

# 災害時における DTN をベースとした マルチホップネットワークの実現

北田 真也† 佐藤 剛至‡ 橋本 浩二§ 柴田 義孝†

岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科†  
岩手県立大学 研究地域連携本部‡  
岩手県立大学 ソフトウェア情報学部§

## 1 はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では甚大な被害を受け、被災地では通信インフラの利用状況に問題が発生した。その一つの問題としてインターネットアクセス網となる通信基地局に故障・輻輳が発生したことが挙げられる。先の震災では SNS の活用を通じて[1]、携帯端末を連絡手段とすることが可能だったが、一部の地域では通信基地局へのアクセスが不可能だったため、安否の確認が困難となった。また、各自治体では非常時用の通信インフラとして防災行政無線を所有している。しかしながら、平時の利用が少なかったため整備が十分に行われておらず、東日本大震災においても利用不可能な地域が多数存在したため[2]、平時や非常時を問わず利用できる通信インフラや連絡手段の必要性が高まっている。

一方で、DTN (Delay / Disruption Tolerant Network)[3]は通信が安定しない環境でエンドツーエンド通信を実現するための通信方式であり、被災地での活用が期待されている。そこで本論文では被災者が所有するスマート端末をノードとした DTN ベースのマルチホップネットワークを提案する。本システムはスマート端末上での動作を前提とし、更にノードが移動することを考慮した機能を実現する。

## 2 システム概要

### 2.1 機能要件

本論文で我々は以下 2 つの機能を提案する。1 つ目は災害発生後にネットワーク環境に依存しない通信機能である。被災者が持つスマート端末をノードとして、アドホック通信と DTN でマルチホップネットワークを構築し、災害情報の転送を行なう。この災害情報は複数台のスマート端末を中継してインターネット接続が可能な場所まで転送が行われ、最終的にはインターネットを介して災害対策本部の災害情報クラウド[4]に転送される。また、災害時には多数の情報のやり取りが発生するため、同じ情報データが重複することで、被災地内のネットワークに冗長な通信が発生してしまう。そこで、災害情報が転送された経路表としてノードとの通信履歴をスマート端末上で管理し、複数台のノードと隣接するときにデータの転送や接続順の決定に利用する。

2 つ目に被災者の移動によってリンク切断が発生する点に着目した機能を実現する。データ転送中にノードが通信範囲外に移動した場合、リンク切断が発生する可能性がある。これにより、転送データのフラグメンテーションで分割されたセグメントの一部を転送した状態でリ

ンク切断する可能性もあり、その時の通信が無駄となってしまう。そこで本システムではこの問題を解決するためにスマート端末に内蔵されるセンサーを活用する。センサーから移動速度と移動方向を取得し、災害情報の転送前にセンサーデータを送受信し、算出される相対速度を基に通信可能時間内に転送が完了できるサイズの災害情報の選択を行なう。この機能によってあるノードの通信範囲内に車両と歩行者がいた場合に、それぞれの移動速度に適した容量の災害情報を選択することで、確実に多くの災害情報の転送を実現する。

