

被災時情報孤立地域間の分散避難所アセスメント共有システムの一検討

田中 有彩[†] 前野 誉^{††} 大和田泰伯^{†††} 高井 峰生^{††††,†††††} 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^{††} 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^{†††} 情報通信研究機構 〒980-0812 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-3^{††††} UCLA Computer Science Department 3803 Boelter Hall, Los Angeles, CA 90095-1596, USA^{†††††} 大阪大学 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5E-mail: [†]{tanaka.arisa,oguchi}@is.ocha.ac.jp, ^{††}tmaeno@spacetime-eng.com, ^{†††}yowada@nict.go.jp, ^{††††}mineo@ieee.org

あらまし 多くのネットワークアプリケーションはクライアント・サーバ型通信を使用しており、災害時には被災域外への通信の遮断や輻輳を起こす恐れがある。そのため災害時においてインターネットにつながらない場合、もしくは衛星回線等によりインターネット接続回線が非常に細い場合にはインターネットが使えなくなってしまう。そこで、そのような状況下でどのように情報共有するかについて検討していく。今回はその中でも、災害避難所運営管理で利用されるネットワーク環境とアプリケーションに着目し、分散されている各避難所状況をどのようにして災害対策本部が把握していくかについて、エッジコンピューティングを適用させながら具体的な環境構築方法の提案と実装を進めていく。

キーワード 災害、避難所運営管理、エッジコンピューティング

A Study on Distributed Shelter Assessment Sharing System among Isolated Areas at the Time of Disasters

Arisa TANAKA[†], Taka MAENO^{††}, Yasunori OWADA^{†††}, Mineo TAKAI^{††††,†††††}, and Masato OGUCHI[†][†] Ochanomizu University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610 JAPAN^{††} Space-Time Engineering KandaSakumacho 3-27-3, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0025, JAPAN^{†††} National Institute of Information and Communications Technology 2-1-3, Katahira, Aoba, Sendai-city, Miyagi, 980-0812, JAPAN^{††††} UCLA Computer Science Department 3803 Boelter Hall, Los Angeles, CA 90095-1596, USA^{†††††} Osaka University 1-5 Yamadaoka, Suita-city, Osaka 565-0871 JAPANE-mail: [†]{tanaka.arisa,oguchi}@is.ocha.ac.jp, ^{††}tmaeno@spacetime-eng.com, ^{†††}yowada@nict.go.jp, ^{††††}mineo@ieee.org

1. はじめに

近年、地震大国である日本では多くの自然災害が発生している。そのため避難所生活においても、各避難者が安全に過ごせるようにすることが必要不可欠である。しかし、各避難所で食べ物や飲み物といった物資が足りているのか、衛生面は大丈夫であるのかといった避難所の状況による問題が発生する恐れが多々ある。またさらに、指定された避難所以外でも新たに避難

所が生じる可能性も考えられる。これらの問題に対応するため、災害対策本部が各避難所の状況情報を迅速かつ正確に把握することが重要である。しかし、災害が発生した際、基地局や基幹ネットワークの障害といった原因により、バックボーンネットワークが使えなくなってしまう恐れがある。そのため、災害時においてインターネットにつながらない場合、もしくは衛星回線等によりインターネット接続回線が非常に細い場合においては情報共有が困難になってしまう。そこでこれらの問題に対

し、脆弱な通信網の元でも確実に、臨時に設置された避難所も含めた避難所状況を災害対策本部が確実に把握する必要があると考えた。本研究では、特にアプリケーション通信環境について考察をしていく。

通信方法としてはクライアント・サーバ型通信ではなく、DTN(delay/disruption-tolerant networking) 技術を利用する。これは、クライアント・サーバ型通信では、災害時にサーバが使えなくなってしまうとはや通信ができなくなってしまうためである。これに対し DTN 技術であれば、劣悪な通信環境下でも通信が可能となるためである。

本研究の最終目標は、災害対策本部が迅速かつ正確に、バックボーンネットワークがない状況下においても各避難所状況を把握することである。本研究では初期段階として、エッジコンピューティングと DTN 技術を組み合わせた共有システムの提案、またそこで使用するアプリケーションについて考察・構築を行なっていく。

