

災害データベース・Twitterと連携する DTN ベース災害安否確認システムの提案

小山 由^{†1} 水本 旭 洋^{†1}
今津 眞也^{†1} 安本 慶 一^{†1,†2}

本年の3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、地震や津波の被害により被災地の多くの地域で通信インフラが断絶した。通信インフラの断絶が生じると、被災地内の情報収集が困難となり、災害規模の把握や対策の遅れにつながる。本論文では、通信インフラの大部分が断絶した環境でも情報の収集および発信が可能なシステムの構築を目指し、DTN(disruption-tolerant networking)のすれ違い通信とインターネット上の災害データベースおよび Twitter を連携させた安否確認システムを提案する。

Proposal of DTN-based disaster safety confirmation system cooperating with disaster database and Twitter

YOSHI KOYAMA,^{†1} TERUHIRO MIZUMOTO,^{†1}
SHINYA IMAZU^{†1} and KEICHI YASUMOTO^{†1,†2}

The 2011 Tohoku Earthquake destroyed the great portion of the communication infrastructure by the influence of the earthquake and tsunami. Unavailability of the communication infrastructure made it difficult to gather disaster-related information, resulting in delay of grasping the disaster scale and measures. This paper proposes the safety confirmation system that allows collection and retrieval of disaster-related information without the communication infrastructure by utilizing DTN (disruption-tolerant networking) in cooperation with disaster database and Twitter in the Internet.

^{†1} 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Nara institute of Science and Technology
^{†2} 科学技術振興機構 CREST

1. はじめに

本年の3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、地震やそれに伴って生じた津波の被害により、被災地の多くの地域で通信インフラが断絶した。通信インフラの断絶が生じると通信機器の使用が不可能となることから、被災地内の情報収集が困難となり、災害規模の把握や対策の遅れにもつながる。そのため、通信インフラが断絶した環境においても、情報の収集、および発信が可能なシステムが必要である。

災害時データ通信に関する研究として、陶山らは、DTN 技術を用いて分断されたネットワーク間でメッセージの配送を行うルーティング手法として、MEED (Minimum Estimated Expected Delay) を基にして設計されたルーティング手法を提案している。^{?)} また山本らは、近年普及している Twitter 等のマイクロブログにおいて発信される情報を、街中ですれ違ったユーザ同士でデータ交換を行うことで、情報の共有を実現するシステムの構築について研究を行っている。^{?)} このように既存研究では、通信可能エリアと不可能エリアのどちらかのみの特化した通信方法に着目して進められている研究が多い。しかし、東北地方太平洋沖地震では、通信インフラは所々で機能している場合があり、Twitter による災害情報の発信が断続的に行われていた。よって、通信インフラが使えない場所から使える場所に、うまくメッセージを運ぶ方法が望まれる。しかし、通信可能エリアと不可能エリアが共存する環境を対象とした DTN の関連研究はほとんどなく、特に通信可能エリアから不可能エリアに向けての通信手法を考慮した研究は行われていない。

本研究では、通信インフラの大部分が断絶した環境でも、情報の収集および発信が可能なシステムの構築を目指し、DTN のすれ違い通信と Twitter を利用した安否確認システムを提案する。本システムにおいて各ユーザは、ユーザ端末上で動作するオフライン機能付 Twitter クライアントを用いて、通信インフラの使用可能なエリア (通信可能エリア) への安否情報の送受信を行う。通信可能エリアで Twitter を利用するために、通信インフラの使用不可能なエリア (通信不可能エリア) においては DTN を用いてユーザ間ですれ違い通信を行い、通信可能エリアまでデータを伝搬する。また本年の地震において、Google Person Finder をはじめとする安否確認用データベースが広く活用されたことから、本システムでは通信不可能エリアでもこれらのデータベースから安否確認情報を収集できるようにする。

このようなシステムの実現のため、(1) 通信不可能エリアでも、Twitter から安否情報に

関する情報の送受信を可能にする、(2) Twitter 上に投稿された安否確認情報を、既存の安否情報データベース (Google Person Finder 等) に自動で登録し、また Twitter の安否確認問い合わせに対し、同様のデータベースから自動で検索を行い、情報を伝送することを可能にする、という課題を解決する。

