

車車間通信に適したアドホックネットワーク

若山 公威

1. はじめに

無線デバイスを有する複数のデバイスが、あらかじめ特殊なインフラなしにその場でネットワークを構成するアドホックネットワークの研究が行われており、IETF (Internet Engineering Task Force) の MANET (Mobile Ad Hoc Network) ワーキンググループ[1]にて標準化が進められている。当初は、災害発生時の被災地、展示会場での利用などが想定されていたが、近年は、ITS (Intelligent Transport Systems) 分野の車車間通信への適用も検討されている。

ITS とは、情報通信技術を用いて交通システムの高度化をすすめ、交通環境の問題解決を図るものである。現在実現されている ITS の代表的な技術としては、VICS (Vehicle Information and Communication System) と ETC (Electronic Toll Collection System) がある。高速道路や都市部の幹線道路では自動車台数が多いため、道路脇に混雑状況などを調べるための装置を設置することも可能である。しかし、交通量が少ない道路においてはコストを考えると現実的ではない。また、VICS の場合は全ての車が同じ渋滞情報を持つため、各車両が同じ回避行動をとって新たな渋滞が発生してしまう。

これに対して、アドホックネットワークを用いた車車間通信では、走行する車両に無線装置を搭載するだけで良く、道路側の設備は不要である。

近隣の車両と通信をして情報を交換し、必要ならばさらに近隣車両に転送することにより、目的車両まで情報を届けるためである。また、各車両がその場所に応じて異なった情報を持つため、全車両が同じ情報を持つ場合と異なり、新たな渋滞を避けることができる。

渋滞などの交通情報だけでなく、緊急情報を送信することも可能である。例えば、ある車両が急ブレーキで止まる場合に、その後方を走行している車両に情報を送信することにより、衝突を回避することができる。また、緊急車両から周辺の車両に進行方向を送信することにより、スムーズに進路を確保することができ、早く現場へ到着することが可能となる。

しかし、通常のアドホックネットワークをそのまま車車間通信へ適用すれば良いわけではない。車車間でアドホックネットワーク通信を用いて交通情報をやりとりする方式が提案されており研究がされているが、現状ではコンピュータシミュレーションによる研究がほとんどであり、実車実験を行っているものは少ない。また、通常の交通情報の配信が多く、緊急情報に関してはまだ検討がされていない。本稿では、交通情報や緊急情報などの配信を行う車車間通信に適したアドホックネットワーク通信方式についての現在の研究状況をまとめ、適したプロトコルの考察をする。

2. MANET のルーティングプロトコル

アドホックネットワークのルーティングプロトコルは、IETF の MANET ワーキンググループにおいて標準化が進められている。提案されているルーティングプロトコルとしては、AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) [18]、DSR (Dynamic Source Routing) [19] などがある。

これら MANET によるルーティングプロトコルでは、最小ホップ数のルートが選択されるため、もし電波伝搬状態の悪いリンクが選択されるとリンクが切断されやすくなる [9]。また、リンクが確立しても、中継ノードが移動することによりデータの中継ができなくなってしまう場合がある。

このため、最小ホップ数によるルート選択は車車間通信には適していない。

この他、車両はランダムに移動するのではなく道路や交差点などの物理的構造に従う、十分な電力供給が可能であるといった違いがある。一般に MANET のプロトコルでは、このような前提がされていない。このため、MANET とは別のプロトコルを考える必要がある。

3. 位置情報を用いたルーティングプロトコル

通常、車両は道路上を走行するため、現在の位置と速度情報を用いることにより、短時間後の移動先の範囲を絞ることが可能である。近年は GPS (Global Positioning System) を装備した車両が増加しており、自車両の現在位置をある程度正確に求めることが可能である。さらに電子道路地図との組み合わせにより、精度を高めることができる。アドホックネットワークを車車間通信に適用する際も、この位置情報を用いることにより経路検索などの向上が可能と考えられる。ここでは、速度を含む位置情報を用いたルーティングプロトコルをいくつか取り上げて、車車間通信に利用可能かどうか検討をする。