2. DTN 技術

DTN 技術とは、遅延耐性ネットワーク技術とも呼ばれ、従来想定されていなかった通信環境を含むエンドツーエンドでの情報伝達において、従来の TCP/IP 技術を拡張した「中継転送技術」である [9]。従来想定されていなかった通信環境としては、極端に長い通信遅延時間、頻繁なパケット損や間欠的な通信リンクの出現などがある。単に劣悪な条件の通信リンク上でのデータ伝送性能の向上だけでなく、今のインターネットや他の別通信体系のネットワークがある場合にもそれらを繋ぎ、情報を伝達することが想定されている技術である。その特徴的な技術として、蓄積型転送、特にその中でも蓄積運搬型転送(SCF:Store-Carry-Forward) というものがある。

これは、中継ノード同士が繋がっていない時、一時的に「蓄積」することで、最適なタイミングを待ち、その間に車や列車などを用いて物理的に情報を「運搬」することで中継転送を実現する技術である。蓄積には、バンドルという転送単位の中継プロトコル・逐次名前解決・情報セキュリティといったものが必要となる。

運搬には、経路制御手法と符号化手法というものが提案されている。経路制御手法の 1 つであるハイブリッド形中継転送方式について説明する。これは、人や動物が完全にランダムに移動するのではなく、集まりやすい特定の場所があることを利用した方式である。互いの位置が遠く、直接通信ができない端末間でメッセージの送受信を行うために、あらかじめ決められた経路を移動するノードをメッセージ運搬のために利用するものをメッセージフェリーという。

DTN 技術とは、特殊な環境のためだけではなく、デジタルデバイド解消はもちろん、現在のネットワークが整備された都会においても利用でき、人対人、物対人、物対物の膨大な情報の非同期形交換・共有をコスト効率良く実現する新しい「情報流通」を切り開く可能性を秘めた技術である。また、新世代ネットワーク技術として更なる進展も期待されている。

3. 関連研究

現在、災害発生時の情報共有の問題に対するアプリケーションが多く開発されている [1]。

[2] では、通信状況に応じてモードが変化する、Normal モードと DTN モードを組み合わせた分散型災害情報共有システムが提案されている。通信環境が良好または劣悪かの識別は Monitor モジュールというもので行われており、マスターサーバへの接続性を常時監視している。良好の場合は Normal モード、劣悪の場合は DTN モードとなっており、やはり Normal モードの多くの機能がインターネット接続を必要とするため、通信途絶環境下で同等の機能を実現することは困難であるという評価となっていた。これに対し本研究では、インターネットをそもそも使わないことを前提としているという点で異なっている。

[3] では、サーバ群の障害や急激な負荷変動にも柔軟に対応できる災害情報システムが提案されている。システムはクラウドサーバ、DTN Server で構成されている。クラウドサーバで災害情報システムの管理が行なわれており、本研究の災害情報システムの管理はクラウドサーバを使用しないという点で異なっている。

他にも、既存の取り組みとして、避難所の状況をより多くの人々に共有するためのツールとして開発された、クラウドサービスを利用した避難所状況報告アプリケーションなどもある。その一例を以下で詳しく紹介していく。

3.1 概要

災害発生時の避難所の状況を避難者・救援者・避難所管理者が共有できるアプリケーションである [4]。これにはクラウドサービスが使用されている。主な機能として、避難所からの報告機能・報告の表示機能の 2 つがある。それぞれの機能について、以下で詳細に説明していく。

3.2 主な機能

(1) 避難所からの報告機能

まずクライアント側からの使用を想定している、避難所からの報告機能について説明する。前提として救援作業後が想定されており、報告は 1 日 1 回とされている。プッシュ型の支援を想定しているため、支援物資名ではなく配給状況と人数の情報収集が重視されている。ここでプッシュ型とは、国が被災府県からの具体的な要請を待たず、避難所避難者への支援を中心に必要不可欠と見込まれる物資を調達し、被災地に物資を緊急輸送することをいう。報告者として、避難者・救援者・避難所管理者を選択することができる。

