

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月15日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560365

研究課題名（和文） 災害時領域間通信のための高度エピデミック無線伝送の開発

研究課題名（英文） Development of epidemic wireless transmission methods for communication between isolated regions in times of disaster

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

研究成果の概要（和文）：災害時にはマルチホップ無線ネットワークが有効であると一般的に考えられているが、本研究ではマルチホップ無線ネットワークが構築できない程の劣悪な通信環境を想定し、このような状況におけるエピデミック伝送の開発を行った。また、情報を運搬するために特殊ノード（情報シャトル）を導入したエピデミック伝送の提案と開発を行った。シミュレーションにより開発した手法の有効性を示した。また、理論解析などによりエピデミック伝送の性質を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：While multi-hop wireless networks are generally considered to be effective in time of disasters, in this research, we consider a terrible communication environment where even multi-hop wireless networks cannot be built. We developed epidemic transmission methods in such an environment. We proposed and developed epidemic transmission methods with special nodes called “information shuttles”. We showed the effectiveness of our methods from simulation results. We also showed properties of epidemic transmissions using theoretical methods.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：移動体通信，ネットワーク，マルチホップ，エピデミック，領域間通信

1. 研究開始当初の背景

近年、新潟県中越地震（2004年）、新潟県中越沖地震（2007年）、東日本大震災（2011年）等の大規模災害の頻発を経験し、大規模災害に対する防災・減災・復興のための電子情報通信技術の重要性が認識され、様々な取り組みが行われている。セルラ方式の基地局の

崩壊や機能不全等による大規模なネットワーク障害が実際に発生しており、大規模災害時のライフラインとしての通信手段を迅速に提供することは重要な課題となっている。そのためにマルチホップ無線ネットワークが有効であるとされ、様々な検討が行われている。本研究では、エンドノード間にマルチホップ無線経路を作ってから伝送する方法

をマルチホップ伝送と呼ぶこととする。それとの対比として、エンドノード間の連結な経路を必要とせず、情報を隣接ノードに送り、情報を受け取ったノードが移動しながら他のノードに送り、これを繰り返すことで最終的な目的地に情報を運ぶ方法をエビデミック伝送と呼ぶことにする。エビデミック伝送は、リアルタイムあるいは低遅延時間での情報伝送には不向きであるが、例えば遅延時間が長くなっても情報のやり取りを行いたいときに有効な手法であるので、遅延耐性ネットワーク(Delay Tolerant Network: DTN)を実現するための重要な技術であり、災害時の情報交換などに有効であると考えられている。

大規模災害地において、多くの避難所に分散して避難する必要がある場合、避難所間の情報交換・共有のような領域間の情報伝達・共有が必要かつ重要であるが、インフラが使えない場合には避難所間の通信はそれほど簡単ではない。このような領域間をつなぐネットワークのためにマルチホップ伝送を用いる場合、領域の間を行き交う移動体(即ち中継を行うノード)は非常に少なくなる可能性があり、連結なマルチホップ経路を作れないことも想定されるので、これらの領域が情報的に孤立した状況になることも予想される。このように、マルチホップ伝送はそれを使用する環境によって、有効に働く場合とうまく働かない場合があり、移動端末の密度が極端に小さい場合には、エンドノード間に経路を作ってから送るマルチホップ伝送よりも、移動するノードに直接運ばせるエビデミック伝送の方が早く情報を届けることができる場合があることも指摘されている。

一方、領域間の連結性を高めることを目的として、メッシュネットワークのような固定中継施設を設置し、比較的短期間にバックボーンを構築することや、気球などを飛ばして緊急にバックボーンを作って無線ネットワークを形成するようなことが考えられている。もちろん、このようなバックボーンを作るためには、機材の運搬、設置の手間等、多くの解決すべき課題がある。これらは、マルチホップ伝送の補完技術であり、これにより連結性を高め、性能向上を行うことができる。同様の観点からエビデミック伝送にも補完技術があってもよいと考えられ、例えば、情報を運搬する専用移動ノードをエビデミック伝送のために導入することも一つの手段であると考えられる。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえて、本研究では、災害時のように、セルラ方式の基地局も使えず、マルチホップ経路すら容易に形成できないような劣悪な通信環境を想定し、孤立領域間