3.1. FORP

FORP (Flow Oriented Routing Protocol) [14] は、IPv6 による動画や音楽のようなリアルタイムデータの受信をアドホックネットワークで行うために考えられたオンデマンド型プロトコルである。各ノードでは GPS などにより自身の速度と移動方向が分かるものとし、各リンクにて LET (Link Expiration Time) という通信可能時間を定義する。ノード 1 の速度が v_1 で、移動方向が θ_1 、座標が (x_1, y_1) 、ノード 2 の速度が v_2 で、移動方向が θ_2 、座標が (x_2, y_2) の場合、ノード 1 - 2 間のリンクの LET は式(1)で表される。 r は電波の到達範囲である。

$$LET = \frac{-(ab+cd) + \sqrt{(a^2+c^2)r^2 - (ad-cb)^2}}{a^2+c^2} \quad (1)$$

ここで

$$a = v_1 \cos \theta_1 - v_2 \cos \theta_2$$

$$b = x_1 - x_2$$

$$c = v_1 \sin \theta_1 - v_2 \sin \theta_2$$

$$d = y_1 - y_2$$

送信をしたいノードは、経路検索時に、自身の ID、最終宛先の ID、シーケンス番号を入れた Flow-REQ メッセージをフラッディングする。 $k-1$ ホップ目のノードは、 k ホップ目のノードに送るパケットのヘッダ部に自身の位置情報、速度情報、進行方向情報などを入れる。 k ホップ目のノードにて LET を計算し、Flow-REQ パケットに自身の ID とともに追加していく。同一シーケンス番号の Flow-REQ を 2 回目以降に受け取った場合は通常転送しないが、もし前回の経路より良い経路であった場合（ホップ数が小さい、LET が大きい）には転送をする。これにより、通信可能時間が長い経路を探すことができる。

経路における最小の LET 値を RET (Route Expiration Time) と定める。宛先ノードは、受け取った Flow-REQ メッセージ内の LET から RET を求めて、RET が最も大きい経路を選ぶ。そして、この経路の逆方向に送信元ノードへ向けて Flow-SETUP メッセージを送り返す。

フローデータの通信中も経路上の各ノードは LET を計算し、データパケットに載せて転送していく。最終宛先では常に現経路の RET を計算し、クリティカルタイムと判断した場合やルートが破棄される時間になると Flow-HANDOFF メッセージを生成し、Flow-REQ と同様の手順でフラッディングを行う。送信ノードが Flow-HANDOFF を受け取るとメッセージ中

に含まれる情報を元に最善の経路を決定し、以前の経路を切断する。

以上のように、FORP では通信可能時間という概念を採り入れて、通信可能時間が長くなる経路を探すことにより、移動ノードを経由しても安定した通信が可能となっている。したがって、車車間通信に適用することが可能であると考えられる。ただし、コスト指標としてRET が望ましいかどうか検討の余地がある。

3.2. FORP をもとにしたプロトコル

文献[15]では、FORP の指標RET の計算方法をいくつか変更して比較シミュレーションを行っている。具体的には、合計法、最大値法、平均法の3つの比較をしている。最大値法はFORP オリジナルの計算方式と同じである。この結果、合計法がホップ数の短い経路を選択することになり、その結果、到着率も上がることが明らかとなった。つまり、FORP において、ホップ数が増加する経路を避けつつ、より通信可能時間を増やすには、合計法が適しているということである。通常、ホップ数が増加するとスループットが減少する。また遅延時間も増加してしまう。このため、ホップ数の増加は避ける必要がある。

文献[15]では、BNAR (Busy Node Avoidance Routing) も提案している。BNAR では、観測時間の間に端末が送信または受信状態であった時間の割合をビジー割合と定義している。「隣接ノードからの干渉トラフィック量も考慮している」とのことなので、隣接ノードが他ノードへ送信している通信時間も含んでいると考えられる。このビジー割合の合計が最小となる経路を選ぶ。このようにビジー割合の高い端末を避けることにより、トラフィックの集中を回避し、その結果、衝突や伝播遅延が起りにくい経路を構築するものである。また、経路コストを計算する際に合計法を用いることにより、ホップ数の増加を避けることができる。

シミュレーションの結果、通信可能時間に基づくルーティングで得られる経路は、トラフィックが低い状態で低いオーバーヘッドが得られてい

る。BNAR を用いるとトラフィックが高い状態で伝播遅延が小さくなることが明らかとなっている。

3.3. RSR

文献[16]では、RSR (Relative Speed-based Routing) を提案している。RSR は、隣接車両間の相対速度や車間距離変化量を算出し、その累積値が最小となる経路を選択するルーティングプロトコルである。シミュレーションの結果、AODV 及び FORP と比較してパケット到着率、経路の安定度ともに RSR のほうが優れた結果となっている。FORP のシミュレーションには最大値法を用いていると考えられるが、合計法を用いた比較も必要である。

