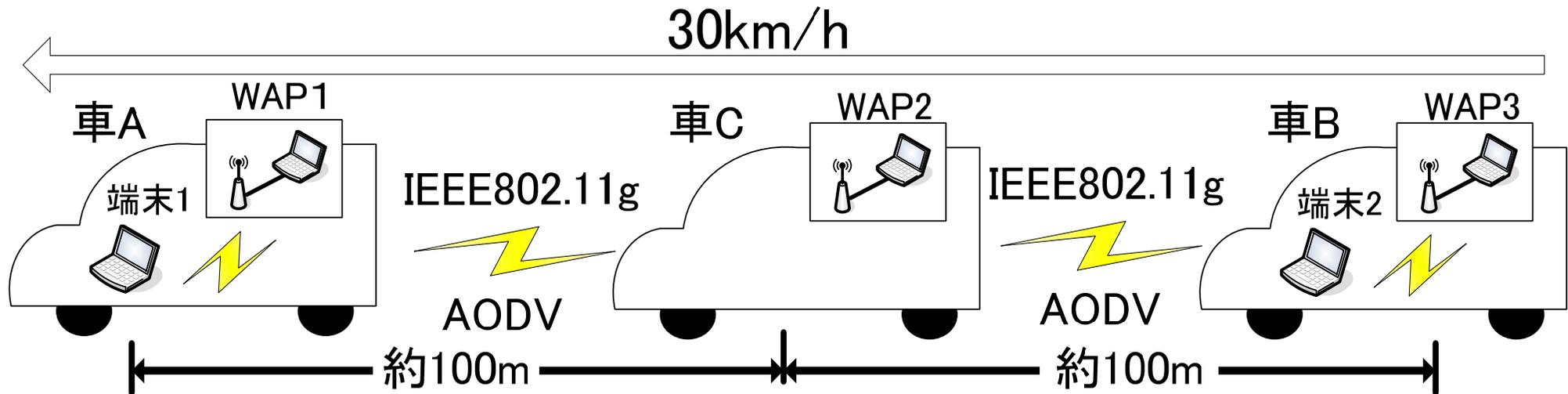
- 端末は互いの名前を事前に認識
- 名前にはSIPアドレスを使用

NBTによる名前解決

ブロードキャストで全端末に名前を問い合わせる



車車間通信実験 — 実験概要 —



— 車車間通信におけるWAPLの性能評価

- ・ IPアドレスは固定、通信相手のアドレスを直接指定

— 自動車3台・PC5台・AP3台を用い提案システムを実装

● 実験項目

- PingによるRTTの計測
- トラヒックソフト「netperf」によるTCP・UDPスループットの計測
- NetMeetingによる音声・動画通信の確認
- 音声ストリーミングの再生確認

• RTTの計測

- 300byte: 音声通信で考えられる最大パケット長
- Pingを50回×3セット(1hop・2hop)

1hop	1回目	2回目	3回目	静止時
最大	497	90	1124	8
最小	3	5	7	3
平均	17.6	15.3	52.7	4.8

単位(Mbps)

2hop	1回目	2回目	3回目	静止時
最大	1738	2865	2762	98
最小	162	9	13	4
平均	203.5	285.9	249	9.4

単位(Mbps)

- 静止時・移動時、1hop・2hopの通信における性能劣化
→ 車両の移動・通信距離が性能に与える影響大
- 極端な値→アドホックルーティングが動作

- RTTの計測

- 極端な値→アドホックルーティングが動作
- 9割以上は下記の表の範囲内に収まる

	1hop	2hop
移動時	10~20	30~120
静止時	4.8	9.4

単位(Mbps)

- パケット到達の遅延 \approx RTT/2

- 音声通信の許容遅延時間が200ms以内であることから
 ディレイを気にせず通信することが可能

車車間通信実験 —結果・考察—

• スループットの計測

TCPスループット			
	移動時	静止時	追い越し時
1hop	1.28	4.12	2.80
2hop	0.73	2.86	—

単位(Mbps)

UDPスループット			
	移動時	静止時	追い越し時
1hop	0.40	0.87	0.50
2hop	0.31	0.54	—

単位(Mbps)

- TCP:約75%、UDP:約50%の性能劣化
→RTT同様車両の移動による影響大
- 並走時より、車両追い越し時の方が高スループット
→通信距離が近くなる程パケットロスが減少する
パケットロスが最小になるようなWAPを選択するルーティング
- 電話・音声ストリーミングは可能だが動画像通信は厳しい
電話:64kbps 音声ストリーミング:320kbps 動画像通信:1.5mbps

車車間通信実験 —結果・考察—

- 音声・動画像通信の確認

- 1hop・2hopともに高品質の音声通信が可能

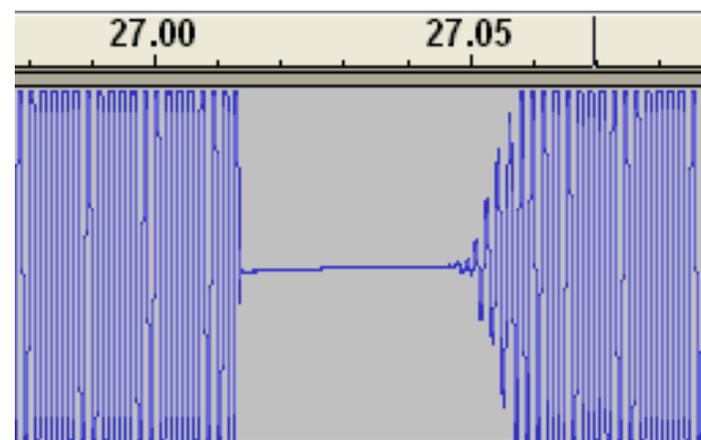
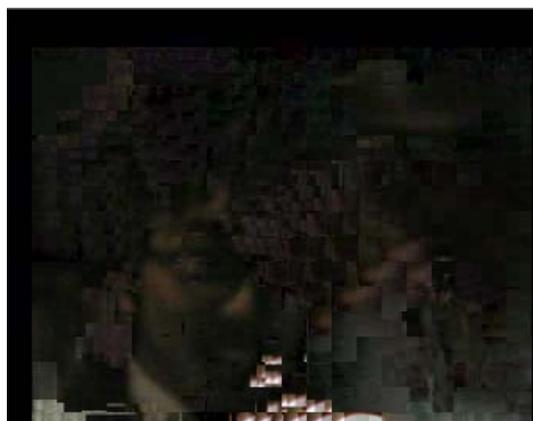
音声の途切れ・ノイズはほぼ無し

携帯電話に比べ若干ディレイが発生

- 2hop通信での動画像通信は画面がモザイク状に

- ストリーミング再生

- WAP切り替え時(2hop > 1hop、1hop > 2hop)に
0.05秒の音声の途切れ



- 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
- 実験による性能評価と2hopでの音声通信の確認

- 今後

- NS2による提案方式の有用性の証明
- インターネットとの接続方法の検討
- 車車間通信に適したルーティングプロトコルの検討

ご静聴ありがとうございました