

令和元年6月21日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2018

課題番号：17K19983

研究課題名（和文）歩道上のステレオマイクを用いた低コスト車両検出システムの研究

研究課題名（英文）Development of Acoustic Vehicle Sensing System Using Sidewalk Stereo Microphones

研究代表者

福田 晃（Fukuda, Akira）

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：80165282

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、赤外線や磁気センサなどを用いた従来技術よりも低コストに車両を検出することを目的としている。これに向け、道路横の歩道上に設置したステレオマイクを用いて複数の車線を通過する車両を検出するシステムを提案し、この実現に向けた研究開発を実施した。ステレオマイクでは到来方向しか分からないことから、車両の移動方向と車線の違い方向の2軸を区別しての車両検出は困難である。このため、異なる車線を走行する車両の挙動の違いに着目した検出技術を開発し、道路の片側から複数車線の車両を検出する技術を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により低コストに交通状況をモニタリングする新しい技術の基盤が確立された。本成果によってより多くの道路でのモニタリングが可能となり、道路交通の効率、機能性などの向上に大きく寄与できる。特に、超低消費電力な車両検出技術は太陽光発電などの自然エネルギーを利用したセンシングシステムの実現に向けて有用であり、電源の確保が困難となる山奥なども含めて道路交通を発展させるための基盤となりうると期待される。

研究成果の概要（英文）：This research aims to develop a vehicle sensing system that comes at a lower cost compared to conventional vehicle sensing systems relying on sensors such as infrared and magnetic sensors. Toward this goal, we proposed and developed an acoustic vehicle sensing system using stereo microphones installed at a sidewalk. The stereo microphones recognize the direction of a sound source. If we detect vehicle passing direction, it might be difficult to recognize the lane where the detected vehicle is passing. We therefore developed a vehicle detection algorithm based on the difference of vehicles between lanes, which enables us to detect vehicles on multiple lanes at one side of a road.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：情報ネットワーク

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

情報技術・交通の発展とともに、ITS (Intelligent Transportation Systems: 高度道路交通システム) の重要性が高まっている。ITS の主な目的は、情報技術を用いて道路交通の安全性・信頼性・効率等を向上させることである。ITS では交通状況をリアルタイムに取得してルート案内や有料道路の動的価格調整を行うため、道路上を走行する車両を検出することは最も重要なタスクの1つである。これに対し、超音波や赤外線、電波、磁気、光センサなどを用いた車両検出システムが開発され、導入が進められている。しかしながら、既存の車両検出システムは十分な性能を得るために道路上方に設置または道路に埋設する必要があるため、導入・管理コストが非常に高く、導入は高速道路や交通量の多い一部の道路に限られている。

2. 研究の目的

本研究では、導入・管理コストの低い車両検出システムを実現することを目標とする。これに向け、歩道上に設置したステレオマイクを用いて複数車線の走行車両を検出するシステムを提案し、これを実現することを目的とする。市販の安価な音響機器は2チャンネルの信号(ステレオ信号)に対応しているため、低コストな機器で車両検出を実現可能である。また、マイクに近い車線を走行する車両によってマイクが遮蔽されても遠方の車線の車両音は回折により取得できるため、道路の片側に設置したステレオマイクで複数車線の車両を検出可能となり低コストな車両検出システムを実現できる。

3. 研究の方法

ステレオマイクを用いた車両検出システムの実現に向け、以下の課題の解決を目指す。

(1) 複数車線を考慮した車両検出

多くの道路には複数の車線が存在するため、マイクの前方を複数台の車両が同時に通過した場合など複数の車両の走行音が混ざって取得されることが予想される。このため、音の到来方向、すなわち車両の方向を考慮することで複数台の車両を独立に検出する技術を確認することを目指す。異なる車線を走行する車両がマイクから見て常に同じ到来方向にありながら移動する確率は極めて低いことから、到来方向の変化の仕方に基づいて車両走行音を分離して車両を検出する。

(2) ステレオマイクによる走行車線推定

現実の道路上では右折専用車線など特定車線のみが混在している状況が存在するため、ITS においては車両の検出とともに車両がどの車線を走行しているかを認識することが重要である。ステレオマイクでは音の到来方向のみを推定できるため、車両の左右移動と奥行き(車線)方向の位置を同時に推定することは困難である。このため、同一車線上の連続した車両の速度差を利用して車両の走行車線を推定する手法を確認する。

4. 研究成果

本研究の主な成果は以下の通りである。本研究は挑戦的な研究課題に取り組むものであり、研究を進める中で新たな重要課題に直面した。このため、当初計画を変更し、これらの課題を解決する研究開発を実施した結果として以下のような成果を得た。

(1) 同時通過車両を考慮した車両検出

片側一車線道路においても普通車と二輪車の併走や左右同時の車両通過などほぼ同時に複数台の車両が通過する状況が存在する。このような状況を考慮し、2台のマイクに車両走行音が到達した時間差が時刻とともに変化する様子を描いた「サウンドマップ」(図1)を用いて逐次的に車両を検出する技術を開発した。同時に通過する車両を考慮し、検出車両に対応するサウンドマップ点を除去した上で逐次的に車両を検出する。片側1車線道路において両車線の車両を対象として車両検出性能を評価した結果、F値0.83という精度で車両を検出できることを確認した(雑誌論文1)。

