情報処理学会論文誌 Vol. 52 No. 6 1980–1992 (June 2011)

推薦論文

交差点鳥瞰映像の協調撮影と共有を目的とした車車間通信プロトコル

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]

近年多発している交差点内における事故を防止するためには，死角に存在する車両の位置をドライバに把握させることが有用である．本研究では，ドライバに交差点の状況を効果的に把握させるために，交差点内の車両が撮影した映像を車車間通信で交換し，それぞれの車両で交差点鳥瞰映像を合成してリアルタイムで提示することを考える．本論文では，交差点の複数車両の中から合成元となる映像を送信する車両を選定する手法を提案する．提案手法では，高品質な鳥瞰映像を利用可能な無線帯域幅内で作成できるようにするため，あらかじめ交換した車両の位置や向きなどの情報をもとに，各車両の映像を送信する優先度を計算し，送信車両を選定する．提案手法の評価を行うため，ネットワークシミュレータ QualNet で実際の交差点環境を再現し，シミュレーション実験を行った．実験結果から，提案手法は車間距離が 10 [m] 以内であるような比較的高い車両密度で，通信機器を 60%以上の車両が搭載している環境で，要求に応じた高品質な映像を送信できていることを確認した．

Inter-vehicle Protocol for Cooperatively Capturing and Sharing Bird-eye Intersection Video

Kazuya Kotani,[†1] Weihua Sun,[†1] Tomoya Kitani,[†2]
Naoki Shibata,[†3] Keiichi Yasumoto[†1]
and Minoru Ito[†1]

For accident prevention in intersections which are occurring frequently in recent years, it is useful for drivers to grasp the position of vehicles in blind spots. In order to allow a driver to grasp the situation of an intersection intuitively, we consider an application where each vehicle in an intersection exchanges captured video with each other through inter-vehicle communication and these vehicles generate and display live bird's eye view video of the intersection. In this paper, we propose a method to select particular vehicles among all vehicles in intersection which send a video. In our method, in order to compose a high-quality video within available wireless bandwidth, each vehicle calculates priority of all vehicles for sending videos based on their position and direction, and selects some of the vehicles with high priority. For evaluation of the proposed method, we conducted simulation experiments by imitating an actual intersection with QualNet simulator. As simulation results, we confirmed that vehicles selected by our method can send high quality video capturing request areas in high density (the distance between vehicles is 10 [m] or less) environment with 60% or more carrying rate.

1. はじめに

近年，交通事故の発生場所の多くが交差点付近であり，警察庁[1)] の調べによると全体の約 4 割を占めている．また，交差点で発生する事故のほとんどは自動車対歩行者や二輪車の事故であり，とりわけ死亡や重傷事故が多い．事故状況としては出会い頭衝突が多く，起こる原因として，ドライバからは直接視認できない死角領域にいる自動車，二輪車，歩行者など（以降，**死角車両**）の存在があげられる．このような死角車両の位置をドライバにリアルタイムに提示することは，事故防止のために大きな効果があると考えられる．

本研究では，交差点での事故防止のために，ドライバに死角車両の位置を直観的に把握させることを考える．ここで，事故防止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，リアルタイムに車車間通信で交換し，受信した映像をもとに，各車両で鳥瞰映像を作成しドライバに提示するというアプリケーションを想定する．他車両からの映像を取得することで，自車両からは死角となる車両を把握できる可能性が高くなる．しかし，交差点という狭い区域内で，多数の車両が映像データを同時に送信す

†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 静岡大学若手グローバル研究リーダー育成拠点
Division of Global Research Leaders, 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
本論文の内容は 2009 年 10 月のマルチメディア通信と分散処理ワークショップにて報告され，DPS 研究会主査により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である．

© 2011 Information Processing Society of Japan

ると，無線通信帯域を多く使用することにより，輻輳が生じ，映像を必要としている車両が映像データを受信できない可能性がある．

本論文では，通信帯域を効率良く使用し，リクエストに応えられる高品質な映像を送信できる車両を優先的に映像送信車両として選定する手法を提案する．本手法は既存する通信と映像合成の技術をベースとし，送信車両が選定されるまでの通信手続きを簡略化し，限られた帯域の下で実用時間内に交差点の鳥瞰映像を合成することを目標とする．提案手法では，交差点を格子領域に分割し，各車両は撮影している格子領域や進行方向，車両速度，映像品質などの自車両に関する情報を，車車間通信を用いてあらかじめ近隣の車両間で交換する．そして，死角部分の映像を必要とする車両（以降，**要求車両**）が，必要な格子領域を交差点付近の各車両に知らせる．各車両は受信した情報に基づき，前記の情報交換により把握している近隣の各車両について，映像を送信する優先度を計算する．要求された格子を多く撮影し，品質の高い映像を送信できる車両には高い優先度を与える．各車両は自身で計算した各近隣車両の優先度に基づいて自律分散的に送信車両の選定を行う．各車両は輻輳が起こらないように，進行方向ごとに優先度が高い車両から，映像の送信車両を選定する．その結果，自車両が送信車両として選ばれている場合には，以降自身の撮影したデータを送信し，そうでなければ送信しない．状況の変化に応じた車両が選定されるよう，この選択は周期的に何度も行う．

提案手法の性能を評価するための評価実験を，ネットワークシミュレータ QualNet [4] を用いて行った．実験結果から，車間距離が 10 m 以内と車両密度が比較的高く，通信機器の搭載率が全車両の 60%以上の環境では，提案手法は要求されている格子を含んでいる映像データを，特に高い品質で送信できていることを確認した．また，提案手法は，どのような車両密度，通信機器の搭載率においても他の手法より良い結果を示した．

2. 関 連 研 究

日本では ITS 技術に関する研究開発が活発に行われており，各自動車メーカが様々な安全支援への取り組みを行っている．本田技研株式会社（以降，ホンダ）は ASV の研究開発を 1991 年以来進めており，現在は第 4 期となっている[5]．このプロジェクトでホンダは車車間通信，路車間通信を用いたドライバ安全運転支援システム（DSSS：Driving Safety Support Systems）を装備した車両の公道実証実験を行い，対向車両や死角に存在する二輪車などの警告をドライバに行った．しかし，この実験では二輪車が自身の存在を知らせる通信機器を携帯し，路側機が交差点ごとに設置されていることを前提としており，使用できる場面が限られるという課題が存在する．

映像による死角支援を行う研究が行われている．文献 6) では，車載カメラで撮影した映像内の道路標識を，色と光の階調度を利用して検知し，SVM（Support Vector Machines）を利用して識別する手法を提案している．この手法では，天候や時間帯にかかわらず，高精度で道路標識を識別することを可能としている．また，文献 7) では，ヒューマンエラーが原因となる交差点での右直事故を防止するために，周囲のドライバが通常どおり運転しているか，異常な運転をしているかを予測するフレームワークを提案している．このシステムは交差点において，ドライバに右折を行うタイミングを判断させるのに利用することができる．しかし，この研究では危険の対象を対向車両のみと想定しており，死角に存在する歩行者などは考慮していない．

文献 8) では，車両に搭載したレーザスキャナを利用し，歩行者や歩行者の集団を即時に検知するアルゴリズムを提案しており，文献 9) では，車両に搭載した GPS の情報を車車間通信で交換し，得られた他車両の位置情報と自車両に搭載されているカメラの映像を用いて他車両の位置を把握する手法を提案している．この手法により，GPS による測定誤差を軽減することを可能としている．しかし，これらの手法では撮影している映像内に存在している車両や歩行者しか位置を検出できず，死角車両が原因となる交差点での事故防止には有用ではない．

