

配信優先度を考慮した蓄積運搬転送型通信による 災害時情報配信システムの提案

加藤裕介^{†1} 塚田晃司^{†2}

大規模災害の発生時には、災害情報の共有が必要不可欠となる。しかし、中山間地域の孤立集落では、通信インフラの途絶によって情報共有が困難となる。そこで本稿では、孤立集落間を往来する歩行者のモビリティを利用した災害時情報配信システムを提案する。小型無線端末のアドホック通信を用いた蓄積運搬転送型通信の実現によって、孤立集落間の情報共有を可能にする。情報リストの比較と配信優先度に基づいた情報配信によって、移動端末間の短い通信時間に対応する。また、複製回数と送信期限の制御によって、蓄積運搬転送型通信の情報複製に伴う情報量の増加を軽減する。提案手法の性能評価として、シミュレーション実験を行うことで有用性を検証した。

An Information Distribution System for Disaster over Store-Carry-Forward Communication Considering Delivery Priority

YUSUKE KATO^{†1} KOJI TSUKADA^{†2}

When large-scale disasters occurred, sharing of disaster information is essential. However, sharing of disaster information is difficult in isolated villages of hilly and mountainous area because of the communications infrastructure has been destroyed. In this paper, we propose an information distribution system for disaster using a pedestrian mobility between isolated villages. The implementation of the Store-Carry-Forward communication using the ad-hoc communication by small wireless terminals enables information sharing between isolated villages. The proposed system corresponds to short communication time of between mobile terminals by comparing information list and delivering based on the delivery priority in consideration of the characteristics of the disaster information. In addition, the proposed system corresponds to an increase of information distribution amount by the control of replication times and delivery deadline in consideration of the delivery priority. Through simulation experiment, we evaluated the performance of the proposed system.

1. はじめに

1.1 背景

日本は、地震や台風など自然災害の猛威と常に隣り合わせであり、全国各地に被害をもたらしている。2011年3月に発生した東日本大震災においては、死者・行方不明者合わせて約1万9千人もの被害を出した[1]。このような自然災害の多い日本は、国土面積の約7割が中山間地域と呼ばれる地域である[2]。中山間地域では、大規模災害の発生時、ライフラインや都市部につながる主要道路の遮断によって、外部から孤立する集落が発生することがある。日本国内では1万7千を超える集落が、災害時に孤立する危険性が高いと指摘されている[3]。孤立集落では、所属する地方自治体からの災害支援が遅延してしまうため、災害初期においては孤立集落間の共助が重要となる。孤立集落間で共助を行うためには、被害情報や物資情報、安否情報などの災害情報を共有する必要がある。これらの災害情報を共有することで、安全かつ効率的な災害対応が可能となる。

しかし、災害時の中山間地域では、交通手段や通信手段の遮断によって被災状況の把握や情報共有が困難であると

いう現状がある。電話・インターネット・テレビ・ラジオなどの一般的に利用されている情報共有手段は、大規模災害の発生時には利用できない場合がある。電話・インターネットによる情報共有は、電話線・光ファイバーの断線や、基地局の倒壊、通信の輻輳によって利用できないことが想定される[4]。テレビ・ラジオによる情報共有は、住民に対する公共性の高い情報の発信に限定されてしまうため、防災拠点と住民の間における双方向な情報共有には適していないという問題がある。

また近年では、大規模災害の頻発による防災意識の高まりにより、災害情報共有システムに関する研究が盛んに行われている。これらのシステムは、インターネットを利用するシステムや長距離無線 LAN を利用するシステムなど多種多様である。しかし、災害時の中山間地域では、通信インフラの途絶や、山や建物などの障害物による通信遮断が頻繁に発生する不安定な通信環境であることが想定される。このような通信環境では、既存システムを用いた情報共有が十分に機能しないという現状がある。

1.2 目的

1.1 節を踏まえて、災害発生時の中山間地域のような不安定な通信環境において災害情報の共有を可能にするシステムが必要であるといえる。システムの要件としては、中山間地域の孤立集落間における情報共有を支援すること、

^{†1} 和歌山大学大学院 システム工学研究科
Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{†2} 和歌山大学 システム工学部
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

通信インフラの途絶時に利用可能であること、通信遮断が頻繁に発生する不安定な通信環境において利用可能であることが挙げられる。

そこで本稿では、不安定な通信環境における幅広い状況下で情報伝達の可能性を向上させる災害時情報配信システムを提案する。孤立集落間に救助活動や物資運搬を行う地域住民が存在することに着目し、歩行者を情報の運搬役として利用する。提案システムでは、歩行者に小型無線端末を携帯させ、無線端末のアドホック通信を用いた蓄積運搬転送型通信を実現することで解決を図る。提案システムでは、災害情報の配信優先度に基づいた配信順序、複製回数、送信期限の制御を行うことで、不安定な通信環境において歩行者のモビリティを利用した情報共有を可能にする。このような災害時情報配信システムによって、中山間地域の孤立集落間における災害情報の共有を可能にする。