3.4. 位置情報を用いたその他のルーティングプロトコル

LAR (Location-Aided Routing) [17]では、送信先ノードが以前いた場所と平均速度をもとに現在存在すると予測される範囲を算出して、ルート探索パケットの送信範囲を制限している。FORT とは違い、ルート上のリンクの安定性は考慮されていない。

文献[12]では、地図情報を用い、なるべく車両の流れに沿った通信経路を構築することで、ノード移動による切断の可能性を低減させている。送信ノードは移動しない前提であるので、緊急情報などの配信には適用できない。

文献[10]及び[11]では、アドホック通信プロトコルを用いて先行道路情報を配布するプロトコルを提案している。道路情報などの配布を想定しており、緊急情報のように即時性と信頼性が必要なデータについては検討がされていない。

4. フラッディング

ここでは、緊急情報の配信方式としてフラッディングの利用可能性を検討する。

4.1. フラッディング

フラッディングとは、送信したいパケットをブロードキャストにて電波到達範囲内の全ノードへ送信し、受信したノードが再びそのパケットをブロードキャストすることを繰り返すことで、ネットワーク内の不特定ノードへ同一情報の配信を行うものである。不特定ノードへ送信するのではなく、自身のルーティングテーブルに載っていない特定のノードへ送信するために利用することもある。この場合は、目的のノードに届いたら、そのノードは転送をしない。また、TTL (Time To Live) にて転送回数を制限することもある。

フラッディングでは、新しいパケットを受け取ったノードは、必ず1度だけブロードキャストして近隣ノードへ転送することになる。近隣ノードが全て受け取っていたとしても、それを認識することができないからである。フラッディングされるパケットには、送信元ノードIDとシーケンス番号のような、他のフラッディングパケットと区別できるようなデータが入れられており、受け取ったノードはこの情報をローカルで保存しておく。この情報を用いて、ノードが同一内容のパケットを2度目以降受け取った場合には転送はしない。

フラッディングの利点として、制御情報は一切不要であり、制御が容易であることがあげられる。欠点としては、余分なブロードキャストによりネットワーク帯域を圧迫することがあげられる[8]。さらに、ブロードキャストの信頼性が低いという問題もある。これについては次の節にて説明する。

4.2. ブロードキャストの信頼性

IEEE802.11 では、同一の無線チャンネルを複数の端末で共有するためにアクセス制御機能を実装している。複数の端末がデータを送信する際の競合の制御方法は2種類定義されており、パケットの衝突を前提とした自律分散的な DCF (Distributed Coordination Function) 方式と、ポーリングによりパケットの衝突を発生させない PCF (Point Coordination Function) 方式がある。IEEE802.11 では DCF を必須の機能とし、PCF をオプションとして定義している。PDF はアクセスポイントからポーリング信号を受け取った端末が送信を許可される方式であり、アドホックネットワークには適用できない。そのため、アドホックネットワークでは DCF が利用される。

DCF では、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) と呼ばれる手順に基づいてパケットを送信する。CSMA/CA では、ユニキャスト通信の場合、データパケットを受信した端末は ACK (Acknowledgement) パケットの返信を行い、ACK パケットの返信がない場合に送信端末がデータパケットの再送を行うことでデータ通信の信頼性を確保している。一方、送信範囲内に存在する全端末にパケットを送信するブロードキャスト通信の場合、複数の受信端末が存在するため、ACK パケットの返信およびブロードキャストパケットの再送は行われぬ。このため、電波状態の悪化やパケットの衝突によって、送信されたパケットを正常に受信できない端末が生じ、ブロードキャスト通信の信頼性が劣化するという問題がある。

4.3. フラッディングの改良方式

緊急情報の場合は即時性が優先されるため、複雑な制御を行うよりも、フラッディングにより配信するのが良いと考えられる。しかし、フラッディングにおいては、無駄なパケット転送による帯域の圧迫が大きな問題となることが知られており、この問題を解決するために多くの研究が行われている[22]。

文献[22]では、改良プロトコルを次の3種類に分類している。

- **Probability Based Method**

転送するかどうかを確率に基づいて決めるもの。一定時間内に受け取ったパケット数などに応じて転送するかどうかを決定するものもある。重複パケットチェック方式と呼ばれるものも含まれる。

