

災害時における画像を扱った安否確認システムの評価

高田 千暁¹ 本橋 史帆¹ 大和田 泰伯² 高井 峰生³ 小口 正人¹

概要：

インターネットは社会・経済のインフラともいえる役割をはたしており、今や生活になくてはならないものとなっている。それに伴い、地震などの災害によってその機能や性能が低下、停止した場合の緊急代替情報交換手段が必要となってきた。また、これらのことを事前に設計、準備しておくことは防災や減災を考える上でも大変重要である。しかし、現在用意されている、災害に備えたサービスの多くはインターネットが機能していることを前提としているため、インターネットが繋がらない環境下では使用できなくなってしまう。

そこで本研究では、地域的にインターネットが機能しない劣悪な条件下でも、部分的に稼動しているサーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントと Delay/Disruption Tolerant Network(DTN) 技術を利用した災害時通信システムを検討し、その評価を行った。

Evaluation of Safety Confirmation System Dealing with the Images in the Case of a Disaster

CHIAKI TAKADA¹ SHIHO MOTOHASHI¹ YASUNORI OWADA² MINEO TAKAI³
MASATO OGUCHI¹

1. はじめに

インターネットは様々なアクセス網を包含し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はたしており、社会のネットワーク依存度はますます高まってきている。それに伴い、従来は想定されていなかったような劣悪な環境下での通信システムの要求がでてきた。中でも、地震などの災害によって本来の通信インフラの機能や性能が低下、停止した場合の緊急代替情報交換手段を事前に設計し準備しておくことは、地震大国である日本にとって防災や減災を考える上でも大変重要になってくる。

災害発生後は、家族や知人の安否情報や被害状況など、災害情報の需要が高まる。しかし、通信インフラが被害を受けると、通信が遮断されたり規制が行われたりして、必

要な情報が得られないといった問題が起り得る。実際、2011年3月に発生した東日本大震災ではそのような問題が確認され [1]、また、2016年4月には震度7を超える大規模地震が熊本県で起こったことから、災害時の通信システムに対する早急な対応が必要だと考えられる。現在においても、各キャリア [2]~[4] や日本限定で Facebook [5] から災害発生時に利用可能となる安否確認掲示板が提供されていたり、goo 防災アプリ [6] など地震や災害に備えたアプリケーションが用意されているが、このようなサービスはインターネットが機能しているという前提で考えられているため、通信環境が悪くなると使用できなくなる。

そこで本研究では、地震などの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条件下でも部分的に稼動しているサーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントと Delay/Disruption Tolerant Network (DTN) 技術を利用した災害時でも利用可能な通信システムを考え、エミュレーションによる評価を行う。

¹ お茶の水女子大学
Ochanomizu University

² 情報通信研究機構
NICT

³ カリフォルニア大学ロサンゼルス校
UCLA

2. 従来研究

2.1 関連研究

DTN 技術を用いた研究は数多く検討されている。

[7] ではバッテリーの残量から転送先を動的に選択し、被災地内の情報を被災地外へ運び出す災害時通信システム構築法の提案がなされている。この研究では広域災害時により通信インフラが機能しない場合に、避難所にいる被災者の安否情報や被災状況などの情報を収集し、メッセージフェリー方式を用いて被災地の外へ運び出すことを想定している。このとき避難所内の移動端末の通信では、バッテリー残量が多い端末へデータが集まるようにデータ転送先が動的に選択される。これにより、特定の移動端末に負荷が集中することを防ぎ、ネットワーク持続時間を長期化することを目指している。

この研究では、フェリーノードが避難所に滞在する時間を 300 ~ 600 秒とあらかじめ設定しているが、災害時においてこの値が適切かは考慮していく必要があると考える。また、運ぶデータをサイズが 50 ~ 150KB と小さいものとしているため、画像などのサイズが大きなデータは想定されていない。

[8] ではモバイルアドホックネットワーク (MANET) と DTN の異なる 2 つのネットワーク形成技術を高度に融合した端末間通信技術が提案されている。これは変化する周囲の状況にあわせて適切なネットワークモードを自動的に判断して切り替わることで、通常は圏外で通信不可能な環境であっても効率的な通信の実現と消費電力の低減を目指しており、全行程 2.7km での実証実験もなされている。

この研究では、アクセスポイントを介さずに機器同士が直接通信を行うアドホックモードを用いて、情報のやり取りがなされている。ネットワークモードの切り替えにより端末のバッテリー消費はある程度抑えられると予想できるが、これはまだ解決すべき問題である。また、災害時において各自が保有する端末をデータのやり取りのために用いることを許可するのか、といったセキュリティ面の問題や、端末が近い位置にないとやり取りを行えないこと、ホップすることによってスループットが低下してしまうといった課題も考慮していく必要があると考える。

