

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 21 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420360

研究課題名(和文)プローブエpidemick伝送による情報滞留に関する研究

研究課題名(英文)Research on information floating by probe epidemic transmission

研究代表者

中野 敬介 (NAKANO, Keisuke)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：80269547

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：エpidemick伝送は遅延耐性ネットワークの典型的な情報伝送法である。エpidemick伝送において、無線端末は他の端末と直接情報交換を行い、これらの端末が移動し、また別の端末に情報を伝え、これを繰り返すことで情報を拡散する。本研究では、エpidemick伝送を用いて、ある空間に存在する不特定の人々への情報伝達を行うための情報滞留の研究を行った。その際に、プローブシステムの概念をエpidemick伝送に適用し、プローブエpidemick伝送による情報滞留手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Epidemic transmission is a typical way of information transmission in delay tolerant networks. In epidemic transmission, mobile nodes exchange information by wireless direct communication and send the information to other nodes after moving. By repetition of this procedure, information is spread over the service area. In this research, we studied information floating, which is a way of transmission of information to mobile nodes entering a designated area by epidemic transmission. In this study, we applied the concept of probe systems to epidemic transmission, and developed methods for information floating with probe epidemic transmission.

研究分野：工学・通信・ネットワーク工学。

キーワード：遅延耐性ネットワーク エpidemick伝送 情報滞留 プローブ 拡散制御 DTN

1. 研究開始当初の背景

インターネットなどのネットワークでWEBを閲覧する場合には低遅延の通信が望まれるが、災害時等のように例え遅延時間が長くても情報を得られることが重要となる場合もある。このように比較的長い遅延時間を許容した上で粘り強く情報通信を行うネットワークは遅延耐性ネットワーク(Delay Tolerant Network: DTN)と呼ばれ、様々な研究がなされている。DTNの典型的な情報伝送であるエピデミック伝送においては、無線端末が他の端末と直接情報交換を行い、これらの端末が移動し、また別の端末に情報を伝え、これらが繰り返されることで、情報が拡散し宛先に届けられる。情報の拡散速度は端末の移動に強く依存するため、情報源から発信された情報が距離の離れた端末群に伝わるまでの遅延時間が長くなってしまいが、連結な通信経路をもたない端末間での情報通信を行うことができる。

災害時情報配信や地域情報配信を考える場合など、無目的に情報を拡散するのではなく、ある特定の領域にいる不特定の人々に伝えたい情報がある。このような場合、宛先は端末ではなく、場所あるいは空間であり、そこに存在する人々あるいは後から到着する人々が受け取れるようにする必要がある。つまり、離れた場所・空間に情報を「滞留」させておく必要がある。しかし、従来のエピデミック伝送の研究では多くの場合、通信といえば特定の端末同士の情報交換であり、エピデミック伝送により、いかにして情報を地域に滞留させ、空間的・時間的に制御するか、という視点での研究が必要となっていた。

また、エピデミック伝送で端末に情報を伝えやすくするためには、情報のコピーを多くの端末群に運んでもらい、情報のコピーを広く拡散する必要がある。ただし、この情報の拡散は情報を相手に伝わりやすくする一方、無駄なコピーのやりとりを伴い、端末から見ると消費電力の増加、ネットワークから見ると無駄なトラフィックの増大を招くため、無駄な拡散を防ぎながら情報を空間滞留させることが重要となる。

一方、近年自動車のナビゲーションでは、プローブカー(フローティングカー)システムのように、装着されたセンサ群(GPSなど)により計測した諸情報を自動車自身が移動通信機能によりデータセンターに報告し、データセンターで統計処理を行った情報(道路区間走行の所要時間の見積り等)を自動車にフィードバックすることで高度なナビゲーションや新機能が実現されている。

2. 研究の目的

上記のような背景を踏まえて、本研究では、DTNにおいてエピデミック伝送を用いて、ある空間に存在する不特定の人々への情報

伝達を行うための情報滞留の研究を行う。その際に、プローブシステムの概念をエピデミック伝送に適用し、プローブエピデミック伝送を開発する。同時に、情報空間滞留の理論解析、拡散制御等の研究を行う。具体的には、以下のような研究を行うことが目的となる。