2. 既存研究・関連システム

2.1 各都道府県の災害情報共有システム

近年では、阪神・淡路大震災や東日本大震災などの大規模災害を教訓として、各都道府県で災害情報共有システムの導入が進んでいる。代表的な事例としては、千葉県防災情報システム[5]や、静岡県ふじのくに防災情報共有システム[6]などが挙げられる。防災関係機関における情報共有を円滑化することで、的確かつ素早い災害対応を支援している。また、ふじのくに防災情報共有システムでは、クラウド技術を利用し、メインサーバを想定被災地域外に設置することで耐災性を向上している。

しかし、これらの災害情報共有システムはインターネット回線が使用可能である状況を前提として設計されている。そのため、広範囲で膨大な情報を共有できる反面、通信インフラが被災した場合にはシステムを利用することができないという問題がある。

2.2 災害情報共有システムに関する研究

情報通信研究機構では、「災害に強く地域社会と個人生活を豊かにする情報サービス基盤」として NerveNet という通信ネットワークを研究・開発している[7]。NerveNet では、基地局同士が自動的に相互接続することでネットワークを構成している。既存の通信インフラの途絶時においても、ポータブル基地局とアンテナを設置することで Wi-Fi ネットワークを構築し、通信手段を確保することができる。

しかし、長距離無線 LAN を利用するシステムでは、山や建物などの障害物の影響を受けてしまうことが懸念される。また、被災地域が広域に及ぶ場合、集中管理を行う機器が被災することが考えられる。集落間距離が離れている場合は、複数の通信基地局を設置する必要があるため、機器が被災する可能性が高くなってしまふと考えられる。こ

のように、長距離無線 LAN を利用するシステムは災害規模や環境によって利用できない場合がある。

スカイメッシュでは、係留気球を非常時の通信手段として利用する研究が行われている[8]。アンテナなどで構成された簡易基地局を気球に吊るし、地上高 50~100m に係留する。これにより、街路や屋上に基地局を設置する場合に比べて、基地局の見通しを確保することができ、広範囲の通信が可能となる。スカイメッシュでは、高速無線アクセスシステムを用いて基地局間でアドホック通信を行うことでメッシュネットワークを構築する。

しかし、メッシュネットワークを構築するためには、複数の気球を係留させる必要があるため、コスト面の問題から中山間地域の孤立集落への導入は進んでいない。

2.3 無線端末を用いた情報配信に関する研究

移動無線端末を利用してユーザ間で情報交換を行うことで宛先へ情報伝達する手法として、PSN (Pocket Switched Network) がある[9]。PSN では、ユーザが近距離無線通信機能を搭載した携帯電話などの小型無線端末を所有して移動することで、ロコミ情報などの交換を行う。PSN は、ローカルな範囲内の情報交換だけでなく、ホップ・バイ・ホップで広範囲に情報を伝達することを想定している。そのため、End-to-End のパスが存在しない場合があることを考慮して、DTN (Delay Tolerant Networking) 技術を利用したアプリケーションを想定している。このような情報共有は、既存の通信インフラに依存せず、情報伝達の範囲が限定されないため、災害時の情報共有手段として有効である。しかし中山間地域では、土砂崩れによる交通網の遮断の影響や、木々などの障害物による通信遮断によって、不安定な通信環境であると予測される。そのため、災害時の中山間地域の利用に適したシステム設計が必要である。

上記のような移動無線端末を利用する情報共有に関する研究として、孫らはデータサイズと送信期限を考慮した DTN 経路制御手法を提案している[10]。この手法では、データの送信期限、重要度、データサイズに基づいて情報配信の経路制御を行う。また、一定のデータ到達率を保証するデータ複製数の見積もり、配信予定時刻の推定によるデータの早期破棄によって、消費通信帯域を軽減する。これにより、DTN 環境における拠点間のデータ搬送を効率化する。しかし、この手法ではユーザの移動確率、移動時間の把握が前提となる。土砂災害発生時の想定される災害時の中山間地域では、ユーザの行動を正確に把握することは困難であるため、移動確率や移動時間に基づく経路制御は現実的でない。そのため、災害時の情報共有手段としての利用を想定したシステム設計を行う必要があると考えられる。

2.4 災害情報の配信順序に関する研究

山下らは、地震災害発生時の災害情報の配信順序を決定する指標に関する研究を行っている[11]。阪神・淡路大震

災の発生時における情報ニーズを空間的および時系列的に分析することで、地域の被害規模や、災害発生後の経過時間によって情報ニーズが異なることを明らかにしている。そして、どの災害情報を優先的に配信すべきかを決定するための指標を決定している。

大規模災害の発生時には、被災地域ごとに大量の情報が作成される。不安定な通信環境では、配信できる情報量が限られてしまうため、情報の優先度を考慮して情報を整理して配信することが必要となる。また、優先度に従って災害情報を発信することは、情報オーバーロードによる被災者の混乱を防ぐことにも有効であると考えられる。

