

N 波長コグニティブ V2R 無線システムによる 路面状況情報データ配送の評価

櫻庭彬[†] 佐藤剛至[‡] 田村俊博[◇] 内田法彦^{*} 柴田義孝[†]

岩手県立大学[†] 情報通信研究機構[‡] NPO 法人ゴーフォワードジャパン[◇] 福岡工業大学^{*}

1. はじめに

本邦は国土面積の半数以上が豪雪地帯に指定されており、代表的な寒冷地である北海道では、寒冷期の自動車事故のうち凍結路面に起因するスリップ事故が全体の約 84%を占める[1]. 凍結路面の検出手法として、自動車に搭載されたセンサによる路面状況の推定手法が提案され、力学センサ[2]や近赤外線レーザ[3]等による非接触計測を行い、舗装表面の形状推定や気象状況を推定する手法が存在している. これらのセンサ出力を解析し、リアルタイム性の高い路面状況情報として提供するためには、路面状況情報の車車間(vehicle-to-vehicle, V2V)および車路間(vehicle-to-road, V2R)通信により、車上で判定された路面状況情報を配送する手段の実現が重要となる.

本稿では、車上でリアルタイム判定された路面状況情報を対象とした V2R 通信システムの設計と評価に関して述べる. 本システムでは、複数の異なる波長の無線規格をデータの種別および状況に応じて動的に切り替えて使用するコグニティブ無線により V2R アドホック通信を実現する. ここではこれまでに構築した 920 MHz 帯 LoRa および IEEE 802.11ac 標準に基づく無線 LAN (WLAN)規格を組み合わせた N=2 波長ネットワークの構築と、アプリケーションレベルの評価結果を報告する.

2. 路面状況収集システムとデータ配送

本提案システムは、図 1 に示す路面センシングシステムの通信サブシステムである. 配送対象とするデータは、車両上の路面状況センシングシステムが時刻および車両の緯度経度座標を舗装路面状況と紐付けて蓄積する路面状況情報である. 本システムでは、自車両に搭載されたコグニティブ無線ユニット Smart Mobile Box (SMB)と他車側の SMB との間の V2V 通信による路面状況情報の交換を行うほか、路側に設置されたデータ蓄積・無線中継路側ユニットである Smart Relay Shelter (SRS)を通じた V2R 通信の 2 つを通信シナリオと定義した.

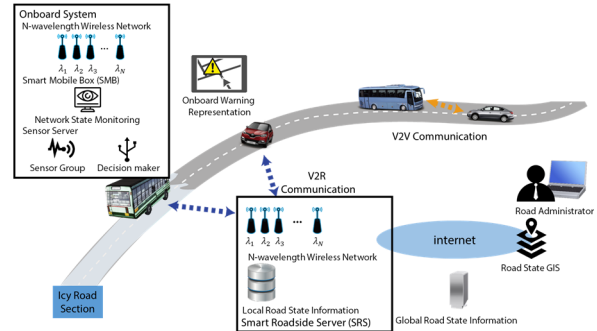


図 1. 路面状況推定システムと無線サブシステム

3. 無線リンクとメッセージシーケンス

本システムを構成する SMB と SRS は、複数の異なる波長や無線規格による無線通信リンクを有している. 複数の無線リンクが同時に他ノードと通信可能な場合、配送するデータサイズや種類ならびにノード間の信号品質等の環境要因に応じて最適な無線リンクを動的に選択する. 現状の実装では、長距離通信が可能な制御リンクとして 920 MHz 帯 LoRa を使用し、データリンクには通信範囲は短距離ながら従来規格と比較して高スループットが期待できる IEEE 802.11ac 標準 WLAN からなる N=2 波長コグニティブ無線を構成している.

図 2 に本システムの V2R 通信開始から終了までのメッセージシーケンスを示す.

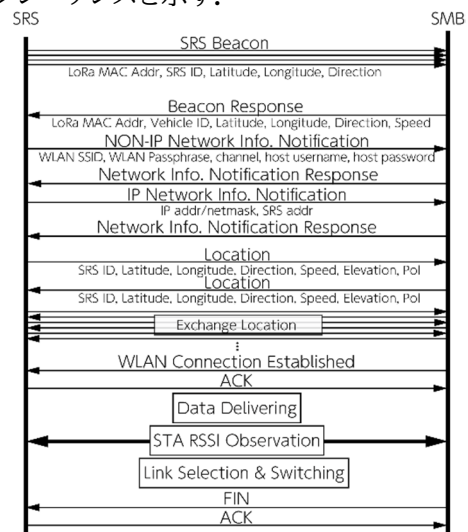


図 2. 正常系における V2R メッセージシーケンス

3.1. 初期状態・ビーコン交換

初期状態の SRS ノードは、LoRa リンク上で SRS の設

Evaluation for Data Delivering Designed for Road State Information over N-wavelength V2R Wireless System
[†] Akira Sakuraba & Yoshitaka Shibata, Iwate Prefectural Univ.
[‡] Goshi Sato, National Institute of Information and Communications Technology
[◇] Toshihiro Tamura, Go Forward Japan, Nonprofit
^{*} Noriki Uchida, Fukuoka Institute Technology

