

目 次

概 要	2
1. はじめに	3
2. 全アドホック型車車間通信の課題	5
3. WAPLによる車車間通信の実現	6
3.1. WAPLの概要	6
3.2. 車車間通信の構成例	7
3.3. IPアドレスの取得	8
3.4. 名前解決	10
4. 実験	12
4.1. 実験概要	12
4.2. 実験環境	12
4.3. 実験結果・考察	14
5. まとめ	18
謝辞	19
参考文献	20
研究業績	22

概要

自動車台数の増加に伴い、インターネット技術を用いて自動車の情報化を進めるインターネット ITS 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と親和性をもった通信が望まれている。特にアドホックネットワーク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、電力の消費が大きかったり、トラヒックが増大したりするなどの課題がある。

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)を車車間通信に適用する方法を提案する。また、WAPL を適用する上で IP アドレスの取得と名前解決方法についての検討を行った。更に、実際に WAPL を車両に搭載し、実道路上での車車間マルチホップ通信実験を行った。この結果より、移動通信環境下における 2hop での音声通信が可能であることが示された。

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と同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。前者においては車両の速度や車間距離情報を利用し衝突を回避する走行支援システム(Advances Short-Range Communication System)のように車車間通信を前提としたシステムが多く研究されている。後者では DSRC(Dedicated Short-Range Communication System)[1]を使用した自動料金支払いシステム(ETC)、ビーコンを利用した道路交通情報通信システム(VICS)、ナビマティクスサービス(ホンダ:インターナビプレミアムクラブ[2]・トヨタ:G-BOOK[3])などのセルラー通信を利用した交通情報や音声・動画ファイルのダウンロードが実用化されており、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のようにドライバー間で会話をしたり、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、インフォテイメントなシステムでは将来的にいつでもどこでも通信を行えるユビキタスな環境が求められている。路側通信機の設置にかかるコストや設置場所の問題などから路車間通信で全ての交通エリアをカバーすることは現実的ではない。そこで、車車間でネットワークを構築し路側通信機と連携することでユビキタスな環境が構築できると考えられている。

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、従来の自動車を取り巻く通信システムは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 における通信にインターネット技術を用いた、インターネット ITS に注目が集まっている[4][5]。インターネット ITS では、インターネットで培われた汎用的な通信技術を用い、共通の通信環境やアプリケーション基盤の構築が可能で、車車間通信においてもインターネットの技術を積極的に活用することが出来る。

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。この方法は無線端末のみでネットワークを構成でき、柔軟性が高く有力な方式として考えられている。特にアド

ホックネットワークのルーティングプロトコルとして車車間通信に適した方式が盛んに研究されている[6][7]. しかし, これらの研究ではアドホックネットワーク特有の packets 転送による電力消費の問題や経路制御に関する packets によるトラヒックの増大については言及されておらず, 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いけないといった課題もある.

本研究では無線メッシュネットワーク[8]に着目し, これを車車間通信に適用することにより, 上記課題の解決を行なう. 無線メッシュネットワークとは無線 LAN のアクセスポイント間をアドホックネットワークで結合するもので, 柔軟に無線 LAN の通信エリアを拡大することができる. また, 端末は特別な機能が不要で, さらに端末はアドホックネットワークを意識することなく, 必要な時だけ電源を立ち上げればよい.

提案方式ではメッシュネットワークを実現する方法として我々が独自に研究を行なっている WAPL(Wireless Access Point Link)[9][10]を適用し, インターネットと親和性を持ち, グループコミュニケーションシステムや地図データ・音楽データのダウンロードをターゲットとしたインフォテイメントな車車間通信の実現を行う.

本稿では, 車車間通信に WAPL を適用するに当たって必要となる IP アドレスの取得と名前解決の方法についての検討結果と, WAPL を搭載した自動車による実道路上での実験結果について報告する. 車両移動時において性能の劣化は見られたものの, 2hop での音声通信においては十分な性能を持っていることを確認した.

以下, 2 章では全アドホック型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 章で実験について, 5 章でまとめと今後の課題を述べる.

2. 全アドホック型車車間通信の課題

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。

アドホックネットワークとは、アドホックモードを用いてマルチホップ通信を可能にしたネットワークのことで、無線端末のみで構成されている。マルチホップ通信に必要なルーティングプロトコルは MANET(Mobile Ad-hock Network)[11][12][13][14]で標準化されており、各端末がルーティング機能を持つことから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、現状の技術でも原理的には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り、実用には適していない。

(1) 消費電力

アドホックネットワーク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。また、端末が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

アドホックネットワークの課題として、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制御パケットによるトラヒックが増えるため、通常の通信を圧迫する可能性がある。

(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が、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、特定の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 サーバのように集中管理による 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においても同様の理由で 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。そこで、端末が自律的に名前解決できるような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