信号機に設置された複数のカメラ映像を合成し，交差点の鳥瞰映像を作成する手法[10] が提案されている．この手法では，信号機に設置した道路監視カメラより 4 方向から交差点を撮影し，上空から撮影したかのように幾何変換を行い，それぞれの映像を合成している．このような鳥瞰映像をドライバに提示することは死角車両の位置を直感的に把握するうえで有用である．しかし，あらかじめ信号機にカメラを設置しておく必要がある．

文献 11) 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両間で交換し，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．この手法では文献 10) とは違い，各車両に搭載されているカメラを利用し，インフラカメラを必要としない．また，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，文献 10)，11) では，合成した映像の車両への送信方法は考慮されていない．

文献 12) では，ビデオ受信車両が遠隔地のライブ映像を要求した際に，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，映像を車車間通信で交換する際に通信帯域を効率的に使用するため，映像を転送する車両を，その車両が集めた他車両

© 2011 Information Processing Society of Japan

の行き先や，移動特性などの情報を基に選定している．これらの方法により車車間通信の際にかかるオーバヘッドを削減し，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，この研究は本研究とは違い，高速道路でのライブ映像配信を対象としており，交差点での安全支援に必要な配信のリアルタイム性を保証していない．

本論文で提案する手法は，文献 10)，11) で提案されている鳥瞰映像作成の技術を利用する．そして，文献 10)–12) ではまだ解決されていない，交差点のような狭い区域内でのリアルタイムストリーミング配信を実現するため，映像を送信する車両を効果的に選択する手法を提案する．

また，運転者に映像を提供する際，(1) 鳥瞰映像をそのまま配信，(2) アニメーション表現で鳥瞰図を提示，の 2 つの方式が考えられる．しかし，アニメーション化するためには，高精度で各対象物の位置の推定が必要になる．これを推定するために GPS などの情報を用いるか，動画から必要情報を切り出すことが考えられる．しかし，前者は自転車や歩行者などの GPS を保持していない者の推定は困難になる．また，後者は切り出すための手法がまた別に必要になり，動画からの切り出しがうまくいかないと必要な情報が欠落し，運転者を余計に危険な状態にする可能性がある．さらに，現時点ではプログラムによる対象物の切り出しよりも人間が目視で認識することの方が精度が高いと考えられるために，本研究ではすべての情報を運転者に提供するために映像方式を選択した．

3. 提 案 手 法

本章では提案する交差点映像の協調撮影と共有を目的とした車車間通信プロトコルの概要を述べた後，前提条件，問題設定，送信車両選定手法について述べる．

3.1 概　　要

交差点に進入してきた右折を行おうとしている車両のドライバに対して，**図 1** のような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を目的として，ドライバのリクエストに応じ，通信帯域を有効に利用する映像送信車両の選定手法を提案する．提案手法の使用場面として，交通量の多い信号のある 4 差路の交差点において，右折待ち車両が右折する場合を想定する．

図 2 に示すように，車車間通信を用いて撮影映像を交換する最も単純な手順は以下のようになると考えられる．

(1)　交差点内に死角があるとき，車両 a が交差点鳥瞰映像作成のリクエストを送信．

(2)　車両 b，c，d などの交差点付近で映像を撮影している全車両がそれぞれ撮影している映像をブロードキャストして交換．

(3)　各車両が全車両の撮影した映像を取得し，必要な映像を選択し鳥瞰映像を作成．

しかし，この手法では，データの交換時にパケットの衝突が多発し，各車両が安全運転に役立つ品質の映像を取得できない可能性が高い．

この手法を評価するため，実際の交差点環境を再現し，ネットワークシミュレータ QualNet を用いて簡単な実験を行った．この手法を用いて，各車両が 200 [Kbps] の通信量を実現する映像フレームに模したパケットを送信し，送信車両台数を変化させた際のパケット到達率を計測した．実験で使用した無線通信規格は IEEE802.11b である．結果を**図 3** に示す．

図 3 に示されるように，パケット到達率は送信車両台数の増加にともない急激に減少している．そこで，通信帯域を効率良く使用して映像フレームを確実に要求車両に届けるための手法を提案する．提案手法では映像を撮影している各車両に対して映像を送信する優先度を割り当てる．優先度は要求車両のリクエスト（死角となるエリアの映像を要求）や各車両

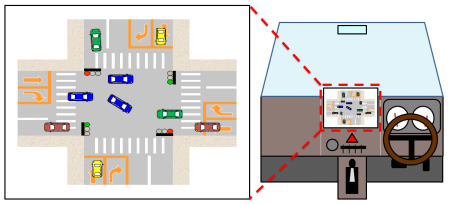

図 1　ドライバへの鳥瞰映像の提示例
Fig. 1　Bird's-eye-view of intersection.

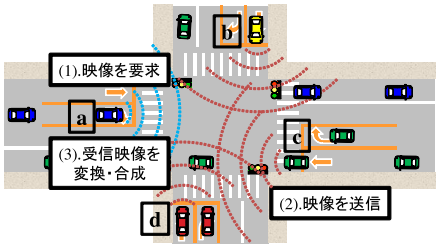

図 2　提案手法の動作手順
Fig. 2　Overview of method procedures.

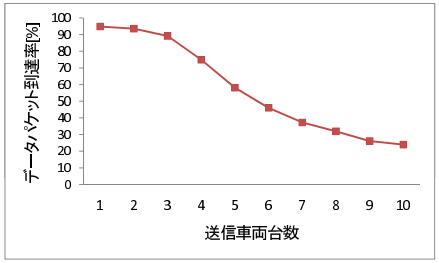

図 3　車両台数によるパケット到達率の変化
Fig. 3　Vehicle number vs. packet arrival ratio.

© 2011 Information Processing Society of Japan

の撮影エリアなどの情報から決定するものであり，以下のような車両を優先する．

- 要求されているエリアを撮影している．
- 交差点中央に近い．
- 撮影している映像品質が高い．

提案手法では，進行方向ごとに優先度が高い車両から映像送信車両として選定していき，自車両が映像送信車両であると判断すると映像を送信する．

3.2 前提条件

本節では鳥瞰映像の作成に関する仮定，交差点に関する仮定，車両に関する仮定について述べる．

3.2.1 鳥瞰映像の作成

文献 10)，11) で提案されている技術を用いて，複数の方向からの撮影映像が与えられれば，鳥瞰映像の合成が各車両で行えると仮定する．

鳥瞰映像の作成が実現可能であることを確認するため，実際に，鳥瞰映像提示システムの構築を行った[13]．本システムにより，**図 4** のように，複数方向から取得した映像フレームを透視投影変換，合成することで一般的な機器でリアルタイムに鳥瞰映像を作成・表示できることが確認できた．

3.2.2 交差点に関する仮定

交差点付近（交差点外も含む）は交差点の大きさに合わせ $m \times m$ 個の格子領域の集合 $Grid = \{g_{1,1}, \cdots, g_{m,m}\}$ に分割されているとする．