操作について説明する。大まかな流れとしては、スマートフォンなどの端末からサイトを通して情報を入力していく。1 つの質問に対し、答えるとサイトの画面が変わっていくようになっている。具体的には開始したら、報告者の立場を入力する。そして、指定避難所がある場合には避難所が表示され、またすでに誰かが入力していた場合にも表示される。もしなかった場合、地図から新たに独自に避難所を設定することができる。この機能により、新たに発生した避難所にも対応することが可能

となっている。そして、避難所の食糧、飲料水、物資、衛生状態などを順番に入力していき、報告することができるようになっている。

またスマートフォンならタッチのみで簡単に操作できることが特徴となっている。そのため、普段入力に慣れていない方でも簡単に操作することが可能である。

(2) 報告の表示機能

続いて、災害対策本部側での使用を想定している、報告の表示機能について説明する。報告者による入力後、システムが情報集約を行い、地図上に避難所毎の状況報告を表示し、レーダチャートでの確認を可能とするシステムである。期間や市町村の選択ができ、また目的別にフィルタして表示することが可能となっている。これにより、迅速な状況把握を可能とする。全て Web で対応することにより、従来のファックスに比べ、回線負荷の軽減、状況の集計作業を削減し、意思決定の迅速化に寄与するシステムとなっている。これにより、避難所支援を的確に行い、避難所生活の改善・感染症などの発生の抑制をすることが目的である。

以上が、避難所状況報告アプリケーションの一例の機能説明となっている。ただしこれはインターネットがつながっていることを前提としており、報告者が Web サイトを通じて報告する流れとなっている。また災害対策本部側でもインターネットがつながっていることを前提としたシステムとなっている。そこで、本研究ではこれを参考としたシステムを考案していく。

4. クラウドコンピューティングとエッジコンピューティング

4.1 クラウドコンピューティング

ここでクラウドサービスを説明するため、クラウドコンピューティング（以下、クラウド）について説明する。

クラウドは、コンピュータの利用形態のひとつである。インターネットなどのネットワークに接続されたサーバが提供するサービスを、利用者はネットワーク経由で手元のパソコンやスマートフォンで使用する。クラウドの特長のひとつは、利用にあたって、サーバの所在地が意識されない点である。クラウドの形態で提供されるサービスを「クラウドサービス」という。従来のコンピュータの利用形態では、利用者は手元のパソコンの中にあるソフトウェアやデータを利用していた。しかしクラウドサービスでは、ネットワークを経由して、クラウドの中にあるソフトウェアやデータをサービスの形で使用する。例えば、Google のフリーメールサービスである Gmail や Yahoo! が始めたフリーメールサービスである Yahoo!メールといった、Web メールもクラウドサービスの 1 つである。他にも Twitter, Inc. のソーシャル・ネットワーキング・サービスである Twitter などといったものもそうである。

以上のことから、クラウドサービスを使用するためには一般的にインターネットにつながっている必要がある。

4.2 エッジコンピューティング

続いて、エッジコンピューティングについて説明する。膨大

なデータを、そこから遠く離れたクラウドで集約するという処理方法は、コストの面でもレスポンスの速さの面でも、非効率的と考えられるようになってきた。そこでより効率の良いコンピュータ処理のあり方として注目を集めるのが、それぞれのデバイスから近い場所でコンピューティングを行うエッジコンピューティングである。ユーザの近くにエッジサーバを分散させ、距離を短縮することで通信遅延を短縮する技術である [5] [6] [7]。スマートフォンなどの端末側で行っていた処理をエッジサーバに分散させることで、わざわざ遠隔地にあるサーバに送る必要がなく、ネットワークコストを低減させられ、高速なアプリケーション処理が可能になり、さらにリアルタイムなサービスや、サーバとの通信頻度・量が多いビッグデータ処理などにこれまで以上の効果が期待できる。