図 1 に WAPL の構成を示す。WAPL に対応した AP を以後 WAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。WAP は WAP 同士の通信用と 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。ルーティングプロトコルとしてはオンデマンドでルーティングテーブルを生成する AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)を適用している。各 WAP では通信相手の端末がどの WAP の配下に存在するかを示す独自のリンクテーブルを保持する。リンクテーブルは必要に応じてオンデマンドで生成する。

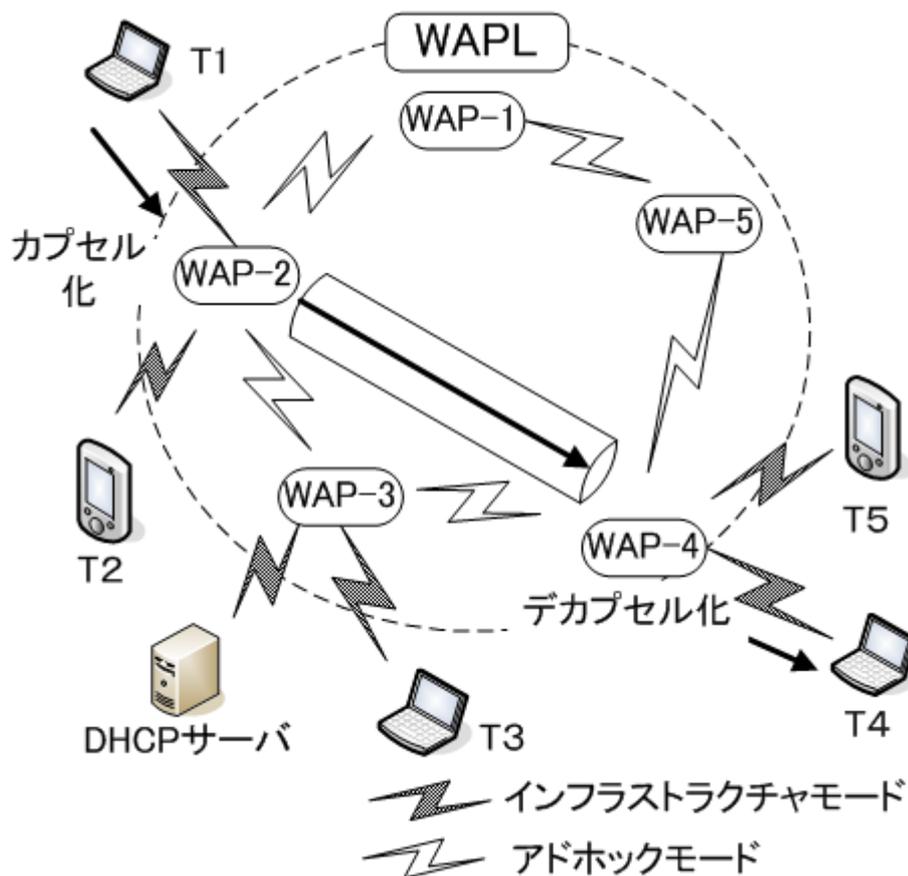


図 1 WAPL の構成例

端末間で通信を行う場合、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。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、インフラストラクチャモードで動作することができる。

3.2. 車車間通信の構成例

車車間通信の構成を図 2 に示す。本提案では車内に WAP を一台搭載する。車内には複数の乗客が携帯端末を持ち込み、他車乗客と相互に通信を行う。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 WAP 自体の電力消費は気にする必要はない。アドホックルーティングプロトコルは WAP 間でのみ実行され、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端末の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 packets 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。以上のことから、2 章で挙げられている消費電力およびトラヒック増加に関する課題は WAPL を適用することで解決出来る。また、WAPL はアドホックルーティングプロトコルとは独立しているため、将来車車間通信に適したルーティングプロトコルが提案されればそれをそのまま WAPL のルーティングプロトコルとして適用することが出来る。