2.5 災害情報共有システムの領域

災害時の情報共有手段を耐災害性と共有対象で分類したものを図1に示す。本稿で提案する災害時情報配信システムは、中山間地域の孤立集落間における情報共有を支援する。そのため、避難所や応急復旧活動の拠点などの防災拠点間における情報共有を目的とする。提案システムでは、中山間地域を始めとした不安定な通信環境における情報共有を可能にする。そこで、インターネットや長距離無線LANなどの通信インフラに依存しない耐災害性の強いシステムの構築を目指す。

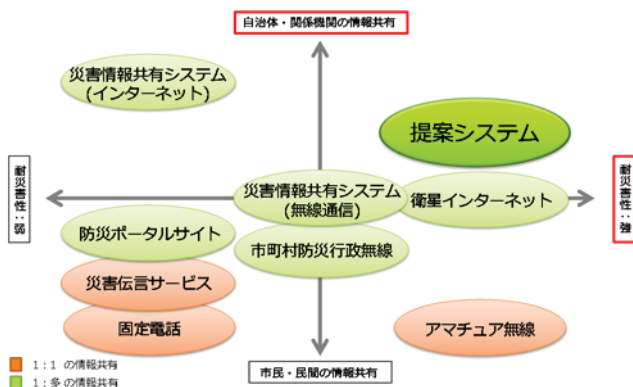


図1 災害情報共有システムの領域

3. 提案システム

3.1 想定環境

提案システムの想定環境を以下に示す。

- 市町村の中心部からの孤立

大規模災害に伴う崖崩れや土砂崩れの発生による主要道路の途絶によって、所属する地方自治体の中心部から孤立してしまっている状況を想定する。
- 不安定な通信環境

中山間地域の孤立集落では、周辺を山に囲まれていることが想定される。大規模災害の発生時には、建物の倒壊や崖崩れ、土砂崩れによる地形の変化が予測される。そのため、通信の切断が多発する不安定な通信環境となってしまうことが想定される。

- ライフラインの状況

大規模な災害時には、電力・水道・ガスなどのライフラインの停止が想定される。また、電話線・通信線の断線や、携帯電話の基地局の倒壊によって通信インフラが途絶することが想定される。
- 自家発電機器の存在

中山間地域では、地域住民が発電機を所有している場合が多い。中山間地域の主な産業が農業であるため、マイクログリッドや、草刈り機を用いた発電機によって、電力の供給源が確保されていることを想定する[12]。
- 歩行者の存在

孤立集落間には、物資運搬や救助活動を目的とした地域住民や特別救助隊などの歩行者が存在することを想定する。2011年の台風12号災害の発生時における住民の対応状況の調査では、災害時の孤立集落間に救援物資の運搬や情報共有、災害救助を目的とした歩行者の往来(モビリティ)があるという回答が得られている[13]。本稿では、このような歩行者のモビリティを利用して、災害対応と同時に災害情報の伝達を可能にするシステムの提案を行う。

3.2 提案システム概要

本稿では、不安定な通信環境における幅広い状況下で情報伝達の可能性を向上させる災害時情報配信システムを提案する。提案システムでは、中山間地域の孤立集落における物資情報や、被害情報などの災害情報を周辺の集落と共有することを可能にする。孤立集落間の共助に必要な不可欠となる災害情報の共有を支援することで、危険を伴う孤立集落間の共助を安全かつ円滑に行うことを可能にする。孤立集落間の災害情報のイメージを図2に示す。

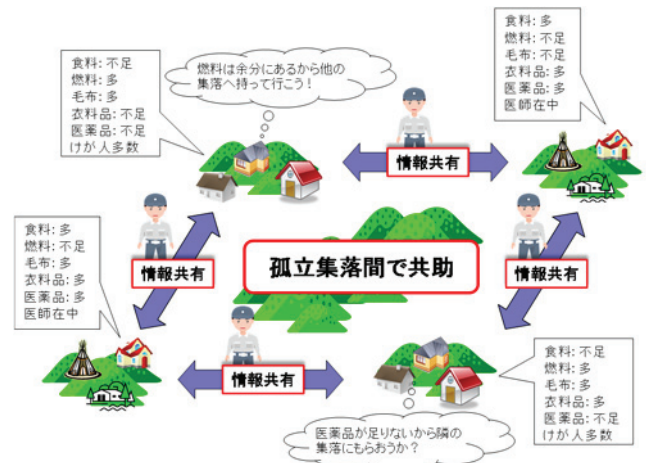


図2 孤立集落間の情報共有

提案システムでは、集落間を往来する歩行者に小型無線端末を携帯させ、歩行者のモビリティを利用することで孤立集落間の情報共有を可能にする。システム構成としては、避難所などの防災拠点に災害情報の管理を行うPCを設置