(1) の解決のため、各ユーザがつぶやいた安否確認メッセージを端末のバッファに保存しておき、通信可能エリアに移動する確率が高いユーザと出会った時にその端末にデータを託す通信手法を提案する。また、このデータを受け取った端末がインフラのあるエリアに到達した際には、託されたデータを Twitter 上に投稿すると共に、被災地域内の人々に向けられた安否情報を受信し、出会った端末に配布する。また (2) の解決のため、Twitter の安否確認データを監視し、必要に応じて安否確認情報データベースへの登録、検索を行い、Twitter 上に結果を送信するエージェントをインターネット上に作成する。

提案システムの評価のため、大災害による通信インフラ壊滅を想定したシミュレーション環境を設計する。シミュレーションでは、Google Maps 上に避難所等の主要スポットを定義し、それらを結ぶ経路を設定する。また、通信可能エリアと不可能エリアをそれぞれ設定し、経路上を人々が適当な時間間隔で動作することを想定したシミュレーション実験を行い、メッセージが Twitter に投稿されるまでの時間や、メッセージ到達率などを評価する。

2. DTN ベース災害安否確認システムの概要

本稿で提案する DTN ベース災害安否確認システムは、災害発生時から 3 フェーズ (発災～混乱期、避難救援期、医療・保健活動期) に分類した時、主に第 1 フェーズから第 2 フェーズの間において使用されることを想定しており、このシステムは以下のような状況において活用される。

- (1) 通信不可能エリア間で、家族や知人の安否確認や災害情報 (災害規模や交通情報、支援物資情報等) の収集を行いたい時
- (2) 通信不可能エリアの人々が、自分の安否や被害状況を通信可能エリアの人々に伝えたい時
- (3) 通信可能エリアの人々が、被災地における通信不可能エリアに住む家族や知人の安否確認や災害情報の収集を行いたい時

提案システムの概要を図 1 に示す。

- (1) の時、通信不可能エリアでは、携帯端末を持つユーザ間のすれ違い通信を介してユー

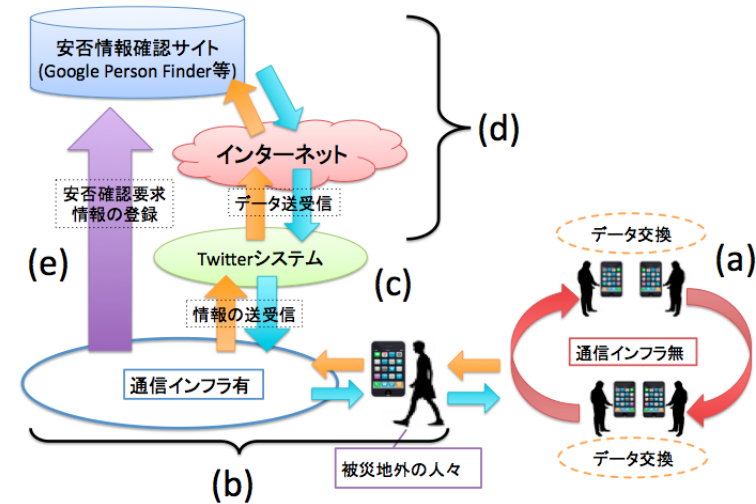


図 1 災害安否確認システムの概要

Fig. 1 Organization the disaster safety confirmation system

ザが Twitter 等であつた安否情報や災害情報をデータとし、端末間で WiFi 等の近距離無線通信を使って交換する (図 1(a)). このようにすれ違い通信を行うことによって、通信不可能エリアでも多くのユーザに被災地内の安否情報や災害状況等のデータ交換を送ることが出来る。また (2) では、(1) の方法でデータの交換を繰り返し行い、通信可能エリアまでデータを到達させる (図 1(b)). 通信可能エリアまでデータが到達すると、ネットワーク上にデータを送信し、Twitter システムにメッセージを投稿する (図 1(c)) と共に、Google Person Finder 等の被災地外ユーザが安否情報確認サイトに情報を投稿し、通信可能エリアの人々が情報を閲覧できるようにする (図 1(d)). (3) では、事前に安否情報確認サイトに欲しいユーザの情報を登録しておき (図 1(e)), (2) の方法で被災地ユーザが欲しいデータを運んでくるのを待つ。