での情報交換、情報共有を行うための高度エビデミック伝送手法を開発する。具体的には下記の研究を実施する。

- (1) セルラ方式の基地局バックボーンや、マルチホップ無線ネットワークによる領域間固定バックボーンが存在しないような状況において、領域間の情報通信を行うためのエビデミック伝送の開発を行う。孤立領域として大規模災害時における避難所を想定する。
- (2) 情報を運搬するための特殊ノードとして情報シャトルを導入することを考え、情報シャトルと極少数の自由意志ノードが連携しながら孤立領域間の情報交換を行うための詳細なエビデミック伝送手法を開発し、孤立領域間の情報交換に有効なエビデミック伝送手法を明らかにする。
- (3) 情報シャトルの移動スケジュール、移動経路の最適化を行い、情報シャトルによるエビデミック伝送の高度化を行う。
- (4) エビデミック伝送の性能評価をシミュレーション評価だけでなく理論解析により詳細に行い、結果をエビデミック伝送の開発にフィードバックする。

3. 研究の方法

- (1) セルラ方式の基地局バックボーンや、マルチホップ無線ネットワークによる領域間固定バックボーンが存在しないような状況において、領域間の情報通信を行うためのエビデミック伝送の開発を行う。そのために、エビデミック伝送の基本的な性質を実験的手法、理論的手法の両面から明らかにし、性能向上を行う。
- (2) 上記のような情報シャトルを導入し、情報シャトルと極少数の自由意志ノードが連携しながら孤立領域間の情報交換を行うための詳細なエビデミック伝送手法を開発し、孤立領域間の情報交換に有効なエビデミック伝送手法を明らかにする。
- (3) 情報シャトルの移動スケジュール、移動経路の最適化を行い、情報シャトルによるエビデミック伝送の高度化を行う。スケジューリングとしては確率的なスケジューリングを含め様々なものを考案し、比較評価を行いながら、開発を進める。
- (4) 災害時に避難所間を巡回する移動体としては物資運搬車両がある。これを情報シャトルとして用いることが考えられる。この場合、既存の物資運搬のためのスケジューリングアルゴリズムを使うことも可能であるが、過去に物資運搬と情報伝送を同時に行うことは想定されていないので、物資運搬性能と情報伝送性能を同時に評価し最適化を行うことを考える。

- (5) エピデミック伝送の性能評価を行うために、開発したシミュレータを用いる。同時にシミュレーションによる評価だけでなく理論解析により詳細に行う。そのための理論解析手法の研究も行う。また理論研究の結果をエピデミック伝送の開発にフィードバックする。