(2) 車両速度の推定

車速を推定する技術として、サウンドマップ上に描かれたカーブに対してロバスト推定手法のRANSAC (Random Sample Consensus) を適用してカーブモデル式をフィッティングすることにより車速を推定しながら車両を検出する技術を開発した。車両速度の精度評価は限られた車両に対してのみ実施したが、平均16.8%の誤差で車両速度を推定できることを確認した(学会発表16)。

(3) 省電力車両検出技術

申請時には想定していなかったが、(1)で示した車両検出システムでは消費電力が大きな課題となることが分かった。このため、省電力マイコンで動作可能な車両検出技術を新たに開発した。本車両検出技術では、Wavelet変換を用いて車両走行音の周波数成分を解析し、超低消費電

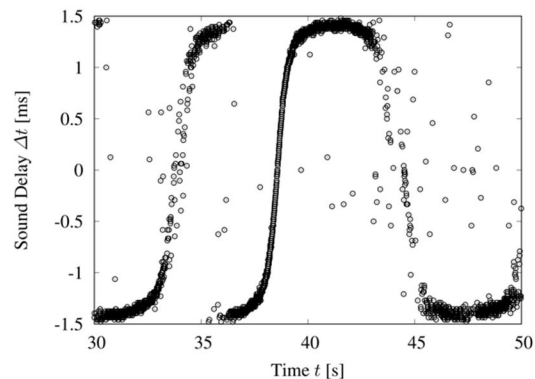


図1 サウンドマップの例(雑誌論文1より引用)

カマイコン上で周波数成分に基づいた機械学習により車両検出を行う。車両が検出された場合に(1)で示したサウンドマップに基づく車両検出システムを起動させる。本手法により一般的な交通量では車両検出に要する電力をおよそ半減できることを確認した(学会発表14, 24)。

(4) ノイズ環境下での車両検出

風雨ノイズなどの定常ノイズによって車両検出性能が大幅に低下することから提案する車両検出システムに向けたノイズ低減手法を開発した。サウンドマップを描く際に車両走行音の時間差を計算する相関計算処理に着目し、簡単な信号処理を加えることでノイズの影響を軽減する。雨ノイズ環境下において取得した走行音データを用いて評価を行った結果、F値0.92での車両検出を実現した(学会発表17, 27)。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

1. 石田繁巳, 梶村順平, 内野雅人, 田頭茂明, 福田 晃, “路側設置マイクロフォンを用いた逐次検出型車両検出システム”, 情報処理学会論文誌, vol.60, no.1, pp.76-86, Jan. 2019.

[学会発表](計27件)

1. S. Ishida, M. Uchino, J. Kajimura, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Initial attempt of acoustic vehicle detection under strong wind”, The 2nd International Conference on Healthcare, SDGs and Social Business (SocialTech), pp.1-2, Fukuoka, Japan, Apr 2018.
2. K. Kubo, C. Li, K. Sato, M. Uchino, S. Ishida, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Initial evaluation of low power vehicle detection system utilizing discrete wavelet transform”, The 2nd International Conference on Healthcare, SDGs and Social Business (SocialTech), pp.1-2, Fukuoka, Japan, Apr 2018.
3. K. Sato, S. Ishida, J. Kajimura, K. Kubo, M. Uchino, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Design and implementation of train detector using rail-side microphone”, The 2nd International Conference on Healthcare, SDGs and Social Business (SocialTech), pp.1-2, Fukuoka, Japan, Apr 2018.
4. 久保 一雄, 李 承諭, 石田繁巳, 田頭 茂明, 福田 晃, “離散ウェーブレット変換を用いた路側設置マイクによる車両検出手法の提案”, 第15回 ITS シンポジウム 2017, pp.1-6, Dec 2017.
5. 佐藤 孝嗣, 石田 繁巳, 梶村 順平, 内野 雅人, 田頭 茂明, 福田 晃, “線路脇マイクロフォンを用いた列車検出手法の提案”, 第15回 ITS シンポジウム 2017, pp.1-6, Dec 2017.
6. 梶村 順平, 石田 繁巳, 内野 雅人, 田頭 茂明, 福田 晃, “路側設置マイクによる車両検出における連続車両検出精度向上に関する検討”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, pp.1-8, Mar 2018.
7. 久保 一雄, 李 承諭, 石田 繁巳, 田頭 茂明, 福田 晃, “離散ウェーブレット変換を用いた路側設置マイクによる省リソース車両検出手法の検討”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, pp.1-6, Nov 2017.
8. 佐藤 孝嗣, 石田 繁巳, 梶村 順平, 内野 雅人, 田頭 茂明, 福田 晃, “マイクロフォンを用いた列車・自動車同時検出システムの提案”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, pp.1-4, Nov 2017.
9. 久保 一雄, 李 承諭, 内野 雅人, 石田 繁巳, 田頭 茂明, 福田 晃, “離散ウェーブレット変換を用いた車両検出時の窓関数の影響”, 電子情報通信学会総合大会, p.1, Mar 2018.
10. K. Kubo, C. Li, S. Ishida, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Proposal of Low Power Vehicle Detection System utilizing a Wake-up Mechanism”, Indonesia-Japan Joint Workshop on Ambient Intelligence and Sensor Networks, Yogyakarta, Indonesia, Dec 2017.
11. K. Sato, S. Ishida, J. Kajimura, M. Uchino, S. Tagashira, and A. Fukuda, “The Proposal of Train and Vehicle Detection System”, Indonesia-Japan Joint Workshop on Ambient Intelligence and Sensor Networks, Yogyakarta, Indonesia, Dec 2017.
12. 内野雅人, 石田繁巳, 梶村順平, 田頭茂明, 福田 晃, “音響車両検出システムの風影響下における精度向上に関する検討”, 情報処理学会研究報告, pp.1-7, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, vol.2019-ITS-73, no.10, May 2018.
13. K. Sato, S. Ishida, J. Kajimura, M. Uchino, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Initial Evaluation of Acoustic Train Detection System”, ITS Asia-Pacific Forum, pp.1092-1103, Fukuoka, Japan, May 2018.
14. K. Kubo, C. Li, S. Ishida, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Design of Ultra Low Power Vehicle Detector utilizing Discrete Wavelet Transform”, ITS Asia-Pacific Forum, pp.1052-1063, Fukuoka, Japan, May 2018.
15. S. Ishida, S. Takaki, T. Yamamoto, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Evaluation of BLE separate channel fingerprinting in practical environment”, Proc. IIAI Int. Congress Advanced Applied Informatics (AAI), ESKM, pp.121-124, July 2018.