2.2 DTN

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 [9]。この一般的な手法は「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ことで目的端末まで届かせるというものである。これにより、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。代表的な技術として蓄積運搬形転送がある。

この技術は、まず宛先に届きそうなノードにデータを転送し、次に中継ノードにデータを蓄積する。この一時的な蓄積により、再開を待つ、あるいは最適なタイミングを待つことができ時間的不連続性に対応できる。さらに蓄積されたデータを物理的に、例えば自動車や列車を用いて運搬する。この運搬によって空間的不連続性に対応でき、また、運搬によって無線通信の距離を短くすることができるので大容量のデータ転送を無線資源を浪費することなく実行することが可能となる。そして宛先が見つかったら、運搬された保存データは転送される。このように、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方法をメッセージフェリー方式と呼ぶ [10]。

既存の DTN フレームワークとしては IBR-DTN[11] があり、組み込みシステムへの実装に対する研究等がなされている [12]。

3. 災害時の想定環境

災害時の通信環境として、サーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントを用いた無線メッシュ/DTN システム (図 1) を想定している。このシステムは、平常時ではサーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントが一般的なアクセスポイントとして機能しているが、災害が発生すると通常時モードから非常時モードに切り替わることで、無線で他のアクセスポイントに接続するようになる。これにより、使えなくなった経路が発生しても稼働している一部のサーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントと DTN 技術を用いて継続的に接続、再構成を繰り返し、送信先に達するまでノードからノードへ転送を行って目的端末まで情報を届けることができる。よって、大規模災害などによって地域的にインターネット接続が切れている場合でも通信が可能となる。本研究ではこのような環境を想定して検討を行う。

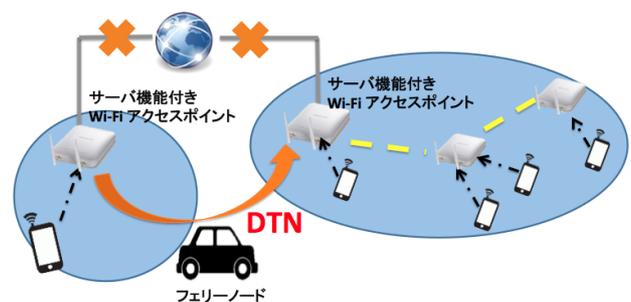


図 1 サーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントを用いた無線メッシュ/DTN システム

4. 災害時通信システム

現在でも災害時では、紙媒体を用いて安否確認を行うことが少なくない。2011年3月に発生した東日本大震災においても、避難所の様子を見てみると白板や壁に紙を張り付けるなどして安否情報を記している人が多くみられた。つまり、災害時にはこうした紙媒体で表された情報をうまくまとめることが必要となってくる。

そこで、本研究では各避難所に設置されたサーバ機能付き Wi-Fi アクセスポイントとフェリーノードを用いて、白板等に記された安否情報を撮影した写真を同期させるシステムを考えた。ここでは、役場や消防、警察等の車両が避難所などを循環する際に情報の蓄積や運搬もする事を想定し、そのノードをフェリーノードとしている。以下にその概要を示す(図2)。

- 1) 避難所に避難している人々は従来通り、白板や壁に安否情報を書いた紙を貼るなどして安否情報を表す。
- 2) 安否情報が記された白板等を撮影した写真は、避難所に設置されたサーバ機能付き Wi-Fi アクセスポイントに保存される。このとき、接続しているアクセスポイント同士は、自動的に同期される。
- 3) 未接続なサーバ機能付き Wi-Fi アクセスポイント同士は、フェリーノードが情報を運ぶことにより同期される。

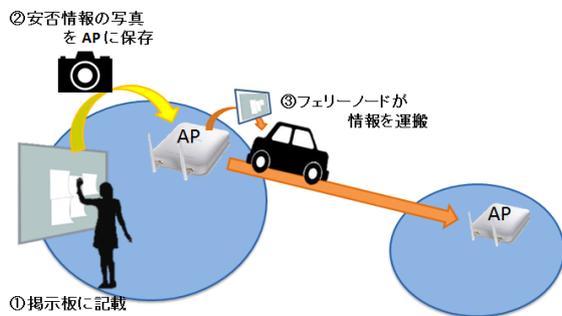


図2 災害時通信システム概要

4.1 通信で扱う対象について

現在用意されている、災害時安否確認掲示板の多くは文字データを扱っている。文字データを扱うことの大きなメリットは、データサイズが小さく、また、データベース等で管理がしやすいという点である。しかし、文字データはスマートフォンやパソコン等の機器を用いて入力するため、そうした機器に不慣れな人にとっては大変な作業である。災害時で余裕がない状況では、こうした入力作業はユーザにとって大きな負担になると考える。

