

## 車々間方向指定ルーチングプロトコル DORPx

進藤 直樹<sup>†</sup> 上原 秀幸<sup>††</sup> 大平 孝<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 豊橋技術科学大学情報工学系 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

<sup>††</sup> 豊橋技術科学大学未来ビークルリサーチセンター 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

E-mail: †shindon@comm.ics.tut.ac.jp, ††{uehara,ohira}@ics.tut.ac.jp

**あらまし** 本研究室では、グループ車両間での道路情報の交換等を目的とした車々間通信方式の開発を進めている。これまでに、高速道路を想定した方向指定ルーチング (Direction Oriented Routing Protocol : DORP) [1], 市街地道路を想定した道路ゾーンと方向指定によるルーチング (DORP enhanced by zonal road : DORPz) [2] と交差点に固定中継器を用いた方向指定ルーチング (DORP collaborating with fixed relay points : DORPr) [3] を提案している。車々間通信では車両の移動により各端末の位置は激しく変化するが、前後関係はあまり変化しない。また、安全運転の支援・事故回避のために周辺車両と定期的に情報交換をしている。DORPx (DORP 全方式の総称) は、これらの特徴を積極的に利用している。本稿では、交差点を含む道路環境を想定し、DORPx の特性評価を行う。  
**キーワード** ルーチングプロトコル, 車々間通信, 高度道路交通システム

## Direction Oriented Routing Protocols for Inter-Vehicle Communications

Naoki SHINDO<sup>†</sup>, Hideyuki UEHARA<sup>††</sup>, and Takashi OHIRA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Dept. of Information and Computer Sciences, Toyohashi University of Technology

Hibarigaoka 1-1, Tenpaku-cho, Toyohashi-shi Aichi, 441-8580 Japan

<sup>††</sup> Research Center for Future Vehicle, Toyohashi University of Technology

Hibarigaoka 1-1, Tenpaku-cho, Toyohashi-shi Aichi, 441-8580 Japan

E-mail: †shindon@comm.ics.tut.ac.jp, ††{uehara,ohira}@ics.tut.ac.jp

**Abstract** We introduce three routing protocols adapting to inter-vehicle communications proposed in our laboratory. The first routing scheme named DORP ( Direction Oriented Routing Protocol ) that decides a direction of packet forwarding by using information of a beacon [1]. The second scheme named DORPz ( DORP enhanced by zonal road ) that enables an efficient packet routing at intersections by using zone information of roads [2]. The third scheme named DORPr ( DORP collaborating with fixed relay points ) that employs a packet relay point which memorizes the directions of vehicle movement by receiving beacons and gives routing information to the other vehicle terminals [3]. The position of each vehicle changes frequently by the movement in the road, but the anteroposterior relationship is hard to change. In addition, the vehicles generally exchange information with neighboring vehicles for the support of the safety driving by inter-vehicle communication. DORPx ( the generic term of all DORP schemes ) actively utilizes these characteristics. In this study, we evaluate DORPx in road environment including intersections.

**Key words** routing protocol, IVC, ITS

### 1. まえがき

自動車交通の発達は日常生活に様々な利便をもたらし、近年、自動車は生活に欠かせないものひとつとなっている。しかし、自動車交通の発達が交通事故や交通渋滞、自然環境の悪化などの社会問題を引き起こしている。現在、このような道路交通問

題の解決手段として ITS (Intelligent Transport Systems) が注目されている [4]。ITS は情報通信技術を用いて人と道路と車両とを結ぶことにより、安全で便利で快適な交通システムの構築を目指す取り組みである。その一環として、無線による車両間の相互通信を行う車々間通信システムでは、安全運転の支援や車両間の情報交換の実現が期待されている。車々間通信の特

