

## DTNにおけるクラスターを用いたフラッディングメッセージ削減手法

長屋 和真† 多氣 真之介† 小坂 隆浩†  
同志社大学理工学部情報システムデザイン学科‡

## 1 はじめに

大規模な地震や津波などの災害が発生したとき、基地局が破壊されると周辺のネットワークインフラが機能しなくなり、通信の遅延や断絶が発生する。東日本大震災では、通信インフラが十分に機能せず被災地と外部との通信が困難となり、救援や安否確認などの情報の伝達に大きな支障となった。歴史的事実としても、災害後の通信インフラの充実は極めて重要である。

遅延耐性ネットワーク (Delay Tolerant Network/DTN) は、通信の不安定な場所でも有用な技術である。近年では、DTN が災害後の一時的な通信インフラを担うことができるとして注目を集めている。DTN は、ルーティングする際、フラッディングメッセージによってノードの容量を圧迫してしまうことが課題である。本研究では、災害時における DTN 技術を研究の対象とし、ルーティングにおけるフラッディングメッセージの削減を目的とする。

## 2 Epidemic Routing

## 2.1 Epidemic Routing 概要

Epidemic Routing は DTN における代表的なルーティング手法の一つであり、蓄積伝搬 (Store-and-forward) 方式を用いる。あるメッセージ送信者は通信範囲内にいるノード全てにメッセージをコピーして送信し、それを繰り返すことでメッセージを到達させる。

## 2.2 Epidemic Routing の問題点

Epidemic Routing は、目的ノードの位置情報を持っていないため、周囲の通信可能なノードにメッセージをコピーする。そのため、フラッディングメッセージが増加し、ノードのバッファを圧迫するという問題がある。ノード側のバッファの負担を軽減するためにも、フラッディングメッセージを可能な限り抑える必要がある。また、被災時のノードが一様分布であることは考え難い。ノードの配置や振る舞いは DTN においてノード同士の接触に影響する重要な要素であるため、被災時のノードの分布を考慮したルーティング手法が求められる。

## 3 既存研究からのアプローチ

DTN のルーティング手法の一つにクラスターの概念を取り入れる研究がある [1]。クラスターとは、ノードの集まりのことである。例えば、被災時に避難した際のノードの集合体をクラスターとみなすことができる。クラスターの外部へ可能な限りメッセージの拡散を抑制することで、ネットワーク全体のフラッディングメッセージを削減することが期待できる。また、クラスター間の通信の中継役を担うフェリーノードの概念がある [2]。いくつかのクラスターが分布している場合、あるクラスター内のノードが別のクラスターへ移動する可能性は低い。クラスター間で通信を行うためには、何らかの媒体を使い、物理的にメッセージを運搬させることが必要不可欠である。さらに、メッセージの集積を行うシンクノードや、アドホック間での通信履歴を利用した研究がある [3][4]。シンクノードはクラスター内のメッセージを集積する役割を担う。位置固定のシンクノードを設置することで、予め受け取っているメッセージをフェリーノードにまとめて送信することが可能となる。送信履歴の利用は、各メッセージの宛先を参照し、目的のノードへ直接送信することができ、結果的にフラッディングメッセージを削減することが期待できる。これらの考え方を踏まえて、選択的送信をし、広い通信範囲を持つフェリーノードを Epidemic Routing に新しく導入することでフラッディングメッセージの削減手法を提案する。

## 4 提案手法

## 4.1 通信履歴を利用したフェリーノード導入

フェリーノードは、あるクラスター A 内のノードから受け取ったメッセージの通信履歴の宛先を利用する。フェリーノードは、別のクラスター B へ移動し、クラスター B 内への宛先を持つメッセージをノードに直接送信することで、フラッディングメッセージの抑制を図る。また、フェリーノードはクラスターの範囲を網羅できる通信範囲を持つとすることで、1 度のクラスターでの滞在で、メッセージを送るべき宛先のノードへ送信することが可能となる。

