

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 20 日現在

機関番号：33401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870958

研究課題名(和文) 遅延耐性ネットワークを利用した群衆誘導に関する基盤技術の開発

研究課題名(英文) Development of fundamental technologies for crowd navigation using delay tolerant networking

研究代表者

藤原 明広 (Fujihara, Akihiro)

福井工業大学・環境情報学部・准教授

研究者番号：70448687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において遅延耐性ネットワークを利用した群衆誘導に関する研究を遂行し、以下の結果を得た。(1)避難シミュレーションのための移動モデルの提案、(2)群衆誘導システムの提案とアプリケーションの実装、(3)誘導システムの実験による性能評価。また、「近接情報サービス」という新しい枠組みを提案し、近年普及してきているiBeacon等の近接無線通信を用いた経路誘導が有効なシステムとなり得ることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this research project, I have studied crowd guidance using delay-tolerant networking technology, and obtained the following results: (1) Proposal of a mobility model for evacuation simulations, (2) Application implementation of crowd guidance system, (3) Performance evaluation of the system by experiment. I have also proposed a novel concept "Proximity-Based Service (PBS)" and demonstrated that route guidance using a recent trending proximity wireless communication technologies, such as iBeacon, can be an effective system to navigate people and evacuees.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：遅延耐性ネットワーク 群衆誘導 近接情報サービス

1. 研究開始当初の背景

近年のスマートフォン等の高性能小型携帯端末の普及や Bluetooth 等の近距離無線通信の省電力化により、人間が携帯する端末間で常時すれちがい通信を行うことが現実的となった。すれちがい通信とは、人間同士が偶然に遭遇した時に近距離無線通信を利用して、互いの持つ情報を共有し合う通信方式である。この方式は遅延耐性ネットワークと呼ばれる災害時などのように通信インフラが崩壊もしくは混乱する劣悪な通信環境においても性能を発揮するネットワーク通信技術の分野においても注目を集めている。申請者らはこれまでこの分野において、人間の移動特性を利用して目的地まで情報を高信頼な経路で転送するアルゴリズムの研究を行ってきた。

申請者らは更に、都市部での想定外の大規模災害時に被災者を避難所まで迅速に避難誘導するすれちがい通信を利用したリアルタイム災害時避難誘導を提案した。これは、被災者が通行不能箇所を情報収集し、その情報をすれちがい通信により情報共有することで、被災地の通行可能経路の状況をリアルタイムに把握し、有効な避難経路に誘導されるシステムである。また、この避難誘導が被災者による渋滞がある場合にも有効であることも数値実験により確認されている。

一方、2011年に起きた東日本大震災の教訓として災害時に真に役立つ技術は、平常時から実際に利用されて役立っている技術という事が言われるようになった。実際に安否確認や災害情報収集に役立ったサービスは mixi や twitter のような SNS であり、必要物資の輸送に役立ったのは Amazon のような通販サイトであった。つまり、平常時から使っているサービスでない限り、人々は災害時には使わないことが明らかになった。すれちがい通信を利用したサービスに関しては、その使用は一部のゲーム機に限られており、未だ一般に普及しておらず、すれちがい通信を平常時にも積極的に生かすための基盤技術の開発は重要な研究分野となりつつある。

また申請者らは、過去3年間におよびライフログ実験を行ってきた結果、人間同士のすれちがいの大多数(約9割)は一期一会(一度きりの偶然なすれちがい)であるという知見を得た。これまでの遅延耐性ネットワーク技術の研究は、この一期一会以外の少数(約1割)の複数回のすれちがい履歴を利用したアルゴリズムの効率化であると言える。これまで着目されてこなかった大半の一期一会のすれちがいの有効活用は、この技術の普及にとって重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では以下の項目(1)~(3)の研究を通じて、すれちがい通信を利用した遅延

耐性のある群集誘導の基盤技術を開発する。

(1) 群衆移動モデルの開発

災害時において群衆がどのような避難行動を取るかについては標準的な移動モデルは存在しない。しかし、杉万らの研究によって、周囲の避難行動に同調する移動をすることが実験から分かっている。本研究では、この移動を説明する移動モデルを提案することを通じて、群衆移動のシミュレーションを可能にするモデルを開発する。

(2) 遅延耐性を持つ群衆誘導システムの提案とアプリケーションの実装

災害時は、高速・広帯域な情報通信を可能にするネットワーク・インフラが崩壊する為、利用できなくなる可能性が高い。しかし、被災者はスマートフォンを持っており、Bluetooth や Wi-Fi のような近距離無線通信は使用できる可能性が高い。従って、災害耐性のある近距離無線通信を用いた遅延耐性のある人の誘導システムが避難誘導に役立つ。本研究では、近年、その利用が加速している iBeacon を用いた人の誘導システムを提案する。複数の無線電波発信モジュールを用いた誘導アルゴリズムも開発する。また、これをスマートフォンで動作するアプリケーションとして実装する。

(3) 実験による群衆誘導システムの有効性の性能評価

上記の(2)で提案・実装したシステムを用いて、実証実験を行い、その有効性について検証する。

3. 研究の方法

(1) 群衆移動モデルの開発

まず、避難行動の同調作用を単純なモデルに落としこんで大規模シミュレーションが可能になるように、セル・オートマトン・モデル化する。杉万らの実験結果を説明するモデルになっているかどうか、理論解析を行うことで検証する。