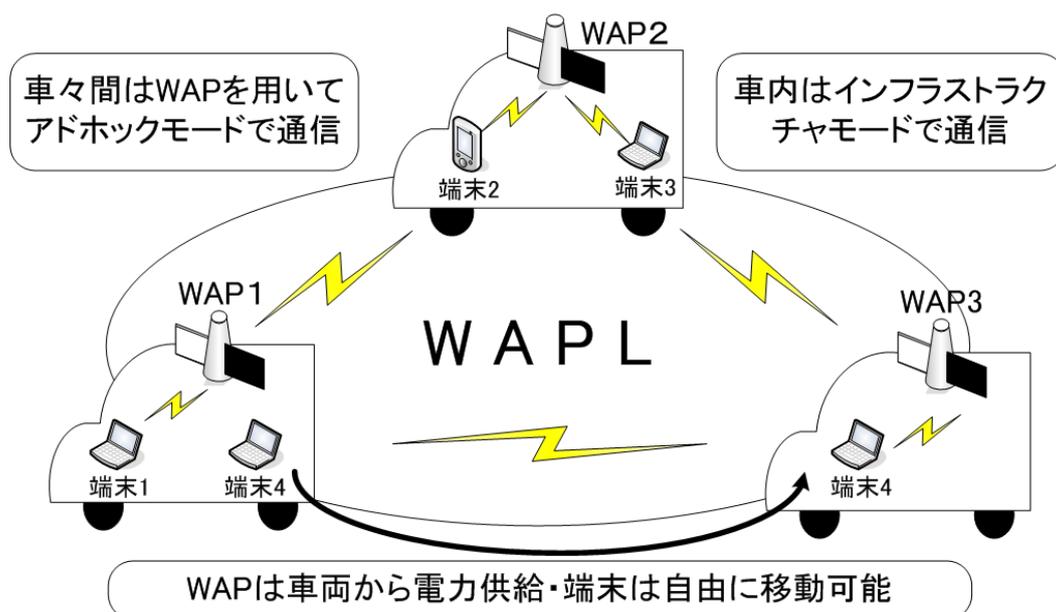


図 2 車車間通信の構成例

3.3. IP アドレスの取得

本項では、端末の立ち上げ時に 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。[15][16]

アドホックネットワークにおける IP アドレスの取得方法については現状いくつか検討されているが[17][18], それらの方式では全ての端末が特定の機能を実装する必要がある。しかしながら、端末の台数が車両の台数を大きく上回ることが考えられる車車間通信において、これらの方式は不便である。そのため、提案方式では端末に改良を加えない方式を選択した。

WAPL 内は IPv4 の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。

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 3 に示す。

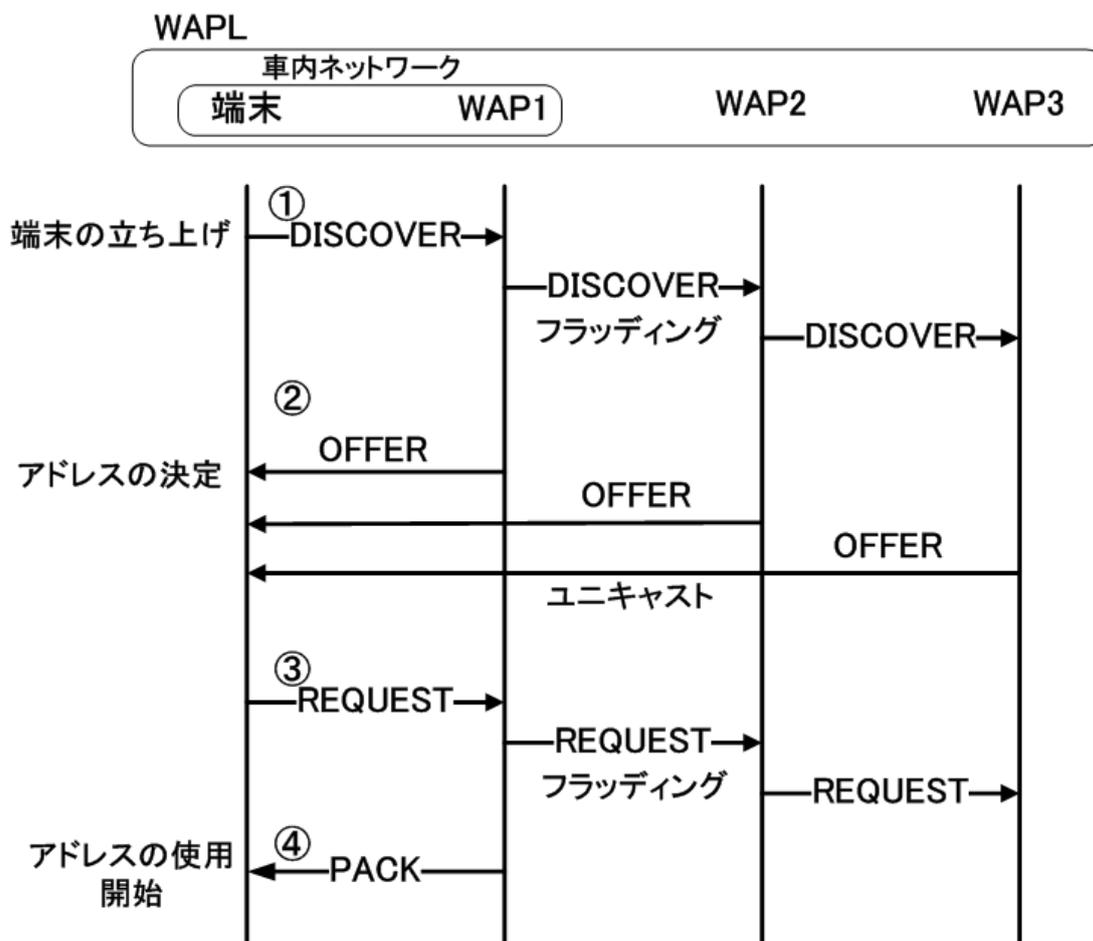


図 3 IP アドレス取得動作

- 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が起こる可能性がある。そこで、あらかじめ DHCP サーバから配布されるアドレスの範囲を工夫することでアドレス重複の回避を図る。

