

論文内容の要旨

博士論文題目 Traffic Measurement and Control Methods using Autonomous Learning

(自律学習を活用した交通量の計測と制御に関する研究)

氏名 Arnan Maipradit

(論文内容の要旨)

Traffic management is an essential part of intelligent transportation systems (ITS). It monitors and controls traffic to reduce congestion and to improve traffic flow. In order to implement appropriate traffic control, it is necessary to understand the traffic volume at more locations in real time, and to control the signal for efficient traffic scheduling. To improve traffic control, traffic control based on accurate traffic information and global traffic information is necessary. Therefore, in this thesis, we address these two challenges. To address the first challenge, we propose PAVEMENT, a novel autonomous incremental learning based traffic-census sensor system using a piezoelectric vibration sensor and a video camera without human intervention. PAVEMENT consists of two models: the video-based model which detects vehicles by using bounding boxes (detected by YOLOv3 and DeepSORT) and the vibration-based model which uses road vibrations to detect passing vehicles. To reduce the burden of collecting ground truth labels, we apply supervised learning to train the vibration-based model by using the result of the video-based model as ground truth. Once the vibration based model is trained, it can be used for traffic census on roads without the video camera for various conditions. We collected the video and vibration data of more than 4,000 passing vehicles on roads in different places and applied our method to the data. As a result, PAVEMENT achieved over 98.4% accuracy and 98.0% f1-score in detecting passing vehicles with the model trained by 15 steps of incremental learning in 1-minute interval. To address the second challenge, we propose an adaptive traffic control algorithm based on back-pressure and Q-learning. Adaptive traffic control is a strategy to control traffic signals based on actual traffic information. To improve adaptive traffic control, our approach uses back-pressure routing which was originally developed for routing packets based on queue length differentials (also called pressure gradients) in wireless communication networks. We apply back pressure routing to signal control at junctions regarding vehicles as packets. We also use Q-Learning to predict real-time traffic information at junctions and global traffic information that are input to our algorithm. We evaluated the proposed algorithm through computer simulations and confirmed that our algorithm reduces average vehicle traveling time from 17% to 38% compared with a state-of-the-art algorithm in some test scenarios.

(論文審査結果の要旨)

本論文では、都市の道路網における交通量の把握と渋滞緩和を目的に、交通量の計測と制御をこれまでより効率良く行う手法の実現を目指した。特に、正解データを人手で用意する必要がない自律学習に着目し、カメラベースモデルの出力を正解データとして、振動センサが計測した振動データから車両の通過を推定するモデルを自律学習する手法と、各交差点での交通量や混雑をエージェント間の通信を使って正確に推定・予測するモデルを Q 学習に基づいて自律学習する手法および予測結果に基づいて信号制御する手法を実現した。本研究の学術的貢献は以下のとおりである。

- (1) 第一に、悪天候や夜間に弱いカメラベースモデル、正解データを人手で用意する必要のある振動センサベースモデルを巧みに組み合わせ、それぞれの欠点を解消する新しい自律学習モデルを開発し、既存手法と同等または上回る 98%の車両通過カウント精度を達成するモデルを 15 分間の自律学習で構築可能なことを示した。
- (2) 第二に、計算機ネットワークのパケットルーティングの手法であるバックプレッシャールーティングを信号制御に応用する既存手法に、各交差点および広域の交通量を Q 学習を使って予測する手法を新規に拡張することで、各自動車の目的地までの走行時間を、従来手法と比べ平均 17～38%短縮可能なことを示した。

全体として、本論文は、複数の既存技術の間に自律学習を巧みに組み込んで利用することで、既存手法の欠点を解消しながら、より高い性能を実現しており、交通量の計測および制御の分野において十分な学術的新規性を有していることを確認した。以上より、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。