

離散ウェーブレット変換を用いた 省リソース車両検出システムの消費電力評価

久保一雄[†] 李承諭[†] 内野雅人[†] 佐藤孝嗣[†] 石田繁巳[†] 田頭茂明[‡] 福田晃[†]

[†]九州大学大学院システム情報科学研究所 [‡]関西大学総合情報学部

1 はじめに

ITS (Intelligent Transportation System: 高度道路交通システム) において、道路の走行車両検出は重要なタスクの1つである。筆者らは、サウンドマップを用いた高精度な車両検出システム [1] の省電力化のため、ウェイクアップ機構を有する音響車両検出システムを開発している [2]。このシステムは、超低消費電力マイコンを用いた省リソース車両検出モジュールで車両を検出した上で、高精度な車両検出システムをウェイクアップさせ、同時通過車両の検出や車両進行方向の推定を行う。

本稿では、晴れ・雨・大雨時の省リソース車両検出モジュールの実証評価及び、ウェイクアップ型音響車両検出システムの消費電力評価について述べる。

2 ウェイクアップ型音響車両検出システム

図1に示すように、Sound Retrieverは2台のマイクロフォンと環境雑音低減用のLPF (Low Pass Filter) で構成される。2台のマイクロフォンは道路脇の歩道に設置し、走行音データを取得する。走行音データは、一定の時間リングバッファに保存される。リングバッファはULPVDの車両検出時からHPVDの解析開始までのタイムラグを解消するために使用される。

HPVDは、サウンドマップを用いた高精度な車両検出システムに該当する [1]。ULPVDの学習プロセス時とULPVDのウェイクアップ要求時に起動する。ULPVDがウェイクアップ要求を出していない間はスタンバイ状態となり、物理的に電源がシャットダウンされる。

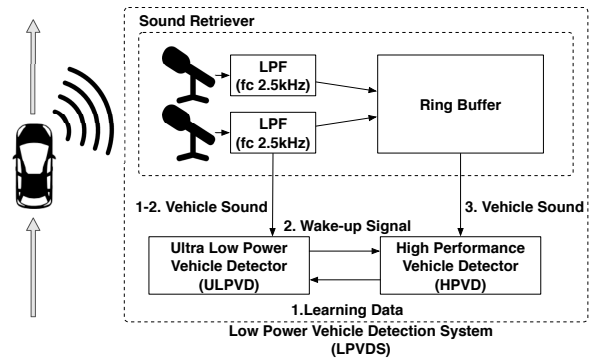


図1: ウェイクアップ型音響車両検出システムの概要

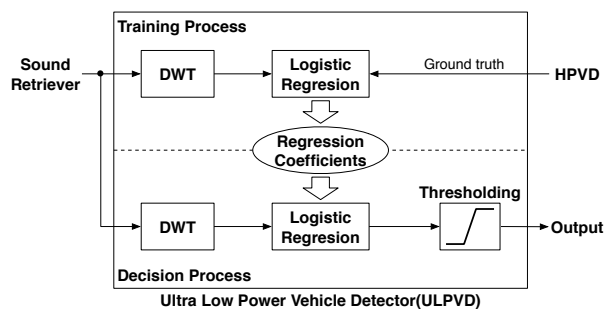


図2: ULPVDにおける学習・判定プロセスの概要

ULPVDは、1台のマイクロフォンから取得した走行音データを用いて車両の有無のみを判定する。ULPVDには学習プロセスと判定プロセスが存在する。図2に学習プロセスと判定プロセスの処理手順を示す。

学習プロセスは、走行音データを特定サンプル数ごとに区切り、Haar窓関数のDWT (Discrete Wavelet Transform) を用いて走行音データの周波数成分を解析する。具体的には、DWTから得られた各周波数成分群の最大値とHPVDから得られる車両通過の有無をロジスティクス回帰分析を通して、偏回帰係数を求める。また、10分割交差検証を用いてTP, FP, FNを求め、ROC曲線から適切な閾値を求める。

Evaluation of Power Consumption of Low Power Vehicle Detection System Using Discrete Wavelet Transform

Kazuo KUBO[†] Chengyu LI[†] Masato UCHINO[†] Koji SATO[†] Shigemi ISHIDA[†] Shigeaki TAGASHIRA[‡] Akira FUKUDA[†]

