

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330123

研究課題名(和文)地震直後の救助を支援する遅延耐性アドホックネットワークの構築とその応用

研究課題名(英文) Construction of delay tolerance ad hoc network to support the rescue immediately after the earthquake and its application

研究代表者

榎原 博之 (Ebara, Hiroyuki)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：50194014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：スマートホームシステムのホームサーバを利用した、災害向け遅延耐性アドホックネットワーク(Delay Tolerant Ad hoc Network in Disaster: DTAND)システムを開発した。本システムと独自アプリを搭載した携帯端末を使って、地震直後の住民の救助や避難を支援することを主な目的としている。研究期間の3年間で、生埋め被災者救助支援システム、帰宅困難者支援システム、津波避難支援システムの3つを開発した。その有用性を実機実験とシミュレーションにより評価した。

研究成果の概要(英文)：I have developed Delay Tolerant Ad hoc Network in Disaster (DTAND) system, using home servers of a smart home system. The main purpose of this study is to support the rescue and the evacuation of residents immediately after the earthquake, with this system and mobile terminals equipped with its own apps. In three years of the study period, I developed the following three systems: rescue support system for victims buried in an earthquake disaster, stranded commuter support system, and tsunami evacuation support system. Its usefulness was evaluated by experiment and simulation.

研究分野：計算機科学

キーワード：アドホックネットワーク 遅延耐性ネットワーク 地震災害 スマートホーム GPS

1. 研究開始当初の背景

日本は自然災害の多い国であり、特に地震においては 1995 年 1 月の阪神・淡路大震災や 2011 年 3 月の東日本大震災などでの甚大な被害を考えると、その対策は非常に重要である。地震時における大きな問題の 1 つは、倒壊した建物の下敷きになった生存者の救出である。救出者の生存率は 3 日を過ぎると急激に低下するため、救助活動の遅延は致命的である。しかしながら、道路の寸断などによる交通インフラの損傷や渋滞は、救助活動の遅延を招く。そのため、地震発生直後の公共機関の救助活動が始まるまでは地域住民による救助活動が重要となる。

地域住民による救助活動では、災害救助犬や電磁波探査装置が無い場合、被災者の特定が難しいと考えられる。そこで、平常時から把握している在宅情報や地震発生後のホームサーバ稼働状況を基に、地震発生後に自動的に構築されるアドホックネットワークを使って救助要請マップを作成し、それを救援者が持っているスマートフォンなどの携帯端末で受信し、救助活動に利用するシステムを提案する。

2. 研究の目的

本研究では、スマートホームシステムのホームサーバを利用した、災害向け遅延耐性アドホックネットワーク (Delay Tolerant Ad hoc Network in Disaster : DTAND) システムを開発した。DTAND システムと独自アプリを搭載した携帯端末を使って、地震直後の住民の救助や避難を支援することを主な目的としている。実機実験とシミュレーションにより、その有用性を評価した。研究期間の 3 年間で、大きく分けて以下の 3 つのシステムを開発した。

- (1) 生埋め被災者救助支援システム
- (2) 帰宅困難者支援システム
- (3) 津波避難支援システム

3. 研究の方法

(1) 生埋め被災者救助支援システム

本システムは、平常時から把握している在宅情報や地震発生後のホームサーバ稼働状況を基に、地震発生後に自動的に構築される DTAND を使って救助要請マップを作成し、そ

れを救援者が持っているスマートフォンなどの携帯端末で受信し、救助活動に利用する。

地震災害時には、死傷者は建物の倒壊による生き埋めに起因するケースが多い。過去の地震災害において、救助活動は助けを呼ぶ声や伝言でしか被災者の位置を特定することができなかったという問題がある。そこで、DTAND を構築して、救助者に被災者の位置情報を提供する生き埋め被災者救助支援システムを提案する (図 1)。

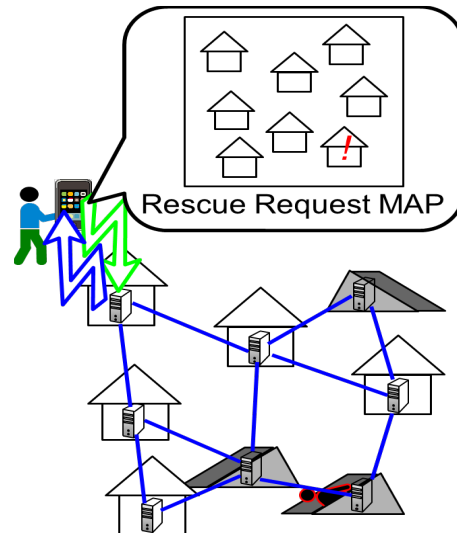


図 1 生き埋め被災者救助支援システム

本システムでは、スマートホームでのセンサ情報などを基に家屋内の救助要請者の有無を推定し、被災者がいる位置情報をもとに救助要請マップに作成する。この救助要請マップを救助者の持つ携帯端末上で表示することで、生き埋め被災者の迅速な救助を支援する。

