

令和元年6月14日現在

機関番号：14201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00123

研究課題名(和文)旧型スマートフォンを利用した多様な環境からの効率的な情報収集手法

研究課題名(英文)Effective Information Sensing Methods Using Old Type Smartphones for Various Environments

研究代表者

梅津 高朗 (Umedu, Takaaki)

滋賀大学・データサイエンス学部・准教授

研究者番号：10346174

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：近年、携帯端末の高性能化、高機能化が著しく、短期間での買い換えによって不要な端末が多く生じているが、それらの端末も利用用途によってはまだまだ十分な性能を維持している。そこで、それらの再利用などを念頭に置いた、道路交通や屋内、屋外環境などに関する情報を効率的かつ安価に収集する手法について検討開発した。情報を収集する対象は、道路交通情報や、屋内外、野外などで様々に異なるため、それぞれの要件を考慮した上で、低コストな環境センシングシステムを構築する仕組みについて研究を行った。いくつかの応用事例について実環境で模擬実験を行い、その結果を国際会議などで報告するとともに、論文としてまとめて投稿を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンは、機能的にセンサー端末としての要件の多くを満たしており、応用の可能性は高い。実際に、スマートフォンを用いたセンシングシステムに付いての検討は多く為されていた。しかし、これらはユーザが携帯して使用中のスマートフォンをユーザの使用を阻害しない範囲で用いることが前提となっているものが多かった。一方で、スマートフォンを設置型のセンサー端末として利用することを考えた場合には、全ての機能をセンサー端末としての動作に利用することができる。本研究では、水質調査、行動センシング、公共交通機関の最適化、都市部における人流推定など、具体的な事例についての検討を行い、応用の筋道を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Recently, the performance of smartphones has been remarkably improved and such rapid advance promotes frequent replacement to many users. As a result, a lot of smartphones are left as disused ones. However, such old type smartphones have even enough performance for some purposes. In this project, I have carried out a research about information sensing methods reusing such disused smartphones for various environments such as road traffic or public transportation, in-door and out-door environments. I have considered the characteristics of each environment and planned inexpensive sensing methods for that. For some examples, I have carried out experiments using real data and reported the results in conferences.

研究分野：高度交通システム、モバイルコンピューティング、センサーネットワーク

キーワード：センサーネットワーク モバイルコンピューティング 高度交通システム スマートフォン

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

1. 研究開始当初の背景

本研究では、不要となった旧型のスマートフォンの再利用などを念頭に置いた、道路交通や屋内、屋外環境などに関する情報を効率的かつ安価に収集する手法について検討する。情報を収集する対象は、道路交通情報や、屋内外、野外などで様々に異なるため、それぞれの要件を考慮した上で、低コストな環境センシングシステムを構築する仕組みについて研究を行う。情報収集や分析をスマートフォン上で行うシステムについて、検討を行う。検討結果に基づいて実データを用いた実証実験を行い、安価な環境センシングシステムの普及の一助となることを目指す。

2. 研究の目的

近年、携帯端末の高性能化、高機能化が著しく、短期間での買い換えによって不要な端末が多く生じている。それらの端末は、最新のインタラクティブなアプリケーションを実行したりするためには性能が不足していたり、通常の使用には不適な程度にバッテリーが劣化していたりなどの問題はあるが、利用用途によってはまだまだ十分な性能を維持している。一方、屋内の温度や湿度を遠隔監視するための一般家庭向けのホームセンサーが発売され、携帯電話会社などが販売していたりと、IoTの適用先としての環境センシングが広く注目を集めている。また、交通状況に関する情報を携帯電話網に接続したカーナビゲーションシステムからセンターに収集し、きめ細かな交通情報としてユーザらに提供するプローブカーのサービスなども始まっている。また、カメラなどで運転状況を記録し続けるドライブレコーダーについても普及も始まりつつある。しかし、そのような車載情報機器の高度化は今のところは一部の高価な機種に限られている。

元々、スマートフォンは、機能的にそれらのセンサー端末などとしての要件の多くを満たしており、センサー端末としての応用の可能性は高い。例えば、参考文献[1, 2, 3]の研究では、スマートフォンの環境センサーとしての応用が検討されている。しかし、これらはユーザが携帯して使用中のスマートフォンを、ユーザの使用を阻害しない範囲で用いることが前提となっている。一方で、スマートフォンを設置型のセンサー端末として利用することを考えた場合には、全ての機能をセンサー端末としての動作に利用することができる。本研究では、そういったスマートフォンの再利用を前提とする、新たな情報収集手法に付いて研究を進める。応用事例としては、(1)ドライブレコーダーや道路交通情報を収集するプローブカー端末としての応用、(2)ネットワークに常時接続された環境での屋内・屋外向けの監視システムとしての応用、(3)間欠的にしかネットワークに接続されない環境を想定した野外向けの環境センサーおよび情報蓄積端末としての応用などが考えられる。また、携帯電話としての通信の契約は買い換えなどによって、別の端末に移っている事を前提とし、対象として考えるスマートフォンは携帯電話網からは切り離された状態を想定する。前提の元、考えられる問題について検討し、安価な情報収集環境を構築する方法について研究を行う。

