

令和元年6月18日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06344

研究課題名(和文) 移動体の行動変化を考慮したダイナミック情報フローティングの研究

研究課題名(英文) Research on dynamic information floating considering behavior changes of mobile nodes

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：情報フローティングとは、端末間直接無線通信と端末の移動により情報を空間的に拡散させるエピデミック通信において、送信可能エリアと呼ばれる領域だけで送信を許可することにより、無駄な送信を防ぎながら、この領域に入ってくる移動体に情報を伝えるものである。本研究では、情報フローティングにより誘導情報等を受け取った移動体が行動変化を起こし、この行動変化によって情報フローティング自体も影響を受けるということを前提とし、送信可能エリアを動的に制御するダイナミック情報フローティングの開発を行い、その有効性を明らかにした。様々な移動体の行動変化の影響を考慮した開発、理論的検討等を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情報フローティングは、セルラ方式とは異なりインフラ利用を前提としないため、災害時の情報共有手段として利用できるが、本研究はこのような情報フローティングの性能向上のための送信可能エリアの動的制御の開発であり、災害時の情報通信技術として有効であると考えられる。また、本研究において、情報フローティングの理論的考察を行っていること、情報の受信による移動体の行動変化がネットワークにも影響を与えるという新しい観点から情報フローティングを考えていること等は、新しいネットワークの理論的研究につながるもので学術的な価値もあると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Epidemic communication spatially spreads information among mobile nodes by direct wireless communication and movement of mobile nodes having the information. Information floating delivers information to mobile nodes entering some regions preventing meaningless transmissions of epidemic communication by permitting mobile nodes to transmit information only in transmittable areas. In this research, we assume that mobile nodes change their behaviors after receiving guidance information by information floating and that information floating is also affected by the change of behaviors of mobile nodes. With these assumptions, we develop dynamic information floating, which dynamically changes transmittable areas, and show effectiveness of the proposed methods. We also study effects of various behavior changes of mobile nodes on information floating, theoretical issues and so on.

研究分野：工学, 通信・ネットワーク工学

キーワード：情報フローティング エピデミック通信 行動変化 ダイナミック 移動体通信

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

1. 研究開始当初の背景

(1) 高度に柔軟な新しい移動通信方式として、エピデミック通信が大きな注目を集めている。エピデミック通信は、端末間直接無線通信により情報を受信した端末が移動し、また別の端末に情報を伝え、これを繰り返すことで空間的に情報を拡散する。このような特徴から、“epidemic” と呼ばれ、インフラを使用しない不特定の端末への災害情報配信、事故情報配信、地域情報配信、広告情報配信等の応用分野に適しており、大きな注目を集めている。エピデミック通信を用いる際に今後重要になると考えられる技術として情報フローティングがある。上記のような応用分野では多くの場合、情報の宛先は特定の端末ではなく、宛先は領域であり、宛先領域に入ってきた不特定の人々に情報を伝えることが目的となる。情報フローティングにおいては、端末群は GPS 等により自らの位置を把握し、送信可能エリアと呼ばれる領域内だけで他の端末への送信を行うこととする。送信可能エリアを宛先領域付近にすることにより、宛先領域の端末が情報を受け取れるようになり、情報が空間に「フローティング」しているような形になる。同時に、送信可能エリア以外での送信を禁止することで、情報を必要としない地域での無駄な拡散を防ぎ、エネルギーの浪費やネットワークオーバーヘッドを防ぐこともできる。研究代表者は情報フローティングの研究を行う中で、従来の研究では想定されていない情報フローティングの本質的な課題として以下を着想し、申請に至った。

(2) 情報フローティングの主な応用は、災害時誘導、事故情報配信や広告情報配信等の利用者の誘導であることが多い。つまり、受け取った情報の内容により端末は行動を変える可能性が高い。また、情報フローティングの性能（継続時間や情報伝達効率等）は、端末群の移動特性に大きく依存する。よって、情報フローティングによる情報の受信で端末群の移動特性が変わり、それにより情報フローティングの性能にも影響を与えることになる。このように、移動通信により配信された情報により、端末の行動が変わり、その結果移動通信性能に影響を及ぼすという観点は、従来の移動通信研究には存在しなかった観点である。また、端末の行動変化による情報フローティングへの影響は実際の状況でも起こりうることであり、実用面においても重要である。このような視点での研究は国内外において他では行われていないが、研究代表者は既に基礎的な検討を開始し申請に至った。