(2) 帰宅困難者支援システム

本システムは、携帯端末間で構築した DTAND を使い、帰宅困難者の GPS ログから通行可能な道路地図を作成し、帰宅経路や、混雑場所、休憩所等の情報を掲示する。

多くの地図情報システムはインターネットに接続されていない状態 (オフライン) では利用できず、災害時には活用できない。本システムでは、災害発生時に起こる通信障害などの問題を解決する新たな地図情報サービスを提供するため、携帯端末の利用者からの GPS トラックを利用したリアルタイム地図作成システムを提案する。本システムは、DTAND を活用することで、通信インフラの障

害によりインターネットに接続できない際にも通行可能な道路のデータを配信することができる(図2)。

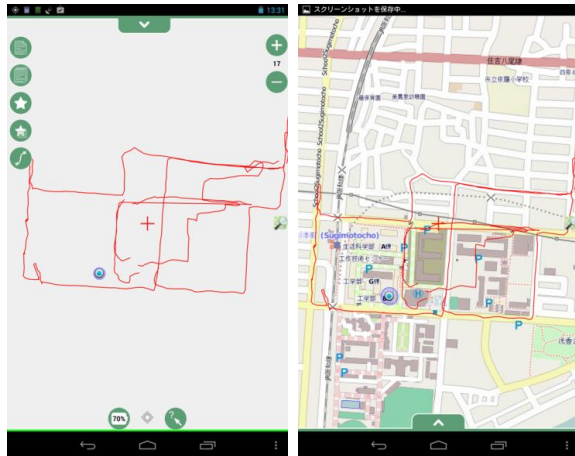


図2リアルタイム地図作成システム

本システムの設計仕様を以下に示す。
インターネットに接続されていない状態でも利用することができる。

遅延耐性ネットワークを利用して情報を交換することができる。

リアルタイムで、通行可能な道路地図を表示することができる。

作成した地図上に、最新情報を随時更新することができる。

本システムの初期状態では、それぞれの携帯端末に地図情報を保持していない。システムを起動するとGPS機能により位置情報の記録が開始する。そして、帰宅困難者が移動することにより移動経路が携帯端末内に記録される。また、各携帯端末はDTANDを構築し、基地局を介さずに通信を行う。DTAND内にいる各端末は、他の帰宅困難者と出会った場合、自動的に互いの位置情報を共有し、自身の地図情報と統合することで地図情報を更新することができる。各携帯端末は常に本システムで作成した最新の道路データを持っているため、帰宅困難者に対して通行可能な道路情報等を提供できる。

(3) 津波避難支援システム

本システムは、津波避難者を速やかに高台へ誘導するために、想定される津波の高さより高い避難場所への経路案内や通行不能箇所、混雑状況等を掲示するシステムである。

津波被害の場合、津波到達までに全員が高台に避難できれば死者数を0にできる。その

ため、どれだけ迅速に避難者を避難完了させられるかが重要であり、状況にあわせて各被災者の避難場所までの避難経路を提示することで、避難行動を支援することが大切である。そこで、DTANDを利用した津波避難支援システムを提案する。本システムでは、各被災者が迅速に避難所へ避難できるように周辺の通行不能箇所の検知を行い、検知した情報をスマートホームネットワーク上で共有する。避難者は携帯端末によって、通行不能箇所まで到達する前に、その情報を取得することができる。そして、通行不能箇所の情報を適宜更新し、より迅速に避難できるように支援する(図3)。

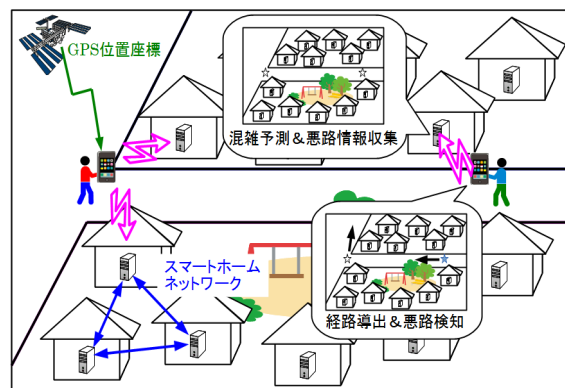


図3津波避難支援システム

本システムは津波災害時のみならず、台風・洪水などの他の水害にも対応できると考えられる。

4. 研究成果

(1) 生埋め被災者救助支援システム

本研究は、シミュレーションによりその有効性を評価した。大阪市阿倍野区の約1km四方を使ってシミュレーション実験を行い、その結果から、携帯端末でデータ中継を行うDTANDでは、ホームサーバおよび携帯端末における平均情報取得率は1時間でほぼ100%に近づけられることが分かった。また、スマートホームシステムの普及率が50%あれば、DTANDが安定して稼働できることも示した。