16. S. Ishida, J. Kajimura, M. Uchino, S. Tagashira, and A. Fukuda, “SAVEd: Acoustic Vehicle Detector with Speed Estimation capable of Sequential Vehicle Detection”, The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp.906-912, Maui, HI, Nov 2018.
17. 李 承諭, 石田 繁巳, 久保 一雄, 内野 雅人, 田頭 茂明, 福田 晃, “マイクを用いた車両検出システムにおける環境ノイズ削減手法の提案”, 電子情報通信学会技術研究報告, 知的環境とセンサネットワーク研究会, pp.35-40, ASN2018-85, Jan 2019.
18. 久保 一雄, 李 承諭, 内野 雅人, 石田 繁巳, 田頭 茂明, 福田 晃, “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設計と評価”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, vol.2019-ITS-76, no.1, pp.1-7, Feb-Mar 2019.
19. 佐藤孝嗣, 石田繁巳, 田頭茂明, 福田 晃, “マイクロフォンを用いた鉄道乗車位置推定手法の設計と評価”, 情報処理学会研究報告, pp.1-7, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, vol.2019-ITS-76, no.5, pp.1-7, Feb-Mar 2019.
20. M. Cong, S. Ishida, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Proposal of On-road Vehicle Detection Method Using WiFi Signal”, 情報処理学会研究報告, 高度交通システムとスマートコミュニティ研究会, vol.2019-ITS-76, no.4, pp.1-7, Feb-Mar 2019.
21. 佐藤孝嗣, 石田繁巳, 田頭茂明, 福田 晃, “マイクロフォンを用いた鉄道乗車位置推定手法の初期的評価”, 電子情報通信学会総合大会, p.1, B-15-11, March 2019.
22. 光来出優大, 石田繁巳, 田頭茂明, 福田 晃, “6軸ジャイロを用いた扉の開閉動作による人物同定の初期評価”, 情報処理学会全国大会 pp.3:93-3:94, 7V-02, March 2019.
23. 林 健太, 石田繁巳, 田頭茂明, 福田 晃, “着座時の臀部圧力分布を用いた人物の同定の初期実験評価”, 情報処理学会全国大会, pp.3:91-3:92, 7V-01, March 2019.
24. 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, “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”, 情報処理学会全国大会, pp.3:339-3:340, 6Y-03, March 2019.
25. 山本 貴宏, 石田 繁巳, 木元 亮太, 田頭 茂明, 福田 晃, “2段階チャンネル区別 BLE 測位手法の設計と評価”, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, vol.2019-MBL-90, no.5, pp.1-7, Mar 2019.
26. 光来出 優大, 林 健太, 石田 繁巳, 田頭 茂明, 福田 晃, “ドアの開閉動作に基づく人物識別手法の提案と初期評価”, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会, vol.2019-MBL-90, no.32, pp.1-6, Mar 2019.
27. M. Uchino, S. Ishida, K. Kubo, S. Tagashira, and A. Fukuda, “Initial Design of Acoustic Vehicle Detector with Wind Noise Suppressor”, The International Workshop on Pervasive Computing for Vehicular Systems (PerVehicle), pp.814-819, Kyoto, Japan, Mar 2019.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 石田 繁巳

ローマ字氏名: (ISHIDA, Shigemi)

所属研究機関名: 九州大学

部局名: 大学院システム情報科学研究院

職名: 助教

研究者番号(8桁): 10724388

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。