提案方式では、端末に割り当てる IP アドレスとしてクラス A プライベートアドレス空間 10.0.0.0～10.255.255.255 を用いる。アドレスの重複を防ぐため、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。各 WAP が配布可能な端末の数は 126 個になる。基本的にアドレスの配布は同じ車両に搭載されている WAP から行なわれるため、この値は十分なものであるといえる。

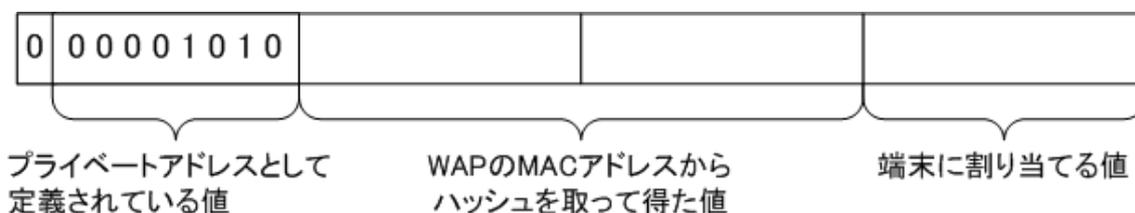


図 4 アドレス体系

上記のようなアドレス体系を定義することによりアドレスの重複確率は限りなく下げることが出来るが、重複する可能性は残される。仮にアドレスが

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によりこのことを検出し，再度アドレス取得動作を実行する．これらの機能は一般の DHCP サーバや端末に標準で実装されている．従って，本課題解決のために端末に手を加える必要は無い．

3.4. 名前解決

WAPL による車車間通信は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する．各端末の名前は特定の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．

本稿では通信相手の IP アドレスを取得するため，各端末は NetBIOS over TCP/IP[19][20]を搭載し，端末が自律的に名前解決を行う．NetBIOS over TCP/IP は Window の NetBIOS を TCP/IP 上で実行できるように定義したもので，端末が Windows マシンでなくても利用することが出来る．図 5 に名前解決の動作を示す．

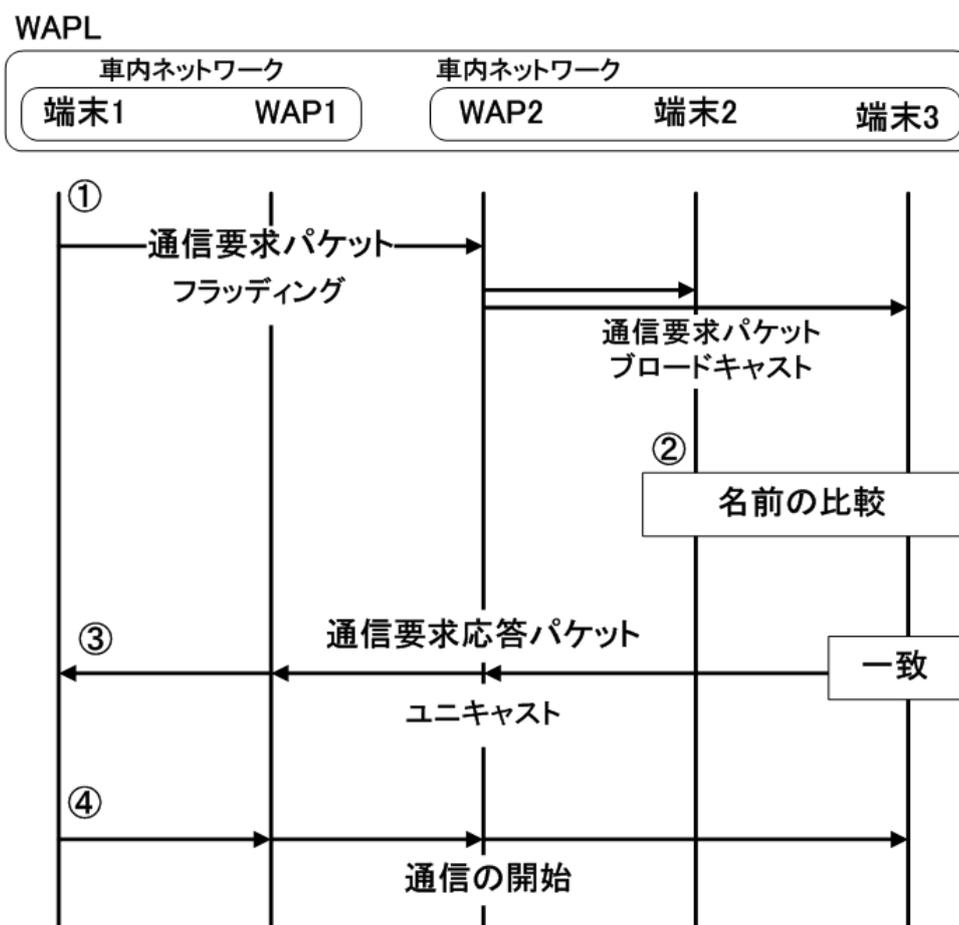


図 5 名前解決の動作

- 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名前解決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。名前解決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する。このパケットを受信した WAP は配下の端末に対してブロードキャストする。
- ② 名前解決要求パケットを受け取ったネットワーク内の全端末は、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 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、名前解決要求応答パケットとして送信元の端末に送り返す。
- ④ 名前解決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。