位置に関する情報を車両に通知するビーコンを送信し、ビーコンを受信した車両が応答メッセージを返信することにより両ノードで通信先が決定する。

3.2 ネットワーク設定情報の配信

次に SRS は、ネットワーク設定情報の配信を行う。路面状況情報の配送に WPA-PSK2 認証の WLAN を使用する現在の実装では、SRS に設置された無線アクセスポイントの SSID やパスフレーズといった MAC レイヤ設定情報を配送し、次いで IP ネットワーク設定情報として、割当 IP アドレス、サブネットならびに SRS 通信ノードの IP アドレスを配信し、SMB に設定させることで IP による通信を実現する。

3.3 WLAN リンクによる路面状況情報の配送

WLAN の認証後、レイヤ 3 での導通が確認できた段階において SMB は、SRS に WLAN リンクでの通信が可能となったことを通知する。同時に WLAN リンク上で各ノードが蓄積した路面状況情報を他方に送信する。

3.4 セッションの終了処理

最後に、双方に蓄積されたデータが配送完了するか、WLAN リンクが切断された場合は、セッション終了処理として FIN メッセージが SMB から SRS に送信される。

4. 評価

前章までの提案手法をプロトタイプシステムとして実装し、本手法の評価を行った。性能評価の指標には、一定規模の路面状況情報のデータと配送を行うための制御メッセージが、実用的な時間で交換できたかについて検討する。

V2R 通信は、車両が SRS から路面状況情報を受信するシナリオを想定し、プロトタイプ環境を構築した。プロトタイプ環境において、SMB/SRS 双方が Ubuntu Linux 18.04 ベースの環境を構築した。シナリオでは、ビーコン交換、ネットワーク情報配信および路面状況情報の配送の 3 フェイズの所要時間を計測し、プロトタイプ設計に関する評価を行う。

WLAN 環境として、SRS 側無線アクセスポイントに Ruckus Zoneflex T300、SMB 側の無線ドングルに Planex GW-900D を使用した。LoRa ノードには、大井電気 OiNET-923 および OiNET-928 を使用した。

配送データには、2 節で述べた、実際の車載センサシステムが蓄積した路面状況情報を準備した。蓄積情報は、延長 9.4 km の公道を走行した約 34 分間の路面センシングデータであり、タイムスタンプ、緯度経度座標、判定された 7 レベルの路面状況、推定摩擦係数、気温、湿度および路温を、秒間 1 回 SQLite3 データベースに記録したもので構成される。

車両側ノード SMB と路側ノード SRS 間は約 3 m の距離で設置した。

WLAN リンクでは、AP の送信出力を最小に設定し、このとき受信信号強度である RSSI は平均 -74 dBm を記録した。LoRa リンクは CSS 変調を使用し、拡散率は半径約 800 m の範囲で通信が可能 [4] な SF9 を選択し

た。実験では、両ノードから LoRa アンテナを取り外し、意図的に通信状況を悪化させ屋外での通信を模擬した。本評価中、LoRa リンクの平均 RSSI は -104 dBm であった。

評価環境において、路面状況情報の SRS から SMB への配信を 10 回実施した。各シーケンスのフェイズごとのデータ量、平均所要時間および標準偏差を表 1 に示す。セッション開始から終了までの平均所要時間は 33.0 s であり、走行間の車両からの長距離通信としては現実的な時間的スループットを有していると考えられる。

表 1. 各フェイズにおける平均所要時間

	ビーコン	NW 情報	路面状況情報
データ量 [byte]	24	43	167,936
平均所要 時間 [s]	20.8	11.6	0.56
標準偏差	16.9	7.70	0.03

通信を開始してから応答メッセージを受信し、通信すべき相手が決定するまでの時間は平均で 20.8s を所要した。この結果はデータ量に対して著しく大きいのが、メッセージ実装でペイロードに対してヘッダが大半を占めメッセージ全体のサイズが肥大した設計上の課題や、ビーコン受信および送信の切替を交互に数秒間ずつランダム時間で行うことから、タイミングによっては通信先の決定までかなりの時間が必要である設計上の制約によるものと考えられる。一方で、路面状況情報は、データ量は大きいものの、LoRa リンクと比較してごく短時間かつ安定した配送がされたことが観測された。

5. おわりに

本稿では、車上判定された路面状況情報の交換を目的とした 2 波長コグニティブ V2R 通信の実装評価について述べた。屋内における評価結果では、実用的な時間でのデータ配送の実現が示唆された。

今後の展開として、実際の屋外でのアプリケーションレベルにおける性能評価を予定している。

謝辞

本研究は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) No. 181502003 によるものである。

参考文献

- [1] 高田哲哉, 徳永ロベルト, 高橋尚人, “北海道の一般国道における冬期交通事故の形態について”, 北海道の雪氷, No.29, pp.69-72 (2010).
- [2] Y. Du et al., “Measurement of International Roughness Index by Using Z-Axis Accelerometers and GPS”, Mathematical Problems in Engineering, vol. 2014, pp.1-10 (2014).
- [3] J. Casselgren, S. Rosendahl, J. Eliasson, “Road surface information system”, Proc. of the 16th SIRWEC Conf. (2013).
- [4] Akira Sakuraba, Yoshitaka Shibata, Toshihiro Tamura, Evaluation of Performance on LPWA Network Realizes for Multi-wavelength Cognitive V2X Wireless System, Proc. of the 10th International Conference on Awareness Science and Technology, pp. 434-440 (2019).