する。この防災拠点の PC から小型無線端末に災害情報の格納を行い、歩行者のモビリティを利用して端末間で情報配信を繰り返すことで、周辺の集落へ情報を伝達する。

提案システムでは、小型無線端末のアドホック通信を用いた蓄積運搬転送型通信の実現によって、孤立集落間の情報共有を可能にする。歩行者が移動することで通信可能範囲に入った無線端末と情報配信を行い、互いに保持する情報を複製して配信する。受信した情報は無線端末に蓄積しておき、他の無線端末と接近した際に、端末に保持する情報を配信する。このような Store-Carry-Forward 方式による情報配信を繰り返すことで、情報をネットワーク内に拡散し、情報伝達の可能性を向上させる。提案システムでは、孤立集落間を往来する複数の歩行者に小型無線端末を携帯させることで、蓄積運搬転送型通信を実現する。これにより、1人の歩行者では移動できないような広範囲に対して情報伝達が可能になるため、離れた孤立集落間と情報共有が実現できる。提案システムの全体構成を図3に示す。

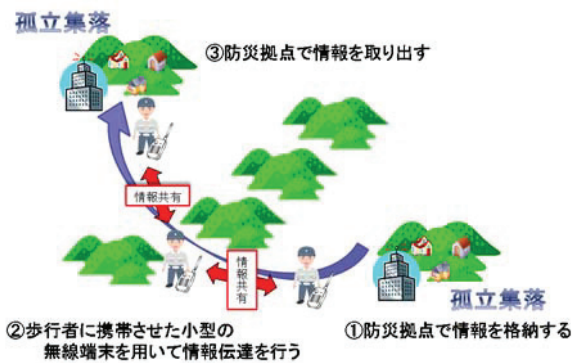


図3 提案システムの全体構成

3.3 災害情報の配信

提案システムでは、不安定な通信環境において蓄積運搬転送型通信を実現するために、情報配信の制御を行う。提案システムの情報配信制御としては、情報リストの比較、配信優先度に基づいた災害情報の配信、配信優先度を考慮した複製回数と送信期限の制御が挙げられる。提案システムの情報配信アルゴリズムを図4に示す。

3.3.1 情報配信の処理手順

提案システムでは、歩行者に携帯させた小型無線端末において通信を行うため、移動端末間の短い通信時間で情報配信を行う必要がある。そのため、提案システムは処理負荷の小さい通信設計である必要がある。そこで、小型無線端末間における情報配信の処理手順としては、通信可能な端末の検知、情報リストの交換、データの配信といったシンプルな設計を行った。これにより、無線端末の処理時間を短縮化できるため、より多くの情報を配信することや、より多くの無線端末と通信を行うことが期待される。提案システムの情報配信の処理手順を図5に示す。

```

1: FOR カウンタ = 整数1 to 保持する情報数 DO
2:     配信優先度の更新
3:     複製回数の更新
4:     IF 情報を相手が保持していない THEN
5:         IF 複製回数 > 1 THEN
6:             IF 現在時刻が送信期限内 THEN
7:                 データ送信
8:                 複製回数 = 複製回数 / 2
9:             ELSE
10:                複製回数 = 0
11:            ENDIF
12:        ENDIF
13:    ENDIF
14: ENDFOR
    
```

図4 情報配信アルゴリズム

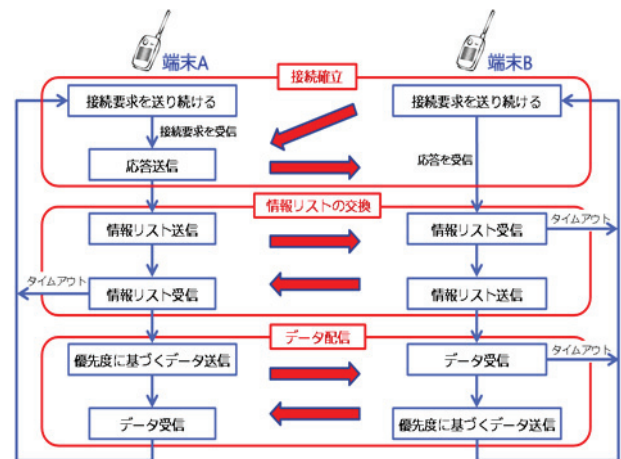


図5 情報配信の処理手順

3.3.2 情報リストの比較

移動端末間の短い通信時間で情報配信を行うために、提案システムでは、情報リストを利用して情報配信を行う。災害情報の配信を行う前に、互いの情報リストを比較する。通信相手となる無線端末が保持している情報を把握することで、未保持の情報のみ配信を行うようにする。これにより、情報配信量を抑制することができ、限られた通信時間において効率良い情報配信を行うことが可能となる。

