

複数の通信メディアを利用した 車車間センシングデータ共有における妨害攻撃の影響の評価

植田雄介[†] 石原進[†] Mario Gerla[‡]

[†]静岡大学 [‡]University of California, Los Angeles

1 はじめに

DSRC (Dedicated Short Range Communication) を用いた車車間通信を利用した衝突事故防止システムは、通信機器を搭載した車両同士が定期的に車両情報(位置、速度等)を交換し、お互いの位置を把握することを前提として設計されている。しかしながら、このシステムでは、電波通信妨害を受けた場合、他車両の位置が把握できず、衝突事故を引き起こす恐れがある。文献 [1] では、電波通信妨害攻撃がある環境下で、2 車両間での DSRC を用いた車車間通信が、電波通信妨害源の周囲最大 465m の範囲で車両情報を受信できないことが示されている。電波通信妨害により車両情報が受け取れないことによるリスクを下げるため、文献 [2] では、隊列走行において重要となる先頭車両情報を DSRC と可視光通信 (VLC) を併用して後続車両に送信するプロトコルを提案している。DSRC では、1 ホップで隊列全体にメッセージ送信可能だが電波妨害攻撃を受けやすい。一方、VLC はマルチホップ通信が必要となるものの高い指向性により通信妨害を受け辛いという利点がある。このプロトコルではこれらの利点を利用して、電波通信妨害攻撃下でも、高い到達性と低遅延での先頭車両情報の送信を可能とする。同文献のシミュレーションでは、VLC リンクのビットレートが 50kbps、先頭車両のメッセージ送信頻度が 10Hz の場合に限られていた。本稿では、より広範囲のパラメータを用いたシミュレーションより、同手法の効果を検証する。

2 ハイブリッド通信プロトコル

このプロトコルでは、先頭車両は、DSRC と VLC の両方のインターフェースを用いて先頭車両情報(位置、速度等)を含むメッセージにタイムスタンプを付

Evaluation of effects of jamming attacks on vehicle-to-vehicle sensing data sharing system using multiple communication media

Yusuke UETA[†], Susumu ISHIHARA[†], Mario GERLA[‡]

[†]Shizuoka University

[‡]University of California, Los Angeles

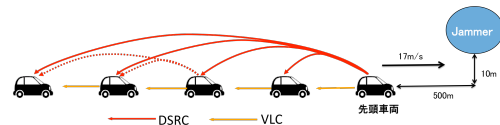


図 1: ハイブリッド通信プロトコル

与して後続車両に送信する。より新しいタイムスタンプを持つメッセージを受け取った車両は後続車両にそのメッセージを DSRC と VLC で転送する。DSRC による通信はブロードキャストで行い、VLC による通信はユニキャストで行う。最後に受け取ったメッセージのタイムスタンプが最新のものと同一あるいは古い場合、メッセージを転送しない。電波通信妨害がある場合、VLC を併用することで DSRC でのメッセージ受信エラーに対する補償を行うことで先頭車両メッセージを最後尾車両までメッセージを受け取る頻度を高くできる。

3 シミュレーション

3.1 シミュレーションシナリオ

図 1 に隊列走行と通信のシミュレーションモデルを示す。各車両は長さ 5m、幅 2.5m とし、隊列には、10 台の車両を車両間隔 10m で配置している。各車両は、DSRC と VLC の送受信機を有しているものとし、VLC 送信機は車両後方中央、VLC 受信機は車両前方中央に取り付けてある。各車両は、道路上を 17m/s で走行する。先頭車両から進行方向 500m 先に妨害源を配置する。妨害源は文献 [1] に示される Periodic Jammer とした。この妨害源は、DSRC と同一チャネルを用いて $10\mu\text{s}$ のアイドル時間を挟んで $64\mu\text{s}$ の信号を繰り返し送信し続ける。シミュレータには、Space Time Engineering 社のイベントシミュレータ Scenargie[4] を用いた。シミュレーション諸元を表 1 に示す。

文献 [2] では、VLC リンクのビットレートを 50kbps としているが、イメージセンサと LED アレイを用いて路車間通信による 10Mbps での通信例がある [5]。従っ

表 1: シミュレーション諸元

Parameter	Value
MAC Algorithm VLC interface	ALOHA(no retransmission)
Bit rate of VLC link	100kbps, 500kbps
Size of VLC packet	200bytes
Rx Tx power	20dBm
Rx Modulation	QPSK R=1/2(6Mbit/s)
Rx Propagation Model	Free Space
Rx Fading Model	Nakagami(m = 2)
Rx PHY/MAC Model	IEEE 802.11p/1609.4 single channel
Rx Frequency	5.89GHz
Rx antenna	Omni-directional antenna(0dbi)
Rx MSDU size	200bytes
Rx Access category	AC.VI