この方法によって、DNS サーバを利用することが出来ない環境下においても、端末は自律的に名前解決を行なうことができる。

4. 実験

4.1. 実験概要

自動車 3 台・PC5 台・AP3 台を用い、提案システムを実装した車車間通信の実証実験を行なった。

今回の実験では 1hop(WAP2 台・車両 2 台)・2hop(WAP3 台・車両 3 台)環境下で ping による RTT の計測,トラフィック計測ソフト netperf による TCP・UDP スループットの計測と FTP によるスループットの計測を行なった。また,インターネットビデオ会議ソフト NetMeeting による音声・動画像通信の確認と連続音声のストリーミング再生を行なった。

4.2. 実験環境

豊橋市新西浜町工業団地周辺で実験を行なった。実験コースを図 6 に示す。実験コースは 1 週約 2100m の平坦な直線コースであり,交通量・建造物も少なく理想的な見通し通信環境であると言える。交差点は信号が設置されておらず,ほぼ一定の距離を保持しながら走行することができる。



図 6 実験コース

実験構成を図 7 に、WAP・端末に使用した PC と AP の仕様を表 1 に示す。車両間はおよそ 100m とし、同一車線上を 30km/h で走行した。1hop 通信では、車 A(WAP1・端末 1)と車 B(WAP3・端末 2)で構成されたネットワークで通信を行う。WAP は市販の AP と PC を Ethernet で接続することで実装した。WAP は図 8 で示されるように APF(Access Point Function)と CAPF(CAPsulation Function)の 2 つの機能から構成される。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、無線 LAN としては IEEE802.11g による見通し通信を行った。

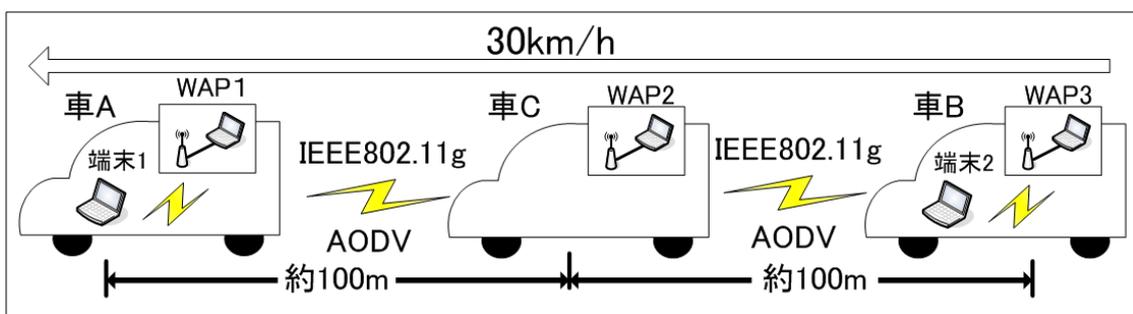


図 7 実験構成

PC(端末側)	
CPU	Intel Core Solo 1.2GHz
RAM	512MB
Wireless Interface	IEEE802.11g
OS	Windows XP SP2

PC(WAP側)	
CPU	Pentium M 1.7GHz
RAM	512MB
Wireless Interface	IEEE802.11g
OS	Fedora core 3

AP	
GW-AP54SGX (PLANEX)	
IEEE802.11g	

表 1 実験機器性能

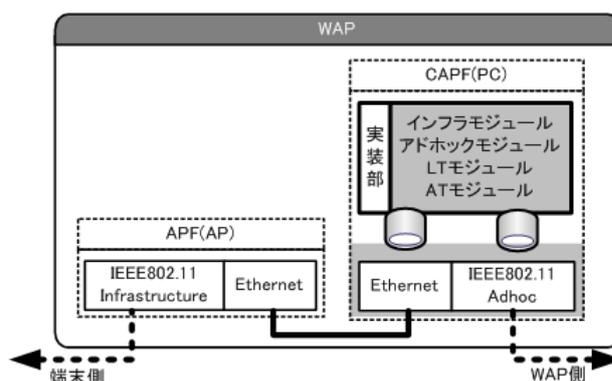


図 8 WAP 構成図

4.3. 実験結果・考察

(1) RTT の計測

ping による RTT の計測結果を表 2 に示す. Ping のパケットサイズは 80・300・1500byte とし, 各サイズとも 50 回を 1 セットとした通信を 3 回行った. これらのパケットサイズは, それぞれで DIF ブロックサイズ(音声動画通信でよく使用される Digital Video フォーマットにおける最小単位), 音声通信で考えられる最大パケット長, MTU パケットの最大値に相当する. また 1hop での通信では ping を流し続け, 追い越しによる車両入れ替え時の計測も行なった. 入れ替え時のデータを表 3・図 9 に示す. 車両の最大相対速度は約 20km/h とした.

