

車車間通信による交差点鳥瞰映像ストリーミング手法の提案

小 谷 和 也^{†1} 孫 為 華^{†1} 木 谷 友 哉^{†2}
柴 田 直 樹^{†3} 安 本 慶 一^{†1} 伊 藤 実^{†1}

近年、交差点内の事故が増加しており、事故防止のためには運転者が直観的に交差点内の状況を把握できる必要がある。そして現在、事故防止のために車車間通信や視覚支援などの ITS 技術が注目されている。本稿では、交差点内の安全支援のため、交差点付近にいる複数の車両が車載カメラで撮影した交差点内の映像を交換することで交差点の鳥瞰映像を作成し、ドライバにリアルタイムで提示する手法を提案する。提案手法では、交差点のできるだけ広い範囲をカバーしかつリアルタイムに映像を配信できるようにするため、車両の数、位置、移動特性などを考慮し、映像配信に必要な通信帯域を軽減する方法を検討する。

A Technique for Streaming Intersection Bird's-Eye View Video Using Inter-Vehicle Communication

KAZUYA KOTANI,^{†1} WEIHUA SUN,^{†1} TOMOYA KITANI,^{†2}
NAOKI SHIBATA,^{†3} KEIICHI YASUMOTO^{†1} and MINORU ITO ^{†1}

Recently, traffic accidents in intersections are increasing. For the accident prevention in an intersection, it is necessary for a vehicle driver to grasp the situation of the intersection intuitively. Moreover, ITS technologies such as inter-vehicle communication and vision support systems attract public attention for safety driving. In this paper, we propose a technique to show a car driver a bird's-eye view video of the intersection through inter-vehicle communication for safety support in the intersection. In our method, we investigate a technique that reduces required communication bandwidth taking into account the number, position and mobility of cars in streaming a real-time video which covers as large area of the intersection as possible.

1. はじめに

現在、日本を含め世界中の自動車保有台数が増加しており、その増加に合わせて交通事故件数も増加している。日本では、交通事故の発生場所の多くは市街地の交差点（交差点付近を含む）で全体の約 4 割を占めており、事故原因では出会い頭衝突が昼夜間（構成：昼間 29.2%，夜間 20.7%）いずれも多くになっている¹⁾。また事故防止のため、高度交通システム（ITS, Intel-

ligent Transport Systems)²⁾ 技術が開発されている。現在 ITS 分野では先進安全自動車（ASV）の開発が行われている。ASV とは先進技術を利用してドライバの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車であり、衝突被害軽減ブレーキやふらつき警報などの技術が実用化されている³⁾。また、事故を未然に防ぐための研究として GPS 情報を車両間で交換したり、赤外線を使用して危険車両を検出するといった手法が考案されているが、測定誤差が安全支援アプリケーションにとってクリティカルな問題となっている。そのため、ドライバによる交差点の状況の直観的な把握を促す、ドライバの意思決定を助けるシステムが切望されている。

これまで、ドライバに対する視覚支援の手法がいくつか提案されているが、1 台の車両に搭載された複数のカメラが撮影した映像を合成することにより自動車

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute
of Science and Technology

^{†2} 静岡大学
Shizuoka University

^{†3} 滋賀大学 経済学部 情報管理学科
Department of Information Processing and Management, Shiga University

周辺の映像を作成し提示するものがほとんどであり、複数の車両が同じ地点を様々な角度から撮影しより広い範囲の合成映像を得ることを目的に、車両間で映像データをリアルタイムかつ効率的に交換する研究は行われていない。

本稿では安全支援のアプローチとして、交差点付近にいる複数の車両が車載カメラで撮影した交差点の映像を車車間通信を用いて、帯域使用量を抑えた上で、リアルタイムに交換する手法を提案する。

2. 関連研究

ITS 技術に関して、各車メーカーが ASV の取り組みに賛同しており、様々な安全支援の技術が開発されている。その一例として、本田技研株式会社（以下、ホンダ）では 1991 年から ASV プロジェクトを進めている。ホンダが開発した Honda ASV-3 は車車間通信を主体とした技術を盛り込み、「事故の予知・予防」「事故回避支援」「事故被害軽減」「事故後の援助」などを実現している⁴⁾。このように実際に車両に車載カメラや通信機器などの車載器を設置し車車間通信を行う実験がされている。また視覚支援の技術について実用化されている製品として日産自動車株式会社では 4 個のカメラから得た画像を車両上方から見下ろしたような映像で表示することで、車と路面の駐車枠の位置関係などを一目で確認できるアラウンドビューモニター⁵⁾を開発し、製品として車両に搭載している。

