

分散環境の避難所物資管理支援システムにおける DTN を活用した物資 リクエスト処理方法の検討

佐藤 沙央[†] 大和田泰伯^{††} 高井 峰生^{†††,††††} 前野 譽^{†††††} 小口 正人[†]

[†] お茶の水女子大学 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

^{††} 情報通信研究機構 〒980-0812 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-3

^{†††} 大阪大学 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1

^{††††} UCLA Computer Science Department 3803 Boelter Hall, Los Angeles, CA 90095-1596, USA

^{†††††} 株式会社スペースタイムエンジニアリング 〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 3-27-3

E-mail: [†]{g1420521,oguchi}@is.ocha.ac.jp, ^{††}yowada@nict.go.jp, ^{†††}mineo@ieee.org,

^{†††††}tmaeno@spacetime-eng.com

あらまし 近年日本で多発している大規模な災害では、普段利用している通信インフラが切断されてしまった場合、インターネットにアクセスすることができず、情報交換ができなくなってしまう。多様な理由により避難所に避難できなかった人には、救援物資情報は手に入れづらいという現状がある。そこでエッジサーバを利用し、各端末は情報をそこにアップロード、閲覧できるようにして、エッジサーバ同士が情報を同期しておくことで情報交換を可能にする環境構築を考える。この論文では、そのような環境において被災時に提供される物資以外に必要なもののリクエストを受け付けて集計し、物資の卸元と情報を共有するアプリケーションの構築を行っている。

キーワード 情報共有, インターネット非接続, リクエスト, DTN

Consideration on Request processing method using DTN for relief goods in the distributed material management support system of evacuation center

Sunao SATO[†], Yasunori OWADA^{††}, Mineo TAKAI^{†††,††††}, Taka MAENO^{†††††}, and Masato
OGUCHI[†]

[†] Ochanomizu University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610 JAPAN

^{††} National Institute of Information and Communications Technology 2-1-3, Katahira, Aoba, Sendai-city,
Miyagi, 980-0812, JAPAN

^{†††} Osaka University 1-1 Yamadaoka, Suita, Osaka, 565-0871, JAPAN

^{††††} UCLA Computer Science Department 3803 Boelter Hall, Los Angeles, CA 90095-1596, USA

^{†††††} Space-Time Engineering KandaSakumacho 3, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0025, JAPAN

E-mail: [†]{g1420521,oguchi}@is.ocha.ac.jp, ^{††}yowada@nict.go.jp, ^{†††}mineo@ieee.org,

^{†††††}tmaeno@spacetime-eng.com

1. はじめに

今日では、私たちの生活には情報を得る手段としてインターネットが無くてはならないものになっており、小さな子どもから高齢者まで様々な世代で身近に利用されている。インターネットは世界中を結ぶことのできる情報交換・共有システムとして社会・経済のインフラともいえる役割を果たしており、私たちの生活はネットワークに依存して成り立っている。しかし、近年では東日本大震災や熊本地震のような災害によって通信インフラが被害を受けたことでインターネットにアクセスすることができなくなったことがあり、家族や友人の安否確認や災害情報等を受け取ることが一時困難であった。そういった災害時には情報の交換・共有が必要不可欠にも関わらず通信を行う上で中断や切断が多発したり、大きな伝送遅延が生じたりする劣悪な環境になる可能性がある。現在提供されている災害に備えたサービスの多くは、インターネットにアクセスできることが前提で考えられているため、そのような劣悪な環境に陥ると使えなくなってしまう。そうなると、災害対策として提供されているにも関わらず、有用な利活用ができない。

実際に、そういった環境下における実験として、高知県香南市が実施しているものがある。高知県香南市では、スペースタイムエンジニアリング社と共同して、同様に劣悪な環境下において利用することが可能な災害医療用情報共有システムの構築と実証実験が行われている。この研究は、大規模災害時に通信インフラが利用できないような劣悪な環境においても、情報共有可能なネットワークを構築し、従来は紙やホワイトボードを情報伝達ツールとして使用していたところを、情報通信システムを独自に設計し実装することで情報伝達の効率化を図っている。この情報共有システムに対する意見は概ね良好であり、効率化も果たされているという評価であった[1]。