### 2.2 システム概要

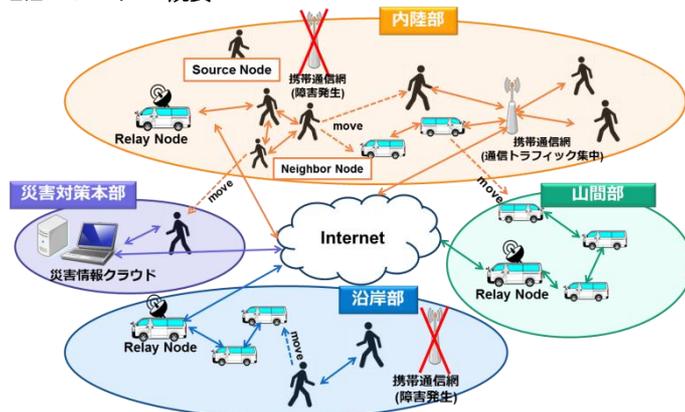


図 1: システム構成図

本研究のシステム構成を図 1 に示す。本構成では被災エリアを内陸部と山間部と沿岸部と想定し、災害によって各地域の携帯通信網の基地局が破損し、携帯通信を利用したインターネットアクセスが利用できない状態を示している。各地域では平時利用しているインターネットアクセス網の代替として本システムによるアドホック通信を介してマルチホップネットワークを展開する。ノードとなるスマート端末を所持する被災者がそれぞれ移動することを前提とし、内陸部と沿岸部では歩行と車両で移動する所持者がいると想定する。そのため歩行者間通信、車々間通信、歩車間通信が発生する。沿岸部と内陸部に挟まれる山間部は自動車での移動が多くなるため車々間通信が主となると想定する。

本システムのマルチホップネットワークを介して災害情報は Relay Node または他のインターネットが利用できる地点まで中継される。本システムで扱う災害情報は最終的にインターネット接続を介して災害対策本部の災害情報クラウドに転送される。災害対策本部には災害情報を収集するクラウドが設置されており、災害発生後も非常用の電力供給装置による電気の供給及びインターネット接続が利用できることを前提とする。また災害対策本部が収集した災害情報はインターネットを通して他の地域にも転送される。

Research on Realization of a Multi-hop Network based on Delay Tolerant Network on Disasters

†Shinya Kitada, Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

‡Goshi Sato, Yoshitaka Shibata, Regional Cooperation Research Center, Iwate Prefectural University

§Koji Hashimoto, Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

### 3. プロトタイプシステム

本システムの有効性を確認するためのプロトタイプシステム構成を図 2 に示す。本システムでは複数台の nexus 7 を用いて、マルチホップネットワークを構築する。これらの端末は Android OS で動作するため、Android SDK を使用したアプリケーションで本システムの機能を実装可能である。

Relay Node および災害対策本部のクラウドは既存のシステム[4][5]を組み合わせて実現する。

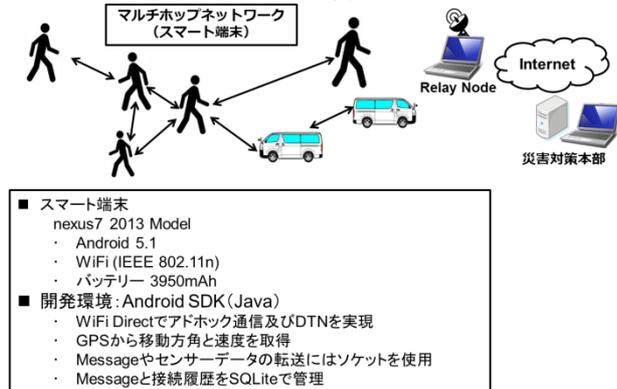


図 2: プロトタイプ構成図

### 4. 評価

本システムのプロトタイプ構成に基づいて、WiFi Direct を使用したアドホック通信で通信性能を測定するアプリケーションを実装した。この測定用アプリケーションを用いて、以下の 2 つの通信実験を実施し本研究のマルチホップネットワークを評価した。

1 つ目の実験では 2 台の端末を使用して、端末間の距離を 10~90m の範囲で 10m 毎にスループット及びパケットロスの測定を 10 回行ない、平均値のグラフを図 3 に示す。実験結果から、スループットとパケットロスの性能は両方とも 40m まで大きく変化することなく、その後 50m から両方とも徐々に低下していき、80m 以降の通信はデータの到達率が激しく低下することが分かった。