(2) 帰宅困難者支援システム

本研究は、まずシミュレーションによりその有効性を評価した。現在、実機実験に向けてシステムを開発中である。実機実験では、帰宅困難者のGPSログから作成される道路地図の精度を評価する。

大阪市旭区 (4568m × 2988m) を使ってシミュレーション実験を行い、その結果から、携帯端末を持った帰宅者が 1000 人の場合、ほぼ 60 分で地図を完成させることができ、2000 人の場合は、ほぼ 40 分で地図を完成させることができることが分かった。

(3) 津波避難支援システム

2015 年度には、関西大学千里山キャンパスにおいて実機実験を行い、その有効性を評価した。シミュレーションによる評価は、現在検討中である。

2016 年 1 月に、ホームサーバ 8 台、携帯端末を持った避難者 9 名で 3 つのルートに分れて実機実験を行った。通行不能箇所を検知し、他の避難者へ配信することにより、避難時間の短縮が可能であることが示せた。

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 3 件)

Wenlong Yu, Hiroyuki Ebara, Raito Matsuzaki, Daisuke Yoshida, Venkatesh Raghavan: "Near Real-time Mapping Using Shared GPS Data from Stranded Commuters", The Review of Socionetwork Strategies, vol.9, no.2, pp.41-57, (Dec. 2015). [査読あり]

Raito Matsuzaki, Hiroyuki Ebara, Noriaki Muranaka: "Rescue Support System with DTN for Earthquake Disasters", IEICE Transactions on Communications, Vol.E98-B, No.9, pp.1832-1847, (Sep. 2015). [査読あり]

榎原博之, 吉岡啓, 松崎頼人: "MMORPG における動的領域分割結合アルゴリズム", 電子情報通信学会論文誌(A), vol.J98-A, no.4, pp.337-356, (Apr. 2015). [査読あり]

[学会発表](計 8 件)

吉本涼, 松崎頼人, 榎原博之, 萩原史樹: "津波避難支援システムの構築と実験", 2016 年電子情報通信学会 総合大会, B-15-19, 九州大学(福岡県), 18 Mar. 2016.

菅沼初希, 松崎頼人, 榎原博之: "混雑時の無線ネットワークにおける情報共有", 2016 年電子情報通信学会 総合大会, B-5-80, 九州大学(福岡県), 16 Mar. 2016.

辰己真言, 榎原博之, 松崎頼人, 菅沼初希: "センサネットワークにおける負荷分

散を考慮したコンバージキャストの動的経路構築", 第 102 回数理解モデル化と問題解決研究発表会, 島原文化会館(長崎県), 4 Mar. 2015.

Wenlong Yu, Daisuke Yoshida, Venkatesh Raghavan, Hiroyuki Ebara and Raito Matsuzaki: "GEOMANET: A POST DISASTER LOCATION INFORMATION SERVICE USING MOBILE AD-HOC NETWORKS", Poster, FOSS4G-Asia 2014, Bangkok, Thailand, 3 Dec. 2014.

Wenlong Yu, Hiroyuki Ebara, Raito Matsuzaki, Venkatesh Raghavan, and Daisuke Yoshida: "Real-time Support System for Stranded Commuters Considering Traffic Conditions", INFORMS Annual Meeting 2014, San Francisco, USA, 9 Nov. 2014.

于文龍, ベンカテッシュ ラガワン, 吉田大介, 榎原博之, 松崎頼人: "帰宅困難者の移動データをもとにした災害後道路地図の作成", 第 25 回 日本情報地質学会 総会・講演会, Vol.25, No.2, pp108-109, 京都大学(京都府), 13 June 2014.

松崎頼人, 菅沼初希, 榎原博之, 村中徳明: "スマートホームを利用した津波避難支援システム", 情報処理学会数理解モデル化と問題解決研究報告, MPS96-12, pp.1-2, 東京工業大学(東京都), 11 Dec. 2013.

松崎頼人, 榎原博之, 村中徳明: "スマートホームを利用した地域コミュニティ情報共有システム", 2013 年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会(B-7-13), CD-ROM, 福岡工業大学(福岡県), 17 Sep. 2013.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎原博之 (EBARA, Hiroyuki)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号: 50194014