5. 関連研究の問題点

先の通り、多くのアプリケーションはインターネットが使えることを前提としていたり、クラウドサービスを使用していることを前提としている。そのため、バックボーンネットワークが使えなくなってしまう場合、そもそもアプリケーション自体を使うことができなくなってしまうという問題点がある。そこで、アプリケーションをローカル環境でも使えるようにし、バックボーンネットワークがなくなってしまう恐れのある災害時にも対応する必要があると考えた。

そのために、クラウドコンピューティングではなく、前章で説明したエッジコンピューティングをアプリケーションに適用していくことを考えた。

6. 使用するエッジサーバ

エッジサーバとして、次のようなプラットフォームをベースにしていく [8]。実システムの構築とシステム解析・連携をサポートする汎用的なプラットフォームで、ネットワークを自律的に構築し、環境を問わず実システム間での情報同期を可能とする (図 1)。複数のネットワーク間でデータベースを介することで情報の同期が可能となる。このデータベース同士の同期には、DTN 技術が利用されている。これにより、情報の流通を自律分散的に行うことが可能となっている。本研究では、エッジサーバにこのプラットフォームをベースにしたものを実装し、エッジサーバのデータベース間を自動的に同期させることで、ローカル環境のサーバとして機能させる。

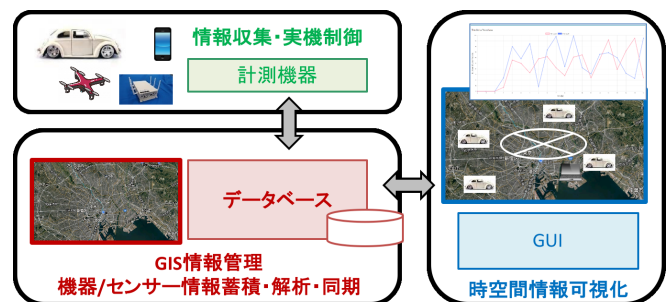


図 1 プラットフォーム

その他の特徴として、以下のようなものがある。

- 活用しやすい汎用インターフェース
 - － UI 部分は HTTPS を利用し、Web ブラウザでのアクセスが可能
 - － 独自ソフトウェアのインストールが不要
- ⇒ 災害等の緊急時でも即時的に利用が可能
- リアルタイムの情報解析
 - － エッジサーバにおけるデータベースは WebSocket 向けのインターフェースを提供し、データベース内の情報を即座に返答
- ユーザ管理
 - － 全ての情報はユーザ単位で管理され、情報の共有可否・閲覧可否をユーザごとに設定可能
- 情報の蓄積
 - － 登録・編集した情報は過去までさかのぼり閲覧可能
- 冗長化されたデータ管理
 - － ネットワークにアクセスが出来ない状態でも、冗長化されたデータ管理により地図情報やローカルに登録された情報にアクセスが可能

また、C#でのメッセージフォーマットを使用、Websocket による通信が行われている。

7. 提案方式

5 章で述べた問題点に対する解決策として、図 2 のようなシステムを考案した。

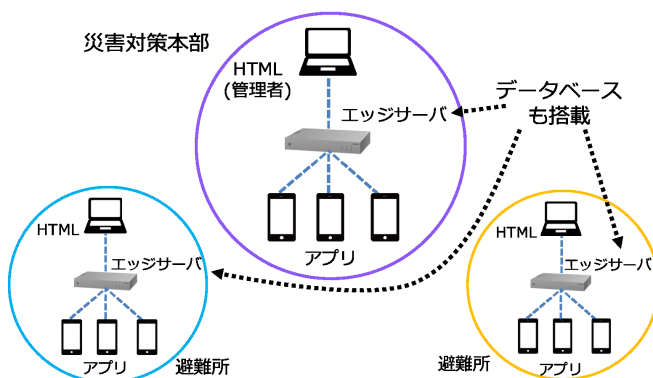


図 2 提案方式

図 2 のように、エッジサーバとしてデータベースを搭載した Wi-Fi 機能付きアクセスポイントを各避難所に設置する。アクセスポイントの範囲は場所によるが、電波状態がよければ 100m～30m となっている。これによりエッジサーバのデータベース間が自動的に同期され、ローカル環境のサーバとして機能させることで、エッジコンピューティングを構成する。そして、各避難所において、データベースに繋がった各端末がアプリケーションまたは HTML を通じて、管理者へ災害情報を送信する。そしてその情報がデータベースに蓄積され、データベース同士でその情報を同期することで、最終的に災害対策本部の管理者は、集計した各避難所の情報を把握することが可能