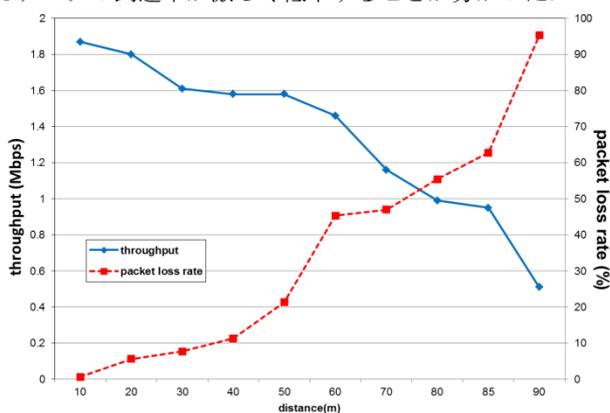


図 3 実験 1 の測定グラフ

2 つ目の実験ではスマート端末を 50m 毎に 7 台まで増やしてマルチホップネットワークを構築し、エンドツーエンド転送時間を測定した。この実験では測定用のデータサイズを 1MB, 512KB, 1KB と設定しており、それぞれの測定結果を図 4 に示す。実験結果のグラフより各データサイズにおいてエンドツーエンド転送時間が一定に増加した。結果が一定に変化したことからホップ数  $n$

のときの大まかなエンドツーエンド時間やスループットが推定可能であると考えられる。

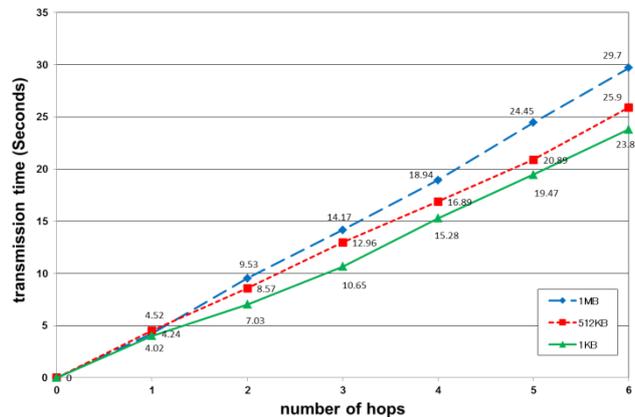


図 4 実験 1 の測定グラフ

2 つの実験を通して、データ転送時に TCP 接続の確立を行なうまでのプロトコル処理時間に約 3 秒程度要することがわかった。そのため 2 つ目の実験の 1 ホップの転送時間ではそれぞれ同等の時間がかかっている。今後はノードが移動する環境での通信実験を実施し、時間経過に伴う転送量を測定する。

### 5. まとめと今後の課題

本論文では、災害時の通信インフラの環境に依存しない DTN ベースのマルチホップネットワークを提案した。本システムはスマート端末上で機能するため、特殊な通信機器などを必要としないで利用することが可能である。

また、ノードの移動を考慮した機能として、本システムでは端末に内蔵されるセンサーを活用し、通信可能時間内に転送が完了できるサイズのデータを選択することで、データの転送件数の向上を目指す。そして実装したプロトタイプシステムの評価として通信実験により性能を測定した。今後は移動するノードを取り入れた通信実験を行ない、センサーを使用した機能及びシステム全体の評価を行なっていく。

#### 参考文献

- 総務省 “東日本大震災における情報通信の状況,” 平成 23 年版 情報通信白書, pp. 2-26, 2011. 8
- 総務省消防庁防災情報室 “東日本大震災における防災行政無線による情報伝達について”, <http://www.bousai.go.jp/oukyu/higashinihon/4/pdf/syoubou1.pdf> (2016.07.01 参照)
- Amin Vahdat, David Becker, “Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks”, Technical Report CS-2000-06, Department of Computer Science, Duke University, April 2000.
- Masaki Otomo, Noriki Uchida, Yoshitaka Shibata “Mobile Cloud Computing for Vehicle Servers with Delay Tolerant Network Protocol,” The 10th International Conference on Advanced Information Technologies (AIT 2016), pp. 852-859, April 2016
- Goshi Sato, Noriki Uchida, Norio Shiratori, Yoshitaka Shibata “Performance Analysis of Never Die Network based on Software Defined Disaster Resilient System,” 2015 18th International Conference on Network-Based Information Systems, pp. 64-70, Sept 2015