- **Area Based Method**

距離情報を用いることにより、パケットを受け取った場合、送信したノードから近いノードは転送しないで、遠いノードのみが転送するもの。

- **Neighbor Knowledge Method**

隣接ノードから定期的に Hello メッセージを受け取り、隣接ノード情報をもとに送信するかどうかを決めるもの。

Probability Based Method の一種である重複パケットチェック方式は、パケットを受信した際に、すぐには転送せずにある時間の待機を行い、待機時間内に他の端末から同一のパケットを受信した際には、自身のパケット転送を中止する方式である。MCMS (Maximum Coverage with Minimum Spheres) [23]では、受け取ったパケットの発信元ノードとの距離に基づいて待機時間を決定している。文献[5]では、重複パケットチェック方式にて、待機時間を受信電波強度に基づいて決定する方式を提案している。待機時間を設けることにより、パケットの衝突を回避できると考えられる。しかし、パケットの衝突状況を計測、あるいは予測することにより、さらに効率的に待機時間を決める方式の考案が望ましいだろう。

4.4. 複数回フラッディング

1回の送信で届かない場合があり得ることを考慮に入れると、同じデータを複数回フラッディングする必要がある[4]。しかし、短い時間間隔でフラッディングを繰り返すとパケットの衝突が起きてしまい、トータルでの到着率が上がらないことになる。一方、間隔を長くすると、トータルでの

到着時間が長くなってしまふ。緊急情報の場合、到着率はもちろん高いほうが良いが、到着時間の遅延も小さいほうが良い。

文献[6]では、ノード数50のときにフラッディングを行う時間間隔を変更してトータルでのパケット損失を調べて、パケット損失が20%以下になる間隔を求めている。しかし、最適な時間間隔は、その場のノード数や移動の仕方などの状況により変化すると考えられるので、無線の使用状況に応じてフラッディング間隔を動的に変更できる方法を検討する必要がある。

5. 実環境での実験

アドホックネットワークの研究のほとんどが計算機シミュレーションによる評価のみで、実際の環境での実験は小規模なものにすぎない。車車間通信に適用されたアドホックネットワークの実験についても同様である。

ここでは、まず、実際の環境で実験を行う際に問題となる事項についてまとめる。次に、実車を使った実験について紹介し、今後解決すべき問題点についてまとめる。

5.1. グレーゾーン

アドホックネットワークでは安定した通信が困難である。その理由の1つとして、グレーゾーンがある[7]。グレーゾーンとは、ブロードキャストのパケットは低いレートで送信されるため受け取ることができるが、データパケットは高いレートで送信されるため受信できない領域のことである。アドホックネットワークの各種ルーティングプロトコルで使われるHELLOパケットはブロードキャストで送信されるため、端末の存在は分かっているにもかかわらずデータを送信できないことになってしまう。電波状態は常に変動しているため、グレーゾーン付近でのHELLOパケットは、バースト的に受信できたりできなかったりする場合がある。

重要なデータを送信する場合には、グレーゾーンに存在するノードを中継ノードに選ばないほうが好ましい。しかし、どのノードがグレーゾーンに存在しているかを正確に把握するのは困難である。

5.2. 信号強度

信号強度を用いたルーティングプロトコルがいくつか提案されている[3][13]。できるだけ信号強度が高い経路を選ぼうとするものである。

しかし、ノードが存在する場所でのパケットエラー率が低いかどうかを、信号強度の値のみから判断するのは困難である[2]。文献[2]では、中継ノード候補を選出するための信号強度の閾値を受信信号強度の変動値を考慮して決定している。そもそも、信号強度からパケットエラー率を求めることは不可能であるため、信号強度をもとに中継ノードを選んだとしても、安定な通信となるかは不明である。信号強度のみを利用するのではなく、他のメトリック値と組み合わせて利用するべきである。

5.3. シャドーイングとマルチパス・フェージング

実際の車両におけるマルチホップ通信においては、車両の移動だけでなく、他の車両などの遮蔽物が存在することにより電波が減衰するシャドーイングが無視できない。

また、送信端末から隣接の端末へ電波を送信する場合、常に1つの経路で届くのではなく、道路や建物などに反射して届く遅延時間の異なる電波もある。受信端末では、これらの電波の総和となり変動が生じる。これをマルチパス・フェージングという。

電波伝播モデルに基づき数学的に、シャドーイングとマルチパス・フェージングによる影響を求めることは困難である。このため、実環境での実験は試行錯誤的に行われることとなり、実験の再現性が低くなる。