て、本シミュレーションでは、VLCのビットレートを100kbpsと500kbpsに設定した。また、文献[2]では、メッセージ送信頻度を10Hzとしているが、エネルギーITSプロジェクト[3]で用いられた隊列走行用のプロトコルでは、50Hzのメッセージ送信頻度が用いられている、これにならい、メッセージ送信頻度を50Hzとした。

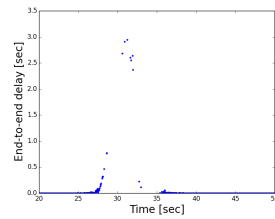
3.2 シミュレーション結果

先頭車両から10台目の車両へのEnd-to-end遅延を示す。図2(a)は全車両がDSRCのみを用いた場合、(a1), (b1)では、先頭車両がDSRCとVLCを併用し、中継車両がVLCのみを用いた場合、(a2), (b2)は全車両がDSRCとVLCを併用した場合の結果である。

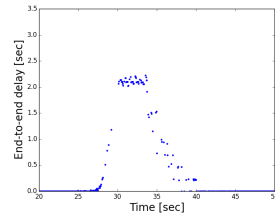
図2(a)から、DSRCのみを用いて中継する場合、妨害源周辺では、最後尾の車両が先頭車両の送信したメッセージを受信することができない、もしくは最大3秒程度のEnd-to-end遅延が発生することがわかる。図2(a1)と(b1)より、中継車両がVLCのみを用いて中継した場合、先頭車両からのメッセージを最後尾の車両は全て受信することができ、End-to-end遅延のピーク値がDSRCのみを用いた場合と比較して、小さくなっていることがわかる。また、図2(a1)と(b1)を比較するとVLCのビットレートを高くすることにより、End-to-end遅延を小さくできることがわかる。また、図2(a1)と(a2), (b1)と(b2)の結果を比較すると、DSRCとVLCを併用することで中継車両がVLCのみを使用したときよりもEnd-to-end遅延を小さくできることがわかる。特に妨害源最接近時以外の遅延が小さくなり、妨害の影響を短時間にとどめることができる。

4 まとめ

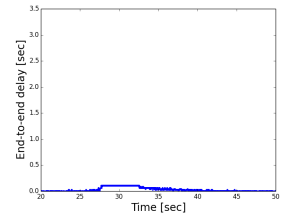
電波通信妨害環境下で、隊列走行において重要となる先頭車両情報をDSRCとVLCを併用して後続車両に送信するハイブリッド通信プロトコルの性能をシミュレーションにより評価した、文献[2]では、VLCのビッ



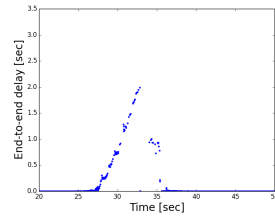
(a) DSRC



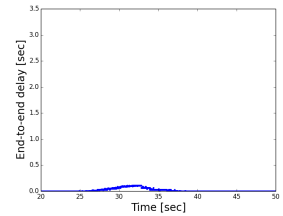
(a1) VLC (100kbps)



(b1) VLC (500kbps)



(a2) DSRC+VLC (100kbps)



(b2) DSRC+VLC (500kbps)

図 2: 先頭車両メッセージの10車両目へのEnd-to-end遅延

トレートを50kbps、先頭車両のメッセージ送信頻度を10Hzとしていたが、本稿では、VLCのビットレートを100kbpsと500kbps、メッセージ送信頻度を50Hzとした。このシナリオにおいても、DSRCとVLCを併用することで、片方の通信のみを用いた場合と比較して、通信妨害への耐性が高くなることが確認できた。また、VLCのビットレートを増すことにより、先頭車両から最後尾の車両のEnd-to-end遅延を大幅に短縮することができることがわかった。

参考文献

- [1] O. Punal, et al.: Experimental Characterization and Modeling of RF Jamming Attacks on VANETs, IEEE Trans. Vehicular Technology, vol.64, no.2, pp.524-540 (2015).
- [2] S. Ishihara, et al.: Improving Reliability of Platooning Control Messages Using Radio and Visible Light Hybrid Communication, IEEE VNC2015, pp.96-183 (2015).
- [3] 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 :NEDO:エネルギー ITS 推進事業, <http://www.nedo.go.jp/activities/FK00023.html>
- [4] Space Time Engineering: <https://www.spacetime-eng.com/jp/>
- [5] T. Yamazaki, et al.: Image-sensor-based visible light communication for automotive applications, IEEE Comm, vol.52 no.7, pp.88-97 (2014).