徴として、端末の配置が道路に沿って長い直線状になることや、5.8GHz 帯の DSRC を想定すれば通信距離も数百メートル程度であり、大型車両による遮蔽の影響が大きいことが挙げられる。よって、車々間通信にはマルチホップ通信が適していると考えられるが、マルチホップ伝送には動作環境に適したルーティングプロトコルが必要となる。そこで本研究室において、あて先端末の方向情報をもとにルートを固定せずにルーティングを行う方向指定ルーティングプロトコル DORP (Direction Oriented Routing Protocol) が提案されている。この従来方式では車々間通信システムの特徴に着目し、合流や分岐、交差点の存在しない高速道路を想定した環境において優れた性能を得た。しかし、交差点を含む市街地道路環境においては、交差点でのパケット中継成功率が劣化してしまうという問題がある。

道路情報の提供においては、走行する道路ゾーンごとに分かれた情報配信が必要となることが考えられる。また、現在では安全運転の支援のために車々間通信を単独で使用するのではなく、路車間通信との連携を取り入れることも検討されている。そこで本研究室では、DORP に改良を加えた交差点を含む市街地道路環境に適した2つのルーティングプロトコルも提案している。道路ゾーンと方向指定によるプロトコル (DORP enhanced by zonal road: DORPz) では、道路ゾーンを用い交差する道路を走行する車両を区別する。交差点にパケット中継器を設置した場合の車々間ルーティングプロトコル (DORP with relay points: DORPr) では、交差点を右左折した車両を記憶し、交差点での正確なパケット転送を行うパケット中継器を用いる。

本稿では、DORP・DORPz・DORPr の3つのルーティングプロトコルを同一の条件の下で評価することに加え、車々間通信と方向指定ルーティングの特徴を生かしたパケットの局所的な再送処理を導入した場合について評価する。

## 2. DORPx

車々間通信では車両の移動により各端末の相対位置は激しく変化するが、それらの前後関係はあまり変化しない。また、安全運転の支援・事故回避のために周辺車両と定期的に情報交換をしている。DORPx (DORP 全方式の総称) は、これらの特徴を積極的に利用している。また、DORPx では各車両端末は車両の前方向と後方向に指向性を持つ2つの指向性アンテナを持つ。これにより、受信したパケットの到来方向からパケットの送信端末が存在している方向を知ることが可能となっている。

一般的なルーティングプロトコルではブロードキャストの際に通信可能である端末すべてにパケットが伝播されるが、車々間通信の環境ではパケットの伝播方向は大きく前後の2方向に分けられることを利用し、前方・後方に1パケットずつ送信を行う。パケットに伝播方向情報を持たせ、その方向のみに中継させることで、冗長なトラフィックを減らすことができる。ユニキャストの際には、一度ブロードキャストにより宛先端末の存在する方向を探索し、その方向のみにパケットを送信する。

また、車々間通信のような車両端末が激しく移動する環境では、ルートを固定するとルートの切断が頻繁に生じてしまい、

ルートの再構築などのオーバーヘッドが発生する。ルートを固定せず、あて先端末の存在する方向へ中継を行っていくことで、ルートの切断が発生しなくなり、オーバーヘッドも減少する。

### 2.1 DORP

DORP は DORPx 全方式の基本となるルーティングプロトコルである。DORP では各車両端末は定期的な情報交換に用いるパケットに自車両 ID を付加し HELLO パケットとして用いている。HELLO パケットを受信した車両はパケットの受信方向 (車両の前か後) と受信強度を隣接車両テーブル (表 1) に記録する。この定期的な情報交換により得た前後情報を利用して、あて先車両の存在する方向を指定したパケット中継を行う。

DORP が管理するルーティングテーブルは隣接車両テーブルと方向テーブルの2種類である。隣接車両テーブルには HELLO パケットにより直接通信が可能と判断された端末が記録されている。方向テーブルには直接通信は不可能だが、存在する方向が分かっている端末が記録されている。2つのテーブルのエントリには有効期間が存在し、有効期間が過ぎた隣接車両テーブルのエントリは方向テーブルに移動され、方向テーブルのエントリの場合は破棄される。