- (1) エピデミック伝送は、無線端末が他の端末と直接情報交換を行い、これらの端末が移動し、また別の端末に情報を伝え、これを繰り返すことで情報を拡散することを利用した情報伝送手法であり、情報の拡散が端末の移動に依存する。また、端末をもつ人間や自動車は道路に沿って移動し、移動体の流れを形成する。そのため、エピデミック伝送による情報の拡散は、この端末の流れや道路構造に依存することになる。エピデミック伝送による空間情報伝搬の様相をモデル化し、これに関するデータを計測・収集・統計処理した後、結果をエピデミック伝送にフィードバックすることで、目的の空間に情報を滞留させるためのプローブエピデミック伝送を開発する。
- (2) エピデミック伝送により情報を空間に滞留させる際に、情報を滞留させる空間の範囲や時間帯等を制御するため、理論解析等により情報滞留の特性を明らかにしながら、滞留制御手法を開発する。
- (3) 所望の情報滞留を実現しながら指定された空間以外には情報が過度に拡散しないようにするための拡散制御手法を開発する。

3. 研究の方法

具体的な研究方法は以下の通りである。

- (1) 上記のように、エピデミック伝送による情報の拡散は端末の流れや道路構造に依存する。本研究では、エピデミック伝送により、ある空間に情報を所望の時間帯に滞留させることを目指すが、情報の流れを解析、モデル化し、情報の滞留のために有効な移動体流を積極的に利用して目的の空間に情報を滞留させることを目指す。具体的には、サービスエリアを小領域に分割し、各領域間の移動体の流れ、情報の流れ等をプローブデータとして利用し、エピデミック伝送による情報の流れを制御し、所望の時間帯に所望の場所に情報を滞留させることを実現することを目指す。
- (2) 上記のように、情報滞留を制御するため、移動体の流れ、サービスエリアの状況等と情報の空間滞留場所、滞留時間の関係を明らかにする必要がある。そのため、理論解析、シミュレーション等を行い、情報滞留の基本特性を明らかにする。その成果をプローブエピデミック伝送の開

発にも生かす。

また、情報を滞留させる時間長の制御を行うため、時間間隔をおいた断続的な情報発信を行うこと等、様々な制御手法が考えられる。時間間隔をおいた断続的な情報発信を行った場合における情報滞留時間への影響など、様々な状況における情報滞留に関連する基本特性を明らかにする。更に、滞留時間や端末が情報を受け取れる確率など、様々な性能評価尺度があるので、これらについても評価する。

- (3) 情報滞留の空間的な範囲の制御手法の開発を行う。上記のプロープエピデミック伝送における小領域内から送信された情報が他の小領域にどのように伝達されるのかを明らかにし、これを利用して空間制御を行う。プロープ情報を利用して、無駄な情報拡散を極力排除する。そのためには、情報拡散の抑制による目的空間への到達率と無駄な拡散のトレードオフを考える必要があるため、これを考慮しながら拡散制御手法の開発を行う。また、目的に応じて情報を滞留させる場所を最適化する必要もあるため、その手法を開発する。これらを実施するにあたり、様々な移動パターンに対して検討を行うが、同時に情報滞留による移動体の行動変化に対応したプロープエピデミック伝送の開発を行う。
- (4) 上記の各研究において、開発、解析、評価、改良等を繰り返し、成果をまとめる。

4. 研究成果

- (1) プロープエピデミック伝送の開発を行った。サービスエリアを小領域に分割し、各領域間の移動体や情報の流れを計測、収集、モデル化し、このプロープデータを利用することで、エピデミック伝送による情報の流れを制御する手法を開発した。ここでは、端末の基本ログ情報を端末が記憶し、データセンターに蓄積し統計処理を行ったものをフィードバックし、端末群がプロープデータとして共有する。
- (2) 情報滞留のために、上記のプロープエピデミック伝送を適用した情報滞留手法の開発し、評価を行った。情報滞留時間や情報滞留の空間的範囲等を制御するための開発を行った。
- (3) 広告情報等の情報滞留を行うことにより移動体の行動が変化し、その行動変化により更に情報滞留の性質が変化することに着目し、その性質をいくつかのモデルで明らかにした。
- (4) プロープ情報を用いた情報滞留場所の決定法を開発し、比較評価を行い有効な手法を明らかにした。様々な移動特性、交通量特性に対する性能評価を行った。

広告の情報配信を情報滞留により行うことを考え、決められた数の小領域で情報滞留を行う場合に、広告を配信することにより多くの移動体に目的地点を通過させるために有効な手法を明らかにした。