文献[3]では、GPSからの位置情報を利用して、端末間距離に応じたメトリックを経路算出に反映するルーティングプロトコルを提案している。さ

らに、電波伝搬状況を監視してマルチパス・フェージングが発生する距離範囲でイベント的にメトリック値を変化させて経路を変更させる方式を提案している。特定の環境のみで実験を行っただけなので、さらなる実環境での検証が必要であろう。

5.4. 実車実験

FLEETNET[20]では走行している実車を用いた3ホップのマルチホップ通信実験を行っている。位置情報を用いたルーティングプロトコルを使用している。実験の結果、無線エラーやトポロジー変化によりパケット損失が発生する状況でのデータ送信の信頼性や最適化など依然として多くの課題があるとしている。

文献[21]では、IEEE802.11bなどを用いて走行している車車間で通信実験を行っている。良好な結果が得られているものの、車両2台間での1ホップの通信であり、マルチホップ実験は行っていない。

文献[3]では実車4台を用いて3ホップまでのマルチホップ通信実験を行っている。4台のうち3台は停止した状態での実験となっている。

以上の通り、実車実験を行っていても小規模なものであったり、良好な結果が出ていなかったりしており、実用化が可能な段階とは言えない。これは、無線の不安定さ、マルチホップによるスループットの低下が大きく関係しているだろう。車載可能で高速な無線装置が普及するには、無線方式の標準化と法整備、そして機器の低価格化を待つ必要がある。現状の無線機器を使う場合は、再送することもあらかじめ考慮にいれ、道路上のさまざまな不安定環境を前提にしたプロトコルを考案し、実車実験により検証していくしかない。

6. 考察

これまでの内容をもとに、車車間通信に適したアドホックネットワーク

についての考察を行う。

車車間通信を安定化させるには、最小ホップ数の経路を選ぶルーティングプロトコルではなく、FORP のように GPS により取得した位置情報から位置予測を行い、車両走行時の特性を通信経路構築に生かすものが適していると考えられる。ただし、FORP のコスト計算方式は、まだまだ検討の余地がある。通信可能時間のみではなく、トラフィックの混雑状態も考慮に入れて、総合的に効率的な経路を選ぶためのコスト計算方式を検討する必要がある。

道路上では、通信可能時間であってもシャドローイングやマルチパス・フェージングによりパケットが届かない場合がある。1つしか経路がない場合は、無線方式の安定性向上を待つしかない。複数の経路がある場合は、通信可能性が高い経路を選べるような工夫により対応できる。一方、グレーズーンは距離に関連するものである。近いほど届く確率が大きく、遠いほど届く確率が小さいといえる。無線の通信範囲を 100 m などと固定するのではなく、その中でも距離に応じた関数にすることにより対応が可能である。

緊急情報を配布する場合は、フラッディングをもとに改良するのが良いだろう。高速道路上の場合、移動方向を限定してのフラッディングも有効だ。ただし、改良する際に注意が必要である。位置情報だけに頼って、特定のノードにのみ中継の役割を負わせる方式では、そのノードがパケットを受け取れなかったら、他のノードも受け取れなくなる。特に緊急情報の場合は1回のみ送信ではなく、同じデータを数回送信する前提でプロトコルを構築しなければいけない。そして、BNAR などの方式を用いて、トータルでの衝突率を下げることを検討すべきである。評価の際も、数回送信した場合でのトータルの到着率を考えなければいけない。

7. おわりに

本稿では、アドホックネットワークを車車間通信で利用する際に考慮すべき点と、現在の研究状況をまとめた。そして、これらをもとに相応しいプロトコルの考察をした。今後は、具体的にプロトコルを構築して、シミュレーションにより有効性を検証していく。