4. 研究成果

- (1) 情報シャトルを導入し、情報シャトルと通常ノードが連携しながら、孤立領域間の情報交換を行うためのエピデミック伝送の開発を行った。エピデミック伝送を行うための経路制御手法の提案と作成したシミュレータによる評価を行い、その有効性を明らかにした。
- (2) 利用者の移動特性を最大限に利用するエピデミック伝送手法を開発し、その有効性を示した。また、無駄なコピーの拡散を防ぎながら情報を効率的に伝送するためのエピデミック伝送の開発を行い、作成したシミュレータを用いて詳細に評価し、その有効性を示した。
- (3) 情報シャトルの移動スケジュールの決定アルゴリズムの開発を行った。情報シャトルのスケジューリングに関する基礎検討を行い、スケジューリングの開発及び評価を行った。事前にスケジュールを決定して情報シャトルを孤立領域間を巡回させるスケジューリングや確率的に巡回路を決定するスケジューリング等の検討評価を行った。動的スケジューリングの基礎検討を行った。開発したスケジューリング手法を作成したシミュレータにより詳細に評価し、その性質を明らかにした。
- (4) エピデミック伝送の開発に応用するため、エピデミック伝送やマルチホップ伝送の理論解析を行った。エピデミック伝送の送信間隔や最大送信回数と情報伝達能力の関係等を明らかにした。また、大規模災害時における情報伝送を考え遅延時間等の理論解析を行い、様々な性質を明らかにした。
- (5) 孤立領域に支援物資を運搬する車両を情報シャトルとして利用してエピデミック伝送することを考え、スケジューリングに対する支援物資の運搬性能および情報共有性能を同時に評価し、支援物資運搬と情報共有を同時に最適化するための手法を開発し、その有効性を明らかにした。ここでも作成したシミュレータにより詳細に評価している。また、既存の物資輸送スケジューリングを用いた場合の、情報シャトルの物資輸送時間と情報伝達時間を同時に理論解析し、その関係を明らか

かにした。

- (6) 上記の研究、特に情報シャトルを導入したエピデミック伝送は、国内外の他の機関で研究されておらず、独自性の高い成果であると考えられる。また、災害時情報共有は社会的な課題となっており、引き続き重要性が高い課題である。
- (7) エピデミック伝送には更に改良の余地がある。特に、その性能向上のために理論的な裏づけを行いながら研究を進める必要があると考えている。これらの研究は、今後も継続して行う予定である。

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6件)

- ① Yuta OTANI, Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, "A Consideration on Goods Transportation and Delay Tolerant Networking for Large-scale Disasters," Proceedings of International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2012), E-M1-06, 2012, 査読有。
- ② Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Masakazu SENGOKU, Yong-Jin PARK, "A Routing Protocol for Considering the Time Variant Mobility Model in Delay Tolerant Network," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E95-D, No. 2, pp. 451-461, 2012, 査読有。
DOI: 10.1587/transinf.E95.D.451
- ③ Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Masakazu SENGOKU, and Yong-Jin PARK, "A Study of the User Preference based Routing Protocol in Delay Tolerant Network," Proceedings of The 26th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2011), pp. 77-80, 2011, 査読有。
- ④ 浦邊 梓, 宮北和之, 中野敬介, 仙石正和, 篠田庄司, "エピデミック伝送における送信の制限と情報の広がりについて," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No. 2, pp. 122-136, 2011, 査読有。
- ⑤ Kazuyuki MIYAKITA, Keisuke NAKANO, Hiroyuki OSEKI, Masakazu SENGOKU and Shoji SHINODA, "Relation between the Number of Broadcasts of Probe Packets

and Energy Consumption in Multi-Hop Wireless Networks,” Proceedings of IEEE International Conference on ICT Convergence (ICTC 2010), pp.376-377, 2010, 査読有.

- ⑥ Yong-Pyo KIM, Ja-Il KOO, Euihyun JUNG, Keisuke NAKANO, Mazakazu SENGOKU, Yong-Jin PARK, “Composite Methods for Improving Spray and Wait Routing Protocol in Delay Tolerant Networks”, Proceedings of IEEE International Symposium on Communications and Information Technologies 2010 (ISCIT 2010), pp. 1229-1234, 2010, 査読有.

[学会発表] (計18件)