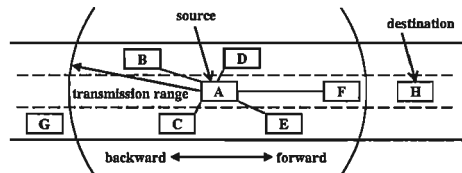


図 1 DORP 端末配置の例

表 1 DORP 周辺端末テーブルの例 (端末 A)

ID	Direction	Update time [s]	Received power [nW]
B	rear	5253.13	25.74
C	rear	5243.47	72.37
D	front	5252.63	81.37
E	front	5253.25	51.37
F	front	5251.51	6.26

表 2 DORP 方向テーブルの例 (端末 A)

ID	Direction	Update time [s]
G	rear	4725.27
H	front	4558.51

DORP では、車両の前後情報を利用して、あて先方向を指定したパケットの中継を行うため、あて先端末方向に存在するすべての隣接端末が中継端末候補となる。したがって、固定されたルートをを用いず複数の候補から中継端末を選択するため、リンク切れが起こりにくく、ルート再構築処理が低減される。一方、AODV 等の従来のルーティングプロトコルではパケットの中継端末はあて先に対応した1台のみ記録されている。そのため、リンク切れが起きた場合ルートの再構築が必要となる。

パケットの中継端末の選択には、隣接車両テーブルに記録された HELLO パケットの受信強度を用い、宛先端末方向に存在

する車両のうち、受信強度の順位が中央に位置するものを選択する。図 1、表 1、表 2 に示す例の場合、端末 E が選択されることとなる。

あて先端末の前後方向が不明の場合、方向探索のため発信車両があて先車両の方向を知るための方向探索パケットを車両の前後方向それぞれに 1 パケットずつ送信する（ブロードキャストする）。方向探索パケットを受け取った中継端末は、あて先端末と隣接している場合は直接パケットを転送し、そうでない場合は方向探索パケットに記載された方向情報をもとにパケットを転送する。あて先端末が方向探索パケットを受け取ったとき、パケットを受信した方向に対して方向探索応答パケットを送信する。

DORP のルーチング手順は以下の通りである。

(1) 発信車両端末の場合、隣接車両テーブル、方向テーブルを参照し、あて先車両端末の存在している方向を特定する。あて先車両の存在する方向が不明の場合、方向探索を行う。

中継車両端末の場合、パケットに付加された伝播方向情報をもとに伝播方向を特定する。

(2) 中継端末候補を決定する。

(a) あて先車両端末が隣接車両テーブルに存在する場合、次ホップはあて先車両とする。

(b) あて先車両の存在する方向の全ての隣接車両を中継端末候補とする。

(3) 中継端末候補の中から HELLO パケットの受信強度が適当なものを中継端末として 1 台選択し、パケットを送信する。

## 2.2 DORPz

DORPz では HELLO パケットに自車両 ID に加え、走行している道路ゾーン情報を付加する。HELLO パケットを受信した車両はパケットの受信方向と受信強度、さらに道路ゾーン情報を隣接車両テーブルに記録する。道路ゾーンとはある区間の 1 本の道路に与えられた ID である。DORPz では宛先車両の存在する方向に加え、走行している道路ゾーンを指定したパケットの中継を行う。これにより、交差点を含む市街地道路環境に対応することが可能となる。

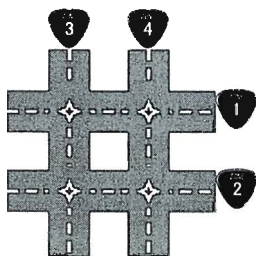


図 2 道路ゾーン

DORPz が管理するルーチングテーブルは、隣接車両テーブルとゾーンテーブルの 2 種類である。ゾーンテーブルは DORP における方向テーブルと同様の働きをし、隣接車両テーブルにおいて有効期間が過ぎたエントリが移動される。

パケットを中継する際、あて先車両とゾーンが一致する車両、もしくはそのゾーンに近づく車両を優先的に中継端末候補として選択し中継を行う。パケットを送信すべきゾーンはカーナビゲーションシステム等と連携し最も適したものを選択する。中継端末の選択は DORP と同様に中継端末候補のうち受信強度の順位が中央に位置するものを選択する。DORPz は 1 つのゾーン内では DORP として動作する。