(2) 遅延耐性を持つ群衆誘導システムの提案とアプリケーションの実装

近距離無線通信を行うサービスとして提案された iBeacon は、一般に一つのビーコン・モジュールに対して一つの情報を転送する仕組みになっている。この仕組みと電波強度を利用して位置測位を行うことも検討されている。しかし、この方法では環境の影響による測位誤差が大きくなる場合があり、問題である。そこで、複数のビーコン・モジュールを組み合わせ、情報転送するものとしないうものを導入し、ビーコン・モジュールの反応履歴から人の移動コンテキストを把握し

て、必要に応じた情報を提示するようにすることで新しい誘導システムが実現できるか検討する。また、Bluetooth Low Energy(BLE)の技術を利用して Android OS で動作するアプリケーションとしてシステムを実装する。

(3) 実験による群衆誘導システムの有効性の性能評価

実装するアプリケーションを利用して、提案システムをビーコン・モジュールとスマートフォンを用いて実験環境として構築する。この環境を用いて、提案した群衆誘導システムの性能評価を行う。評価指標としては、適切な位置での誘導指示があったかどうかと誘導情報の正確さを用いて検証する。

4. 研究成果

(1) 群衆移動モデルの開発 [雑誌論文 ; 学会発表]

杉万らの実験における避難者の行動に関する考察から得られた同調作用を取り込んだセル・オートマトン・モデルとして多数決移動モデルを提案した。これは周囲の移動者の移動方向の平均方向に移動するモデルである。このモデルを非線形反応方程式として構成し、常微分方程式の理論解析することで、実験的に観測される指数的な同調効果や、吸着誘導法が有効な閾値について理論的に説明することができた。この移動モデルを利用することで、群衆誘導シミュレーションを自然な同調効果を取り入れた形で行うことが可能になった。また、遅延耐性ネットワークにおける移動端末同士の遭遇頻度のベキ乗則を説明する移動モデルとして提案してきたホームシック・レヴィ歩行モデルの理論解析を行った結果を発表した。この研究成果が認められ、BEST PAPER AWARD を受賞した。

(2) 遅延耐性を持つ群衆誘導システムの提案とアプリケーションの実装 [雑誌論文 ; 学会発表]

複数のビーコン・モジュールを適切に配置し、その反応履歴を記録することで、履歴に応じて情報転送を行うように iBeacon を拡張することで、近接無線通信のみを用いた人の誘導を自動車のカーナビのように指示するシステムを提案した。このことにより、人の移動のコンテキストに応じて生成される反応履歴の組み合わせの数に対応した、きめ細かい情報転送が可能になる。このような近接無線通信を利用して情報提供を行うサービスを近接情報サービスとして提案した。また、Android OS 上で動作するアプリケーションの実装にも成功した。

(3) 実験による群衆誘導システムの有効性の性能評価 [雑誌論文 ; 研究発表]

Aplix 社のビーコン・モジュールとスマートフォン(Nexus4)を利用し、提案システムの実証実験を行った。その結果、十字路口前の位置で目的の方向への誘導情報の提示を高い精度で提示できることを実験的に確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

A. Fujihara, H. Miwa, Disaster evacuation guidance using opportunistic communication: The potential for opportunity-based service, Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments, Studies in Computational Intelligence, 査読有, Vol. 546, pp.425-446 (2014).

藤原明広, 巳波弘佳, すれちがい通信を利用した自己組織的吸着避難誘導法, IEICE Technical Report, 査読無, IN2013-146, pp.19-24 (2014).

A. Fujihara, H. Miwa, On the use of congestion information for rerouting in the disaster evacuation guidance using opportunistic communication, ADMNET2013, IEEE-COMPSAC2013 workshop, 査読有, pp.563-568 (2013).

A. Fujihara, H. Miwa, Homesick Levy Walk: A mobility model having Ichi-go Ichi-e and scale-free properties of human encounters, IEEE-COMPSAC2014, 査読有, pp.576-583 (2014), BEST PAPER AWARD 受賞.

A. Fujihara, H. Miwa, Necessary condition for self-organized follow-me evacuation guidance using opportunistic networking, 査読有, INCoS2014, pp.213-220 (2014).

柳澤琢磨, 藤原明広, iBeaconを用いた移動方向判定システム, 査読無, IEICE Technical Report, pp.IN2014-148, pp.163-168 (2015).

[学会発表](計5件)

藤原明広, 巳波弘佳, すれちがい通信を利用した自己組織的吸着避難誘導法, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 宮崎シーガイア(2014年3月).

A. Fujihara, H. Miwa, On the use of

congestion information for rerouting in the disaster evacuation guidance using opportunistic communication, ADMNET2013, IEEE-COMPSAC2013 workshop, Kyoto, Japan (2013年7月).

A. Fujihara, H. Miwa, Homesick Levy Walk: A mobility model having Ichi-go Ichi-e and scale-free properties of human encounters, IEEE-COMPSAC2014, Vasteras, Sweden (2014年7月).

A. Fujihara, H. Miwa, Necessary condition for self-organized follow-me evacuation guidance using opportunistic networking, INCoS2014, Salerno, Italy (2014年9月).

柳澤琢磨, 藤原明広, iBeacon を用いた移動方向判定システム, 査読無, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 沖縄コンベンションセンター (2015年3月).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

http://futredb.fukui-ut.ac.jp/html/100000225_ja.html

<http://www.fukui-ut.ac.jp/news/info/entry-624.html>

<https://sites.google.com/site/akihirofujihara/>

http://www.researchgate.net/profile/Akihiro_Fujihara

<http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~fujihara/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 明広 (FUJIHARA AKIHIRO)
福井工業大学・環境情報学部・准教授
研究者番号: 70448687

(2) 研究分担者

なし (None)

研究者番号:

(3) 連携研究者

巳波弘佳 (MIWA HIROYOSHI)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 40351738