(3) 送信可能エリア内での情報交換が繰り返され情報フローティングは継続するが、送信可能エリア内に情報をもつ端末がいなくなると、情報をもつ端末が外部から新たに入ってくる限り、情報フローティングは終了する。従来送信可能エリアは固定的な領域であることを前提としたが、情報フローティングが終わりそうな状況を端末が察知でき、ダイナミックに送信可能エリアを伸縮することができれば、無駄なトラヒックや電力消費を極力抑えながら、情報フローティングの継続を伸ばせる可能性がある。これを実現するための手法をダイナミック情報フローティングと呼ぶ。従来このような手法は他で全く研究されていなかったが、研究代表者は、これを着想し基礎検討を開始し、申請に至った。また、理論検討、複数の送信可能エリアを連携させること等も重要な課題である。また、上で述べた端末の行動変化も考慮に入れて開発する点にも新規性がある。

(4) 情報フローティングは、近年重要視されている無人化・自動化された移動体（ロボット、自動運転 EV（電気自動車）、低空飛行 UAV（無人航空機）等）同士の情報交換のためにも有効であると考えられる。前述のような行動変化をする人間が持つ端末以外に、このような無人化・自動化され、予め行動をスケジュール化された移動体が、情報フローティングに参加することになるので、これらの移動体の協調が必要になる。

2. 研究の目的

(1) 上記の背景に基づき、情報フローティングで配信された情報の内容により行動変化する端末の影響を考慮したダイナミック情報フローティングを開発することを目的とし、以下の研究を行う。

(2) 情報フローティングにより配信された情報による行動変化としては、ある場所に向かうように誘導された場合や、ある場所を回避するように誘導された場合等、様々な行動変化が考えられる。様々な行動変化をモデル化・分類し、行動変化の違いによる情報フローティングへの影響を明らかにする。

(3) 送信可能エリアをダイナミックに変動させるダイナミック情報フローティングのための分散アルゴリズムを開発する。(2)の端末の行動変化の影響も考慮に入れて開発する。複数の送信可能エリアへの対応、送信可能エリアの自動設定等についても考慮する。

(4) 情報フローティングの理論研究も行い、その成果を開発に生かす。

(5) 移動体として、行動変化を起こす人間と、行動がスケジュール化された UAV や自動運転車等を考え、移動のモデル化や、これらが協調した情報フローティングの開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 情報フローティングによる情報配信により端末の行動変化が起こるような状況を考える。移動体に対する情報の種類によって様々な行動変化がある。端末の行動がどのように変化し、端末間の通信の頻度や情報フローティングに対してどのような影響を与えるのかを、シミュレーションを行いながら詳細に解析を行い、行動変化の分類・モデル化を行う。道路網のトポロジー、移動体の流量、速度等の様々な移動パターンを決める特徴量だけでなく、送信可能エリアの大きさ、数、配置等も様々なものを用い、詳細に検討する。これら以外にも、様々な要因が考えられる。

(2) 情報フローティングの性能向上のため、ダイナミック情報フローティングを開発する。ダイナミック情報フローティングによりどこまでの性能向上が見込めるのかを明らかにするため、まず理想的な情報フローティング制御の研究を行う。比較的単純なモデルにおける理論研究から開始し、シミュレーションによる複雑なモデルにおける解析に拡張する。これは情報フローティングの理論確立のためにも重要な課題である。この研究成果を生かしながらダイナミック情報フローティングのための分散アルゴリズムの開発を行う。各端末が他の端末とのコンタクト履歴やその他の利用可能データを収集し、その統計データを利用して送信可能エリアを制御することを試みる。評価、改良を繰り返しながら開発を進める。

(3) 複数の送信可能エリアの連携について検討し、仮に一つの送信可能エリアで情報フローティングが終わってしまっても、他の送信可能エリアからの情報の流入により情報フローティングが再開されるような「粘り強い」フローティングを開発する。また、送信可能エリアの初期設定、自動設定についての研究を行う。