3.3.3 配信優先度の制御

提案システムでは、短い通信時間の情報配信において、重要な災害情報を優先的に配信する。情報配信の途中で、通信が途切れる可能性があることを想定して、あらかじめ重要な情報を優先的に配信する。これにより、不安定な通信環境における災害情報の共有において、重要な情報の伝達可能性を向上する。配信優先度に基づく情報配信のイメージを図6に示す。

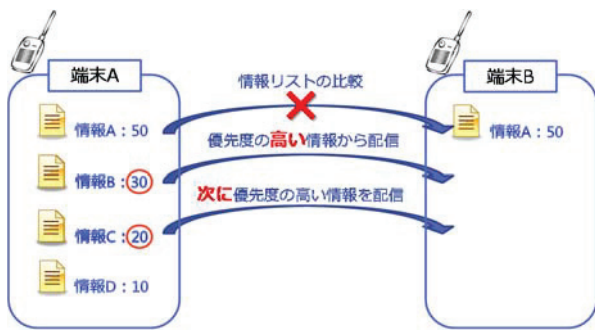


図6 配信優先度に基づく情報配信

配信優先度は、災害情報の重要度・カテゴリ・データサイズから単位サイズあたりの重要度を求めることによって決定する。配信優先度 $Pri(n, t)$ は、災害情報の重要度 $Imp(n)$ 、情報カテゴリ c の災害発生後の経過時間におけるニーズ変化 $Needs(c, t)$ 、データサイズ $Size(n)$ 、複製回数 $Rep(n, t)$ から次式で求める。

$$Pri(n, t) = \frac{Imp(n) + Needs(c, t)}{Size(n) \times Rep(n, t)} \quad (1)$$

情報ニーズの時系列変化は、山下らによる災害情報の分析結果[11]に基づいて決定する。提案システムでは、災害情報に指定されている重要度に加えて、情報ニーズの時系列変化を考慮して配信優先度を決定する。そのため、分析結果におけるカテゴリ間の重要度の差は考慮せずに、重要度の時系列変化のみ配信優先度の決定に利用する。

3.3.4 複製回数の制御

蓄積運搬型通信では、情報配信における情報複製によって情報量が増加する。そのため、重要な情報を送信しきれない場合や、通信の輻輳が発生することが懸念される。そこで、情報配信における複製回数を情報ごとに制限することで解決を図る。提案システムでは、災害情報に複製回数を設定し、情報複製を行う際に複製元の情報と複製された情報の複製回数を半減させる。これにより、ネットワーク内の情報数を一定数に制御し、情報量を抑制することが可能となる。複製回数制御のイメージを図7に示す。



図7 複製回数の制御

複製回数は、DTN 経路制御手法に関する研究である文献[10]における複製回数の決定式を災害時の情報配信に適し

た決定式に改良する。複製回数 $Rep(n, t)$ は、環境定数 Env 、配信優先度に応じた期待到達率 $rate$ から次式で求める。

$$1 - (1 - Env)^{Rep(n, t)} \geq rate \quad (2)$$

提案システムでは、配信優先度に応じた期待到達率 $rate$ を満たす最低限の複製回数 $Rep(n, t)$ を求める。環境定数 Env とは、導入する地域の通信環境を表す定数であり、システム導入の際に決定する。期待到達率 $rate$ は、(1)式で求めた配信優先度 $Pri(n, t)$ に応じて決定し、配信優先度の高い情報であるほど高い到達率に設定する。これにより、配信優先度の高い情報ほど複製回数が多く設定されることになる。このような複製回数の制御によって、配信優先度の高い情報の伝達可能性を高めつつ、配信優先度の低い情報の情報配信量を抑制させることが可能となる。

3.3.5 送信期限の制御

災害情報には、特定の期限までに伝達する必要がある情報や、時間経過に伴って情報ニーズが低下する情報が存在する。そこで提案システムでは、あらかじめ情報に指定された送信期限に加え、配信優先度を考慮した送信期限を設定する。送信期限 t' は、災害情報の重要度 $Imp(n)$ 、ニーズ変化 $Needs(c, t)$ 、閾値 $Threshold$ から次式で求める。

$$Imp(n) + Needs(c, t) \geq Threshold \quad (3)$$

時間経過に伴ってニーズが低下した災害情報の配信を終了することで、情報量を抑制する。提案システムでは、配信優先度があらかじめ指定した閾値より低くなる時刻を送信期限とする。閾値 $Threshold$ は、システムの利用環境に応じて決定する必要がある。

4. シミュレーション評価

提案システムにおける情報配信制御の有用性を検証するために、シミュレーション実験を行った。提案システムの情報配信と既存のルーティング手法の性能を比較することによって有用性の検証を行う。

4.1 シミュレータの仕様

今回、評価実験にはC言語を用いて独自に開発したシミュレータを使用する。このシミュレータは、中山間地域の孤立集落間における災害情報の共有を想定して構築した。防災拠点と拠点間を結ぶ経路をあらかじめ決定しておき、規定経路をランダム移動するノードを利用した蓄積運搬型通信によって情報伝達を行う。