- ① 早津峻佑, 中野敬介, “遅延耐性ネットワークにおける情報の滞留に関する考察”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2013年3月15日, 慶應義塾大学鶴岡タウンキャンパス.
- ② 加藤 新, 宮北和之, 中野敬介, “DTNにおける統計情報を利用したエビデミック伝送に関する考察”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2013年3月14日, 慶應義塾大学鶴岡タウンキャンパス.
- ③ 宮北和之, 中野敬介, “二次元ランダムマルチホップ無線網における経路存続時間と切断時間の近似解析”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2013年1月28日, 別府国際コンベンションセンター.
- ④ 相墨直人, 宮北和之, 中野敬介, “エビデミック伝送を用いた定期的な情報収集に関する考察”, 電子情報通信学会第2回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2012年11月16日, 新潟大学駅南キャンパス.
- ⑤ 加藤 新, 中野敬介, 柄沢直之, 宮北和之, “遅延耐性ネットワークにおける情報伝搬経路に関する考察”, 電子情報通信学会第2回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2012年11月16日, 新潟大学駅南キャンパス.
- ⑥ 大谷優太, 中野敬介, 宮北和之, “孤立領域間の物資輸送と遅延耐性ネットワークに関する考察”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2012年3月9日, 新潟大学駅南キャンパス.
- ⑦ 宮北和之, 中野敬介, 仙石正和, 篠田庄司, “大規模災害時における遅延耐性ルーチングを用いた情報共有に関する考察”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2012年1月19日, 九州大学.
- ⑧ 宮北和之, 中野敬介, 仙石正和, 篠田庄

司, “大規模災害時における孤立領域間の情報伝送に関する考察”, 電子情報通信学会安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2011年12月2日, えんぱーく(塩尻市).

- ⑨ 浦邊梓, 中野敬介, 宮北和之, 仙石正和, 篠田庄司, “エビデミック伝送における送信の制限が情報伝達特性に与える影響について”, 電子情報通信学会安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, 2011年12月2日, えんぱーく(塩尻市).
- ⑩ 浦邊梓, 中野敬介, 宮北和之, 仙石正和, 篠田庄司, “エビデミック伝送における送信の制限と情報伝達領域の関係に関する考察”, 2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011年9月15日, 北海道大学.
- ⑪ Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Kazuyuki MIYAKITA, Masakazu SENGOKU and Yong-Jin PARK, “A Consideration of Message Spreading Pattern in Delay Tolerant Network”, 2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011年9月13日, 北海道大学.
- ⑫ 中野敬介, “孤立領域間DTNにおけるマルチホップ・エビデミック伝送に関する基礎検討”, 2011電子情報通信学会総合大会, 2011年3月16日, 東京都市大学.
- ⑬ 宮北和之, 中野敬介, 仙石正和, 篠田庄司, “大規模災害時における孤立領域間DTNの理論解析”, 2011電子情報通信学会総合大会, 2011年3月15日, 東京都市大学.
- ⑭ 宮北和之, 中野敬介, 仙石正和, 篠田庄司, “二次元ランダムマルチホップ無線ネットワークにおける連結率の近似解析”, 電子情報通信学会回路とシステム研究会, 2011年1月26日, 熊本大学.
- ⑮ Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Masakazu SENGOKU, Yong-Jin PARK, “A Simulation Study of Message Delivery in Delay Tolerant Networks”, 平成22年度電子情報通信学会信越支部大会 IEEE 信越支部セッション, 2010年10月2日, 長岡技術科学大学.
- ⑯ Yong-Pyo KIM, Keisuke NAKANO, Masakazu SENGOKU, Yong-Jin PARK, “An Experimental Analysis of Intermittent Connectivity in Delay Tolerant Networks”, 2010年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2010年9月17日, 大阪府立大学.
- ⑰ 浦邊梓, 中野敬介, 宮北和之, 仙石正和, 篠田庄司, “エビデミック伝送における送信を制限した場合の情報伝達特性の解析”, 2010年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2010年9月16日, 大阪府立

- 大学.
- ⑱ 浦邊梓, 中野敬介, 宮北和之, 仙石正和, 篠田庄司, “マルチホップ無線ネットワークにおける最大送信回数と情報の広がり方の関係に関する考察”, 第 29 回日本シミュレーション学会大会, 2010 年 6 月 20 日, 山形大学.

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

(2) 連携研究者

宮北 和之 (MIYAKITA KAZUYUKI)
新潟大学・学術情報基盤機構
情報基盤センター・助教
研究者番号 : 10588289