また研究としては、交差点での事故防止のために、車車間通信を用いた歩行者位置検出手法が提案されている⁶⁾。この手法は歩行者が定期的に固有の ID を持つビーコンを発信する無線端末を装備し、車両はビーコンを受信する指向性アンテナ、GPS 等の車両の位置を測定可能な装置などを装備している環境を想定している。このような環境下で、ビーコン電波強度から歩行者と車両間の距離を測定するとともに、指向性アンテナによりビーコン電波の到来角度を測定している。しかし、これらの測定情報には誤差が含まれるので、測定誤差が正規分布に従うとして地図上の各地点の歩行者における歩行者の存在確率を推定する。安全支援のようなアプリケーションでは、誤差に対する許容度が低く、実用化の観点ではまだ課題が残っている。

また、文献 7) では複数の道路監視カメラを用いた交差点における鳥瞰映像作成手法が提案している。この手法では道路監視カメラが信号機ほどの高さに、4 方向から交差点の中心に向けて設置されている環境を想定している。このような環境下で、交差点内の 4 箇

所の道路監視カメラで得られた画像を上空からの仮想カメラから撮影したかのような画像に幾何変換する。この幾何変換はカメラキャリブレーションによって事前に算出される射影行列、世界座標中の点、仮想カメラによって得られた映像中の点などによって行われ、4 方向の画像を合成することで図 1 のような交差点鳥瞰画像が得られる。図 1 のような交差点を鳥瞰でき

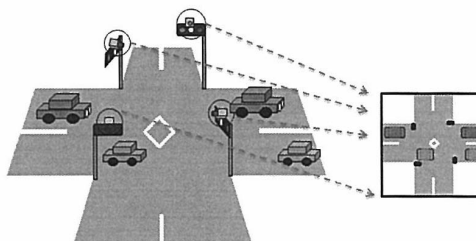


図 1 交差点鳥瞰図の作成

る映像が交差点を走行する自動車ドライバにリアルタイムで提示されると死角にいる車両発見に非常に有用であり、事故防止に役立つものと考えられる。しかし、この手法では鳥瞰映像を作成する際に交差点毎にカメラを設置しなければならないため、そのインフラの設置に大きなコストがかかってしまう。また、鳥瞰映像を自動車にリアルタイムで配信することについてのプロトコルは提案されていない。

そこで、文献 8) では複数台の車両が様々な方向から交差点に進入するとき、各車両に搭載されるカメラからの画像を車車間で交換し、それらを合成することで仮想的に鳥瞰図を作成する手法を提案している。この手法では、各車両からの画像内の消失点を検出し、その消失点から車両の向きを推定する。次に各車両からの画像を地平面へ投影し、この投影画像と交差点の地図情報との間でマッチングをとる。このようにして、それぞれの画像の合成を行い、カメラ搭載車両の位置推定を行う。各画像中に映り込む他車両などの物体はグラフカットの集合により抽出し、視体積交差法からその 3 次元位置を推定する。以上のようにして得られた情報をもとに仮想的鳥瞰図を作成する。この手法では文献 7) とは違い、各車両に搭載されているカメラを利用しインフラカメラの設置コストを軽減し、CG シミュレーション画像を用いた実験と、屋内実画像を用いた実験を行っている。しかし、実環境での交差点での実験がされておらず、また文献 7) と同様に映像配信時の通信帯域の節約を考慮していない。