- [1] Predic, B.; Zhixian Y.; Eberle, J.; Stojanovic, D.; Aberer, K., "ExposureSense: Integrating daily activities with air quality using mobile participatory sensing", in Proc. of 2013 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), pp.303-305 (Mar. 2013).
- [2] Resch B., "People as sensors and collective sensing-contextual observations complementing geo-sensor network measurements", Progress in Location-Based Services, Springer Berlin Heidelberg, 391-406 (2013).
- [3] Chowdhury, M.; Patwary, K.H.; Imteaj, A.; Chowdhury, S., "Designing a Wireless Sensor Network using Smartphone as data source," in Strategic Technology (IFOST), 2014 9th International Forum on , vol., no., pp.166-169, 21-23 (Oct. 2014).

3. 研究の方法

いくつかの事例を想定した、利用方法の検討を行った。具体的には、環境センシングシステムへの応用、歩行履歴の収集とそれを用いたパーソナライズされた経路案内手法、道路交通情報を効率的に収集するための手法、ドライブレコーダーとしての応用の検討を行った。道路交通情報収集に関しては、大規模な実験を実地で行うことは困難なため、公共交通を中心に、利用状況のセンシングなどを用いた効率化に関する検討を行った。現在一般的なプローブカーシステムでは、自動車の位置や速度が主に収集されているが、スマートフォンをプローブカー端末として応用した場合には、より多くの情報を集めることが出来る。例えば、ドライブレコーダーとして前方の情景を監視・録画している場合であれば、その画像か動画から、自車の位置や速度だけではなく、周辺の状況についても観測することができる。特に、車載端末として応用する場合には、バッテリーは自動車から供給可能であると思われるため、前述の家庭用センサーと同様、端末の性能が許す限りの多くの処理を実施することも可能である。そこで、道路だけではなく、歩行者の混雑推定など、より多くの情報収集を行うことについても検討する。周囲の混雑状況を把握したり、協調型の周辺車両位置推定なども用いてより詳細に交通状況を認識したりという応用も考えられる。本研究では、ドライブレコーダーとしての応用を検討し、特に周囲の歩行者の状況をセンシングするための手法について、実データを用いた検討を行っ

た。

4. 研究成果

(1) まず、画像認識を用いた環境センシングシステムへの応用を検討した。近年、滋賀県琵琶湖では水草の異常繁茂が問題となっており、水草の異常繁茂による湖底直上の溶存酸素濃度(DO)の低下や湖底の泥化の進行、湖内水の流通障害、生態系への影響など湖沼環境への影響が危惧されている。このことから水草の繁殖状況と水質には相関関係があり、水草の繁殖状況から水質を間接的に推定できるのではないかと考えた。これまで対象となる指標を物理的に計測するリモートセンシング技術は考えられていたが、水質といった直接計測することが難しい指標も存在する。観測しやすい情報からそれらを間接的に推定する事で、これまでリモートセンシングにより計測が難しかった指標の計測が可能か調べた。実際にスマートフォンで撮影したデータと、公開されている Landsat 衛星が撮影した画像データを比較するなどして、繁茂状況を見積もる手法を検討した。

(2) スマートフォンが普及したことにより、Google マップをはじめとした地図アプリなどで目的地までの経路を検索する機会が増え、同時におおよその到着時間を知ることができるようになった。例えば、自宅から大学までの経路を検索した場合、地図アプリからは目的地までの公共交通機関の乗車時間と徒歩移動にかかる時間を合わせた情報が得られる。ここから得られる公共交通機関の乗車時間は、様々な原因を考慮しても、情報通りになる場合が多い。しかし、徒歩移動にかかる時間は、過去に歩いたことのある経路であっても、ユーザの身体状況と感覚(体調や感情、体感気温など)や歩行経路の環境(天候、気温、勾配など)によって変化する可能性がある。感情の起伏や天候などを原因に、経路検索によって算出された徒歩移動の予想時間よりも早く到着したり、遅く到着したりすることが考えられる。ユーザが実際に移動する際の環境に合わせた移動時間を推定するためには、これらの原因を考慮する移動時間推定手法が必要である。そこで、スマートフォンを用いて所有者の移動履歴を収集し、それらを加味するシステムでどの程度の精度向上が見られるかを検討した。簡単な実験により、一般的な経路検索サービスよりも、移動時間の見積りの精度に0.5%程(約200秒の歩行に対して5秒程度)の改善見られた。

(3) 近年の少子高齢化の社会で公共交通機関の重要性はますます上がっている。しかしながら既存のバスシステムでは定時運行が困難であり利用がしにくいのが現状である。また鉄道は敷設に多額の資金が必要で、かつ運行に柔軟性が生み出せないというデメリットがある。そこで既存のバスシステムを利用し専用道路を設置してBRT(Bus Rapid Transit)システムへの転用と社会実験が日本の各都市で行われている。しかし、どの都市にでも運行経路や本数などの設定が利用者の利便性の向上に繋がっていないという状態が依然多い。このような問題をICカード等の乗降情報や、スマートフォンを用いたセンシング情報、周辺の人口分布から移動情報を抽出することで効率的な運行と経路を設計できるような手法を検討した。