DORPz のルーチング手順は以下の通りである。

(1) 発信車両端末の場合、隣接車両テーブル、ゾーンテーブルを参照し、あて先車両端末の存在している方向とゾーンを特定する。あて先車両の存在する方向が不明の場合ゾーン探索を行う。

中継車両端末の場合、パケットに付加された伝播方向情報、あて先ゾーン情報をもとに伝播方向を特定する。

(2) 中継端末候補を決定する。

(a) あて先車両端末が隣接車両テーブルに存在する場合、次ホップはあて先車両とする。

(b) 自車両ゾーンとあて先ゾーンが一致した場合、あて先車両の存在する方向の全ての隣接車両を中継端末候補とする。

(c) 自車両ゾーンとあて先ゾーンが一致しない場合、あて先ゾーン内に存在する全ての隣接車両を中継端末候補とする。

(d) あて先ゾーン内に存在する車両と通信できない場合、あて先ゾーンに近づくような方向の隣接車両全てを中継端末候補とする。

(3) 中継端末候補の中から HELLO パケットの受信強度が適当なものを中継端末として 1 台選択し、パケットを送信する。

同一ゾーン内で通信する場合は受信強度の順位が中位のもの、他ゾーンと通信する場合は、最も受信強度の高いものを選択する。

ここで、ゾーンテーブルとは隣接車両テーブルに存在しない車両のゾーンと方向を保持するテーブルである。また、ゾーン探索とは、発信車両があて先車両のゾーンと方向を知るために探索パケットを送信することである。DORPz では探索パケットのフラッディングのみ従来の送信範囲内のすべての端末へ送信する方式を用いている。

## 2.3 DORPr

DORPr では道路ゾーンを用いず、交差点上に設置したパケットの中継を行う中継器を使用する。DORPr では DORP と同様に自車両 ID を付加した HELLO パケットを用いている。HELLO パケットを受信した車両端末はパケットの受信方向と受信強度を隣接車両テーブルに記録する。また、中継器は 4 方向に指向性アンテナを設置し、HELLO パケットを受信した際にはパケットの受信方向（交差点の方向：東西南北）と受信強度を記録する。中継器ではパケットの受信方向の記録が車両と違い前後 2 方向から東西南北 4 方向となっている。また、中継器は 4 つの方向情報を用いることで交差点内の車両と交差点を通過した車両が走行している道路（方向）を判別できる。

交差点付近での通信の際には、中継器の方向テーブル情報を車両端末が取り寄せ、交差する道路へパケットを中継する必要

がある場合には、中継器がパケットの転送を仲介する。

あて先端末の前後方向が不明の場合、方向探索のため発信車両があて先車両の方向を知るための方向探索パケットを送信する。DORPr は道路の直線部分において DORP として動作する。

DORPr において交差点付近を走行する車両端末のルーティング手順は以下の通りである。

(1) 発信車両端末の場合、隣接車両テーブル、方向テーブルを参照し、あて先車両端末の存在している方向を特定する。あて先車両の存在する方向が不明の場合、方向探索を行う。