3. DTN ベース災害安否確認システムにおける課題とその解決方法

本システムの実現を目指す上で、いくつか解決すべき課題が考えられる。現在考えられる課題として、以下の内容が挙げられる。

- (1) 通信不可能エリアでも、Twitter から安否情報に関する情報の送受信を可能にする
- (2) Twitter 上に投稿された安否確認情報を既存の安否情報データベース (Google Person Finder 等) に自動で登録し、また Twitter の安否確認問い合わせに対し、同様のデータベースから自動で検索を行い、情報を伝送することを可能にする

(1) を解決するため、通信可能エリアへのメッセージのルーティング手法を、(2) を解決するため、メッセージに Twitter のハッシュタグを用いる手法を提案する。以下、詳細を述べる。

3.1 通信可能エリアへのメッセージルーティング法

通信不可能エリアでもデータを送受信できるようなルーティング手法を提案する。データの送受信を行うためのルーティング手法としては、他ユーザとの出会う時間を利用して通信を行う手法⁷⁾ や、他ユーザとの移動パターンの類似点を利用して、通信するユーザを選択する手法⁷⁾、また、ユーザのソーシャルグラフを利用してデータ通信のやりとりを行う手法⁷⁾ 等があるが、本研究では、相手の移動ログを利用してデータの送受信を行う手法を提案する。この時、移動ログとは、「時刻」、「場所」、「通信インフラの有無」の3つの情報の組の集合を示し、これらの情報は一定時間毎に記録され、各端末に保存される。

通信不可能エリアにおいては、各ユーザが Twitter でつぶやいた安否確認メッセージを端末のバッファに保存してデータとして保管しておき、他ユーザとすれ違った際、移動ログを交換する。交換した移動ログを基に、すれ違ったユーザの通信可能エリアへの到達時間を求め、最小時間で到達できるユーザにメッセージをコピーする。期待到達時間は、移動ログから、過去に通信不可能エリアから可能エリアに到達するのにかかった時間を調べ、その平均を用いる。各ユーザは過去にすれ違ったユーザのインフラ有エリアへの到達時間とそのユーザとの平均遭遇時間間隔も保持する。ただし、それまでにすれ違ったユーザのうち、遭遇時間間隔と通信可能エリアへの到達時間の和が最短であるユーザのデータのみとする。ユーザはこの間接的なすれ違いによるデータ交換 (2 ホップを経由したデータ交換) にかかる時間も考慮し、より到達時間の短いユーザと出会った際に、その端末にデータを託す。

この手法のイメージを図??に示す。図??では、ユーザ A が、ユーザ B や C とすれ違った場合の例を示している。この場合、ユーザ A がユーザ B とすれ違った時は図に赤で囲んでいるように、ユーザ B に託した方がメッセージがより早く通信可能エリアに到達する可能性が高いことから、ユーザ B にデータを託す。またユーザ C とすれ違った時は、ユーザ C よりもユーザ A のほうが到達時間が短いため、ユーザ C にはデータを託さない。

このような方法を取ることで、より通信可能エリアへのデータの到達率の向上や、到達す

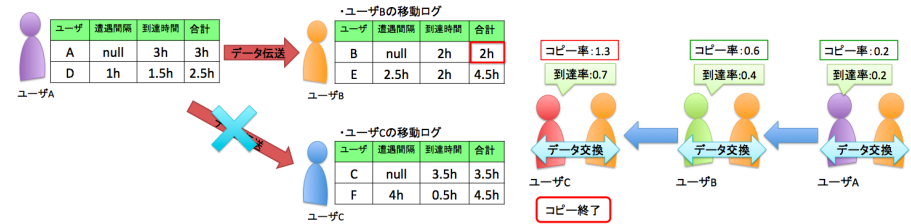


図 2 ユーザの到達時間を利用したデータ伝送
Fig.2 Data communications using user's arrival time

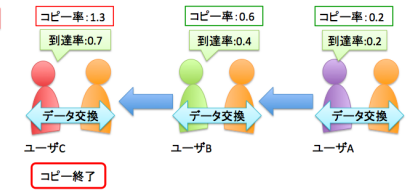


図 3 コピー抑制手法
Fig.3 Copy restraint technique

るまでの時間の短縮を見込むことが出来る。

また、この時データのコピー数を抑制するため、移動ログから取得した到達時間から各ユーザの通信可能エリアまでに一定時間内に到達する確率 (到達率)^{*1} を求め、データをコピーした際、コピーした相手の到達率を足していき、その値が予め設定した値に達した時点でコピーをやめるように設定する。この手法のイメージを図??に示す。この図では設定値を 1 とした場合の図である。