そこで本研究では、地震などの大規模な災害によって地域的にインターネットが機能しないような劣悪な環境においても、部分的に稼働しているエッジサーバと Delay/Disruption Tolerant Network (DTN) 技術を利用した災害時通信システムを検討する。具体的には大規模災害時の救援物資の提供をサポートする情報システムの構築を目指す。

2. 救援物資提供の現状

近年発生している東日本大震災や熊本地震では家屋が多く倒壊し、多くの被災者が避難所へ身を寄せることになった。下図1は復興庁が公開している東日本大震災時に設けられた避難所の推移をグラフにしたものである[2]。ピーク時には2417箇所も設けられ、長期に渡って避難所に滞在せざるをえない状況にあったことが分かる。その間避難した被災者は届けられる救援支援物資を頼りに生活することになるわけであるが、避難所のキャパシティを超える避難者があり、当時は物資の提供に関しては物資の不足や多くの混乱があった。

また、内閣府が東日本大震災の被災者を対象に行ったアンケート(図2)によると、回答者の約70%が避難所に避難をしなかった。その理由是多岐にわたるが、最も多く挙げられた理

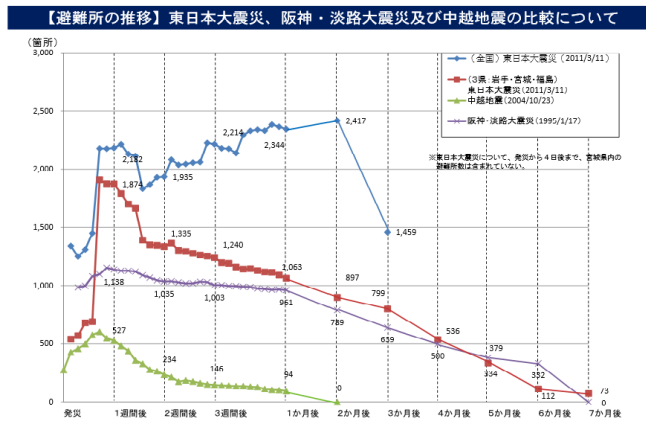


図1 東日本大震災時の避難所数の推移[2]

由(図3)は「大勢の人と同じ場所にいることが苦手だったため」であり、避難できなかったわけではなく敢えて避難しないという選択をする人が多いことが分かる。また自宅に滞在した際の問題点として、救援物資が手に入れづらかったと回答していた[4]。被災者に提供されている救援物資は主に指定避難所に届けられるため、何がいつ届いているかを指定避難所にいる被災者には比較的容易に知らせることができる。そのため、指定避難所にいる人に優位性がある。しかし指定避難所以外に滞在している被災者にも救援物資の提供を平等に行う必要がある。

さらに、実際に救援物資を提供する際には、近隣の広い一時的な保管所に一度に多種多量の物資が集められ、そこから各指定避難所に分配されて届けられる。しかし、指定避難所ではなくその一時的な保管所にもらいに行く被災者が出てきてしまい、各避難所に送る物資を仕分けするという作業に加えて、被災者に渡すという余分な作業が追加され、役割が増えてしまったことで現場が混乱してしまったという報告が上がっている。また、災害が発生すると現地で何が必要かを知り得るメカニズムが無い場合、物資を提供する側が食料や衣服など必要とされそうなものを推測して届けているという現状がある。しかし、時間が経つにつれニーズが高いために数が足りないものや、反対にニーズが低く余ってしまう物資が出てくる。限られた燃料や人手で物資を届けている被災時においては、効率的にニーズの高い物資を送る必要があることは明確である。そのため、とにかく現地に送るプッシュ型からリクエストベースのプル型への転換タイミングを限りなく早めるための仕組みをアプリで実現することを考えた。