4.2 シミュレーション環境

シミュレーションエリアは、孤立集落間の情報共有を想定して設定する(図8参照)。5つの孤立集落の防災拠点間の情報共有を想定する。各防災拠点には、固定ノードと移

動ノードを1つずつ設置する。また、中山間地域の孤立集落間を結ぶ道路に限られていることを踏まえ、交通の要所となる地点に固定端末を設置するという利用シーンを想定する。そのため、シミュレーションエリア内の経路の交わる地点に固定ノード1つずつ設置する。

シミュレーション環境は、中山間地域の孤立集落、歩行者のモビリティ、スマートフォンなどの小型無線端末を想定して設定する(表1参照)。ノード間の通信プロトコルは、一般に普及している無線LAN規格であるIEEE802.11b/gとする。伝送速度は、移動端末間の近距離無線通信を想定して10Mbpsを想定する。配信する災害情報は、重要度、データサイズ共にランダムに決定して作成する。情報カテゴリは、被害情報、安否情報、物資情報、交通情報、ライフライン情報の5つに分類し、各拠点では100個の情報が生成されることを想定する。

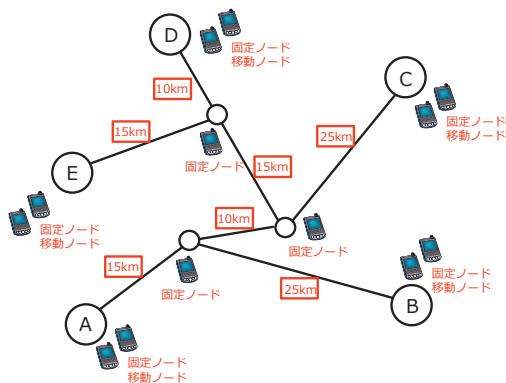


図8 シミュレーションエリア

表1 シミュレーション環境

| | |
|------------|------------------------|
| 通信プロトコル | IEEE802.11b/g |
| 通信距離 | 200 m |
| 伝送速度 | 10 Mbps |
| ノード移動速度 | 4.8 km/h |
| ノード数 | 移動ノード: 5個 固定ノード: 8個 |
| 移動経路 | 規定経路からランダム選択 |
| シミュレーション時間 | 5日 |
| 重要度 | 1 ~ 100 |
| データサイズ | 0.05 ~ 5 Mbyte |
| 拠点間距離 | 10 ~ 25 km |
| 情報数 | 500 個 / 各拠点 |
| 情報カテゴリ | 5 個 |

4.3 シミュレーション結果

提案システムの情報配信制御を評価するために、DTN ルーティング手法として最も一般的な Epidemic Routing[14]との性能比較を行った。防災拠点への伝達した情報の重要度、情報伝達の所要時間、ネットワーク内の情報配信量によって比較を行うことで、提案手法の性能評価を行った。

防災拠点へ伝達した情報の重要度は、Epidemic Routing

と比較して、ある時点において最大34%向上しているという結果が得られた。この結果より、提案システムでは防災拠点に重要な情報を優先的に伝達できていることが確認できた(図9参照)。次に、情報伝達の所要時間で比較を行った。提案システムでは Epidemic Routing と比較して、重要度の高い情報(重要度 50~100)を伝達する場合は伝達時間を19%短縮したという結果が得られた。一方で、重要度の低い情報(重要度 0~49)を伝達する場合においては、優先度に基づく情報配信や配信抑制を行うことによって伝達時間が29%増加したという結果となった(図10参照)。

また、ネットワーク内の情報配信量は、Epidemic Routing と比較して、全体で平均15%抑制できているという結果が得られた。この結果より、提案システムは蓄積運搬転送型通信における情報配信に伴う情報配信量の増加を軽減できていることを確認できた(図11参照)。

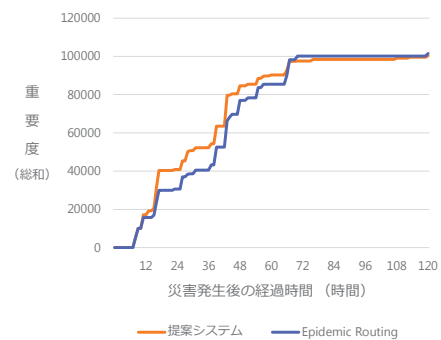


図9 防災拠点へ伝達した情報の重要度(総和)

