

歩車間通信における無線チャネル使用率に基づく動的送信頻度制御

伊藤 舜[†] 小花 貞夫[‡] 湯 素華[‡]

電気通信大学 情報理工学部[†] / 大学院情報理工学研究科[‡]

1. はじめに

近年、歩行者事故削減のため歩行者が持つスマートフォン等の端末を利用し、歩行者の位置、速度等の情報を無線で周囲の車両に通知する歩車間通信が注目されている[1][2]。筆者らは、歩行者密度が高い街中でも危険度の高い歩行者の情報が確実に周辺車両に通知できるように、歩行者、車両や周囲の状況（コンテキストと呼ぶ）から危険度を判定し、危険度に基づき端末からの送信頻度を制御する方式を先に提案した[2]。

本稿では、危険度の高い歩行者からの情報を確実に車両に通知するため、従来方式で最高危険度の人数を一定数で割り当てたものを、無線チャネル使用率(無線チャネルの混み具合)に基づいて動的に割り当て、それによって送信頻度を制御する機能拡張を検討したので報告する。

2. ベースとなる既存の歩車間通信方式

2.1 歩行者通信と課題

歩行者の交通事故削減のために、車両にカメラやセンサを搭載して歩行者を検知する方式があるが、ビルや大型車両の影等で見通し外の歩行者を検知することはできない。このため、歩行者が所持するスマートフォン等の端末から歩行者の位置や移動速度等の情報を周囲の車両に通知する歩車間通信が検討されている[1]。しかし、全ての歩行者端末が同時に情報を発信すると、歩行者密度が高い街中では通信が輻輳し、結果として危険度の高い歩行者の情報が周辺車両に届かないという問題が発生する。

2.2 機能拡充のベースとなるコンテキストに基づく既存の送信頻度優先制御方式[2]

2.1 節で述べた問題を解決するため、既存方式[2]では、1)歩行者の状況や属性（位置、速度、方向、乗り物に乗っているか、年齢、健常者か等）、2)周辺車両の状況（位置、速度、方向等）および3)周囲環境（過去の事故状況、天候、時

間帯等）といったコンテキストに基づき、各端末が歩行者の危険度を決定する。図1に既存方式の概要を示す。

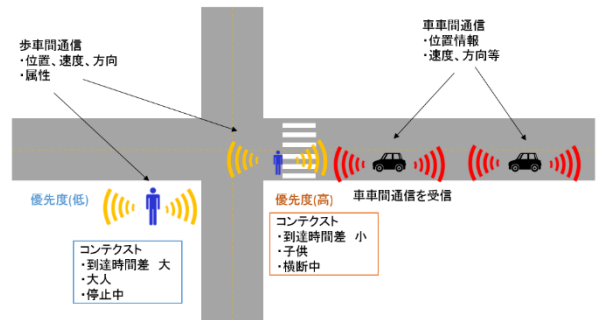


図1 既存方式の概要

危険度の低い歩行者の packets 送信頻度を下げ、逆に危険度の高い歩行者の送信頻度を上げることにより、危険度の高い歩行者の packets 到達率の向上を図る。車両から packets を受信すると、コンテキストに基づき、車両との衝突予想地点への到達時間差による危険度 C_t 、歩行者属性による危険度 C_p 、周囲環境による危険度 C_a を求める。総合的な危険度 C_s は(1)式に基づいて求める。

$$C_s = C_t \times (C_p + C_a) \quad (1)$$

閾値により C_s を 0 から 4 の 5 段階の優先度に分類し、最高優先度の人数が事前に決定した人数上限（例えば 80 人）を上回る時、最高危険度の閾値を +0.1 する。最高危険度の人数上限は packets 到達率が 99.99% 以上になる値を事前のシミュレーションにより求める。

なお既存方式では、端末の測位精度は正確であり、バッテリー容量は十分大きいものとしている。

2.3 既存方式の課題

既存方式では、1)歩行者の混雑度とは関係なく最高危険度に分類される歩行者の人数を予め決めた規則に従って調節し、2)それ以外の危険度の歩行者の人数分布は考慮しない、ことから、歩行者の混雑度や危険度の分布が細かく変化する実環境に対応できない。このため既存方式を実環境に適用するには、以下に述べる機能の拡張が必要である。

Dynamic transmission interval control based on wireless channel utilization rate in pedestrian-to-vehicle communication
Shun Ito[†], Sadao Obana[‡], Suhua Tang[‡]

[†]Faculty of Informatics and Engineering / [‡]Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