3. 研究背景

3.1 関連研究

災害時に情報共有する際に DTN 技術を利用する研究が多くなされている。

[5]では大規模災害時には船舶での救助活動が有効であり、そのため災害情報も手に入れやすいことから、通信環境が安定しないまたは使用できない状況において、船舶を拠点とした海上

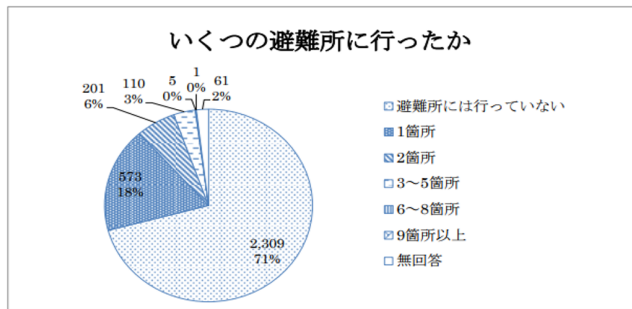


図 2 東日本大震災時に避難所へ避難したかどうか [4]

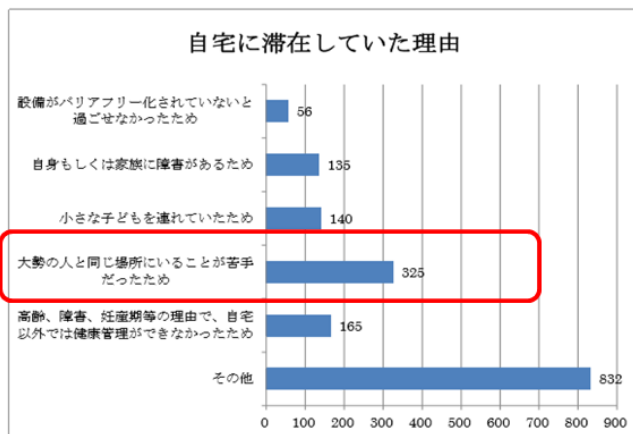


図 3 自宅に滞在していた理由 [4]

からの情報支援ができれば、被災者と支援者間の情報共有を促し、安否の確認、円滑な救援活動や二次災害の防止に貢献できる新たな手法として期待できるとして、DTN 技術を利用している。大規模災害発生時を想定し、船舶を拠点とした情報共有に着目した研究は少なく、珍しいものである。

[6] では DTN の距離の問題を解決するために移動中継ノードを導入し、フラッティングメッセージの削減とメッセージ到達時間の短縮を図っている。また、移動中継ノードを導入するに当たってはウェイポイントや通信方式の選定によってフラッティングメッセージや到達時間のある程度制御することが可能であることを示している。今後このアプリケーションを活用していくに当たってフラッティングメッセージ問題は考えなければならない問題である。

[7] では DTN 環境下でのデータ転送遅延と中継ノードのパワー消費量のトレードオフの解消を課題としており、メッセージフェリーを用いたデータ転送方式及び回復手法を提案することで解決を図っている。

[8] ではメッセージフェリー方式を使用してクラスタ内のデータを収集するシステムを提案し、中でもクラスタ内の移動端末間の通信に対して、バッテリー残量情報を利用した通信方式の提案と、その手法をシミュレーションすることで従来手法との比較評価を行っている。フェリーノードであるスマートフォンのバッテリーを長く持たせることでネットワーク持続時間を高