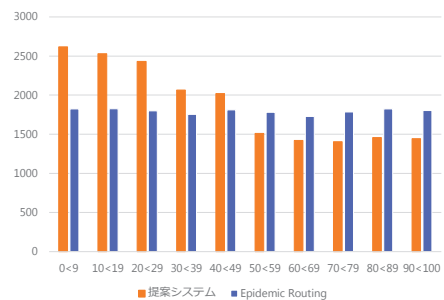


図10 情報伝達の所要時間

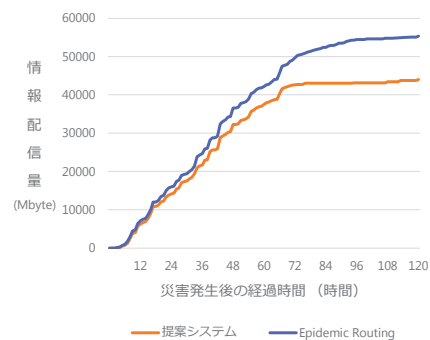


図11 ネットワーク内の情報配信量

上記の結果より、提案システムを用いた情報配信では情報配信量を抑制しつつ、重要度の高い情報を優先的に配信できていることを確認した。よって、不安定な通信環境における情報配信を効率良く行うことが可能であるといえる。

5. 実機実装

提案システムの有用性を実機実験によって評価するために、プロトタイプシステムの実装を行った。本稿では、専用端末ではなく既製の汎用パーツを用いて、小型無線端末上で動作するアプリケーションの開発を行った。

端末間の通信制御部は、組込機器向けの利用実績がある ARM を搭載している Armadillo-420 を用いて実装を行った。無線通信モジュールには、通信方式が IEEE802.11b/g である Armadillo-WLAN を用いた。また、バッテリーにはリチウムイオンバッテリー (5400mAh) を用いた。プロトタイプシステムの構成を図 12 に示す。

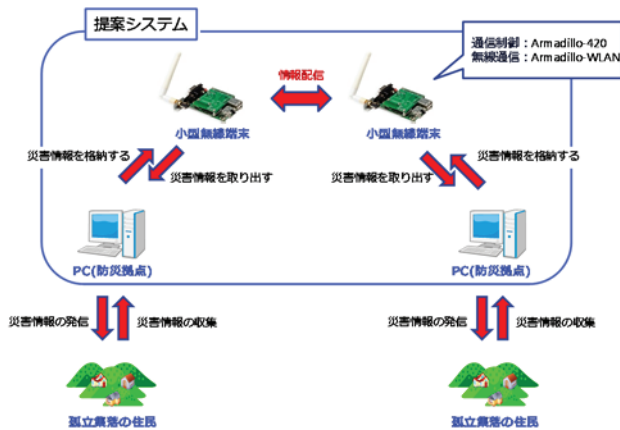


図 12 プロトタイプシステムの構成

次に、プロトタイプシステムにおける情報配信の処理手順について述べる。データの送受信は UDP のソケット通信を用いて行う。通信設計としては、有限オートマトンを用いて段階的に通信確立や情報配信などの動作を行うように設計した。また、情報配信制御に用いる情報リストは、テキスト形式で記述されたファイルを読み込むことで作成する。テキストファイルには、災害情報の情報名・重要度・カテゴリ・データサイズ・配信済み回数が記述されていることとする。これらの項目をもとに、配信優先度・単位時間当たりのニーズ変化・複製回数・送信期限を計算し、情報リストを作成する。そして、作成した情報リストを配信優先度でソートすることで、情報配信の順序を制御する。

プロトタイプシステムでは、Armadillo-420 の記憶容量が小さいため、受信した情報は端末に搭載させた microSD に格納する。情報配信の際には、microSD から情報を読み込んで送受信を行う。情報格納の概要を図 13 に示す。

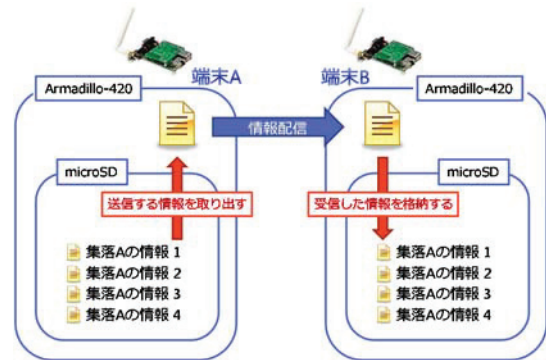


図 13 情報格納の概要

6. 機能比較

提案する災害時情報配信システムと既存の災害情報共有システムの情報配信に関する機能の比較を行った。比較対象としては、千葉県防災情報システム[5]、NerveNet[7]と比較を行う。機能比較の結果を表 2 に示す。

表 2 機能比較

| | 文献[5] | 文献[7] | 提案システム |
|---------|-------|-------|--------|
| 配信優先度 | × | × | ○ |
| 耐災害性 | × | △ | ○ |
| 導入コスト | ○ | × | ○ |
| 共有範囲の制限 | ○ | × | △ |
| 即時性 | ○ | ○ | × |

● 配信優先度の考慮

災害情報の配信順序を配信優先度に基づいて制御しているかについて比較する。文献[5]、文献[7]では配信順序を考慮していないことに対して、提案システムでは配信優先度に基づく情報配信に加え、複製回数と送信期限による配信制御を行っている点が特徴である。