3. 機能拡張

輻輳によるパケットロス無くし配信効率を向上させるため、1)最高優先度の人数ではなく無線チャンネル使用率に基づく閾値の動的制御、2)最高優先度だけでなく全ての優先度の閾値の制御の導入を検討する。

3.1. 無線チャンネル使用率に基づく閾値動的制御

車両はリアルタイムでチャンネル使用率を監視し歩行者へ共有する。チャンネル使用率が一定値以上変動した場合、全ての優先度の閾値を変更する。閾値を決定する際は、危険度が高い歩行者の優先度をなるべく下げず、しかも輻輳が発生しないように閾値を調整する。それぞれの優先度の閾値は「デフォルトの閾値」と「調整値」の和とする。「デフォルトの閾値」は、例えば最高の優先度である優先度4の場合は1とする。閾値を上げる時は(2)式、下げる時は(3)式に基づいて調整値を変更する。

$$\begin{aligned} \text{変更後調整値} &= \text{変更前調整値} \\ &+ \frac{\text{チャンネル使用率}}{\text{Cs} \times \text{優先度}} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{変更後調整値} &= \text{変更前調整値} \\ &- \frac{\text{Cs} \times \text{優先度}}{\text{チャンネル使用率}} \end{aligned} \quad (3)$$

これらの式は、危険度が高い歩行者ほど調整値が上がりやすく、危険度が低い歩行者ほど下がりやすくなっている。また閾値を下げる時、閾値はチャンネル使用率に比例し、閾値を上げる時は反比例する。パケットを10回送信するまでに優先度が上がらなければ、調整値を0にリセットする。

4. シミュレーション評価

検討した機能拡張の方式の有効性を検証するためネットワークシミュレータ (Scenargie) を用いて評価した。シミュレーション条件を表1に示す。

4.1. シナリオ

車両は5秒ごとに40Km/hで交差点に進入し、右折をする。全ての歩行者は交差点の周囲100m以内の道路上に配置し、歩行者の中でも衝突が予想される危険歩行者を30人配置する。

検討方式の有効性を検証するため、シミュレーションではあえて歩行者を増やし、輻輳が起きやすいシナリオとした。その時、最も危険度が高く優先されるべき優先度4の累積パケット到達率を評価し、既存方式[2]と比較する。

表1 シミュレーション条件

項目	値
通信方式	IEEE 802.11p
周波数帯	5.9GHz 帯
帯域幅	10MHz
送信出力	20dBm
電波伝搬モデル	ITU-R.P 1411 フェージングあり (Rayleigh)
伝送速度	固定 3Mbps
パケットサイズ	128byte
マップサイズ	1Km 四方
道路数	片道二車線 2*2
車両数	40 台
歩行者数	830 人
車両パケット送信周期	100ms 固定

4.2. シミュレーション結果

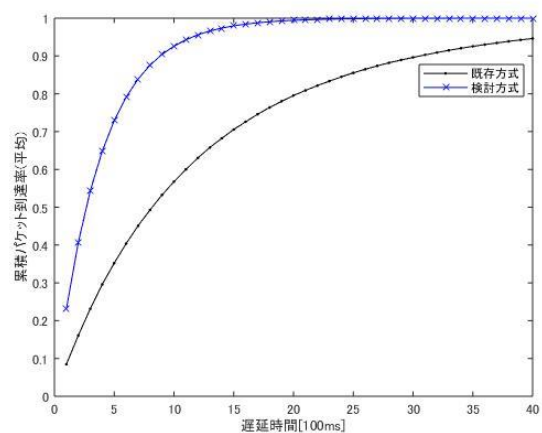


図2 優先度4の累積パケット到達率

既存方式と検討方式の優先度4の累積パケット到達率を図2に示す。平均チャンネル使用率は、既存方式では87%、検討方式で67%であった。

5. おわりに

筆者らが先に提案した歩車間通信方式における無線チャンネル使用率に基づく動的送信頻度制御方式の拡張を検討し、累積パケット到達率を平均20%、最大38%向上できることを確認した。今後は、帯域に余裕があるシナリオでも評価を行い、実環境における有効性の検証を行う。

参考文献

- [1] 永井 真琴, 樋口 啓介, 中岡 謙, 土居 義晴, 700MHz 帯歩車間通信方式の検討及びフィールド試験結果, 信学技報, vol.112, no. 202, ITS2012-16, pp.19-24, 2012.
- [2] Suhua Tang, Kiyoshi Saito, Sadao Obana, "Transmission Control for Reliable Pedestrian-to-Vehicle Communication by Using Context of Pedestrians," Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp.41-47, 2015.