め、情報共有システムの有用性の向上を図っており、本研究でものちに参考になると考えられる。

また、有用なリクエストの同期方法を考察するにあたり、参考とした先行研究 [9] を紹介する。この先行研究では、NICT が力を入れてきた DTN の性質を持つネットワークシステムである NerveNet 上で、データベースの同期を取る方法についての検討を行っている。分散型地域無線ネットワークの基地局が有する情報処理機能、情報蓄積機能、及び情報同期機能を活用し、無線端末同士で構成されたグループ間で端末のアプリケーションデータベースを同期するための手法を提案している。本手法を用いることで、有限な基地局メモリ空間と無線リソースを活用し、特定のサーバを利用せずに多数の端末間での情報共有を可能とする。分散型無線基地局は NerveNet を想定し、NerveNet プロトコル及び端末間アプリケーションデータベース同期プロトコルとして、直接同期方式、基地局共有型、単独管理型、階層管理型の 4 方式について検討を行った。これらの方式において、同期端末数が多い場合と少ない場合でトラフィック量、同期に要する時間、基地局でキャッシュするデータ量の 3 つの観点で定性的な評価を行ったところ、階層管理型が基地局でキャッシュするデータ量を抑えつつ多数の端末間同期が比較的早く行うことができ、トラフィック量も削減できる事を示している。

3.2 DTN

ここではデータの転送方法として採用する DTN 技術について簡単に説明する [3]。DTN は遅延耐性ネットワークとも呼ばれ、物理的なリンクの切断やデータの送受信遅延に対応していない TCP/IP 技術を拡張させた「中継転送技術」である。この手法には、「届きそうな」端末にデータを送信し、端末間でデータをホップさせていくものや、メッセージ転送を目的とした移動端末（以下、フェリーノードと呼ぶ）を用いて、端末とフェリーノード間で通信を行うことでデータ転送を可能とするメッセージフェリー方式というものがある。こうした手法により、中断や切断が多発したり、極端に長い通信遅延が生じたりするような劣悪な通信環境下でもデータ転送を実現することができる。今回構築しているアプリケーションは、避難者が所有しているスマートフォンを主なフェリーノードとするメッセージフェリー方式の技術を利用して情報共有することができる環境があると想定し、そこで運用できるものを実装する。フェリーノードは定期的に動くことが予想されることから、時間的遅延の対処のために物資を運搬するトラック等の車も採用することを検討している。

4. アプリケーションの利用形態

本論文で構築するアプリケーションは、災害等によってネットワークの切断や遅延など劣悪な環境下でも情報共有できることを前提にして構築していく。この場合のネットワークとはインターネットだけでなく、ローカルに構築されているネットワークも含んでいる。このアプリケーションはインターネットにアクセスできないようであれば、各避難所にあらかじめ設

置されていると想定したエッジサーバを利用し各サーバ同士が Wi-Fi を利用して通信することでデータを共有し、もしインターネットにアクセスできた場合にはすべてのデータアクセスと機能を利用可能にする多層構造を目指す。(図 4)