3.2.3 車両に関する仮定

交差点付近に存在する車両の集合を $Vehicle = \{v_1, \cdots, v_n\}$ と表す．各車両 v_i は交差点を進行（速度 25〜45 [km/h]）しているか，停止しており，地図情報により，交差点付近の格子領域の境界情報を取得できるとする．また各車両 v_i は自車両の交差点でのアクション（直進，右左折など）を，指示機操作や設定された移動予定経路などから，交差点に進入するまでに予測できるとする．なお，車両 v_i が車載カメラで撮影可能な格子領域集合 Cap_i（$\subseteq Grid$）はカメラの視野角，GPS から得られる自車両の位置，進行方向，他車両の位置から計算できる．他車両の位置は，文献 9) の手法を利用し，自車両が撮影している映像に含まれている車両の位置として把握しているとする．また，映像を要求する車両 v_j が欲しい格子領域集合 Req_j（$\subseteq Grid$）は，自車両からは死角となる交差点のエリアとして，一意に決定されるとする．ただし，本論文では，映像を要求する車両が 1 台である環境を想定した．

図 5 に 6×6 の格子領域に分割した交差点の例を示す．右折を予定している要求車両 1 は赤色の格子領域 $g_{4,5}$，$g_{5,5}$，$g_{5,6}$（要求車両 1 の死角領域）を含んでいる映像を要求している．赤信号で停止している車両 2 は保持している自車両，他車両の情報を基に青色の格子領域 $g_{3,2}$〜$g_{3,5}$，$g_{4,1}$〜$g_{4,5}$，$g_{5,1}$〜$g_{5,6}$，$g_{6,2}$〜$g_{6,6}$ が撮影可能格子と判断する．ここで，格子領域 $g_{3,6}$，$g_{4,6}$ については車両 3 により，死角と判断され撮影可能な格子とはならない．

車両の標準装備として以下を仮定する．

- 15 [fps]，QVGA サイズ（320 × 240 [pix]），5 [KB/frame] 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，映像を表示できる車載コンピュータ
- IEEE802.11b 規格の無線 LAN 装置
- 十分な容量のストレージ

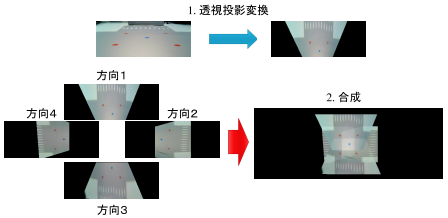

図 4　鳥瞰映像の作成結果
Fig. 4　Composed bird's-eye-view picture.

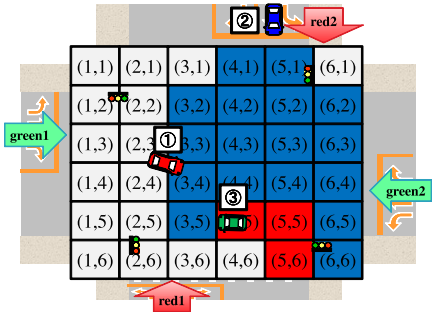

図 5　交差点の格子領域
Fig. 5　Cells in intersection.

© 2011 Information Processing Society of Japan

動画の品質は，ワンセグ放送の解像度をもとにし，320 × 240 [pix]，フレームレートが 15 [fps] とする．これは試聴に耐えうる品質であり，交差点の監視に十分であると考える．また，現在のカーナビでよく用いられる自律型 GPS の誤差は 10 [m] 程度であるが，DGPS では数十 [cm] 程度，RTK（Real Time Kinematic）測位で数 [cm] 程度の精度が実現されている[14]．今後このような高精度な位置測位がカーナビゲーションシステムにも導入される可能性も考えられる．本手法では，交差点をいくつかの格子領域に分割するが，その格子領域の大きさは数 [m] 程度になり，それに対して，GPS 機器による誤差は十分小さいと考えられるので，本研究では GPS 機器による誤差は 0 [m] であると仮定する．

3.3　映像送信車両集合の選定問題の定式化

本研究が扱う問題，入力，出力，制約条件，目的関数を以下に示す．

3.3.1　問題の概要

本問題は，ある車両から交差点鳥瞰映像の作成要求を受けた際に，その交差点付近を撮影している車両群から鳥瞰映像を作成するための映像をブロードキャストする車両群を選定する問題である．各車両は撮影可能な交差点内の格子領域集合や進行方向などから優先度を計算することができ，本問題では，通信帯域の制限内で各車両に割り当てられた優先度の和が最大となる送信車両集合を求める．

3.3.2　入　　力

- $Grid$：交差点内を $m \times m$ に分割した格子領域
- $Vehicle = \{v_1, \cdots, v_n\}$：車両の集合
  各車両 $v_i \in Vehicle$ は以下の属性を持つ
  - 走行速度 [m/s]：$spd_i \geq 0$
  - 車両位置：$pos_i = (x_i, y_i)$（x_i，y_i はそれぞれ実数）
  - 撮影可能な格子領域集合およびその撮影方向：Cap_i，dir_i（dir_i は 4 方向のいずれか）
  - 撮影映像品質：$qual_i$（0〜10 の整数（10 が最高品質））
  - 各車両が使用する無線通信帯域 [Mbps]：$BR_i \geq 0$
  - 要求車両 $v_j \in Vehicle$ が要求する交差点の格子領域集合 $Req_j \subseteq Grid$
- 車両 v_i の映像を送信する優先度を計算する評価関数：$Priority(v_i)$
- 使用可能な無線通信帯域幅 [Mbps]：$W \geq 0$

3.3.3　出　　力

交差点鳥瞰映像を生成するための映像を送信する車両の集合 $V_{send} \subseteq Vehicle$

3.3.4　制 約 条 件

格子領域の要求車両を v_j，その映像を提供する車両を $v_i \in V_{send}$ とする場合．交差点鳥瞰映像を要求車両で生成するためには，V_{send} に選定された車両は要求車両 v_j が必要とする格子領域（いい換えれば要求車両が撮影していない格子領域）を撮影していなければならず，また V_{Send} に含まれる車両群が使用する通信帯域の合計は W 以内でなければならない．そして，V_{send} に選定された車両は他の車両より優先度が高くなければならない．各車両は撮影可能方向 dir（4 方向）により 4 つのグループに分かれ，各グループにおいて，$v_i \in V_{send}$ に対して，以下の条件 (1)〜(3) が成り立つ．

$$Req_j \cap Cap_i \neq \emptyset \tag{1}$$

$$\sum_{v_i \in V_{send}} BR_i \leq W \tag{2}$$

$$\forall v_i \in V_{send}, \forall v_k \in Vehicle \backslash V_{send},\ \ 0 \leq Priority(v_k) \leq Priority(v_i) \tag{3}$$

3.3.5　目 的 関 数

優先度の高い送信車両を選定することで，高品質な要求車両が必要としている格子領域を含んだ映像を保証することができると考えられる．結果的に，これらの映像をもとに作られる交差点鳥瞰映像の品質も高くなる．よって，V_{send} に選定される車両の優先度の和を最大化する（式 (4)）．

$$\textbf{maximize} \sum_{v_i \in V_{send}} Priority(v_i) \tag{4}$$

3.4　送信車両選定手法

本節では 3.3 節で定義した問題を解く車両選定アルゴリズムを提案する．提案手法では通信帯域を有効に利用するため，各車両に映像を送信する優先度を与える．優先度を決定するためには，他車両の情報を集めなければならない．よって，提案手法を以下のフェーズに分ける．

- 車両情報交換フェーズ
- 優先度決定フェーズ
- 送信車両選定フェーズ

提案手法では各車両において，車両情報交換フェーズは 0.5 秒に 1 度実行され，情報を含むメッセージを交換する．車両情報交換フェーズが実行された後，各車両は優先度決定フェーズを開始し，交換された情報に基づき，各車両の送信に関する優先度を計算する．優先度計算が完了すると，車両は送信車両選定フェーズに入り，計算した優先度に基づき送信