参考文献

- [1] <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] 板谷聡子、長谷川淳、長谷川晃朗、デイビス ピーター、門脇直人、小花貞夫：不安定な無線環境における大規模アドホックネットワークの安定化、情報処理学会論文誌、Vol.46, No.12, pp.2848-2856, 2005年
- [3] 渡辺正浩、湯 素華、小花貞夫：位置情報に基づきマルチパスフェージングを考慮した移動体向けアドホックルーティングプロトコルの特性評価、情報処理学会論文誌、Vol.47, No.12, pp.3214-3224, 2006年
- [4] 板谷聡子、長谷川淳、近藤良久、末廣信哉、デイビス ピーター、鈴木龍太郎、小花貞夫：車車間通信における音声配信方法の提案、情報処理学会研究報告 2007-MBL-41, pp.57-60, 2007年
- [5] 小菅昌克、門洋一、田中信介：無線アドホックネットワークにおけるフラディングを用いた情報配信方式の一検討、電子情報通信学会 信学技報 IN2002-118 MoMuC2002-58 MVE2002-69, pp.11-14, 2002年
- [6] 板谷聡子、長谷川淳、近藤良久、デイビス ピーター、鈴木龍太郎、小花貞夫：転送リストを用いたフラディング方式の実証実験、第6回情報科学技術フォーラム論文集、pp.153-154, 2007年
- [7] Henrik Lundgren, Erik Nordstrom, Christian Tschudin: Coping with Communication Gray Zones in IEEE 802.11b based Ad hoc Networks, Proceedings of the 5th ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia, pp.49-55, 2002
- [8] Sze-Yao Ni, Yu-Chee Tseng, Yuh-Shyan Chen, Jang-Ping Sheu: The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network, Proceedings of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), pp. 151-162, 1999

- [9] Douglas S. J. De Couto, Daniel Aguayo, Benjamin A. Chambers, Robert Morris: Performance of Multihop Wireless Networks: Shortest Path is Not Enough, ACM SIG-COMM Computer Communication Review, Vol.33, No.1, pp.83-88, 2003
- [10] 齋藤正史、塚本淳、船井麻祐子、梅津高朗、北岡広宣、寺本英二、東野輝夫：先行経路上の道路情報取得用アドホック通信プロトコルの開発、情報処理学会論文誌、Vol.46, No.11, pp.2695-2703, 2005年
- [11] 塚本淳、齋藤正史、梅津高朗、東野輝夫：先行道路情報取得プロトコル RMDP の設計と評価、情報処理学会論文誌、Vol.47, No.4, pp.1248-1257, 2006年
- [12] 孫為華、山口弘純、楠本真二：安定性の高い経路を構築する車車間ルーティングプロトコル、情報処理学会論文誌、Vol.47, No.7, pp.2141-2150, 2006年
- [13] Rohit Dube, Cynthia D. Rais, Kuang-Yeh Wang, Satish K. Tripathi: Signal Stability - Based Adaptive Routing for Ad Hoc Mobile Networks, IEEE Personal Communications Magazine, pp.36-45, 1997
- [14] William Su, Mario Gerla: IPv6 Flow Handoff In Ad Hoc Wireless Networks Using Mobility Prediction, Proceedings of IEEE GLOBECOM 1999, pp.271-275, 1999
- [15] 箱田純一、上原秀幸、横山光雄：リンクの寿命とノードの負荷を考慮したアドホックルーティングプロトコルの特性評価、電子情報通信学会論文誌、Vol. J85-B, No. 12, pp.2108-2118, 2002年
- [16] 吉田成志、新井国充、浅見重幸、三木哲也：車両アドホックネットワーク向けルーティング方式の提案、電子情報通信学会論文誌、Vol. J88-B, No. 8, pp.1434-1443, 2005年
- [17] Young-Bae Ko, Nitin H. Vaidya: Location - Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks, Proceedings of ACM MOBICOM 1998, pp.66-75, 1998
- [18] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das: Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561, 2003
- [19] D. Johnson, Y. Hu, D. Maltz: The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4, RFC 4728, 2007
- [20] Andreas Festag, Holger Fuessler, Hannes Hartenstein, Amardeo Sarma, Ralf Schmitz: FleetNet: Bringing Car-to-Car Communication into the Real World, Proceedings of 11th World Congress on ITS, 2004
- [21] 永井俊明、水井潔：IEEE802.11b,802.11g,Bluetooth を用いた市街地道路にお

ける車車間通信実験、電子情報通信学会 信学技報 ITS2004-4, pp.19-24, 2004年

- [22] Brad Williams, Tracy Camp: Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks, Proceedings of the ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC), pp.194-205, 2002
- [23] 小出俊夫、渡部和：マルチホップ無線ネットワークにおける地域情報の配信アルゴリズム MCMS、電子情報通信学会 信学技報 CAS2001-69 CST 2001-22, pp.39-44, 2001年
- [24] Brad Williams, Tracy Camp: Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks, Proceedings of the ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC), pp.194-205, 2002