このような通信手法を用い、すれ違ったユーザ間で通信を繰り返し、データを受け取った端末が通信可能エリアに到達した際、託されたデータを Twitter 上に投稿すると同時に、被災地外から被災地内に向けられた安否確認要求情報を受信し、インフラのあるエリアに達するまでに出会った端末に配布する。この際、すれ違い時に交換するメッセージはシステムへのアップロードのため通信可能エリアに運ぶものを優先する。

3.2 Twitter のハッシュタグを用いた安否確認 DB の自動検索

図??で示している通り、Twitter 上に投稿される安否情報データをハッシュタグをつけることによって区別し、監視する。この時、ハッシュタグとは Twitter においてツイートを投稿する際、「#文字列」という形で入力したタグをツイートの最後につけることによって、発言をグループ化することができるというものである。例えば、Twitter の検索システムに「#abc」と入力して検索を行うと、#abc というハッシュタグをつけた投稿のグループを一覧で見ることが出来る。この機能は、今回の地震でも広く使用され、「#anpi」というハッシュタグで多くの安否情報ツイートがユーザから投稿された。図??では例として、ユーザの

*1 移動ログから到達時間の確率分布を求めることにより行う。

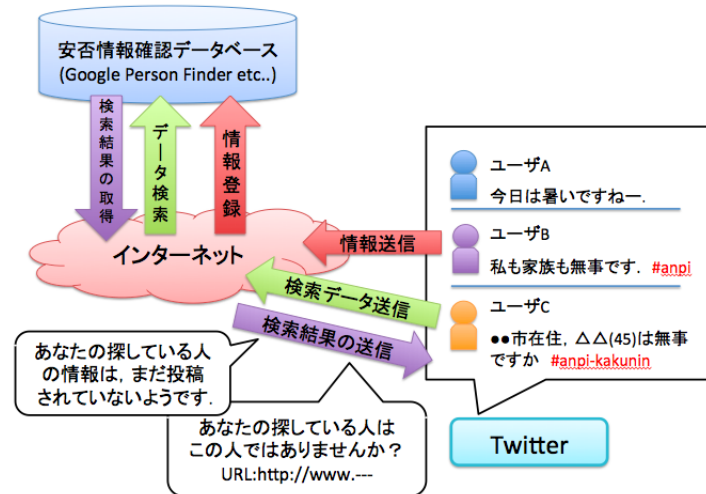


図 4 Twitter に投稿される安否情報への対応

Fig. 4 Correspondence to safety informations by Twitter

安否情報についての投稿には「#anpi」、安否情報の要求投稿には「#anpi-kakunin」を用いてツイートを投稿すると設定している。この機能を用いて安否情報データを区別し、安否情報データが投稿されると、インターネット上に配置されたエージェントを介して Twitter システムから投稿されたデータが既存の安否情報データベースに送られ、投稿された内容がデータベースに登録される。登録内容には、ユーザがツイートに書き込んだ情報の他に、ユーザ自身が Twitter のユーザ登録時に記述した内容も必要に応じて登録できるようにする。また、ユーザが Twitter 上で安否確認問い合わせを行った際には、安否確認情報データベースで自動的に検索を行い、マッチングするデータが存在すればそのデータの URL を返し、存在しなければその結果をユーザに返した上で、探している人のデータをデータベースに登録する。

4. 評価方法

本システムを評価する手段として、計算機シミュレーションを用いる。シミュレーションでは、災害が発生した際の被災地内の人々の動きを再現し、すれ違い通信を行わせた上で、データがどのようにして通信可能エリアに到達し、また到達するまでにどれくらい時間がか

かるかを評価する。このシステムの目的として、被災地外のユーザが要求している情報を再短時間で被災地内へ送ることを目的としているため、シミュレーションにおいても、データの到達率や、到達時間の最小化を目指して実験を行う。

以下にシミュレーションの概要、およびその評価方法について記述する。

4.1 シミュレーションの概要

本研究の評価で使用するシミュレーションでは、実際に災害が発生した時の人々の動きを再現し、メッセージの Twitter システムへの到達率、到達時間を調べる。Google Maps 上に避難所等の主要スポットを定義し、それらを結ぶ経路を設定する、経路上をノードがそれぞれ任意に定めた速さ（時速）に従って移動し、ノード同士が近距離無線通信範囲内に来るとデータを交換する。