(4) 都市計画、安全支援、マーケティングなど、様々な目的において都市部における歩行者の移動状況(人流)を把握することは重要である。例えば、把握した人流から人気のあるスポットを検出したり、混雑状況の監視・予測に基づく人流誘導を行うほか、災害時の帰宅困難者の救援計画立案にも活用できると考えられる。このような人流や人々の分布状況を把握するため、これまでに様々な手法が提案されている。例えばNTTドコモ社のモバイル空間統計では携帯電話の通信統計情報を用いて区画毎の人口推定を行っている。また、GPS対応の携帯電話利用者から許諾を得て送信される位置情報の分布からの人口推定を行う混雑度マップサービスも提供されている。しかし、いずれも250mメッシュなど比較的広い範囲ごとの人密度を推定するものであり、“ある道路の西側を駅方向に歩く人数”といったスポット的人流を把握する試みは見当たらない。一方、防犯カメラを用いて混雑状況を推定する手法も存在するが、都市部全体の人流を把握するためには、膨大な数のカメラを設置する必要があり、設置場所やコストの制約上、現実的ではない。そこで本研究では、車載カメラの映像を用いた歩道レベルでの人流推定法を提案し、スマートフォンなどで手軽に実施できるような仕組みを検討した。ここでは、様々な道路を走行している複数の車両で撮影された映像に対して、深層学習に基づき歩行者を検出することで人流を推定し、位置情報と共にサーバーで集約・統合する。移動する車載カメラを利用することにより、広範囲に対して低コストで歩道ごとの人流把握を実現する。CNN(Convolutional Neural Networks)とLSTM(Long-Short-Term-Memory)を組み合わせた手法を用いて、頭部の検出・トラッキングを行い、従来手法よりも優れた性能を得られる事を確認した。これらの成果は、The 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking(ICMU 2018)にて発表を行い、Best Paper Awardを受賞するなど、高く評価された。最終的な成果を論文として投稿し、採否判定待ちの状態である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 13件)

[1] 谷村 亮介, 廣森 聡仁, 梅津 高朗, 山口 弘純, 東野 輝夫: “気象状況とプローブ

- カーデータの解析に基づく積雪都市における OD 旅行時間分布の予測手法”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, 2016 (2016-07-06)
- [2] 谷 清隆, 梅津 高朗: “画像認識技術を利用した水質推定システム”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2016-ITS-67(7), 1-3 (2016-11-30)
 - [3] 宮本 健太, 梅津 高朗: “ユーザから収集した歩行履歴情報を用いた移動時間推定システム”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2016-ITS-67(8), 1-4 (2016-11-30)
 - [4] 原 佑輔, 小島 颯平, Moustafa Mahmoud Elhamshary, 内山 彰, 梅津 高朗, 東野 輝夫: “車載カメラを用いた CNN による方向別歩行者頭部検出法の提案”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2016-ITS-67(24), 1-8 (2016-11-30)
 - [5] 宮本 健太, 梅津 高朗: “ユーザの体感と歩行履歴情報を用いた移動時間推定システム”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-68(5), 1-7 (2017-02-21)
 - [6] 谷 清隆, 梅津 高朗: “LANDSAT の衛星画像を利用した滋賀県琵琶湖南湖での水草の検出”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-68(14), 1-9 (2017-02-21)
 - [7] 原 佑輔, 内山 彰, 梅津 高朗, 東野 輝夫: “深層学習による頭部検出に基づいた車載カメラ映像からの人流推定法の提案”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-69(14), 1-6 (2017-05-25)
 - [8] 原 佑輔, 内山 彰, 梅津 高朗, 東野 輝夫: “頭部トラッキングに基づく車載カメラ映像からの人流推定法の提案”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-70(5), 1-8 (2017-08-28)
 - [9] 原 佑輔, 内山 彰, 梅津 高朗, 東野 輝夫: “LSTM を用いた人流推定のための頭部トラッキング”, 第 25 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, 2017 (2017-10-04)
 - [10] 中村 恭脩, 梅津 高朗: “完全自動運転を用いた公共交通機関の経済的有効性検討”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-71(1), 1-3 (2017-11-08)
 - [11] 山本 翠, 梅津 高朗: “乗降情報を用いた BRT 運行・経路設計手法の検討”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2017-ITS-71(17), 1-3 (2017-11-08)
 - [12] 原 佑輔, 内山 彰, 梅津 高朗, 東野 輝夫: “車載カメラを用いた深層学習による人流推定法の提案”, 研究報告高度交通システムとスマートコミュニティ (ITS), 2018-ITS-72(3), 1-8 (2018-03-01)
 - [13] Yusuke Hara, Akira Uchiyama, Takaaki Umedu, Teruo Higashino: “Sidewalk-level People Flow Estimation Using Dashboard Cameras Based on Deep Learning”, Proc. of IEEE The 11th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking(ICMU2018), **Best Paper Award**

〔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〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究分担者

特になし

(2) 研究協力者

特になし

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。