● 耐災害性

災害時の情報共有手段として、大規模災害に対する耐性について比較する。各システムの情報配信は、文献[5]ではインターネット、文献[7]では長距離無線 LAN、提案システムでは小型無線端末のアドホック通信を利用している。提案システムでは、既存の通信インフラに依存しないことに加え、長距離無線 LAN のような専用機器を必要としないため機器が被災するリスクが小さく、耐災害性に優れているといえる。

● 設備コスト

中山間地域の孤立集落へ導入する場合における設備コストについて比較する。文献[5]、提案システムでは、パソコンやスマートフォンなどの既存機器を利用することができるため、新たに機器を購入する必要がない。しかし、文献[7]では長距離無線 LAN を用いるため、アンテナなどの専用機器を新たに購入する必要がある。

● 共有範囲

情報共有を行う防災拠点間の距離・位置関係に対する制約について比較する。文献[5]は、インターネットの整備されている地域であれば距離・位置関係に制約は無い。文献[7]は、長距離無線 LAN のアンテナが障害物に遮られずに直線上で結ばれる位置関係にある必要があり、通信可能距離に制限がある。提案システムでは、複数の歩行者を介した場合でも情報を伝達することができないような離れた孤立集落間において情報共有できないという制約がある。

● 即時性

防災拠点間の情報共有に要する時間について比較する。文献[5]、文献[7]を用いた情報共有に比べ、提案システムは歩行者のモビリティを利用して情報を伝達するため、即時性には優れていないといえる。

7. まとめ

本稿では、中山間地域などの不安定な通信環境における幅広い状況下で情報伝達の可能性を向上させる災害時情報配信システムの提案を行った。孤立集落間を往来する歩行者のモビリティを利用し、小型無線端末のアドホック通信を用いた蓄積運搬転送型通信によって、孤立集落間の災害情報の共有を支援する。提案システムでは、情報リストの比較や配信優先度に基づく情報配信によって、移動端末間における短い通信時間に対応した。また、配信優先度を考慮した複製回数と送信期限に基づく情報配信の制御によって、蓄積運搬転送型通信の情報複製に伴う情報量の増加を軽減した。提案システムによって、中山間地域の孤立集落間における情報共有を可能にすることで、孤立集落間の共助を円滑化することができると考えられる。

シミュレーション実験を行った結果、情報配信量を抑制しつつ、重要度の高い情報を優先的に配信できていることを確認した。既存システムとの機能比較では、耐災害性や、設備コスト、即時性といった項目によって比較を行い、提案システムの特徴や優位性を明らかにした。今後、実装したプロトタイプシステムを用いた実機実験によって提案システムの有用性を検証する予定である。

今後の課題としては、スマートフォン上で動作するアプリケーションの開発が挙げられる。近年急激に普及が進んでいるスマートフォンを利用することで実用化を目指す。

謝辞 本稿は、和歌山大学独創的研究支援プロジェクト「紀伊半島における災害対応力の強化」、および、科学研究費補助金 25242037 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 内閣府：平成 26 年版 防災白書
- 2) 農林水産省：中山間地域とは
http://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/s_about/cyusan/
- 3) 内閣府：中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況フォローアップ調査, 2010
- 4) 総務省：平成 24 年度版 情報通信白書
- 5) 千葉県：防災情報システム
<http://www.bousai.pref.chiba.lg.jp/portal/index.html>
- 6) 静岡県：ふじのくに防災情報共有システム
<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/index.html>
- 7) 情報通信研究機構：地域分散ネットワーク NerveNet
<http://www.nict.go.jp/out-promotion/other/case-studies/itenweb/nervenet.html>
- 8) 間瀬憲一：大規模災害時の通信確保を支援するアドホックネットワーク, 電子情報通信学会誌, vol.89, No.9, pp.796-800, 2006
- 9) Hui,P., Chaintreau,A., Gass,R., Scott,J., Crowcroft,J. and Diot,C. : Pocket Switched Networking: Challenges, Feasibility and Implementation Issues, International IFIP Conference on Autonomic Communication, 2005
- 10) 孫為華, 石丸泰大, 安本慶一, 伊藤実: データサイズと送信期限を考慮した DTN 経路制御手法, 情報処理学会研究報告, 数理モデル化と問題解決研究報告, 2010-MPS-80(26), 1-6, 2009
- 11) 山下剛, 村田晶, 宮島昌克, 北浦勝: 地震災害時における防災情報の配信順位に関する研究, 地域安全学会梗概集, No11, pp.77-80, 2001
- 12) 和歌山大学防災研究教育プロジェクト: 孤立地中山間地域版防災ハンドブック, 2009
- 13) 和歌山大学防災研究教育センター: 台風 12 号災害における熊野川町の地区住民の対応状況に関する調査結果, 2012
- 14) A.Vahdat, and D.Becker : Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks, Technical report Duke University, 2000