表 2 RTT の計測結果

1hop・80byte					2hop・80byte				
	1回目	2回目	3回目	静止時		1回目	2回目	3回目	静止時
最大	97	1021	203	11	最大	1915	1220	2007	327
最小	4	3	4	3	最小	4	9	7	3
平均	20.4	33.2	15.5	4.7	平均	85.5	173.3	398.6	11.1

単位(msec)

1hop・300byte					2hop・300byte				
	1回目	2回目	3回目	静止時		1回目	2回目	3回目	静止時
最大	497	90	1124	8	最大	1738	2865	2762	98
最小	3	5	7	3	最小	162	9	13	4
平均	17.6	15.3	52.7	4.8	平均	203.5	285.9	249.0	9.4

単位(msec)

1hop・1500byte					2hop・1500byte				
	1回目	2回目	3回目	静止時		1回目	2回目	3回目	静止時
最大	1825	894	509	57	最大	1452	2304	3174	55
最小	20	20	11	5	最小	29	28	16	7
平均	95.5	98	73.4	10.1	平均	319.3	196.4	275.8	13.8

車両入れ替え時
1hop・300byte

最大	1028
最小	6
平均	21.2

単位(msec)

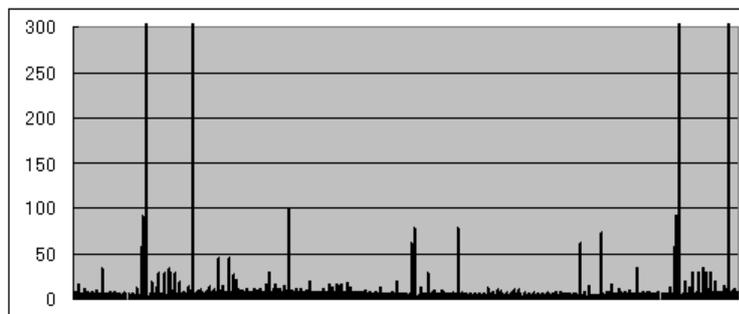


表 3・図 9 1hop 通信環境下での車両入れ替え

1hop・2hop とともに、極端に RTT が大きくなる場合が見受けられた。静止時での通信でもこのような現象が起こるためパケットキャプチャをして調査した結果、アドホックのルーティングプロトコルが動作しているタイミングで RTT が変化していることが判明した。1000ms を越える極端なデータを除いた場合、RTT は表 4 で示されるような数値内に収まった。1hop での通信では収束範囲が狭く安定した通信を行えているが、2hop では収束範囲が広く通信が安定しづらいことが伺える。また、静止時は 1hop で 5~10ms, 2hop で 10~15ms の間で RTT が収束している点やアドホックルーティング動作時による値の変動の大きさが移動通信時よりも小さいことから、移動通信が通信の安定に与える影響はかなり大きいことがわかる。

表 4 RTT 収束範囲

	80byte	300byte	1500byte
1hop	5~10	10~20	30~50
2hop	10~80	30~120	50~250

単位(msec)

しかしながら、音声通信の最大パケットサイズを想定した 300byte の ping における RTT は 1hop・2hop とともに音声通信の許容遅延時間である 200ms 以内であるため、ディレイによって会話が成り立たなくなることはないと考えられる。

車両入れ替え時では並走時に比べ、RTT が 50ms を越える割合が若干増えてはいるが、全体の平均は 21.2ms となり大きな差は見られなかった。この結果より最大相対速度が 20km/h であれば速度の影響をあまり受けず通信を行えると言える。

(2) スループットの計測

TCP・UDP のスループット測定結果を表 5 に、FTP のスループット測定結果を表 6 に示す。TCP・UDP とともに 10 秒間パケットを送信した時のスループットで、5 回試行の平均を取った。また RTT の計測と同様に 1hop 通信環境下における追い越し時のスループット計測を行った。FTP は 10Mbyte のファイル転送を 5 回行なった。

表 5 netperf によるスループットの計測結果

TCP スループット

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均	静止時	追い越し
1hop	0.63	0.41	0.67	1.31	2.2	1.283	4.12	2.8
2hop	0.71	0.79	1.09	0.31	0.76	0.732	2.861	

単位(Mbps)

UDP スループット

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均	静止時	追い越し
1hop	0.33	0.33	0.6	0.39	0.36	0.402	0.87	0.52
2hop	0.2	0.4	0.14	0.19	0.44	0.31	0.54	

単位(Mbps)

表 6 FTP スループットの計測結果

1hop・FTP

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均	静止時
転送速度	2.546	2.109	1.978	2.385	1.448	2.093	4.44
転送時間	31.42	37.92	40.44	33.53	55.22	39.7	18.1

単位：転送時間(sec) 転送速度(Mbps)