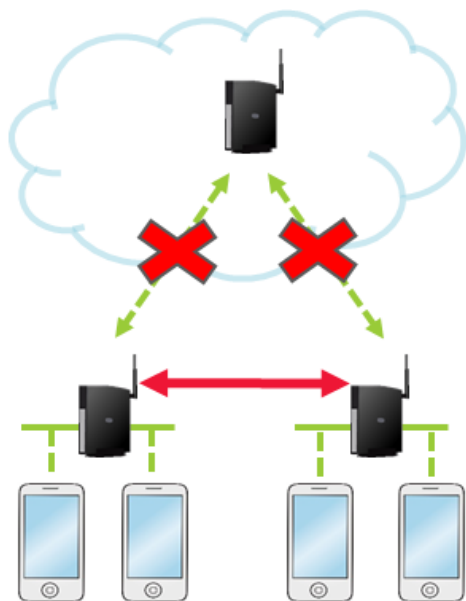


図 4 エッジサーバの形態

このアプリケーションの利用形態については以下の図 5 で詳しく説明する。

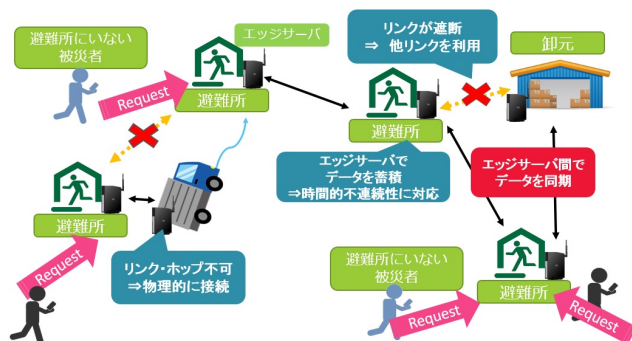


図 5 アプリケーションの利用形態

各指定避難所には平時からエッジサーバが設けられおり、インターネットが生きている状況では、各エッジサーバがクラウドに接続して稼働していることを想定する。発災後インターネットとの接続が途切れ通信が困難になった場合は、各エッジサーバは Wi-Fi で通信して互いにリンクを生成しデータを共有してアップデートする。さらに一部でリンクを生成できなかった、あるいは遮断されてしまった場合には DTN 技術を用いて自動で別のリンクを利用して、データをホップさせていくことで、遠回りをしてもいずれ全てのエッジサーバにデータが共有される。

指定避難所にいる被災者も指定避難所に滞在していない被災者

も近くの指定避難所のエッジサーバにアクセスしてリクエストを登録する。そこに登録されたリクエストは前述の方法によって共有される。また、リンクが途絶えエッジサーバが孤立しており、データのホップができない場合は、ユーザの持つスマートフォンや車などの中継ノードで物理的に接続して他のエッジサーバに共有する。さらにエッジサーバでデータを蓄積することにより、通信遅延などですぐに共有することができないという時間的不連続性にも対応することができる。

5. 救援物資提供支援アプリケーションの概要

今回構築しているアプリケーションが扱う情報への要求条件は以下の通りである。インターネットに繋がってなくても情報共有ができるということが大前提である。

- 避難所にある物資の数量
- リクエストできる物資のリスト
- 指定避難所の位置、自分の位置の確認 (MAP)
- リクエスト到達状況
- 物資配送通知、受け取り確認等
- DTN 技術等を利用してネットワークが途切れていても

情報共有が可能

アプリケーションは避難所にあらかじめ貯蔵してある物資の数量を一覧で提示する。ユーザはまずそれを見て、必要とする物資がその避難所にあるかどうかを確認する。そのうえで必要とする物資が一覧になかった場合、卸元に在庫があってリクエストできる物資のリストを表示する。また、指定避難所の位置と自分の位置がマップで確認でき、自分の位置から最寄りの指定避難所が見つかりやすくする。さらにリクエストがどこまで届いているかの確認や物資が配送された通知、リクエストを出したユーザが物資を受け取ったという確認等も実装することで、物資の受け取りまでの過程の確認作業をユーザが自分で行うことが可能になる。最後の要求条件はサーバ側に求めるもので、ネットワークが途切れていても DTN 技術等を利用して情報共有が可能であるように構築する。

実装環境は、Windows10 で、ユニティ・テクノロジーズ社が提供するゲーム開発プラットフォームである Unity を利用してアプリケーションを作成している。Unity のバージョンは 2017.3.0 である。内部の動きは C# で実装している。現在は、ログイン後に自分の位置がマップで確認することが可能であり (図 6)、リクエスト可能なアイテムの一覧の表示とリクエストするユーザの名前、立場、滞在中の避難所名、リクエストするアイテム名とその個数の入力と、リクエストをした日時の登録を行うことができる。さらに、登録したリクエストの確認と削除を行うことができる。(図 7~図 9)。今後は要求条件をさらに実装していくとともに、各避難所にある物資の取り置き予約機能も実装していこうと考えている。

6. 有用なリクエストの同期方法の考察

ローカルのエッジサーバでは、リクエストが行われたり、間違いに気づいてキャンセルが行われたりなどが常時繰り返されている。この状況下においては、エッジサーバ同士が時々同



図 6 ログイン画面とログイン後のマップ表示



図 7 リクエストの受付画面の流れ (1)