最後に、車車間通信を用いたビデオストリーミング

の研究として文献9)のような研究が行われている。この文献ではビデオ受信車両が遠隔地の目的地のライブビデオを要求した際に、ライブビデオを車車間通信を用いてストリーミングする手法が提案されている。この手法ではビデオ受信車両がビデオを要求する際に目的地ヘトリガメッセージを車車間通信を用いて伝送し、トリガメッセージを受信した車両は自車両の位置や目的地までの距離・方向などからトリガメッセージをさらに転送すべきかを判断する。また、目的地のビデオデータをビデオ受信車両に送る際には、ビデオを撮影した車両はゾーン内での無線範囲内に存在する車両を検出し続け、車両が集めた他の車両に関する情報の量により、転送車両を選択する。これらの方法により車車間通信の際にかかるオーバーヘッドを削減し、ビデオストリーミングにかかる遅延を減少させている。しかし、この提案はライブビデオの撮影を要求する地点が比較的遠隔地であることを想定しており、配信のリアルタイム性を保証していない。

本稿で提案する手法は文献8), 9)とは異なり、無線通信時の帯域制約を考慮し鳥瞰映像をリアルタイムで交差点内の車両に提示する手法を提案する。

3. 提案手法

本稿では、文献7), 8)で提案されている画像合成が実車両環境で即時に実行できることを前提とし、通信帯域使用量が少なくなるような、元となる映像を撮影する車両の選択法および映像配信法を提案する。本章では提案手法の概要を述べた後、想定環境、前提条件、配信プロトコル、ケーススタディについて述べる。

3.1 概要

提案手法の目的は交差点に進入してきた車両に対して、図2のように交差点内の鳥瞰映像を提示し、死角車両を直観的に把握させ、事故防止を行うことである。このような目的を達成するために、図3において、実

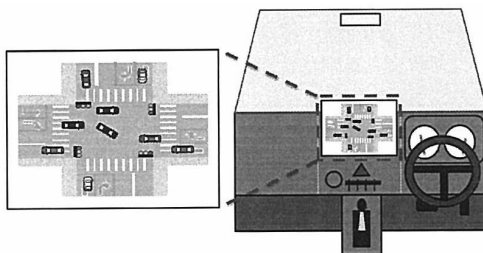


図2 鳥瞰映像の提示

線で囲まれた車両（交差点内の映像を要求）が、破線

で囲まれた複数車両（交差点内を撮影）に対して映像の要求を行うと、要求を受けた各車両は撮影映像を図4のように自車両の無線通信範囲内に車車間通信によるブロードキャストを用いて交換し、要求を出した車両は、取得した全ての映像を自車両で変換、合成することにより鳥瞰映像を作成する。

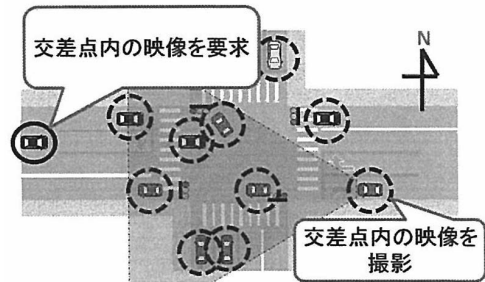


図3 映像要求

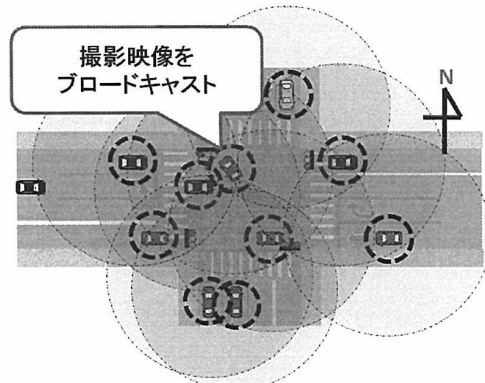


図4 映像配信

しかし、この手法を実現するには通信帯域の制約を考慮する必要がある。車車間通信を用いて撮影映像を交換する最も単純な方法として、交差点内の映像を要求する車両（以下、要求車両）が映像を要求すると、図4のように交差点付近で映像を撮影している車両（以下、撮影車両）の全車両がその映像をブロードキャストし交換し合い、各車両が全車両の撮影した映像を取得するという方法が考えられる。しかし、この方法を用いると大量のビデオ映像のデータが同時にブロードキャストされることになるため、映像配信のために必要な通信帯域が不足してしまう恐れがある。その場合、輻輳が生じ映像が車両に到達せず、システムとして動作しない可能性がある。このような問題を解決するために提案手法では、要求車両が必要としている映像を撮影・ブロードキャストする必要最小限の車両を、