中継車両端末の場合、パケットに付加された伝播方向情報をもとに伝播方向を特定する。

(2) 交差点上の中継器と通信可能な場合、中継器から交差する道路を走行する車両の ID を取得する。

(3) 中継端末候補を決定する。

(a) あて先車両端末が隣接車両テーブルに存在する場合、次ホップはあて先車両とする。

(b) 中継器から取得した交差する道路を走行する車両にあて先車両が含まれている場合、次ホップは中継器とする。

(c) その他の場合、あて先車両の存在する方向の全ての隣接車両を中継端末候補とする。

(4) 中継端末候補の中から HELLO パケットの受信強度が適当なものを中継端末として 1 台選択し、パケットを送信する。

DORPr において交差点上の中継器のルーティング手順は以下の通りである。

(1) 隣接車両テーブル、方向テーブルを参照し、あて先車両端末の存在している方向を特定する。

(2) 中継端末候補を決定する。

(a) あて先車両端末が隣接車両テーブルに存在する場合、次ホップはあて先車両とする。

(b) あて先車両の存在する方向の全ての隣接車両を中継端末候補とする。

(3) 中継端末候補の中から HELLO パケットの受信強度が適当なものを中継端末として 1 台選択し、パケットを送信する。

中継器がブロードキャストを中継する際は、パケットを受け取った方向以外の 3 方向に 1 パケットずつ送信する。

### 3. パケットの局所的再送処理

DORPx と車々間通信の特徴を利用したパケットの局所的再送処理を提案する。DORPx ではパケットを中継する際に、複数の中継端末候補の中から HELLO パケットの受信強度に基づき中継端末を 1 台選択している。しかし、選択した中継端末が周辺を走行する大型車両等で発生した突然のシャドウイングで通信が失敗する可能性や送信したパケットが衝突する可能性も考えられる。従来のルーティングプロトコルではパケットの転送に失敗した際には、パケットを破棄しルートの再構築を行ったり、ルートが切断したことを知らせるためのパケットを送信するなどの処理を行っていた。DORPx においてもパケットの転

送に失敗した場合はパケットを破棄しているが、方向指定ルーティングにはルートの再構築は必要ない。この特長を生かし、パケットの転送に失敗した際に即座に破棄するのではなく、改めて中継端末候補の中から中継端末を選択し、パケットを送信する。この処理をパケットの局所的再送処理と呼ぶ。パケットの局所的再送処理は再送処理の対象としてデータパケットのみに絞った場合と、データパケットと探索パケット・探索応答パケットまで拡張した場合の 2 つの方式を提案する。

## 4. 計算機シミュレーション

車両の自律走行モデル [5] を作成し、シミュレーションによる評価を行った。シミュレータには QualNet を使用した。表 3 にシミュレーション諸元を示す。図 3 に示すように、発信車両・あて先車両間の距離を 0m~1500m で一定として配置した。DORP および DORPr の中継端末選択基準として、中継端末候補中の HELLO パケット受信信号強度が中程度の車両を選択するようにした [1]。

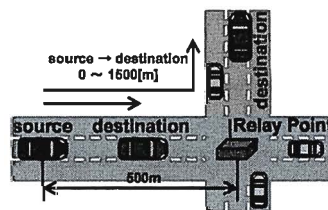


図 3 道路モデル

表 3 シミュレーション諸元

Traffic density	25 vehicles/km or 15 vehicles/km
Number of lanes	3
Vehicles average speed	60 km/h
Propagation model	two-ray ground reflection
Transmission range	251 m
MAC Layer	IEEE802.11
Data packet size	512 bytes
Data packet generation ratio	1 packets/s
Simulation period	150 s

### 4.1 交通流モデル

以下に示すような条件を与え、自立走行モデルを作成した [5]。交差点では車両は停止せずに直線道路とみなし交差する道路の車両とは衝突せずにそのまま直進するモデルとなっている。また車両は 1 方向のみに走行しており対向車は存在しない。

**初期配置** 車両の初期配置は一様乱数にしたがって道路上に配置する。

**希望速度** 希望速度とは運転者が希望する最大速度であり、これを越えることはないと仮定する。各車両の希望速度は 40km/h~80km/h とする。ここで、希望速度は平均 60km/h、標準偏差 10km/h のガウス分布により決定する。

**減速** 自車両より前方車両が遅い場合、車頭距離が 20m 以内に入ると 1 段ブレーキ (-0.125G) で減速する。また、10m 以内に入ると 2 段ブレーキ (-0.25G) で減速する。

**加速** 自車両より前方車両が速い場合、車頭距離が 20m 以上になるとアクセル (0.125G) で加速する。

**車線変更** 希望速度より低い速度で連続 10 秒以上走行せざるを得ない場合、車線変更を希望する。もし、隣接車線で前後 20m 以内に他の車両が存在しない場合、車線変更を行う。

#### 4.2 車両密度の高い場合

交通流モデルの車両密度を 25vehicles/km とした場合のシミュレーション結果を示す。図 4 に DORPx3 方式 (局所的再送なし) と AODV の比較を行った結果を示す。図 5 に DORPz の局所的再送の導入結果の比較、図 6 に DORPr の局所的再送の導入結果の比較を示す。