2hop・FTP

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均	静止時
転送速度	0.695	2.096	1.501	1.81	0.673	1.355	2.995
転送時間	115.08	38.16	53.28	44.19	118.74	73.89	26.87

単位：転送時間(sec) 転送速度(Mbps)

1hop・2hop とともに静止時での通信と比べ、TCP で約 75%、UDP で約 50% の性能劣化が見られた。これは無線通信におけるパケットロスの影響であると考えられるが、車両入れ替え時のスループットが並走時よりも高スループットであることから WAP 間との距離がスループットに大きく関わっていることが推測できる。

UDP のスループットは 1hop で平均 402kbps、2hop で平均 310kbps になった。電話・音声ストリーミングに必要なスループットは 64kbps・320kbps であることから 1hop・2hop での通信は可能であると考えられるが、ビデオストリーミングやビデオ会議といった動画通信では 1.5~2Mbps のスループットが必要であるため、高品質の画像を送受信することは難しいと判断できる。

FTP でのスループットは静止時と比べ約 60% の性能劣化が見られた。しか

しながら、1hop で 2.093Mbps, 2hop で 1.355Mbps という数値は現在主流である FOMA を代表とする第三代携帯電話の最大転送容量 384kbps を上回っている。遠距離間でのデータ転送においては携帯電話のほうが有利ではあるがグループコミュニケーションシステムのように比較的近い距離に位置する端末同士がデータを共有する際には十分な性能であると言える。

(3) NetMeeting による音声・動画通信の確認と連続音声のストリーミング再生

1hop, 2hop 環境下で NetMeeting による音声通信の確認を行うことができた。1hop, 2hop ともに品質が良く、音声途切れる、ノイズが入るといったことも無く通信を行うことができた。またディレイに関しては比較対象として携帯電話と同時に通信を行って見たところ、NetMeeting による通信のほうが若干遅く聞こえる程度で、会話が成立しないほど音声が遅れるという場面は見られなかった。

一方、動画通信では 1hop と 2hop との間に大きな差が見られた。1hop では画像が乱れながらも人物を特定することができるデータを受信することができたが、2hop の通信では図 10 の様に画面がモザイク上になり人物を認識することが困難な画像しか受信することができなかった。

ストリーミング再生では通信を行いながら車両の配置を入れ替え音声の途切れ具合を確認した。追い越し・追い抜き時の波形を図 11 に示す。2hop で通信を行っている状態から、車 B・車 C が同じ速度を保ちながら車 A を追い抜くことで 1hop での通信に切り替え、さらに車 A が速度をあげ再度 2hop での通信に切り替えた。

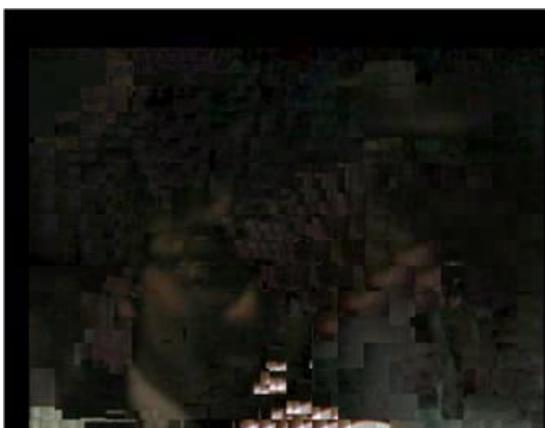


図 10 2hop 時の受信画像

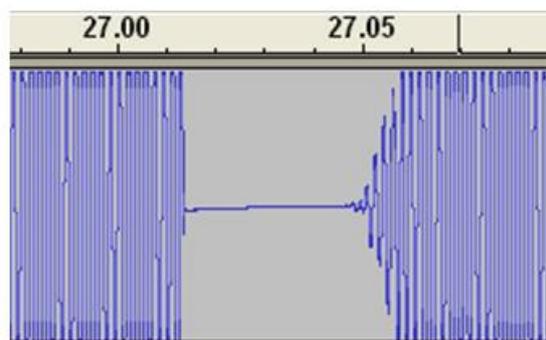


図 11 ストリーミング再生

RTT・スループットの結果から示されるように、音声通信においては十分な品質での通信を行うことができたが、動画像の通信については実用レベルでの通信を行うことができなかった。特に 2hop 通信時における大幅な映像の劣化より WAP 自体の性能だけではなく通信距離やアドホックルーティングが性能に及ぼす影響は大きいと考えられる。よりよい品質での通信を行うには、WAP 間の距離を考慮しながら中継する WAP を選択しパケットロスを防ぐ方法や車車間通信に適したアドホックルーティングの採用といった手段が考えられる。

ストリーミング再生では中継 WAP の切り替え時に約 0.05 秒の音声の途切れが発生したが品質的には問題無い。音声自体においてはノイズも入ることが無く高品質のものが送受信できたため、1 台の車が聞いている音楽を複数台で同時に共有するといったアプリケーションの実現が可能であることが示された。