© 2011 Information Processing Society of Japan

車両を選定する．送信車両が選定された後，選定された車両は自身の撮影する映像を次回の送信車両選定フェーズが完了するまでブロードキャストし続ける．

3.4.1　車両情報交換フェーズ

このフェーズでは，交差点付近の他車両の情報を取得するため，各車両が必要な情報を交換する．各車両は互いの車両情報を共有するため，定期的に **Share メッセージ**を交換し，他車両の情報を保持し続ける．提案手法が有用だと考えられる車両密度が高い交差点付近では，車両速度が約 10 [m/s]，車間距離が約 5 [m] だと想定しているので，各車両は約 0.5 [s] で前方車両のいた位置に到達する．したがって，車両情報を更新する Share メッセージの送信間隔は 0.5 [s] 以下が妥当であると考えられる．Share メッセージは以下の内容を含んでいる．

- $(i, spd_i, pos_i, Cap_i, dir_i, qual_i, NSF_i)$
  i は車両 ID，$\boldsymbol{NSF_i}$ は自車両がすでに送信した映像フレーム数（Number of Sent Frames）を示す．

要求車両 v_i は自車両が必要とする格子領域を撮影車両に通知するため，交差点から 100 [m] の地点に近づくと **Request メッセージ**を自車両の通信範囲内にブロードキャストする．v_i が送信する Request メッセージは Share メッセージの項目に加え以下の内容を含んでいるとする．

- 映像を要求する交差点の格子領域の集合 $Req_i \subseteq Grid$

3.4.2　優先度決定フェーズ

提案手法は通信帯域を有効に利用し，要求を満たした映像を撮影している車両を選定するため，交換した車両情報に基づいて各車両に映像を送信する優先度を割り当てる．各車両は以下の条件を満たすとき，鳥瞰映像のもととなる映像を送信する車両として適していると考えられる：

(a)　要求車両が要求する領域を撮影していること
(b)　車両が交差点中心部に近く他車両への通信が確実に行えること
(c)　撮影する映像の品質が高いこと

そこで，車両 v_i の優先度を計算する関数 $Priority(v_i)$ を式 (5) のように定義する．

$$Priority(v_i) = k_1 \times f_{cap}(v_i) + k_2 \times f_{pos}(v_i) + k_3 \times f_{qual}(v_i) \tag{5}$$

ここで，f_{cap}，f_{pos}，f_{qual} は，それぞれ，要求に合致する撮影格子領域数，交差点中央との距離，撮影映像品質がどの程度良いかを 10 点満点での数値で返す関数である．また，k_1，k_2，k_3 は各関数に対する重みである．車両 v_i に対して，各関数の詳細を以下に示す．

- f_{cap}：
  車両 v_j の要求する格子領域集合 Req_j の周囲八方の格子領域集合をサブ格子領域 Sub_j（$\subseteq Grid$）とする．Sub_j を多く撮影している車両は要求に応じた映像を配信することができるので値が高くなり，また Req_j を撮影している車両はさらに優先される．提案手法では，要求格子領域 $g_{x,y}$（$\in Req_j$）の周囲にある 8 個の格子領域の中から，半分より多くの格子（5 個）を撮影できていれば，要求格子領域 1 個分の評価をする．したがって，$f_{cap}(v_i)$ を以下のように定義する．

$$f_{cap}(v_i) = \frac{(|Cap_i \cap Sub_j| + 5 \times |Cap_i \cap Req_j|)}{|Sub_j| + 5 \times |Req_j|} \times 10 \tag{6}$$

- f_{pos}：
  交差点の中央に近い車両は他車両との距離が近くなり，映像データを確実に配信することができると考え，値を高くする．車両位置 (x_i, y_i) と交差点の中央 (x_c, y_c) 間のユークリッド距離 $dist_i$ を求め，$dist_i$ が 0〜10 [m]，11〜20 [m]，$\cdots$，91〜100 [m] のとき，$f_{pos}(v_i)$ をそれぞれ 10 点，9 点，$\cdots$，1 点とし，100 [m] 以上のときは 0 点とした．
- f_{qual}：
  撮影映像の品質は様々な要素によって決まると考えられる．本手法では映像品質 $f_{qual}(v_i)$ は，車両速度を評価する関数 $f_{spd}(v_i)$，車高を表す関数 $f_{height}(v_i)$ によって決まるとし，10 点満点で評価する．車両速度が 0〜25 [km/h]，25〜26 [km/h]，$\cdots$，33〜34 [km/h] のとき，それぞれ $f_{spd}(v_i)$ を 10 点，9 点，$\cdots$，1 点とし，34 [km/h] 以上のときは 0 点とする．また，車両の高さ $f_{height}(v_i)$ を高，中，低の 3 段階で設定し，それぞれ 10 点，5 点，0 点とする．$f_{qual}(v_i)$ を以下のように定義する．

$$f_{qual}(v_i) = \frac{f_{spd}(v_i) + f_{height}(v_i)}{20} \times 10 \tag{7}$$

各車両は自車両が映像フレームを送信するべきかどうかを判断するために，Request メッセージを受信すると Share メッセージの送信元の車両集合 V_{share}（$\subseteq Vehicle$）の各車両について優先度を計算する．優先度は受信した Request メッセージの内容と V_{share} の各車両が送信した Share メッセージの内容をもとに，式 (5) によって各車両が独自に計算する．

3.4.3　送信車両選定フェーズ

各車両は，Request メッセージを受信すると，V_{share} に属する各車両の優先度を計算し，送信車両選定フェーズに移行する．提案手法では通信帯域を有効に利用するため，通信帯域の範囲内において，できるだけ多くの車両が映像を送信する．そのため，各車両は通信帯域

© 2011 Information Processing Society of Japan

の使用状況を把握する必要がある．ここで提案手法では，各車両における通信帯域の使用状況の把握方法として，映像フレームパケットの配送成功率を利用する．各車両は，送信された映像フレーム数と実際に受信した映像フレーム数から，パケット配送成功率 $\boldsymbol{PDSR_i}$（Packet Delivery Success Ratio）を把握する．車両 v_i（$\in V_{share}$）は他車両 v_j（$\in V_{send}$）が送信し，自車両が受信した映像フレーム数 $\boldsymbol{NRF_j}$（Number of Received Frames）を把握しているとする．そして，V_{send} の全車両の映像フレーム到達率の平均として，$PDSR_i$ を式 (8) のように定義する．

$$PDSR_i = \frac{1}{|V_{send}|} \times \sum_{v_j \in V_{send}} \frac{NRF_j}{NSF_j} \tag{8}$$

各車両 v_i は $PDSR_i$ により，映像フレームパケットの配送成功率を把握し，$PDSR_i$ の値が高いとパケット受信に失敗していないので，通信帯域に余裕があると判断する．

文献 11) により鳥瞰映像作成のためには各進行方向（4 方向）からの映像が必要であることが分かっている．提案手法では，Share メッセージを受け取るたび各車両の優先度のリストを更新し，各撮影方向で最も優先度が高い 1 台を選定し，送信車両集合 V_{send} に加える．そして，把握しているパケット配送成功率 $PDSR$ に応じて，V_{share} の優先度が高い車両から順に送信車両 V_{send} に加える．