(4) 無人化・自動化された移動体（ロボット、自動運転 EV、UAV 等）同士の情報交換や、これらの自動化移動体と人間がもつ端末との協調を考え評価を行う。

(5) 上記の研究の過程で蓄積された知見や結果をまとめ、情報フローティング理論の構築を目指す。

(6) これらを繰り返し、改良、評価を行い、最終年度に成果をまとめる。

4. 研究成果

(1) 誘導情報や事故回避情報のような異なる情報の配信によって行動変化も異なる。2次元格子状道路網における事故情報配信による行動変化等、行動変化が情報フローティングに対してどのような影響を与えるのかを、シミュレーションを行いながら詳細に解析を行い、行動変化の分類・モデル化を行った。同時に、移動体の行動変化を考慮した送信可能エリアの設定法を明らかにした。2次元格子状道路網だけでなく、1つの交差点周辺、2つの交差点周辺の情報フローティングを詳細に検討し、2つの交差点に囲まれた道路における情報フローティングの特徴的な振舞いを明らかにする等、いくつかの性質を明らかにした。また、信号機の影響、一方通行の影響等も考慮した情報フローティングの評価も行った。また、送信可能エリアの大きさ、数、配置等の情報フローティングへの影響について明らかにした。送信可能エリアの場所が時間変化する場合、情報が更新される場合等、様々な状況における情報フローティングを開発した。これらの成果はダイナミック情報フローティングの開発に生かされるだけでなく、これら自体にも新規性がある。

(2) 送信可能エリアを時間変化させるダイナミック情報フローティングを開発した。他端末とのコンタクト回数等を利用した分散制御アルゴリズムを開発した。1次元サービスエリアと平面状サービスエリアにおけるアルゴリズムを開発した。また、理想的な情報フローティング制御の研究を行い、その性質を明らかにした。理想制御との比較を行いながらダイナミック情報フローティングのための分散アルゴリズムの開発を行った。ダイナミック情報フローティングの理想制御手法や分散制御手法は新しいものであり新規性が高い。また、理論面からも検討を進めており学術的な価値もある。

(3) ある領域の情報フローティングが終わっても他の領域からの流入により情報フローティングが継続するような「粘り強い」情報フローティングの開発を行った。複数の送信可能エリアが連携して情報フローティングを行うための手法を提案し、その有効性を示した。情報フローティングの継続時間を延ばすだけでなく、不必要な拡散も同時に抑える手法を示した。情報フローティングの送信可能エリアの初期設定、自動設定に関する基礎的な検討を行い、基本的なアルゴリズムを提案し、その評価を行った。また、情報フローティングを遠隔地から開始し継続させるためのダイナミック情報フローティングの基礎的なアイデアを示した。これらの手法は今後も開発を進めることにより、更に有効な手法、新しい手法を開発できる可能性がある。

(4) 人間以外の移動体による情報フローティングについて検討を行った。情報フローティングによる誘導手法の性能向上のために UAV を応用したものをいくつか提案し、有効な手法を明らかにした。

(5) 上記の開発に関わる様々な課題に対する理論的考察を行い、いくつかの成果を得た。これらは情報フローティング理論の構築につながるものである。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 8 件)

Naoyuki Karasawa, Kazuyuki Miyakita, Keisuke Nakano, Hiroshi Tamura, ``A Study on Information Floating Considering Human Body Shadowing and Mobility Characteristics of Nodes,`` Proceedings of The 37th JSST Annual Conference International Conference on Simulation Technology (JSST2018), 査読有, pp.159-164, 2018.

Naoyuki Karasawa, Kento Nakayachi, Kazuyuki Miyakita, Keisuke Nakano and Hiroshi Tamura, ``Experimental Evaluation of Fundamental Characteristics of Information Floating in a Prototypic System,`` Proceedings of The 33rd International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC 2018), 査読有, pp.561-564, 2018.

宮北和之, 柄沢直之, 稲川優斗, 中野敬介, ``情報フローティングによる交通誘導に関する考察,`` 電子情報通信学会論文誌 B, 査読有, vol.J101-B, no.08, pp.603-618, 2018.

Fumiya Narita, Kazuyuki Miyakita, Naoyuki Karasawa, Keisuke Nakano, ``A Consideration on Dynamic Control of a Transmittable Area in Information Floating,`` Proceedings of The 36th JSST Annual Conference International Conference on Simulation Technology (JSST2017), 査読有, pp.249-252, 2017.