そこで本研究では、通信で扱う対象として画像を考えた。

そうすることで、避難所の白板等に貼られた安否情報の写真を撮ることで情報をまとめられるため、被災者は普段と違った行動をしなくて済む。また、無機質な文字データではなく、画像で視覚的にデータを伝えることができるのでその人自身が書いた文字を見ることができ、被災者に安心感を与えられるのではないかと考えた。さらに、道路や建物の被害状況など、画像で見ただけで伝えやすい情報もある。そのため、画像を扱うシステムを考えることで扱える情報量が増え、スムーズな支援物資や救援活動につながれると考える。(表1にそれぞれのメリットとデメリットについてまとめた。)

しかし、画像を扱う上の大きな懸念点として、データサイズが大きいということがあげられる。安否情報を文字データで表すと、名前や簡単な状況を伝えるだけならば、1つあたり120byteほどで扱うことでできる。一方、画像の場合は、スマートフォンで撮影した写真は1枚あたり約3MBとなり、文字データに比べてとても大きいことがわかる。よって、災害時で画像を扱う通信を考えるには、データサイズに注意する必要があると考える。

表1 画像と文字の違い

	画像	文字
メリット	紙媒体の情報を画像として残せる 画像ならではの安心感 画像でしか扱えない情報がある	サイズが小さい(120byte) 情報を整理しやすい
デメリット	サイズが大きい(3MB)	入力が負担

5. エミュレーションによる評価

災害時における安否確認システムについて、エミュレーションによる評価を行うために環境構築を行った。

5.1 シミュレーションとエミュレーションの違い

災害時の通信システムについての通信評価を行うためには、物理層からアプリケーションに至るまでの様々な挙動を考慮する必要がある。

シミュレーションでは、これらの全挙動を計算によって再現する。そのため、少ない計算量でシステムを評価するために、通信プロトコルから影響の少ない処理を削除したり、機能の簡略化を行って、プロトコルのモデル化を行う。これにより、シミュレーションでは高速に通信の特性を再現することができる。しかし、シミュレーションでは実際のシステムをシミュレーションに適した形でモデル化するため、モデル化のやり方が妥当であるかに気をつけなければならない。また、シミュレーションに実際に動いている

アプリケーションを組み込んで評価するためには、プログラムの書き換えなど、非常に大きな労力が必要となる。こうしたことを抑えるために、エミュレーションを用いる。

エミュレーションでは1台のコンピュータ（以下、ホスト OS と呼ぶ）上に複数の仮装マシン（以下、VM と呼ぶ）を構築し、それらの上でアプリケーション等を動作させる仮想化技術を用いる。これにより、上位層では実機と同一の動作をさせ、下位層の通信システムのみ実時間で動作するシミュレーションを介して通信を行う、仮装評価環境を構築することができる。エミュレーションを用いることで、実機で動作するアプリケーション等をそのまま動かすことができ、シミュレーションへの組み込みの手間が省け、かつ、より実装に近い動作確認ができると考える。

本研究では、ホスト OS 上に、2 台の VM を作り、それらをエミュレータで作成したシナリオ環境上に配置することで、動作確認を行っていく。

今回はエミュレータとして Scenargie2.0 を用いる。

5.2 実験環境の構築

実験環境を構築するために、まずホスト OS 上に 2 台の VM（VM1, VM2）を作成する。それぞれの仕様については表 3 に示す。

次に、ホスト OS 側のネットワークを設定する。仮想ネットワークデバイスである Tap デバイスと、ブリッジインタフェースを作成し、これらを図 3 のように接続する。Tap デバイスをブリッジ接続することで、Scenargie の外で稼働している 2 台の VM を Scenargie に繋げることができる。

表 2 実験環境

ホスト OS	CPU	Intel(R) Xeon(R) 2.4GHz (4Cores)
	OS	CentOS6.5
	Memory	16GB
	HDD	4TB
VM	OS	CentOS7
	Memory	2GB

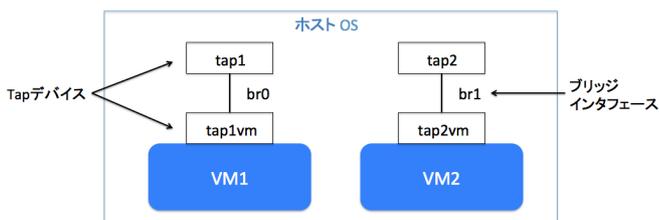


図 3 ホスト OS 側のネットワーク設定

5.3 シナリオ概要

Scenargie 側では図 4 のような、2.5km 四方の道路を想定したシナリオを作成する。左上の隅にアクセスポイントを 1 台設置し、ここでは 40 個のバンドルが保存されている。フェリーノードは右下の隅から動き始め、時速 28.8 ~ 46.8km で止まらずに 2 周道路を時計周りに回ってから元の位置に戻る。アクセスポイントはフェリーノードに対して、自身が保持するバンドルを送信する。実験の設定詳細は表 3 で示す。