V_{send} の選定は以下のアルゴリズムを用いて V_{share} の各車両が実行し，自車両が V_{send} に含まれるか自律的に判断する．

Step1. $V_{send} = \emptyset$ で初期化する．
Step2. V_{share} の各車両に対し，優先度を計算する．
Step3. 各撮影方向の優先度が最も高い車両を V_{send} に加えていく．
Step4. 通信帯域に余裕がある限り，優先度が高い順に車両を V_{send} に加えていく．
Step5. 自車両が V_{send} の要素であり，交差点付近に存在する場合，映像を送信する．そうでない場合は何もしない．
Step6. Share メッセージを受信すると **Step1** に戻る．

このようにして選定した V_{send} は車両の移動とともに変化するので，状況に合った車両が映像フレームをブロードキャストすることができ，通信帯域を有効に使用することができる．

4. シミュレーション実験

提案手法で用いる，車両 v_i の優先度を算出する関数 $Priority(v_i)$ の各優先項目に対する重みを決定するために，提案手法を QualNet シミュレータ上に実装し予備実験を行った．その結果，提案手法の関数 $Priority(v_i)$ を決定した．そして，提案手法により選定された送信車両集合 V_{send} が，通信帯域を効率的に使用し，要求車両のリクエストに応じ，高品質な映像を要求車両に配信できているかを評価するために，評価実験を行った．

4.1 評 価 項 目

本研究において行った実験の評価項目を以下に示す．

(1) **映像フレームの到達率**
提案手法が通信帯域を有効に使用しているかを評価するために，選定された車両群 V_{send} の送信した映像フレームが要求車両に到達した割合を測定した．

(2) **要求車両が受信した映像フレーム数**
前記の映像フレームの到達率だけでは，死角車両を把握するのに十分な量の映像フレームが到達しているか評価できないため，以下の項目別に要求車両が受信した映像フレーム数を測定した．

- **要求格子領域別に受信した映像フレーム数**
  要求車両が受信した映像フレーム数を要求格子領域別に測定した．
- **進行方向別に要求格子領域を含んでいる映像フレーム数**
  要求車両が受信した映像フレームの中で，要求格子領域を含んでいるフレーム数を進行方向別に測定した．

(3) **要求車両が受信した映像の品質**
本実験では，要求格子領域を含み f_{qual} の値が高い映像を用いると，合成後の鳥瞰映像の品質が高いと考える．上記の映像品質は各映像フレームの優先度で評価できるため，受信した映像フレームの優先度の値の分布を測定した．

4.2 必要フレーム数

要求車両が受信した映像フレーム数が，死角車両を把握するために十分な量かどうかを評価するため，必要フレーム数 **RNF**（Required Number of Frames）を定義する．3 章で述べた鳥瞰映像提示システムを用いた実験より，フレームレートが 10 [fps] 以上の映像なら死角車両の把握に有用であることが確認できた（主観評価）．よって，本実験では，平均 10 [fps] を満たす映像フレーム数である RNF を上回る映像フレーム数を受信することがで

© 2011 Information Processing Society of Japan

表 1　RNF の値
Table 1　RNF value.

	各進行方向	各要求格子領域
RNF	10 [fps] × 受信時間	10 [fps] × 4（進行方向）× 受信時間

表 2　車両密度，シミュレーション時間，RNF の設定
Table 2　Configuration in 3 density cases.

車両密度	Dense	Medium	Sparse
車間距離	5〜10 [m]	10〜20 [m]	20 [m] 以上
シミュレーション時間	35 [s]	58 [s]	88 [s]
RNF（各進行方向）	350	580	880
RNF（各要求格子領域）	1,400	2,320	3,520

きれば，十分な量の映像フレームを受信できているとし，**表 1** のように RNF を定義した．

4.3　実験の設定

本節では，実験の環境，パラメータ，車載機器の搭載率，車両密度について述べる．

4.3.1　実験の環境

本実験では，QualNet 上に京都・四条河原町の交差点付近を模した 142 [m] × 142 [m] の地形データを作成し，東西方向の道路の信号を青（green1，green2），南北方向の道路の信号を赤（red1，red2）とした．赤信号方向にはそれぞれ車両が 4 台ずつ停止しており，青信号方向には車両が連続して走行しているとした．初期状態では右折を予定している車両が，複数台車両が存在している交差点に進入し，シミュレーションが開始される．交差点に進入した要求車両は，$g_{4,5}$，$g_{5,5}$，$g_{5,6}$ を要求格子領域としてリクエストするとした（図 5 参照）．そして，対向車線の直進車両がいなくなり，右折可能な状態になるとシミュレーションが終了する．

車載通信機器が 100%搭載されているという環境は現実的ではないと考えられるため，本研究では車載通信機器と車載カメラを搭載している車両の割合（搭載率）を変化させ実験を行った．また，交差点や時間帯によって，車両密度は変化するものだと考えられるため，本実験では 3 つの車両密度を用いて実験を行った．各車両密度の車間距離，シミュレーション時間，シュミレーション期間全体の必要フレーム数 RNF を**表 2** に示す．

4.3.2　実験パラメータ

映像フレームとして，各車両は文献 15) の手法により映像フレームから道路部分（全体の $\frac{1}{3}$）を認識し，切り出して送信するとする．したがって，15 [fps] × $\frac{5}{3}$ [KB] × 8 = 200 [Kbps] の通信量を模した映像フレームパケットを送信した．本実験のパラメータ，パケットに関する設定を**表 3**，**表 4** に示す．

表 3　実験パラメータ
Table 3　Simulation configuration.

車両台数	60［台］
要求車両	1［台］
要求格子領域	3 カ所
サブ格子領域	12 カ所
走行車両速度	25〜45 [km/h]
車両撮影映像品質	0〜10
車両位置の表現	2 次元座標
無線通信規格	IEEE802.11b（11 Mbps）
優先度リスト更新間隔	0.5 [s]

表 4　パケット
Table 4　Packet parameters.

	パケットサイズ	送信間隔
Share メッセージ	300 [byte]	0.5 [s]
Request メッセージ	300 [byte]	0.5 [s]
映像データパケット	1,666 [byte]	0.067 [s]

4.4　優先度関数を決定するための予備実験

提案手法において，各車両の要求に合致する撮影格子領域数，位置，撮影映像品質といった優先度を計算するための優先項目に対して，必要性や適切な重みを把握するために予備実験を行った．優先度を算出する式 (5) において，k_1〜k_3 は，それぞれ要求に合致する撮影格子領域数（k_1），車両の位置（k_2），撮影映像品質（k_3）に対する重みである．k_1〜k_3 をそれぞれ変化させ，車両密度が Dense，通信機器の搭載率が 100%の環境で，提案手法を用いて映像フレーム到達率，要求格子領域を含んでいる映像フレーム数，平均映像品質（f_{qual}）の値を計測した．結果を**表 5**，**表 6** に示す．重み k_2 に対する項目は，映像フレーム到達率の向上を期待し，優先項目としたが，表 5 の結果より向上は見られなかった．そして，提案手法ではドライバに死角部分となる要求格子領域を多く撮影している車両を優先的に選定する必要があるので，表 6 の結果より以降の実験での重みを $k_1 = 2$，$k_2 = 0$，$k_3 = 1$ とした．

4.5　提案手法の有用性を評価するための評価実験

提案手法により選定された V_{send} が，通信帯域を効率的に使用し，要求車両のリクエストに応じ，高品質な映像を要求車両に配信できているかを評価し，提案手法が有用な環境を把