以下の基準で選定する。

- 要求されているエリアを撮影しているか
- 各車両の撮影可能なエリア範囲
- 交差点の中心からの距離

3.2 想定環境

提案手法が必要とされる環境として、交通量の多い信号のある4差路の交差点を想定する。また最も必要とされる状況として交差点内での右折待ち車両が右折する場合を想定する。

3.3 前提条件

本節では提案手法を実現するために必要となる以下の3つの仮定について述べる。

- 車両に関する仮定
- 通信に関する仮定
- 映像合成に関する仮定

3.3.1 車両に関する仮定

車両の集合を $Vehicle = \{v_1, \dots, v_n\}$ とする。また、交差点内は格子領域の集合 $Grid = \{g_1, \dots, g_{k^2}\}$ に k^2 分割されているとする。車両の交差点でのアクション(直進、右左折など)は指示器操作などから、交差点に進入するまでに取得できるとする。各車両 v_i はカーナビゲーションシステムの地図情報により交差点内の格子領域情報を取得できている。自車両が車載カメラで撮影できる格子領域の集合 $Cap_{v_i} \subseteq Grid$ をカメラの視野角から把握し、映像を要求する車両は交差点内での映像を欲しい格子領域群 $Req_{v_i} \subseteq Grid$ を把握しているとする。

車両の標準装備として以下を仮定する。

- 30fps, QVGA サイズ (320 × 240 pix) 程度の動画を撮影できる車載カメラ
- GPS, 地図情報を搭載し、映像を表示できるカーナビゲーションシステム
- IEEE802.11p 規格の無線 LAN 装置
- 十分な容量の HDD を搭載した車載計算機

ここで動画の品質について、ワンセグの解像度が 320 × 240, フレームレートが 15fps であり、市販されている車載カメラのフレームレートの一般的な値が 30fps であるので、妥当な値であると言える。

3.3.2 通信に関する仮定

車車間通信における通信は以下を仮定する。

無線通信における電波は上述の通り、IEEE802.11p の規格に準拠する。この規格は WAVE (Wireless Access in Vehicular) システムの一部として開発が進められており、米国の独自規格がベースとなっている。使用する周波数帯域は 5.9GHz 帯であり、周波数帯域幅は理論値では最大 27Mbps である。¹⁰⁾

また、車車間通信による通信では無線通信範囲が 200m であるとする。

3.3.3 映像合成に関する仮定

提案手法では映像合成について、文献 8) で提案された手法を応用し、交差点での異なる4方向からの映像が撮影されていれば変換、合成を行うことにより鳥瞰映像が得られると仮定する。

3.4 配信プロトコル

本節では提案手法の映像配信における必要通信帯域幅を軽減する以下のようなプロトコルを提案する。このプロトコルは各車両が自律分散で実行し、イベントドリブン方式で動作する。配信プロトコルの動作手順は以下の通りである。

- (1) ある車両は自車両が右折車両だと確定すれば、ビデオ配信を要求する Request メッセージをブロードキャストする。
- (2) ビデオ配信要求 Request メッセージを受信した各車両は自車両の情報を含ませた Hello メッセージを交差点内で交換する。
- (3) 交換された Hello メッセージにもとづき、映像をブロードキャストする車両が自動的に選定される。
- (4) 選定された車両は撮影している交差点内の映像のある優先度基準にもとづいてブロードキャストする。
- (5) 映像を受信した各車両は映像を鳥瞰映像に変換、合成しカーナビゲーションに表示する。

提案する配信プロトコルは以下の4つのフェーズに分かれている。

- 車両情報交換フェーズ
- 車両位置特定フェーズ
- 送信車両選定フェーズ
- 鳥瞰映像作成フェーズ

配信プロトコルの各フェーズにおける動作手順の詳細を以下に示す。

車両情報交換フェーズ

ここでは、映像をブロードキャストする車両を選定するために利用する各車両情報の交換方法について述べる。映像を要求する車両を $v_r \in Vehicle$ とし、 v_r は交差点中心から 100m (交差点到達約 10 秒前) の地点に近づくと Request メッセージをブロードキャストする。 v_r が送信する Request メッセージは以下の内容を含んでいるとする。