図 8 リクエストの受付画面の流れ (2)

期されアップデートが他のサーバに伝わって行く際に、適切なデータ管理の方法を考察する必要がある。あるサーバから別のエッジサーバに共有された時刻を常に登録するようにし、同期が行われる際には新規のリクエストはそのまま登録する。また、データベースに既に登録されており、削除等の変更がある場合は、その登録時間を比較し、常に最新の情報をデータベースに登録する。さらに、すべてのデータを一つ一つ比較するのでは時間がかかってしまうので、新しく投げられているリクエストやリクエストの削除に関する情報を記録しておき同期する際に共有することで、その部分のみアップデートを行うことで時間の効率化ができると考えられる。こうすることで、リクエストが間欠的に同期され様々なエッジサーバからデータベースを同期する可能性があるシステムにおいても、同期されている情報は常に最新である。

7. まとめと今後の課題

近年日本で多発している大規模災害時に避難生活を送る上で、救援物資を提供支援アプリケーションの必要性が出てきた。そこで本論文ではインターネットに繋がらない劣悪な環境においても稼働することが可能な救援物資提供支援アプリケーションの提案を行い、その一部を構築した。今後はこのようなネットワークが途切れている可能性がある環境では、各エッジサーバがデータを受け取るたびに合図を送るとしても、その合図が届く間にネットワークの途切れが起きてしまうと、合図を送りたいサーバまで届く間に時間的不連続性が出てしまいその時の状況とは違う合図が送られてしまうかもしれないといった問題や、リクエストには、数量の限界や輸送のできる量の上限の関係等の理由から、被災者の要求を全て受けるよりも避難所運営側のリクエストの方が優先度が高いと考えられることもあり、そのリクエストの受け方等も検討していく。さらに、今後はこのアプリケーションの有用性の検証・向上のために高知県でアプリケーションの実証実験も行う予定である。

謝 辞

本研究の一部はお茶の水女子大学と情報通信研究機構との

共同研究契約に基づくものである。また、本研究は一部、JST CREST JPMJCR1503 の支援を受けたものである。

文 献

- [1] 高井峰生, 前野誉, 守屋光雄, 川渕雅恵, 久保雅裕, 福本昌弘, ”通信インフラに依存しない災害医療救護活動用情報共有システムの実証実験”, IT ヘルスケア, 第 12 巻 1 号, May 27-28, 2017
- [2] 復興庁, ”避難所生活者・避難所の推移(東日本大震災, 阪神・淡路大震災及び中越地震の比較)”
- [3] 鶴正人, et al. ”DTN 技術の現状と展望” 通信ソサイエティマガジン, No.16[春号], pp.57-68, 2011.
- [4] 内閣府防災情報のページ, ”避難に関する総合的対策の推進に関する実態調査結果報告書”, 平成 25 年
- [5] 霜田 一将, 植田 啓文, 木下 峻一, 加藤 浩, ”大規模災害時における DTN 技術を用いた 複合的な船陸間災害情報共有ネットワークの提案と評価ー可搬型 DTN 基地局による検討ー”, 日本航海学会論文集, 132 巻 (2015), p. 71-77
- [6] 多氣真之輔, 小坂隆浩, ”移動中継ノードを利用した災害支援用 DTN の提案”, 2014 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集
- [7] 阿部涼介, 舟橋知論, 中村嘉隆, 白石陽, 高橋修, ”DTN 環境におけるメッセージフェリーを用いた効率的なデータ転送方式”, 第 74 回全国大会講演論文集, 2012, 1 号, p.97 - 98
- [8] 金田知展, 中村嘉隆, 高橋修, ”DTN を用いた災害時通信システム構築法の提案”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, p.964 - 969
- [9] 大和田泰伯, 井上真杉, 森岡和行, 原井洋明, ”NerveNet による端末間データベースの同期手法に関する検討”, 信学技報, vol. 111, no. 477, AN2011-88, pp. 25-30, 2012 年 3 月