図 4 から DORPx は AODV と比較し、想定した市街地道路環境では高い性能を発揮することが分かる。これは、方向指定ルーチングを用いたことでルートの切断が発生しなかったこととパケットの転送毎に適当な中継端末を選択したことが要因となったと考えられる。DORPz・DORPr に対して DORP にパケット到達率の大きな低下が見られる原因は、DORP が交差点を含む環境に対応していないためである。これに対応した DORPz・DORPr は交差点通過後の発信端末・あて先端末間距離 500m 以上の場合の結果も大幅な性能の低下は見られない。DORP は交差点付近において、2つの交差する道路のうちあて先端末車両が存在している道路へパケットを正しく転送できる確率は約 50 % のため、交差点が存在する 500m 以降のパケット到達率が半減していると考えられる。

パケットの局所的再送処理は再送処理の対象をデータパケットのみに絞った場合と、データパケットと探索パケット・探索応答パケットまで拡張した場合の 2つの条件で評価した。図 5・図 6 から、再送処理の導入の効果が読み取れる。パケットの再送によりパケット到達率はわずかだが上昇した。ただし、必ずしも到達率が上昇するという結果にはいたっていない。今回、再送処理の効果が余り現れなかった要因としては、想定したシミュレーション環境ではトラフィックが混雑しておらずパケットの衝突などによる通信の失敗が発生しないこと、また、車両等によるシャドウイングが引き起こす通信の失敗も発生しないことなどがあげられる。今後、このような問題が発生する環境において再評価する必要があると考えられる。しかし、パケットの再送を行わなくとも同様の性能が得られたのは、DORPx のルーチングが安定しているためであるともいえる。また、今回は再送処理の回数に上限を設けなかったが、再送処理の頻発はパケット到達率の低下を招く可能性があるため、再考の必要がある。

#### 4.3 車両密度の低い場合

交通流モデルの車両密度を 15vehicles/km とした場合のシミュレーション結果を示す。図 7 に DORPx3 方式 (局所的再送なし) と AODV の比較を行った結果を示す。図 8 に DORPz の局所的再送の導入結果の比較、図 9 に DORPr の局所的再送の導入結果の比較を示す。

図 7 から DORPx は道路上の車両密度が低下した場合でも安定した性能を発揮することが分かる。これは、中継端末選択の際に HELLO パケットの受信強度を用いることで安定した通信