- 車両 ID v_r
- 車両速度 Spd_{v_r}
- 車両位置 (GPS による緯度、経度)

$$Pos_{v_r} = (X_{v_r}, Y_{v_r})$$

- 映像を要求する交差点の格子領域の集合

$$Req_{v_r}$$

Request メッセージを受信した各車両は交差点内の車両間で Hello メッセージを交換する。Hello メッセージは以下の内容を含んでいるとする。

- 車両 ID v_i
- 車両速度 Spd_{v_i}
- 車両位置 $Pos_{v_i} = (X_{v_i}, Y_{v_i})$
- 進行方向 (交差点中央に対する方向)
 $Dir_{v_i} \in \{Approach, Leave\}$
- 撮影可能な格子領域の集合 Cap_{v_i}
- 撮影可能な画質レベル
 $Qual_{v_i} \in \{Low, Normal, High\}$

Hello メッセージを交換することで交差点付近にいる他の車両情報を把握し、撮影映像をブロードキャストする車両集合 $V_{send} (\subseteq Vehicle)$ を作成する。

車両位置特定フェーズ

ここでは、文献 8) によると鳥瞰映像を作成するためには異なる 4 方向からの映像が必要なのでそれぞれの車線方向についての車両集合を考える。Hello メッセージに含まれる Pos_{v_i}, Dir_{v_i} により車両を 4 方向毎の車両集合 $V_n \cup V_s \cup V_w \cup V_e (= Vehicle)$ に分類する。 V_n, V_s, V_w, V_e のうち 2 つは赤信号で停止している車両なので、各車両の Spd_{v_i}, Pos_{v_i} により判別し、その 2 つの集合の和を V_{red} 、それ以外の 2 つの集合の和を V_{blue} とする。

送信車両選定フェーズ

撮影した交差点内の映像をブロードキャストする車両集合 V_{send} を以下のようにして選定する。まず、赤信号で停止している先頭車両は交差点内の広範囲を撮影しており、車両速度は 0 なので優先的に V_{send} の集合に加える。 V_{red} の集合それぞれについて、 $Req_{v_r} \cap Cap_{v_i} \neq \emptyset$ かつ、 Pos_{v_i} により車列の先頭であると判断された車両を V_{send} の集合に加える。 $Req_{v_r} \cap Cap_{v_i} \neq \emptyset$ を制約として設定しているのは、要求する格子領域を撮影できない車両は考慮に入れる必要がないからである。

以下では残りの青信号で進行している車両集合 V_{blue} から V_{send} に加える車両の選出方法を述べる。

ここで関数 $Priority(v_i \in V_{blue})$ により、進行方向毎に V_{send} に加える車両を選出するための優先度 (数値) を計算する。この関数 $Priority(v_i \in V_{blue})$ の入力には以下の 6 項目である。入力 $\{Spd_{v_i}, Pos_{v_i}, Cap_{v_i}, Qual_{v_i}, Req_{v_r}\}$ に対して、 V_{send} を選出する優先項目を以下のように設定する。

- (1) Cap_{v_i} の要素数が多い

- (2) Pos_{v_i} により交差点中央からの距離が短い

- (3) Spd_{v_i} が小さい

- (4) $Qual_{v_i}$ が高い

このような優先項目により入力に重みを付け、 $Priority(v_i \in V_{blue})$ を計算する。

本研究で用いる IEEE802.11p の通信帯域幅は最大 27Mbps となっているので帯域幅を効率良く使用しなければならない。例として Motion JPEG でフレーム 1 枚当たり 10Kbytes、フレームレート 30fps のような動画を撮影している場合を考える。このような動画の場合、使用する帯域は 1 台当たり約 2.5Mbps となる。そのため、撮影映像をブロードキャストする車両が 10 台を超えると帯域が使用できなくなり、輻輳が発生する。そのため、 $Priority(v_i \in V_{blue})$ の値に対して降順で通信帯域幅の制限内となるよう、 V_{send} に車両を加えていく。以上のようにして、撮影映像をブロードキャストする車両集合 V_{send} を決定する。