© 2011 Information Processing Society of Japan

表 5　重み割当てと実験結果（到達率）
Table 5　Results in different weight assignment cases (Packet arrival ratio).

k_1，k_2，k_3	映像フレーム到達率 [%]
1，0，0	76.2
0，1，0	75.5
0，0，1	76.7

表 6　重み割当てと実験結果（映像フレーム数，平均映像品質）
Table 6　Results in different weight assignment cases (Frame number, avg. video quality).

k_1，k_2，k_3	映像フレーム数	平均映像品質（f_{qual}）[点]
1，0，1	3,474	5.07
2，0，1	3,698	5.17
1，0，2	3,538	5.32

握するために評価実験を行った．評価実験では，前節で決定した k_1〜k_3 の重みを用いた提案手法と，他の車両選定手法に対して，車両密度，搭載率を変化させ，評価項目の値を測定した．実験の結果は，それぞれの状況において 10 回試行の平均である．

本実験で使用する車両選定手法は以下のものである．(ii) **全車両**は最も単純な車両選定手法であり，(iii) **交差点中央車両**は通信帯域を節約し，良好な結果が得られると考えられる手法である．

(i)　**提案手法**

(ii)　**全車両**

交差点付近に存在する全車両が映像を送信

(iii)　**交差点中央車両**

各撮影方向の車両集合から，交差点中央に最も近い車両が映像を送信

本研究で行った実験の結果を図 6〜図 21 に示す．

映像フレームの到達率

図 6，**図 7** に示すように，車両密度や車載機器の搭載率にかかわらず，提案手法は 70%以上の映像フレームを配信できており，交差点中央手法は 60%以上の映像フレームを配信できている．一方，全車両手法は多くの車両が映像を送信しているため，通信帯域を圧迫し，輻輳が発生し，到達率が非常に低い値となっている．提案手法が高確率で映像を配信できていることより，通信帯域を効率的に利用していることが分かり，通信帯域の使用状況によって V_{send} の台数を決定する手法が有用であることが分かる．

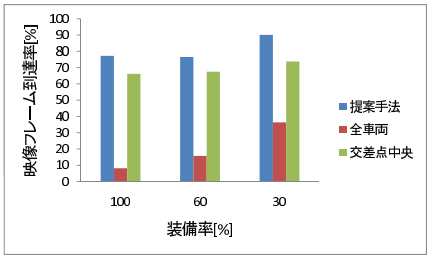

図 6　搭載率による到達率の変化（高密度）
Fig. 6　Deployment ratio vs. packet arrival ratio (Density: dense).

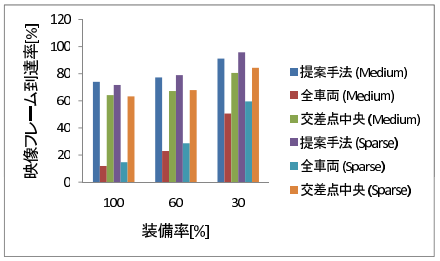

図 7　搭載率による到達率の変化（中・低密度）
Fig. 7　Deployment ratio vs. packet arrival ratio (Density: medium, sparse).

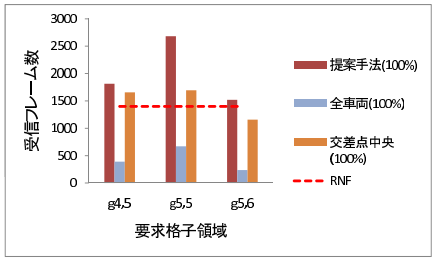

図 8　要求格子領域別フレーム数（高密度，搭載率 100%）
Fig. 8　Required cells vs. frame number (Density: dense, deployment: 100%).

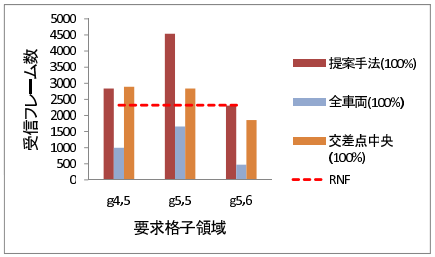

図 9　要求格子領域別フレーム数（中密度，搭載率 100%）
Fig. 9　Required cells vs. frame number (Density: medium, deployment: 100%).

要求格子領域別に受信した映像フレーム数

図 8，**図 9** に示すように，搭載率が 100%の環境では車両密度が減少しても，提案手法はすべての要求格子領域に対して，必要フレーム数 RNF を上回る量の映像フレームを配信できている．しかし，交差点中央手法では RNF に達していない要求格子領域が存在し，全車両手法ではすべての要求格子領域が RNF に達しなかった．また，**図 10**，**図 11** に示すように，搭載率が減少した環境でも他の手法より多くの映像フレームを配信できている．これらの結果より，搭載率が高い環境では車両密度が減少しても，提案手法は要求車両のリクエストに応じた鳥瞰映像を配信するのに，十分な量の映像フレームを配信できていることが分かる．

提案手法が配信した映像フレーム数をより詳細に評価するため，1 秒間隔で受信した映像フレーム数を要求格子領域別に測定した．結果を**図 12**，**図 13** に示す．これらの結果より，

© 2011 Information Processing Society of Japan

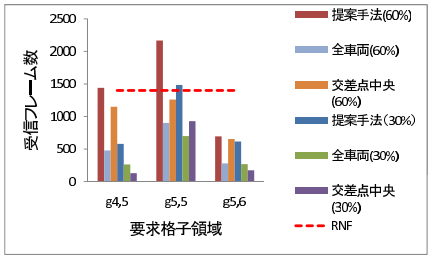

図 10　要求格子領域別フレーム数（高密度，搭載率 60, 30%）
Fig. 10　Required cells vs. frame number (Density: dense, deployment: 60, 30%).

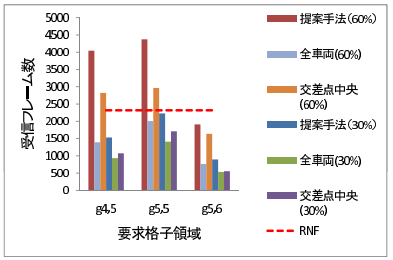

図 11　要求格子領域別フレーム数（中密度，搭載率 60, 30%）
Fig. 11　Required cells vs. frame number (Density: medium, deployment: 60, 30%).

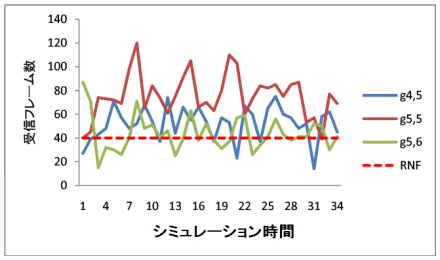

図 12　受信時間による要求格子領域別フレーム数（高密度，搭載率 100%）
Fig. 12　Simulation time vs. frame number (Density: dense, deployment: 100%).

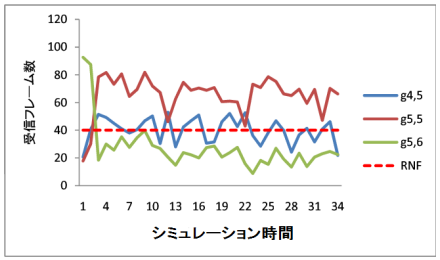

図 13　受信時間による要求格子領域別フレーム数（高密度，搭載率 60%）
Fig. 13　Simulation time vs. frame number (Density: dense, deployment: 60%).