- (5) 無駄な情報拡散を防ぐため、プロープ情報を用いた拡散制御の開発を行った。プロープエピデミック伝送による情報滞留を考える場合、これは上記の滞留場所の決定法と深く関連するため、無駄な拡散を防ぎながら滞留をできるだけ継続させるための情報滞留場所を決定する際に、情報交換を行わない小領域も同時に決定することで制御できる。また、誘導を目的とした情報滞留の場合、誘導地点から滞留場所までの距離の影響についても検討した。また、理想的な拡散制御を行った場合の情報滞留の理論的な考察を行った。
- (6) エピデミック伝送、情報滞留の基本特性を把握し、情報滞留法の開発に生かすため、様々な理論解析を行い、基礎的な性質を明らかにした。対向車線の交通量の違いによる情報滞留への影響、道路網において滞留した情報の受信による行動変化とその情報滞留への影響、断続的な情報発信が行われた場合の情報滞留への影響等、様々な解析を行い、それらの性質を明らかにした。
- (7) エピデミック伝送において情報を運搬する移動体として、災害時物資運搬車両、UAV等を想定し、その場合におけるエピデミック伝送の基礎的な性質を明らかにした。
- (8) 研究成果をまとめ、論文投稿、学会発表を行った。
- (9) 本研究で行ったエピデミック伝送による情報滞留においては、移動体の移動パターン、行動変化、応用分野等の様々な要因がネットワークの性質に影響を及ぼす。そのため、多くの検討すべき課題が残されており、今後も継続して研究を進める予定である。

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11件)

Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, "Analysis of information floating with a fixed source of information considering behavior changes of mobile nodes," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, Vol.E99-A, No.8, 2016, 掲載決定.

Keisuke NAKANO, Kazuyuki

MIYAKITA, "Information floating on a road with different traffic volumes between opposite lanes," Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, 査読有, 2016, 掲載決定.
Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, Masashi YAMASHITA, Hiroshi TAMURA, "Simulation study of relief goods delivery and information sharing by epidemic transmission in disaster areas," Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering, 査読有, 2016, 掲載決定.
柄沢直之, 中野敬介, 宮北和之, 笠木響介, 田村裕, "プローブエピデミック伝送による情報滞留について," 日本シミュレーション学会論文誌, 査読有, vol.7, no.4, pp.85-97, 2015.
Kazuyuki MIYAKITA, Masashi YAMASHITA, Keisuke NAKANO, "Analysis of relief goods delivery and information sharing by epidemic transmission in disaster areas," Proceedings of International Conference on Simulation Technology (JSST2015), 査読有, pp.100-103, 2015.
Naoyuki KARASAWA, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Hiroshi TAMURA, "A Consideration on Arrangement of Places where Information is Floated," Proceedings of International Conference on Simulation Technology (JSST2015), 査読有, pp.104-107, 2015.
Naoyuki KARASAWA, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Kyosuke KASAGI, Hiroshi TAMURA, "A Consideration on Information Floating by Probe Data," Proceedings of The 30th International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC2015), 査読有, pp.12-15, 2015.
Yuta MIFUNE, Shunsuke HAYATSU, Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, "Analysis of Information Floating in a Street Delay Tolerant Network," Proceedings of the 29th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2014), 査読有, pp. 811-814, 2014.
Naoyuki KARASAWA, Arata KATO, Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, Hiroshi TAMURA, "A Consideration on Efficient Message Delivery of Probe Epidemic Transmission in Delay Tolerant Networks," Proceedings of the 29th

International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2014), 査読有, pp. 815-818, 2014.

Yuta OTANI, Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, "Theoretical Analysis of Required Times for Goods Delivery and Information Delivery in Times of Disaster," Proceedings of the 28th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2013), 査読有, pp.807-810, 2013.

Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, "Approximate Analysis of Connectivity in Two-Dimensional Random Multi-Hop Networks," Proceedings of the 28th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2013), 査読有, pp.811-814, 2013.

[学会発表](計20件)

柄沢直之, 中野敬介, 宮北和之, 岩崎正幸, 田村裕, "複数の UAV によるエピデミック情報共有に関する一考察," 2016年電子情報通信学会総合大会, 2016年3月16日, 九州大学(福岡県・福岡市).
柄沢直之, 中野敬介, 岩崎正幸, 宮北和之, 田村裕, "UAV を用いたエピデミック情報共有の評価に関する一考察," 日本シミュレーション学会多次元移動通信網研究会, 2016年3月11日, 中央大学(東京都・文京区).