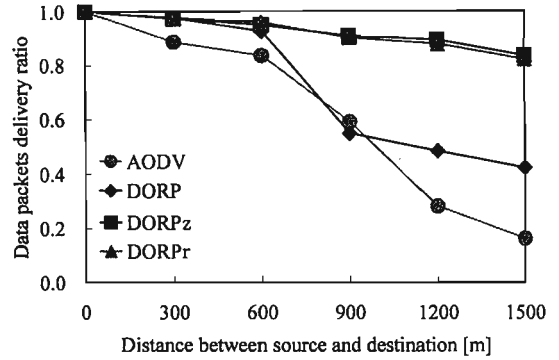


図 4 全方式の比較 25vehicles/km

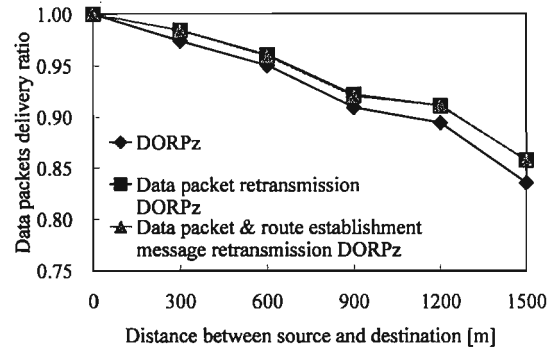


図 5 再送の導入 DORPz の場合 25vehicles/km

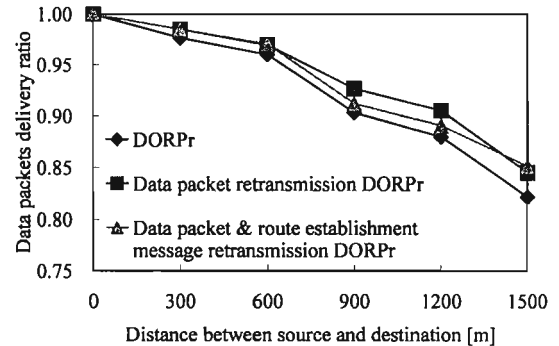


図 6 再送の導入 DORPr の場合 25vehicles/km

を行えるためである。

図 8・図 9 をみると、車両密度の高い場合と比較し、パケットの局所的再送の効果はそれほど変わっていないことがわかる。しかし、どちらの場合も DORPr のほうが効果大きいことがわかる。DORPz に対して DORPr の再送処理の効果が車両密度が高い場合も低い場合も大きく出ている要因としては、DORPr は交差点付近で交差点上の中継器との情報交換を頻繁に行うため、この付近でパケットの衝突が頻発しパケットが落ちているためであり、再送処理の導入によりパケット到達率の低下を防げているのだと考えられる。このことから、パケットの衝突が頻発する環境、通信セッション数が大きく増加した場合などにはパケットの局所的再送が大きな効果を発揮すると考えられる。

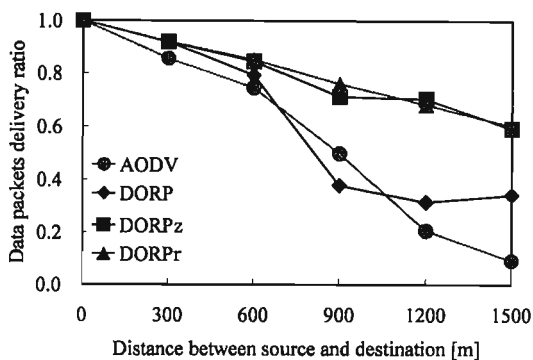


図7 全方式の比較 15vehicles/km

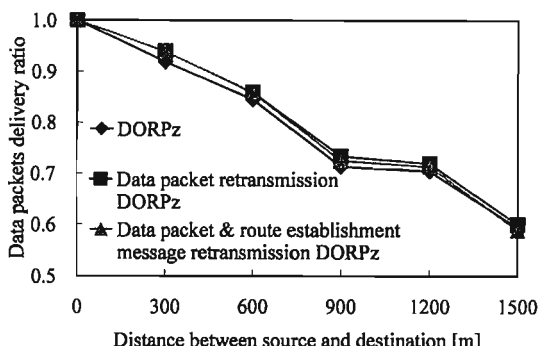


図8 再送の導入 DORPz の場合 15vehicles/km

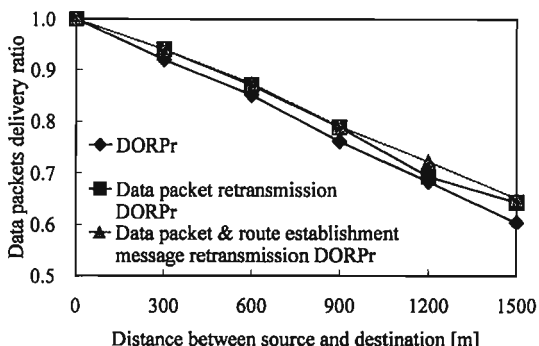


図9 再送の導入 DORPr の場合 15vehicles/km

#### 4.4 必要経路メッセージ量の評価

図10・図11に、データパケット1パケットをあて先に届けるために、1ホップ当りでは各パケットを何パケット送信する必要があったかを示す。結果は発信端末・あて先端末間距離が1500mの場合の結果である。1500mの場合、データパケットの平均ホップ数はAODVが7.61、DORPxは9.95である。DORPzの方向探索パケットがDORPrと比較し高い値であるのは、DORPzのフラッディングのみ従来の送信範囲内のすべての端末へ送信する方式を採ったためである。