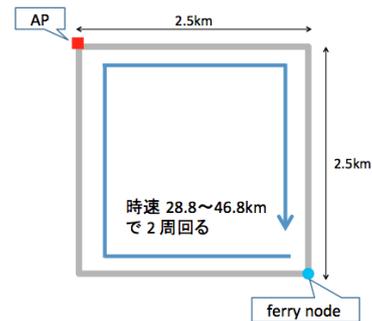


図 4 シナリオ概要

表 3 通信速度比較シナリオの環境

シミュレーション時間	5,000 秒
範囲	2.5km × 2.5km
アクセスポイントの台数	1 台
バンドルの保存数	40 個
バンドルのサイズ	120byte or 3MB
フェリーノードの台数	1 台
フェリーノードの速度	時速 28.8 ~ 46.8km
各ノードの送信電力	10dBm(10mW)
無線 LAN 規格	IEEE802.11g

さらに、前述した 2 台の VM をシナリオで作成した AP と ferry node に図 5 のように接続する。これにより、Scenargie を介してエミュレーションによる実験が可能となる。環境を構築した後は、AP で生成されるバンドルのサイズを 120 byte, 3MB と変えた場合のフェリーノードのバンドル受信数の推移について調べる予定である。

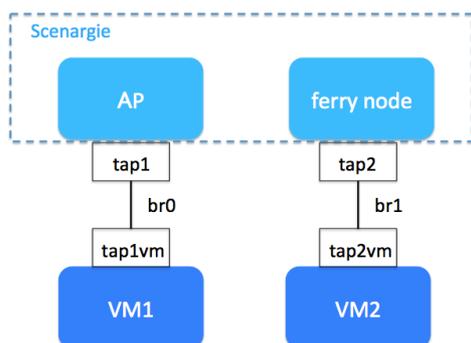


図 5 実験環境全体の Tap デバイス設定

6. まとめと今後の課題

大規模災害によって地域的にインターネットが機能しないなど、劣悪な条件下でも、部分的に稼働しているサーバ機能付 Wi-Fi アクセスポイントと DTN 技術を利用した、災害時通信システムについてのエミュレーションシナリオの構築を行った。エミュレーションを用いることで、シミュレーションによる評価よりも現実的な動作確認ができると考える。

今後はエミュレーションシナリオの動作確認を行った後、通信システムの性能を評価していく。

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、本研究を進めるにあたり、有用なアドバイスを頂いた(株)スペースタイムエンジニアリングの前野誉氏に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 東日本大震災における情報通信の状況入手先 (<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h23/pdf/n0010000.pdf>)
- [2] NTT ドコモ 災害時の安否確認と備え
<https://www.nttdocomo.co.jp/info/disaster/>
- [3] KDDI 災害用伝言板サービス
<http://www.au.kddi.com/mobile/anti-disaster/saigai-dengon/>
- [4] SoftBank 災害用伝言板/災害用音声お届けサービス
<http://www.softbank.jp/mobile/service/dengon/>
- [5] Facebook 災害時情報センター
<https://www.facebook.com/about/safetycheck/>
- [6] goo 防災アプリ
<https://bousai.goo.ne.jp/apps/>
- [7] 加藤寧 ”スマホ de リレー - 圏外でも通信可能なデュアルモードアドホックネットワーク技術 - ”, 東北大学電気通信研究機構シンポジウム, 2013 年 7 月.
<http://www.roec.tohoku.ac.jp/info/news/pdf/NJ00067.pdf>
- [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 (DICOMO2013) シンポジウム, pp.964-969, 2013 年 7 月.

<http://www.fun.ac.jp/y-nakamr/research/dicomo/dicomo2013kaneta.pdf>

- [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” 通信ソサイエティマガジン, No.16[春号], pp.57-68, 2011.
- [10] Zhao, W., and Ammar, M.H. ” Message Ferrying: Proactive Routing in Highly-partitioned Wireless Ad Hoc Networks ”, Proc. of the 9th IEEE Int’ l Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS 2003), pp.308 - 314, 2003.
- [11] IBR-DTN
<https://bousai.goo.ne.jp/apps/>
- [12] Doering, M., Lahde, S., Morgenroth, J., and Wolf, L. ” IBR-DTN: An Efficient Implementation for Embedded Systems ”, CHANTS’08, pp.117-119, 2008.