提案手法の概要を図 1 に示す。

A Cluster-Based Routing for Delay Tolerant Network

†Kazuma Nagaya, Shinnosuke Taki and Takahiro Koita

‡Department of Information Systems Design, Doshisha University

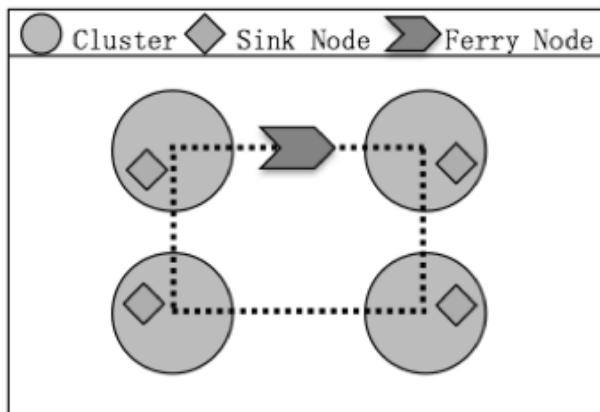


図1 提案手法の概要

#### 4.2 提案手法の諸条件

本研究では、クラスター間のメッセージ中継を行うフェリーノードとクラスター内でメッセージ集積を行うシンクノードを小型無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle/UAV) とする。UAV は、十分なメッセージバッファ、GPS 機能、長距離無線、カメラ、十分なバッテリーを搭載しているものとする。災害が発生したら、シンクノードとなる UAV を被災地へ向かわせ、外部カメラでクラスターを発見し、クラスターの内部で待機することを想定する、

フェリーノードの移動ルートは、ネットワークインフラを整備するフィールドをすべて巡回し、シンクノードとの通信が発生した位置を記録する。次巡からはシンクノードを順番に巡回していくことで、フェリーノードはクラスター間でのメッセージの受け渡しを行う。

### 5 シミュレーション実験

#### 5.1 実験

本研究では The ONE (Opportunistic Network Environment) Simulator を用いて性能を評価する。提案手法は、フェリーノードがメッセージを受信するときは無条件に、送信するときは選択的であるため 2 つのルーティング手法を組み込む必要があるが、The ONE Simulator のデフォルト機能では実装できないため、各ノードの TTL とメッセージ生成間隔を調整することで提案手法と同様の設定を実装することができた。評価項目は、1 つのノードが所持しているメッセージ数である。

#### 5.2 シミュレーションシナリオ

The ONE Simulator でのシナリオを表 1 に示す。このシナリオは、ノードの集まりが分散的にフィールドに存在しており、それらのノードがメッセージをいずれかのノードに送信することを想定している。

表 1 シミュレーションシナリオ

フィールドサイズ	1.0×1.0[km]
ノード数	120
クラスター数	4
クラスター半径	50[m]
クラスター内ノード通信範囲	10[m]
通信速度	2[Mbps]
フェリーノード通信範囲	100[m]
フェリーノード滞在時間	180[sec]
フェリーノード移動速度	20[km/h]
データ生成間隔	25~35
データサイズ	50~150[KB]
TTL	60[sec]
人の移動速度	0.5~1.5[km/h]

#### 5.2 実験結果

実験結果を図 4 に示す。Epidemic Routing は提案手法からシンクノードと選択的送信を外し、フェリーノードとクラスターの考えは取り入れている。既存手法である Epidemic Routing と比較すると提案手法はフラッディングメッセージを 80%以上削減したことを示した。

表 2 実験結果

	EpidemicRouting	提案手法
メッセージ数	95.2	15.7
平均値		

### 6 まとめ

DTN 技術の現状は、フラッディングメッセージがノードの容量を圧迫してしまうという問題があった。本研究では、DTN におけるフラッディングメッセージの削減に焦点を置き、メッセージの通信履歴を利用した選択的送信によって、クラスター間でのフラッディングメッセージを削減するルーティング手法を提案した。

#### 参考文献

- [1] 金田知展 DTN を用いた災害時通信システム構築法の提案, DICOM2013, pp.964-969, 2013.
- [2] K. Fall, A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets, Intel Research Technical Report, RB-TR-03-003, 2003.
- [3] Masahiro SASABE, Nonlinear Integer Programming Formulation for Quasi-Optimal Grouping of Clusters in Ferry-Assisted DTNs, IEICE Trans. COMMUN, Vol. E96-B, No.8, 2013.
- [4] 野本明寛 アドホックネットワークにおける通信成功履歴を用いた Geocast の効率化, 2006-UBI-010, pp.275-280, 2006.