受信フレーム数の総数では RNF に達していても，格子領域によっては RNF に達していない時間が存在することが分かる．これは，要求格子領域が車群によって遮られ，撮影できる車両が存在しない時間があるからだと考えられる．

進行方向別に要求格子領域を含んでいる映像フレーム数

図 14，**図 15** に示すように，車両密度が高く，搭載率が 100%，60%の環境では，提案手法はすべての進行方向から RNF を上回る量の映像フレームを配信できている．一方，全車両手法と交差点中央手法では RNF に達していない進行方向が存在している．また，**図 16** に示すように，車両密度が減少しても，他の手法より多くの映像フレーム数を配信できていることが分かる．これらの結果より，車両密度が高い環境では搭載率が減少しても，提案手法は交差点のすべての進行方向を満たした鳥瞰映像を配信するのに十分な量の映像フレームを配信できていることが分かる．

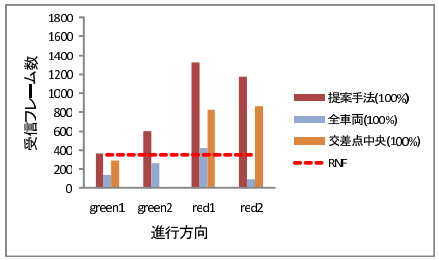

図 14　進行方向別フレーム数（高密度，搭載率 100%）
Fig. 14　Direction vs. frame number (Density: dense, deployment: 100%).

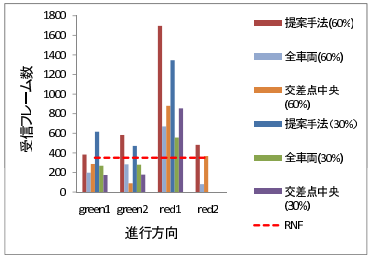

図 15　進行方向別フレーム数（高密度，搭載率 60, 30%）
Fig. 15　Direction vs. frame number (Density: dense, deployment: 60, 30%).

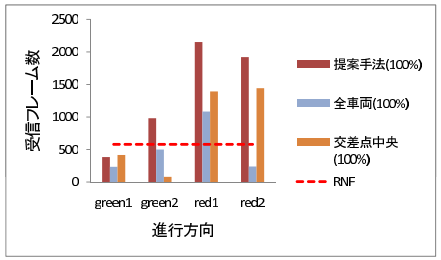

図 16　進行方向別フレーム数（中密度，搭載率 100%）
Fig. 16　Direction vs. frame number (Density: medium, deployment 100%).

要求車両が受信した映像の品質

図 19，**図 20**，**図 21** は，要求車両が受信した映像フレームの優先度を累積分布で表したグラフである．これらの結果が示すように，どのような車両密度，搭載率の環境であっても，提案手法は他の手法に比べ，高い優先度の映像フレームの割合が多くなった．また，車

© 2011 Information Processing Society of Japan

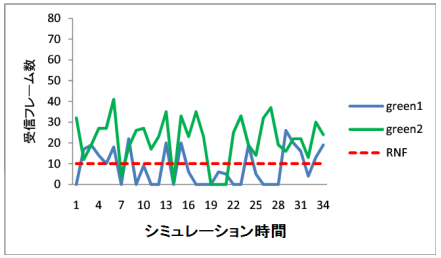

図 17　受信時間による進行方向別フレーム数（提案手法，高密度，搭載率 100%）
Fig. 17　Simulation time vs. frame number in specified direction (Proposed method, density: dense, deployment: 100%).

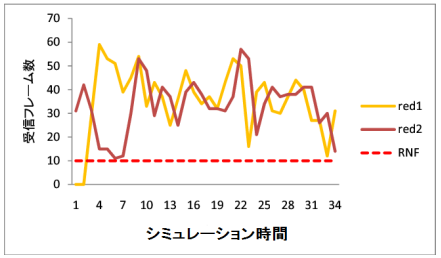

図 18　受信時間による進行方向別フレーム数（提案手法，高密度，搭載率 100%）
Fig. 18　Simulation time vs. frame number in specified direction (Proposed method, density: dense, deployment: 100%).

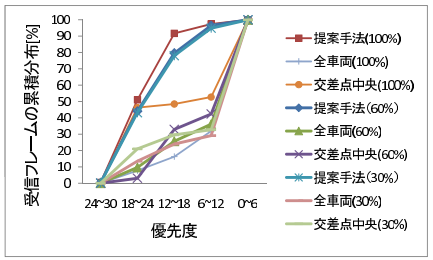

図 19　優先度別受信フレームの累積分布（高密度，搭載率 100，60，30%）
Fig. 19　Priority vs. CDF of frame number (Density: dense, deployment: 100, 60, 30%).

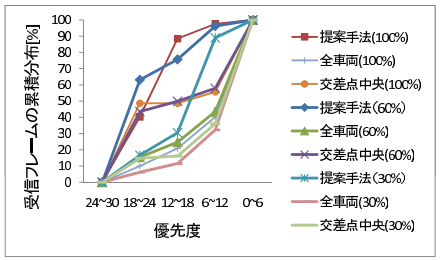

図 20　優先度別受信フレームの累積分布（中密度，搭載率 100，60，30%）
Fig. 20　Priority vs. CDF of frame number (Density: medium, deployment: 100, 60, 30%).

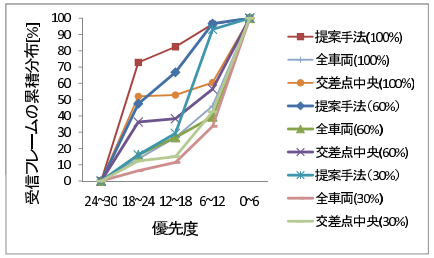

図 21　優先度別受信フレームの累積分布（低密度，搭載率 100，60，30%）
Fig. 21　Priority vs. CDF of frame number (Density: sparse, deployment: 100, 60, 30%).

両密度が高い環境では車載機器の搭載率にかかわらず，提案手法は他の手法に比べ要求車両のリクエストに応じた，高品質な映像を送信できていることが確認できた．

4.6 考　　察

以上の評価項目の測定結果より，車間距離が 10 [m] 以内であるような車両密度が比較的高く，車載機器の搭載率が 60%以上の環境で，提案手法は要求車両のリクエストに応じた，高品質な映像を配信できていることが分かった．また，どのような環境においても，提案手法の性能が最も良いことを確認できた．

本手法の利用場所は電波干渉の多い市街地と考えられるため，評価実験にあたって，帯域制限の厳しい IEEE802.11b を利用している．昨今の車車間通信研究の多くは，高速な IEEE802.11g/p/n を想定している．このような広帯域を使用することができれば，提案手法の性能がさらに良くなると思われる．

今回の手法は格子映像を要求する車両が 1 台である環境を想定したが，実際の交差点では，複数の車両が同時に格子を要求することが発生すると考えられる．複数台車両から格子の要求がある場合，映像を送信する車両の選定がさらに複雑となる．その際，(1) 撮影できる格子の数，(2) 撮影映像の品質，(3) 送信車両数が増え，通信帯域に対する圧迫，の 3 つの指標に対して考慮が必要と思われる．これを今後の課題として検討していきたい．