中野敬介, ``エビデミック通信, 情報フローティングと安全・安心,`` 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, 査読無, Vol. 10, pp. 282-292, 2017.

Naoki Kinoshita, Kazuyuki Miyakita, Keisuke Nakano, ``Information Renewal and Power Control in Epidemic Communication,`` Proceedings of The 35th JSST Annual Conference International Conference on Simulation Technology (JSST2016), 査読有, 2016.

Naoyuki Karasawa, Keisuke Nakano, Kazuyuki Miyakita, Hiroshi Tamura, ``A Consideration on Evaluation of Epidemic Information Sharing by Multiple UAVs,`` Proceedings of the 31st International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC 2016), 査読有, pp. 519-522, 2016.

Keisuke Nakano, Kazuyuki Miyakita, ``Performance evaluation of information floating considering behavior changes of mobile nodes,`` Proceedings of the 31st International Technical Conference on Circuit/Systems Computers and Communications (ITC-CSCC 2016), 査読有, pp. 523-526, 2016.

[学会発表](計 38 件)

本登 凧, 宮北和之, 中野敬介, ``ロボットを活用した情報フローティングの性能向上に関する検討,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2019.

宮北和之, 柄沢直之, 田村裕, 中野敬介, ``信号機が情報フローティングに与える影響に関する考察,`` 2019 年電子情報通信学会総合大会, 2019.

柄沢直之, 小林航大, 稲川優斗, 宮北和之, 田村裕, 中野敬介, ``情報フローティングを用いた災害時の通行可能マップ生成におけるマップの大きさに関する考察,`` 2019 年電子情報通信学会総合大会, 2019.

中野敬介, 宮北和之, 柄沢直之, ``道路網における情報フローティングの送信可能エリアの自動設定と更新について,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2019.

小林航大, 稲川優斗, 宮北和之, 柄沢直之, 中野敬介, ``情報フローティングを用いた災害時の通行可能マップ生成手法の比較評価,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2019.

中野敬介, 宮北和之, ``情報フローティングにおける送信可能エリアの自動設定と更新について,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2018.

大野有輝, 宮北和之, 中野敬介, ``二次元サービスエリアの情報フローティングにおける送信可能領域の動的制御に関する考察,`` 2018 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2018.

室田雅貴, 宮北和之, 中野敬介, ``目的領域での情報フローティングを開始するための手法に関する考察,`` 2018 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2018.

(招待講演) 宮北和之, 中野敬介, ``情報フローティングと交通制御に関する研究,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2018.

稲川優斗, 中野敬介, 宮北和之, 小林航大, ``情報フローティングを用いた災害時の通行可能マップの生成に関する考察,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会,

2018 .

中野敬介, 宮北和之, ``情報フローティングを持続させるための一手法とその解析,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2018 .

中野敬介, 宮北和之, ``ネットワーク化された情報フローティングによる通行可能マップ生成,`` 2018 年電子情報通信学会総合大会, 2018 .

高野詔弘, 宮北和之, 柄沢直之, 中野敬介, ``情報フローティングにおける送信可能エリアの分割に関する考察,`` 2017 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2017 .

木下直紀, 宮北和之, 柄沢直之, 中野敬介, ``情報フローティングによる進入制限エリア情報の配信に関する考察,`` 2017 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2017 .

中野敬介, 宮北和之, ``ネットワーク化された情報フローティングについて,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2017 .

皆川広夢, 宮北和之, 中野敬介, ``二次元サービスモデルにおける情報フローティングの送信可能領域の数と大きさに関する考察,`` 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 .

成田郁也, 宮北和之, 中野敬介, ``情報フローティングの送信可能領域制御に関する考察,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2017 .

(招待講演)宮北和之, 中野敬介, ``移動ネットワーク問題に関する基礎研究 ~情報フローティングの性能評価~,`` 電子情報通信学会 回路とシステム研究会, 2016 .

宮北和之, 中野敬介, ``情報フローティングの基本性質に関する一考察,`` 電子情報通信学会 安全・安心な生活と ICT 研究会, 2016 .

宮北和之, 高野詔弘, 中野敬介, ``情報滞留における移動体の行動変化を考慮した送信可能領域の配置について,`` 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2016 .

6 . 研究組織

(1)研究協力者

研究協力者氏名：宮北 和之

ローマ字氏名：(MIYAKITA, Kazuyuki)

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。