中野敬介, 宮北和之, "インフォメーションフローティングにおける移動体の行動変化と性能評価," 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2016年1月29日, 機械振興会館(東京都・港区).

岩崎正幸, 柄沢直之, 中野敬介, 宮北和之, 田村裕, "UAV を用いたエピデミック伝送による情報共有に関する考察," 電子情報通信学会第7回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2015年10月2日, ナスパニューオータニ(新潟県・湯沢町).

中野敬介, 宮北和之, "情報滞留の理想モデルによる考察," 電子情報通信学会第7回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2015年10月1日, NEXCO 東日本新潟支社湯沢管理事務所(新潟県・湯沢町).

御船雄太, 宮北和之, 中野敬介, "空間滞留した情報の受信による移動体の行動変化が情報滞留に及ぼす影響について," 2015年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, 2015年9月10日, 東北大学(宮城県・仙台市).

柄沢直之, 中野敬介, 宮北和之, 田村裕, “情報滞留のための滞留場所配置の最適化に関する一考察,” 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2015 年 9 月 10 日, 東北大学(宮城県・仙台市).

柄沢直之, 笠木響介, 中野敬介, 田村裕, “誘導を行うための情報滞留の性質に関する考察,” 2015 年電子情報通信学会総合大会, 2015 年 3 月 12 日, 立命館大学(滋賀県・草津市).

宮北和之, 中野敬介, 田村裕, “いくつかのネットワーク問題とその理論的考察,” 電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会, 2015 年 3 月 6 日, 東京工業大学(東京都・目黒区).

御船雄太, 宮北和之, 中野敬介, “遅延耐性ネットワークにおける端末の行動変化を考慮した情報滞留の考察,” 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2014 年 11 月 20 日, 大濱信泉記念館(沖縄県・石垣市).

笠木響介, 柄沢直之, 宮北和之, 中野敬介, 田村裕, “DTN における情報滞留のためのプローブエピデミック伝送について,” 電子情報通信学会第 6 回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2014 年 10 月 21 日, 朱鷺メッセ(新潟県・新潟市).

笠木響介, 柄沢直之, 中野敬介, “DTN におけるプローブエピデミック伝送を用いた情報滞留に関する考察,” 平成 26 年度電子情報通信学会信越支部大会, 2014 年 10 月 4 日, 信州大学(長野県・長野市).

柄沢直之, 加藤新, 宮北和之, 中野敬介, “DTN におけるプローブエピデミック伝送の情報伝達率に関する考察,” 2014 年電子情報通信学会総合大会, 2014 年 3 月 18 日, 新潟大学(新潟県・新潟市).

早津峻佑, 宮北和之, 中野敬介, “遅延耐性ネットワークにおける情報滞留と端末の行動変化の関係に関する考察,” 2014 年電子情報通信学会総合大会, 2014 年 3 月 18 日, 新潟大学(新潟県・新潟市).

御船雄太, 宮北和之, 中野敬介, “DTN における交差点を考慮した情報滞留の解析,” 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2014 年 2 月 7 日, 日本丸訓練センター(神奈川県・横浜市).

澤辺樹斗, 加藤新, 柄沢直之, 中野敬介, “DTN における移動特性を考慮したプローブエピデミック伝送,” 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2014 年 2 月 7 日, 日本丸訓練センター(神奈川県・横浜市).

柄沢直之, 加藤新, 宮北和之, 中野敬介, “DTN におけるプローブエピデミック伝送に関する考察,” 電子情報通信学会第 4 回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2013 年 12 月 16 日, 中央大学(東京都・文京区).

相墨直人, 宮北和之, 中野敬介, “エピデミック伝送における中継ノードの情報送信回数に関する考察,” 電子情報通信学会第 4 回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2013 年 12 月 16 日, 中央大学(東京都・文京区).

升田隆, 宮北和之, 中野敬介, “遅延耐性ネットワークにおける古い情報の排除と新しい情報の伝達について,” 電子情報通信学会第 4 回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2013 年 12 月 16 日, 中央大学(東京都・文京区).

早津峻佑, 中野敬介, 宮北和之, “DTN における情報滞留制御の解析,” 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2013 年 7 月 12 日, 熊本大学(熊本県・熊本市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 敬介 (NAKANO, Keisuke)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号: 80269547