4.2 シミュレーションにおける想定環境とその評価方法

本研究で行うシミュレーション実験では、ある実在地域で災害が発生し、その地域の大部分で通信インフラが使用不可能な状況になることを想定環境とする。ただしこの時、部分的に携帯電話網の基地局が生き残っているエリアが存在し、その基地局の範囲内では通信インフラが使用可能である。このような想定環境でシミュレーション実験を行い、データがノード同士で交換されてからいずれかのノードがインフラのあるエリアに到達し、メッセージが Twitter に投稿されるまでの時間や、通信可能エリアへのメッセージの到達率を求め、評価する。データの到達率が低ければ、データのコピー抑制のために設定している値を調整する等、プログラムの修正を行うことで、目的を達成するために適した方法を検討する。

5. おわりに

本稿では、災害時に通信インフラの断絶したエリアにおいてもデータの伝送を可能にするため、DTN を利用し、Twitter や災害情報確認データベースと連携する災害安否確認システムの開発を目指し、開発を行う上で考えられる課題や、それらを解決するための提案手法、また本システムの評価方法について述べた。今後はシミュレーション実験を行うことによって評価を行い、最終的には携帯端末で使用可能なアプリケーションとして作成し、実際に使用することで実験、および評価を行う予定である。

システムの開発を進める上で、検討しなければならない課題を3つ挙げる。一つは、すれ違い通信を行った結果、通信可能エリアに到達し、既に Twitter システムに送られたメッセージについては DTN から削除するというものである。この課題は、転送メッセージの量を抑制するために解決する必要がある。この課題については、伝送するデータとは別にどの

ようなデータが伝送されているかを記述したファイルもすれ違い通信の際に渡し、Twitterに既に送られたデータについては「伝送済」の印を付ける。データを受け取ったユーザはファイルを参照し、自身が保持しているデータに印がついていればデータを消去することで解決できると考えるが、3.1章で述べたように、過去にすれ違ったユーザの全ての情報は保持していないため、「伝送済」のデータを持ったユーザとなかなか出会わなかった場合、消去されるまでに時間がかかってしまう。よって、この問題については改善方法を検討する必要がある。

2番目の課題は、通信不可能エリアからメッセージを送った人へのTwitter上のフォローメッセージ伝搬の問題である。通信不可能エリアからすれ違い通信で運ばれてきたデータはTwitter上に送られ、全ての人が閲覧できるようになる。この時、閲覧したフォロワーがそれらのツイートに対してフォローメッセージを送信すると、メッセージを通信不可能エリア内のユーザに届けなければならない。これについては、ユーザのTwitterアカウントが取得できれば可能であるが、先程の課題と同様に、すれ違ったユーザ全てのデータは保持しないことから、Twitterのアカウントの扱いをどうするか等、今後解決方法を検討する。

最後に、シミュレーションにおいて災害時の人々のモビリティをいかにうまく再現するかである。災害時は災害規模によっては避難所に行かず、自宅で生活をしている人々も存在すると考えられることや、災害発生後の道路の状況から想定外の道を通るユーザが現れる可能性もある。これらをどのようにシミュレーション上で表現するかについても、今後検討していく予定である。

参 考 文 献

- 1) 陶山雄一, 横田裕介, 大久保嗣:
- 2) 山本純也, 櫻打彬夫, 中川文博, 後藤清豪, 門田尚也, 西口修平, 田中秀幸, 高田秀志: すれちがい通信によるマイクロブログの共有, 情報処理学会インタラクティブ 2011 (2011).
- 3) Dubois-Ferriere, H., Grossglauser, M. and Vetterli, M.: Age Matters: Efficient Route Discovery in Mobile Ad Hoc Networks Using Encounter Ages, *MobiHoc 2003* (2003).
- 4) of Forwarding Paths in Pocket Switched Networks, D.: Vijay Erramilli, Augustin Chaintreau, Mark Crovella, Christophe Diot, *IMC 2007* (2007).
- 5) Hossmann, T., Spyropoulos, T. and Legendre, F.: Know Thy Neighbor: Towards Optimal Mapping of Contacts to Social Graphs for DTN Routing, *IEEE INFOCOM 2010* (2011).