となる。ここで、データベース同士での情報同期は DTN 技術を利用している。

こうすることで、バックボーンネットワークがなくても災害時に災害対策本部がすべての各避難所状況を把握することを可能としている。

8. システム概要

続いてエッジサーバに載せるシステムについて、説明する。これには入力側と管理側の 2 種類があるため、それぞれについて説明する。

8.1 入力側

これは現在スマートフォン用アプリケーションを想定し、Unity による開発を行っている。機能としては、各避難所内にいるユーザが避難所の状況を報告できるものとなっている。入力の詳細について説明する。

図 3 実際のアプリケーションの様子

(1) 最初の画面

- ユーザ名の入力

(2) 避難所情報

- 位置情報を取得し、近くの避難所リストを表示させ、選択できるようにする

- リストにない場合は、地図を表示させ、ピンで位置の指定、また避難所名の入力をし、避難所の登録を新たに行う

(3) 入力項目

- 食料・飲料水・衣類・施設・衛生・医療・安全・電源・通信についての状況を選択

- 収容人数・避難所外支援対象人数についてを選択

- 乳児がいるか・妊婦がいるか・要介護者がいるかの該当者についての選択

(4) コメント欄

- コメントの入力

(5) 確認画面

- 全ての選んだ項目を表示させ、データを送信するか・前に戻り修正をするかを選べるようにする

以上が、入力側のシステム概要である。

8.2 管理側

管理側の機能は、各避難所の状況を集計し、避難所の状況を把握できるようにすることである。またチャートでの表示もできるようにする予定である。表示項目としては、以下のようにする予定である。

- (1) 表示期間
 - (2) 都道府県
 - (3) 市町村区
 - (4) 収容人数
 - 収容割合・避難所情報
 - (5) 登録者
 - 避難所管理者・救援者・避難者
 - (6) 危険度評価
 - 食料・飲料水・衣類・施設・衛生・医療・治安・電源・通信
- 期間や市町村区を選択、目的別にフィルタして表示することを可能にする予定である。

9. 実 験

7章で提案した方式の有用性の確認のため、次の実験を行っていく予定である。その際、平常時であるクラウドコンピューティングを利用した場合と災害時であるエッジコンピューティングを利用した場合の2つの状況を想定する。それぞれの構成図について以下に説明する。また、実験では災害時を想定した場合のエッジコンピューティングによる通信を行っていく。

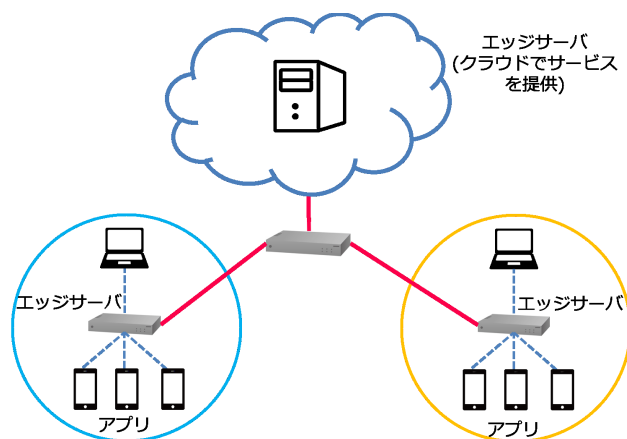


図4 平常時

平常時を想定した図4について、クラウド上でサービスを提供し、それぞれがクラウドを仲介することでサービスを使用する。

災害時を想定した図5について、クラウドが使えなくなった場合、エッジサーバを介さず、そのままエッジサーバ同士が無線 LAN によりデータ共有を行う。

実験としては、エッジサーバには7章で紹介したエッジサーバと同様、データベースを搭載した Wi-Fi 機能付きアクセスポイントを使用する。アクセスポイント同士は無線 LAN にてローカルに繋げる。それぞれのアクセスポイントの配下には、アクセスポイントから出ている無線 LAN を通じてローカルに繋がれたスマートフォンアプリケーションを設置する。このスマートフォンアプリケーションは8.1章のものを使用する。そして、それぞれのアクセスポイント配下にあるスマートフォンアプリケーションがエッジサーバへ送信したデータを、両方