DORPxはAODVと比較すると、少ない経路メッセージ量で通信が可能であることがわかる。また、局所的再送処理による送出パケットの増加もそれほど多くはないことがわかる。車両密度の低下により必要経路メッセージ量が減少する原因は、道路モデル内の車両数が減少して、全体へメッセージが行き渡

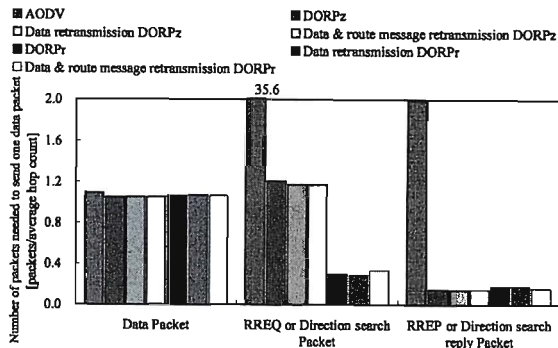


図10 必要経路メッセージ数 25vehicles/km

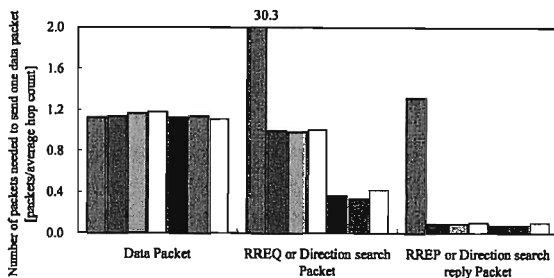


図11 必要経路メッセージ数 15vehicles/km

るために送出されるパケット量が減少しているためである。

## 5. むすび

本稿では、車々間通信環境の特徴を積極的に利用した方向指定ルーチングプロトコルDORPxを紹介した。DORPx・DORPrは交差点を含む道路環境において高いパケット到達率を維持できることを示した。DORPxはパケットの局所的再送処理において、パケット到達率の向上が見込めることを示した。今後の課題として、セッション数が増加した場合の特性評価、パケットの局所的再送処理の際に即座に再送を行うのではなく隣接端末からのHELLOパケットの受信が発生するまで待機するといった再送処理の改良が挙げられる。

**謝辞** 本研究の一部は、未来ピークルリサーチセンター連携融合プロジェクト経費、トヨタ車体株式会社研究助成金、財団法人矢崎科学技術振興記念財団、財団法人国際コミュニケーション基金の援助により行われた。関係者各位に深謝する。

## 文 献

- 1) 新宮将久, 増渕友裕, 上原秀幸, 横山光雄, “車両間マルチホップ無線ネットワークにおける方向指定ルーチング,” 信学論, vol.J88-A, no.2, pp.1-11, Feb, 2005.
- 2) 藤原征雄, 進藤直樹, 進藤浩崇, 上原秀幸, 大平孝, “DORPz: 道路ゾーンと方向指定による車々間ルーチング,” 電気関係学会東海支部連合大会, O-203, Sept, 2007.
- 3) 進藤直樹, 藤原征雄, 上原秀幸, 大平孝, “DORPr: 交差点に固定中継器を用いた車路車協調方向指定ルーチング,” 電子情報通信学会総合大会, B-21-12, Mar, 2008.
- 4) 国土交通省道路局 “国土交通省道路局 ITS ホームページ,” <http://www.its.go.jp/ITS/j-html/index.html>
- 5) Ari Widodo, 長谷川孝明, “車々間通信ネットワークを含めた高度交通システムの評価のための自律走行交通流シミュレータ,” 信学論, vol.J82-B, no.11, pp.2002.2009, Nov, 1999.