5. まとめ

本稿では、メッシュネットワークを実現する方法として研究室において独自に研究している WAPL を車車間通信に適用した。提案方式ではアクセスポイント間でのみアドホックルーティングが適用されるためトラヒックの量を抑えることができる。また、端末はパケットの転送を行なわないため電力消費の問題を改善することが出来る。また、車車間通信に WAPL を適用する上で必要となる 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。IP アドレスの割り当てでは分散 DHCP 方式、名前解決では端末が自律的に解決できる NBT の適用を検討した。

WAPL を実装した実験では 1hop・2hop 等のシンプルな通信環境下での音声通信やストリーミング再生ができることを示すと共に、通信性能の評価を行なった。移動通信が性能に与える影響は音声通信に対しては十分な性能があることが示された。一方、動画像通信では実用レベルでの使用は難しいことがわかり、移動通信における性能劣化の原因を突き止めるためにも、さらに詳しい条件を追加した実験を行なう必要がある。

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、提案方式である分散 DHCP による IP アドレスの取得、NBT による名前解決を実装した WAPL で通信実験を行い、今回のデータと比較をする。

謝辞

本研究に関して、研究の方向や進め方など終始御熱心な御指導と御教示を賜りました、名城大学工学部情報科学科 渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、副査として、貴重な御意見を頂きました、名城大学工学部情報科学科 小川明教授に心より厚く御礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、副査として、貴重な御意見を頂きました、名城大学工学部情報科学科 津川定之教授に心より厚く御礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、副査として、貴重な御意見を頂きました、名城大学工学部情報科学科 宇佐見庄五講師に心より厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 電波産業会(ARIB) “狭域通信(DSRC) システム”, ARIB STD-T75 1.0 版 ,2001
- [2] ホンダ:インターナビプレミアムクラブ, <http://www.premiumclub.co.jp>
- [3] TOYOTA:G-BOOK, <http://g-book.com/pc>
- [4] インターネット ITS 協議会, <http://www.internetits.org>
- [5] 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
- [6] A.Festag(NEC Europe), Fleetnet:Bringing Car-to-Car communication into the Real world, 11th ITS World congress,2004
- [7] 孫他, グループ走行支援のための車車間位置情報ルーティングプロトコル, Dicom2006 シンポジウム, 2006,6
- [8] 坂田他, ”アドホックネットワークと無線 LANメッシュネットワーク”, 電気情報通信学会論文誌, vol.89-B, No.6, pp811-823, 2006
- [9] 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
- [10]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(WiNF2006)論文集, 2006,9
- [11]C. Perkins S . Das , “Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Rourtig”,RFC3561, 2003.7
- [12]T.Clausen,P.Jacquet, “OptimizedLinkState Routing Protocol (OLSR)”,RFC3626, 2003.10
- [13]R.Ogier M.Lewis,“Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF)”, RFC3684, 2004.2
- [14]”The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)”, draft-ietf-manet-dsr-09.txt, 2003.4
- [15]R.Droms, “Dynamic Host Congiguration Protocol”, RFC2131.1997.3
- [16]S.Alexander,and R.Droms, “DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions”, RFC2132,1997.3
- [17]J.P.JEONG, ”Ad Hoc IP Address Autoconfiguration”, INTERNET DRAFT 2004.2
- [18]S.Nesargi and R.Prakash, ”MANETconf: Configuration of Hosts in a Mobile Ad Hoc Network”, in Proc. of IEEE INFOCOM 2002, NewYork, 2002,5
- [19] “PROTOCOL STANDARD FOR A NetBIOS SERVICEON A TCP/UDP TRANSPORT : CONCEPTS AND METHODS”,RFC1001 1987,3

[20]“PROTOCOL STANDARD FOR A NetBIOS SERVICE ON A TCP/UDP
TRANSPORT : DETAILED SPECIFICATIONS”,RFC1002 1987,3

研究業績

- 1) 大石泰大, 渡邊晃, ”MANET による車車間マルチホップ通信における名前解決手法”, 電気関係学会東海支部連合大会, Sep.2004
- 2) 大石泰大, 渡邊晃, ”WAPL を適用した車車間通信の実現”, 情報処理学会第 67 回全国大会, Mar.2005
- 3) 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 シンポジウム論文集, vol.2005, pp.153-156, Jul.2005
- 4) 大石泰大, 竹尾大輔, 増田真也, 渡邊晃, ”WAPL を適用した車車間通信の実現”, 情報処理学会研究報告, 2006-MBL-036, No.14, pp.31-36, Feb.2006
- 5) 加藤佳之, 大石泰大, 増田真也, 渡邊晃, ”WAPL とインターネットの接続に関する検討”, 電気関係学会東海支部連合大会, Sep.2005
- 6) 加藤佳之, 大石泰大, 増田真也, 竹尾大輔, 渡邊晃, ”無線アクセスポイントリンク”WAPL”とインターネットの接続に関する検討”, 情報処理学会第 68 回全国大会, Mar.2006
- 7) 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”, DICO2005 シンポジウム論文集, vol.2006, pp.681-684, Jul.2006