鳥瞰映像作成フェーズ

V_{send} の各車両は GPS により同期されている時刻情報を付加して撮影映像をブロードキャストし、映像を受信した車両は時刻情報を元に文献 8) で提案された手法を応用することで鳥瞰映像を作成し、自車両のカーナビゲーションに提示する。

3.5 ケーススタディ

本節では提案手法をあるケースに基づいて説明する。今回のケースでは図 5 のような車両配置を想定し、図 6 のように交差点内を格子領域に 16 分割する。また、このケースでは車両 v_1 をビデオ要求車両とする。

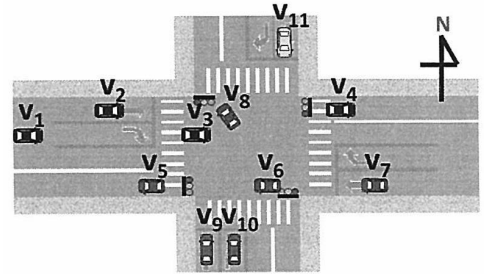


図 5 車両配置

車両情報交換フェーズ

Request メッセージを図 7 の内容で $v_2 \sim v_{11}$ にブロードキャストをする。そして、Request メッセージを受信した車両 $v_2 \sim v_{11}$ は互いに Hello メッセージを交換する。ここで例として $v_2, v_4, v_6, v_7, v_{10}, v_{11}$ について、それぞれの Hello メッセージの内容を図 8 に

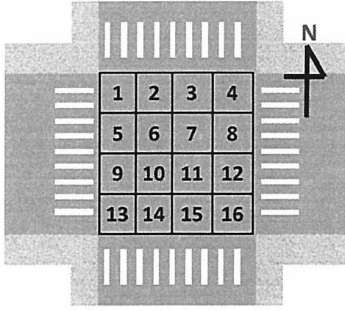


図 6 グリッド分割

車両ID	車両速度	車両位置	要求格子領域ID
1	40	(50,280)	16

図 7 Request メッセージ

示す。

車両ID	車両速度	車両位置
進行方向	撮影可能な格子領域ID	映像品質
1	30	(200,240)
Approach	(1~12, 14, 15, 16)	Low
4	40	(620,240)
Leave	∅	High
6	20	(490,375)
Leave	(5, 9, 10, 13, 14)	High
7	30	(685,375)
Approach	(1~3, 5~16)	Normal
10	0	(425,495)
Approach	(1~11, 13~15)	High
11	0	(520,110)
Approach	(3, 4, 7, 8, 10~12, 14~16)	Normal

図 8 Hello メッセージ

車両位置特定フェーズ

車両情報交換フェーズによって取得した各車両の位置情報、進行方向情報により、以下のように車線毎の車両集合に分類できる。

- $V_n = \{v_9, v_{10}\}$
- $V_s = \{v_{11}\}$
- $V_w = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$
- $V_e = \{v_5, v_6, v_7, v_8\}$

そして車両速度により、以下のように車線毎の車両集

合を青信号、赤信号の車線集合に分類できる。

- $V_{blue} = \{V_w, V_e\}$
- $V_{red} = \{V_n, V_s\}$

送信車両選定フェーズ

V_{red} の要素である V_n, V_s のそれぞれの先頭車両を V_{send} に加えるが、 $Req_{v_1} \cap Cap_{v_9} = \emptyset$ となっているので、 $V_{send} = \{v_{10}, v_{11}\}$ とする。次に、 V_{blue} の車両について考える。 $\{v_4, v_5, v_6, v_7, v_8\}$ について $Cap_{v_4}, Cap_{v_5}, Cap_{v_6}, Cap_{v_8}$ のいずれも Req_{v_1} の格子領域を含んでいないので、 V_{send} には加えない。そして、 V_{blue} のその他の車両に対して $Priority(v_1)$, $Priority(v_2)$, $Priority(v_3)$, $Priority(v_7)$ を計算する。その結果を

$$Priority(v_7) \geq Priority(v_3) \geq Priority(v_2) \geq Priority(v_1)$$

とする。

ここで通信帯域幅の制限を考慮し、 $V_{send} = \{v_2, v_3, v_7, v_{10}, v_{11}\}$ と決定する。

鳥瞰映像作成フェーズ

最後にこの V_{send} 車両が撮影映像に GPS により同期されている時刻情報を付加してブロードキャストし、受信した各車両は時刻情報を元に各自で映像を変換、合成をしカーナビゲーションに表示する。