[†]ISEE, Kyushu University, Japan

[‡]Faculty of Informatics, Kansai University, Japan

[†]{kubo, licy0012, uchino, k_sato, ishida, fukuda}@f.ait.kyushu-u.ac.jp

[‡]shige@res.kut.c.kansai-u.ac.jp

128	0.96	1.0	0.98	1.0	0.97	1.0	0.97	1.0	0.98	1.0	0.96	1.0	0.96	0.99	
256	0.99	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	0.98	1.0	0.96	0.99	0.95	0.99	
512	0.97	1.0	0.96	1.0	0.96	1.0	0.96	1.0	0.97	1.0	0.96	0.99	0.94	0.99	
1024	0.97	1.0	0.97	1.0	0.97	1.0	0.96	1.0	0.97	1.0	0.96	0.99	0.96	0.99	
2048	0.98	1.0	0.96	1.0	0.95	1.0	0.96	1.0	0.95	1.0	0.95	0.99	0.96	0.99	
4096	0.85	1.0	0.85	1.0	0.84	1.0	0.88	1.0	0.87	1.0	0.87	1.0	0.84	0.99	
128	0.86	1.0	0.86	1.0	0.86	1.0	0.88	1.0	0.91	1.0	0.85	0.98	0.8	0.98	
256	0.86	1.0	0.89	1.0	0.89	1.0	0.91	1.0	0.89	1.0	0.79	0.97	0.83	0.97	
512	0.88	1.0	0.85	1.0	0.9	1.0	0.89	1.0	0.91	1.0	0.92	0.99	0.85	0.96	
1024	0.82	1.0	0.87	1.0	0.85	1.0	0.87	1.0	0.87	0.99	0.89	0.96	0.84	0.96	
2048	0.79	1.0	0.81	1.0	0.81	1.0	0.82	1.0	0.85	0.98	0.82	0.95	0.84	0.97	
4096	0.58	0.99	0.65	1.0	0.61	1.0	0.65	1.0	0.64	1.0	0.65	0.98	0.66	0.97	
128	0.63	0.98	0.62	0.98	0.63	0.98	0.64	0.98	0.63	0.97	0.63	0.94	0.65	0.92	
256	0.65	0.98	0.64	0.98	0.61	0.95	0.62	0.96	0.62	0.97	0.67	0.93	0.67	0.93	
512	0.65	0.98	0.66	0.98	0.64	0.96	0.64	0.93	0.63	0.98	0.66	0.9	0.67	0.9	
1024	0.62	0.98	0.63	0.97	0.61	0.95	0.66	0.9	0.61	0.95	0.67	0.88	0.64	0.86	
2048	0.59	0.93	0.61	0.96	0.59	0.92	0.6	0.92	0.59	0.97	0.59	0.9	0.61	0.92	
4096	0.42	0.94	0.45	0.97	0.45	0.93	0.45	0.92	0.42	0.99	0.44	0.9	0.42	0.93	
		1	2	3	4	5	6	7							
		Haar-N (Precision and Recall)													

図 3: ULPVD の晴れ・雨・大雨時に対する精度・網羅度の変化（縦軸は上から晴れ・雨・大雨の順に分類）

判定プロセスでは、走行音データの DWT 結果から車両通過の有無を判定する。具体的には、学習プロセス時に求めた偏回帰係数、ROC 曲線の閾値を用いて、特定サンプル数ごとに車両通過を判定する。その後、ヒステリシス曲線を用いて更に精度を向上させる。ヒステリシス曲線の閾値は 0.1 と 0.9 を用いた。

3 評価

3.1 評価環境

九州大学伊都キャンパス内の片側 1 車線計 2 車線道路において、晴れ・雨・大雨時における ULPVD の実証評価を行った。1 台のマイクロフォン (AZDEN SGM-990) を高さ 1m、道路の中心から約 2m 離れた歩道上に設置し、IC レコーダ (SONY HDR-MV) でサンプリングレート 48 kHz、量子化ビット 16 bit で走行音データを記録した。評価には 8 kHz にダウンサンプリングした走行音データを用いた。また、録音と同時に道路をカメラで撮影し、この動画を真値として利用した。

次に、実証評価で求めた精度・網羅度を用いて LPVDS の消費電力が天候・車両通過頻度の影響でどのように変化するか評価を行った。車両通過頻度はポアソン分布に従う。ULPVD, HPVD の消費電力はそれぞれ MSP430G2553, RaspberryPi 3 model B に実装して測定した。HPVD は Toppers/FMP 上で積和演算を 1~4 スレッドで実行した。Sound Retriever 部は ULPVD の 3 倍とした。

3.2 評価結果

図 3 に実証評価結果を示す。天候が悪化した際、精度の低下は大きいですが、網羅度の低下は小さい。悪天候の場合、ULPVD の誤検出が増加し無駄な消費電力が増

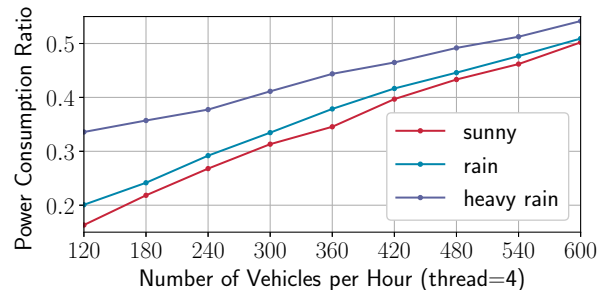


図 4: LPVDS の消費電力評価 (3 階, 128 サンプル幅)

加するものの通過車両自体の未検出は少ないと言える。

ULPVD を MSP430 に実装する際、できるだけサンプル幅が小さく、処理が負担にならない範囲で深い階層の DWT が望ましい。本稿では、代表的なパラメータとして階数 3、サンプル幅 128 を選択し、晴れ・雨・大雨時の精度・網羅度の値を消費電力評価に用いた。

図 4 に、LPVDS の消費電力評価結果を示す。実証評価時とほぼ同じ車両通過頻度である 1 時間あたり 300 台の時の結果では、従来の手法と比べ、晴れの時で 0.31、大雨の時で 0.41 程度の電力で運用が可能である事がわかった。

4 おわりに

本稿では、ULPVD の晴れ・雨・大雨時の精度・網羅度を評価するとともに、これらの精度・網羅度の時にどの程度の省電力性を実現できるか評価を行った。

今後の課題として、MSP430G2553 に実装した ULPVD の精度・網羅度の検証を行い、実証評価で得られた結果がどのように変化するかについて調査を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は科研費 (JP15H05708, JP17K19983, JP17H01741) 及び東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究の助成で行われた。

参考文献

- [1] S.Ishida et al. Design of acoustic vehicle count system using DTW. *ITS World Congress*, October 2016.
- [2] K.Kubo et al. Design of ultra low power vehicle detector utilizing discrete wavelet transform. *ITS AP Forum FUKUOKA*, May 2018.