なお，ノート PC とビデオキャプチャで構築したテストベッドで本手法の簡単な実機実験も行った．その結果，アドホックモードで接続した 4 台のノート PC がリアルタイムにキャプチャした映像を送信し，受信した映像をもとに鳥瞰映像を 1 秒以内に合成しディスプレイに表示することが確認できた．ビデオキャプチャが静止の状態においては，鮮明な鳥瞰映像が合成できる．動的環境については，映像のキャリブレーションがテストベッドで実現できなかったが，映像の受信率において静止した状態とほぼ同様である．動的映像のキャリブレーションについて今後の課題としている．

5. ま と め

本論文では，交差点における歩行者や二輪車，四輪車などの，死角車両が原因となる事故防止のために，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，リアルタイムに車車間通信を用いて交換し，各車両で鳥瞰映像を作成する手法について提案した．本論文で提案した手法は，通信帯域を効率良く使用し，ドライバのリクエストに応じた高品質な映像を配信するため，各車両が協調し映像送信車両を選定する手法である．提案手法では，交差点を複数の格子領域に分割し，交差点付近の車両は自車両の位置や速

© 2011 Information Processing Society of Japan

度，撮影している格子領域，映像品質などの情報を互いに共有し，映像を要求する車両は映像が必要な格子領域の情報を全車両に知らせる．それらの情報を得た各車両は，交差点付近の全車両それぞれの映像を送信する優先度を算出する．そして，他の車両と自車両の優先度を比較し，各進行方向で優先度が高い車両から映像を送信する．このように，各車両が自律的に映像送信の判断を行う手法を提案した．また，提案手法の有用性を検証するため，ネットワークシュミレータ QualNet を用いてシミュレーション実験を行った．その結果，提案手法は車間距離が 10 [m] 以内であるような車両密度が比較的高く，車載機器の搭載率が 60%以上の環境で，要求車両のリクエストに応じた，高品質な映像を配信できたことを確認した．また，車両密度や搭載率の比較的低い環境でも，ある程度の性能を発揮できたことを確認した．

今回提案した車両選定手法では，映像を要求する車両が 1 台である環境を想定した．しかし，現実の交差点では青信号である 2 方向の車両がそれぞれ映像を要求する状況も考えられる．そのような状況では，複数車両の要求を満たす車両選定手法を考慮しなければならない．今後，複数環境での実験を行うなど，評価実験の拡充が必要と考えられる．そのとき，実際のアプリケーション（交差点における安全支援システムなど）を想定した検討を行う予定である．

参 考 文 献

1) 警察庁：平成 20 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/anzen/01asv/index.html
4) Scalable Network Technologies, Inc.: QualNet.
http://www.scalable-networks.com/
5) 本田技研工業株式会社：広報発表.
http://www.honda.co.jp/news/2009/4090219.html
6) Liu, W., Chen, X., Duan, B., Dong, H., Fu, P., Yuan, H. and Zhao, H.: A System for Road Sign Detection, Recognition and Tracking Based on Multi-cues Hybrid, *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (*IV'09*), pp.562–567 (2009).
7) Hayashi, T. and Yamada, K.: Predicting Unusual Right-turn Driving Behavior at Intersection, *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (*IV'09*), pp.869–874 (2009).
8) Gate, G. and Nashashibi, F.: Fast algorithm for pedestrian and group of pedestrians detection using a laser scanner, *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (*IV'09*), pp.1322–1327 (2009).
9) Challita, G., Mousset, S., Nashashibi, F. and Bensrhair, A.: An application of V2V communications: Cooperation of vehicles for a better car tracking using GPS and Vision systems, *Proc. IEEE Vehicular Networking Conference 2009* (*VNC2009*), (CD-ROM) (2009).
10) 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).
11) Ota, D., Ono, S. and Ikeuchi, K.: Visual Reconstruction of an Intersection by Integrating Cameras on Multiple Vehicles, *Proc. Machine Vision Applications* (*MVA2007*), pp.335–338 (2007).
12) Guo, M., Ammar, H.M. and Zegura, W.E.: V3: A vehicle-to-vehicle live video streaming architecture, *Proc. 3rd IEEE Int'l Conf. on Pervasive Computing and Communications* (*PerCom 2005*), pp.171–180 (2005).
13) 小谷和也，中村正人，木谷友哉，孫　為華，柴田直樹，安本慶一，伊藤　実：複数のカメラ映像の合成によるリアルタイム鳥瞰映像提示システム，第 17 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集，pp.109–110 (2009).
14) 柳原徳久，初本慎太郎：RTK-GPS，情報処理学会誌，Vol.43，No.8，pp.831–835 (2002).
15) Tarel, J.P. and Bigorgne, E.: Long-Range Road Detection for Off-line Scene Analysis, *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium* (*IV'09*), pp.15–20 (2004).

(平成 22 年 4 月 9 日受付)
(平成 23 年 3 月 7 日採録)

推 薦 文

本論文は，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映像を，リアルタイムに車車間通信を用いて交換し，各車両で鳥瞰映像を作成する手法を提案し評価している．特に，ドライバにリアルタイムで高品質な映像配信を行うための送信車両選定手法を提案して，シミュレーションによって，その有効性を示していることは高く評価される．

また，提案手法は，インフラを必要とせずに交差点内の状況把握を可能とする方式であり，将来の高度交通システムに提案方式の適用が期待できることから推薦に値する．

（マルチメディア通信と分散処理研究会主査　串田高幸）

© 2011 Information Processing Society of Japan

小谷　和也

2008 年 3 月立命館大学情報理工学部情報コミュニケーション学科卒業．2010 年 3 月奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了．現在，（株）デンソーに勤務．

孫　　為華（正会員）

2003 年，2005 年，2008 年にそれぞれ大阪大学基礎工学部卒業，同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了，同大学院情報科学研究科博士後期課程修了．2008 年より奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教．博士（情報科学）．モバイルアドホック，車車間通信に関する研究に従事．IEEE 会員．

木谷　友哉（正会員）

2002 年大阪大学基礎工学部情報科学科卒業．2006 年同大学大学院情報科学研究科情報ネットワーク学専攻博士後期課程修了．博士（情報科学）．2005 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教．2008 年より現在，静岡大学若手グローバル研究リーダー育成拠点特任助教．組合せ最適化問題，組み込みシステム，車車間通信ネットワークに関する研究に従事．IEEE，電子情報通信学会各会員．

柴田　直樹（正会員）

1996 年，1998 年，2001 年にそれぞれ大阪大学基礎工学部中退，同大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了，同大学院基礎工学研究科博士後期課程修了．2001 年より奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助手．2004 年 1 月より滋賀大学経済学部情報管理学科講師．2004 年 4 月より現在，滋賀大学経済学部情報管理学科助教授．分散システム，ITS，遺伝的アルゴリズム等の研究に従事．ACM，IEEE 各会員．

安本　慶一（正会員）

1991 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業．1995 年同大学大学院博士後期課程退学後，滋賀大学経済学部助手．2002 年より奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授．博士（工学）．モバイル，ユビキタスコンピューティングに関する研究に従事．ACM，IEEE 各会員．

伊藤　　実（正会員）

1977 年大阪大学基礎工学部卒業，1979 年同大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了．1979 年より大阪大学基礎工学部助手．1986 年より大阪大学基礎工学部講師．1989 年より大阪大学基礎工学部助教授．1993 年より奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授．現在に至る．工学博士．データベース理論，効率的なアルゴリズム開発等の研究に従事．ACM，IEEE，電子情報通信学会各会員．

© 2011 Information Processing Society of Japan