4. シミュレーション環境

本稿では、交差点鳥瞰ビデオの提供を目的に複数の車両が撮影したビデオ映像のリアルタイム配信手法を提案した。今後、提案手法についてのシミュレーションを行い有用性について検討する予定である。シミュレーションをする際にはネットワークシミュレータ QualNet¹¹⁾ を利用し、以下のようなシミュレーションを行う予定である。

まず、 $Priority(v_i \in V_{blue})$ を計算するための、入力に対する重みを予備実験を繰り返すことで設計する。そして実験の際のパラメータとして以下のものを与える。

- 車両台数
- 車両ごとのモビリティ
- 通信パケットサイズ
- パケット数

このようなパラメータを与え、提案手法を Hello メッセージを交換せず交差点付近の全車両が撮影した映像をブロードキャストする手法と比較する。評価については

- 到達パケット数： NAP (the Number of Arrived Packet)

- 伝送パケット数: NTP (the Number of Transmitted Packet)
- 帯域使用量: ABU (Amount of Bandwidth Use)
- 周波数帯域幅: TB (Toal of Bandwidth)

に対して,

- パケット到達率 = $\frac{NAP}{NTP}$
- 帯域使用率 = $\frac{ABU}{TB}$
- 映像品質: 人による主観評価

などについて行う予定である.

5. ま と め

本稿では, 交差点内での安全支援のため, 交差点付近にいる複数の車両が車載カメラから撮影した交差点内の映像を交換することで交差点の俯瞰映像を作成し, 車車間通信を用いてドライバにリアルタイムで提示する手法について提案を行った. 提案手法では, 交差点付近の車両が撮影した交差点内の撮影映像をブロードキャストにより交換する際, 予め車両情報を各車両間で交換しておくことにより, ブロードキャストする最適な車両集合を選定する手法を提案した.

今後, ネットワークシミュレータ QualNet を利用しパケットロス率, 帯域使用率, 映像品質などの評価を行う. さらに, 映像を変換, 合成し俯瞰映像を作成する手法について, 既存手法を実装し実際に路上実験を行い評価を行いたいと考えている.

参 考 文 献

- 1) 警察庁: “平成 19 年度交通事故発生状況”, <http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>
- 2) ITS: “国土交通省道路局 ITS ホームページ”, <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j.html/>
- 3) 国土交通省: “ASV (先進安全自動車)”, <http://www.mlit.go.jp/jidosha/anken/01asv/index.html>
- 4) 本田技研工業株式会社: “Honda Technology”, <http://www.honda.co.jp/tech/auto/safety/asv3/index.html>
- 5) 日産自動車株式会社: “安全の取り組み”, <http://www.nissan-global.com/JP/SAFETY/INTRODUCTION/COMFORTABLE/>
- 6) Y. Sawa, T. Kitani, N. Shibata, K. Yasumoto, and M. Ito: “A Method for Pedestrian Position Estimation Using Inter-Vehicle Communication,” *Proc. of the 3rd IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet 2008)* (2008)
- 7) 大津 寛之, 宮本 徹, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一: “複数の道路監視カメラを用いた交差点にお

ける俯瞰映像作成”, 第 5 回 ITS シンポジウム, pp.297-302(2006)

- 8) 太田 大介, 小野 晋太郎, 池内 克史: “ユーザ参加型の視覚情報統合による交差点仮想鳥瞰図の合成”, 生産研究 Vol. 59, No. 3 pp.160-163(2007)
- 9) M. Guo, MH. Ammar, EW. Zegura: “V3: A vehicle-to-vehicle live video streaming architecture,” *Pervasive Computing and Communications*, 2005. PerCom 2005. *Third IEEE Int'l Conf. on Volume, Issue, Date: 8-12 March 2005*, pp.171-180(2005)
- 10) 総務省: “調査研究会”, http://www.soumu.go.jp/joho.tsusin/policyreports/chousa/its/pdf/081210_2.si3-4.pdf
- 11) Scalable Network Technology: “QualNet,” <http://www.scalable-networks.com/products/developer.php>