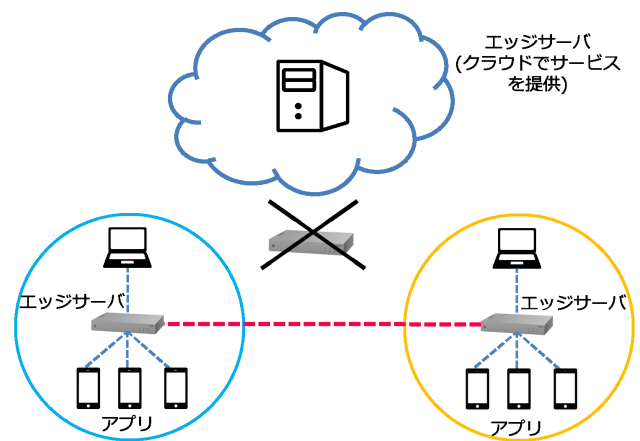


図5 災害時

のエッジサーバにて確認できることを実験していく。つまり、エッジサーバ同士の無線 LAN によるデータ共有の確認実験を行っていく。

10. まとめと今後の課題

災害時、バックボーンネットワークがなくても災害対策本部が各避難所状況を把握できるようにしたいという背景に対し、エッジコンピューティングと DTN 技術を適用したシステム構築を提案した。

今後の予定としては、アプリケーションの修正・サーバ管理側の開発をし、実験を行う。実験としては9章であげたもの、また可能であれば、高知県での実際の実験も考えている[10]。そして、現在はエッジサーバ全てにサイトを搭載することを仮定しているが、実際はどのように搭載していくか、実際に利用した場合にどのような不備があるかについて評価していく。

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] 仲谷 善雄, 橘 亜紀子”事例に基づく災害時避難所の救援物資確保 管理支援システム”, 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境 (IS), 108(2007-IS-102), p.45-52, (2007-11-06).
- [2] 佐々木 豊, 柴田 義孝”通信途絶環境を考慮した分散型災害情報共有システム”, 第 74 回全国大会講演論文集, 2012(1), 123-124, 2012-03-06.
- [3] 菊池 瑠介, 内田 法彦, 柴田 義孝”大規模災害を考慮したクラウド型災害情報共有システムの構築”, 第 75 回全国大会講演論文集, 2013(1), 813-814, 2013-03-06.
- [4] 株式会社 FIXER.”SheRepo2(シェレポ 2)” SheRepo2. <https://sherepo2.azurewebsites.net/>
- [5] エッジコンピューティング <http://iot-jp.com/iotsummary/iotcategory/エッジコンピューティング-2/.html>
- [6] 田中 裕之, 高橋 紀之, 川村 龍太郎”IoT 時代を拓くエッジコンピューティングの研究開発”, NTT 技術ジャーナル, 27(8),

- p.59-63, (2015-08).
- [7] 横田 治樹, 尾田 真也, 小林 宰, 石井 大二, 伊東 孝紘, 五十棲 淳考”IoT のミッシングリンクをつなぐエッジコンピューティング技術”, NEC 技報, Vol.70 No.1, p.22-26.
 - [8] 株式会社スペースタイムエンジニアリング.”Scenargie Physical”
<https://www.spacetime-eng.com/jp/>
 - [9] 鶴 正人, 内田 真人, 滝根 哲哉, 永田 晃, 松田 崇弘, 巳波 弘佳, 山村 新也”DTN 技術の現状と展望”, 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン, 2011 巻 (2011) 16 号, p.16_57-16_68.
 - [10] 高井 峰生, 前野 誉, 守屋 充雄, 河淵 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.