

# 災害時におけるトピックの動的な変化を考慮した Pub/Sub ベースの DTN 通信手法

多田 輝 【分散処理 OS 研究室】

## Pub/Sub-Based DTN Communication Method Considering Dynamic Topic Changes During Disasters

TADA, Hikaru 【 Distributed System and Operating System Lab. 】

### 1 はじめに

大規模災害発生直後には被災地での効率的かつ的確な救援活動が求められる。しかし、通信インフラが損傷し、既存のネットワークが十分に機能しない可能性がある。このような信頼性の低い通信環境においても情報伝達を可能にする技術として、遅延・中断耐性ネットワーク Delay Tolerant Networking(以下,DTN)が注目されている。また、情報の取捨選択が容易にするため,Publish/Subscribe モデル(以下, Pub/Sub モデル)に基づく DTN ルーティング方式が提案されている [1]。しかし、研究 [1] では時間の経過とともに被災者や支援者が求める情報内容の変化を考慮していない。本研究では、ユーザの購読数が増減する状況においても効率的に情報を配信できるように、最適なルーティング手法を提案する。

### 2 Pub/Sub モデルに基づく DTN 手法

Pub/Sub モデルに基づく DTN ルーティングでは、各ユーザは事前に関心のある情報をトピックとして購読する。ユーザ同士が通信可能範囲に入ると、それぞれの購読トピック情報に基づいてメッセージの送受信を行なう。各ユーザは購読しているトピックのメッセージを所持している場合にメッセージを送受信し、購読していないトピックのメッセージは受信しない。また、通信可能範囲から離れると、メッセージ送受信を中断する。

#### (1) ユーザの購読トピックが増減、変化しない場合

情報ニーズが変化しない場合、ユーザの購読トピックは通信期間中一定であり、生成されたメッセージは対応するトピックを購読しているユーザに対して効率的に配信される。この方式により、不要な情報の転送を抑制しつつ、必要な情報のみを届けることが可能となる。

#### (2) ユーザの購読トピックが増減、変化する場合

一方、災害発生後の現場では、時間の経過とともに被災者や支援者が必要とする情報が変化することが多い。例えば、初期段階では安否情報や避難所情報が求められるが、復旧段階では物資供給や医療情報への関心が高まる。このような環境では、ユーザの購読トピックが不定期に変化されるだけでなく、購読数が増減する状況が

発生する。しかし、従来研究された Pub/Sub 型 DTN ルーティングでは、購読情報の変化を想定していないため、新たに必要となった情報の配信遅延や情報が届かないといった問題が生じる可能性がある。

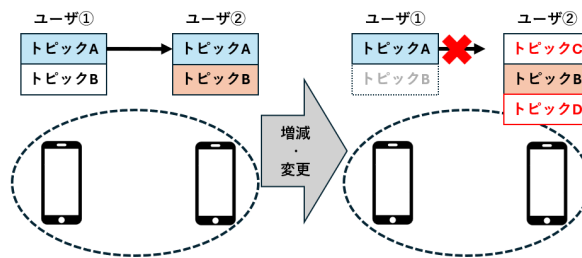


図1 ユーザの購読トピックの増減・変化

### 3 提案手法

この問題に対し、本研究では過去の購読履歴を用いて将来の情報ニーズを予測し、効率的な情報配信を実現するルーティング手法を提案する。提案手法では、個々のユーザ単位で予測を行なうのではなく、複数ユーザの購読履歴を集計することで、全体としての傾向を把握する。提案手法の手順を以下に示す。

- (1) ユーザが接触した際、購読しているトピックメッセージだけでなく、ユーザの過去の購読変化履歴を交換・集計
- (2) 集計した履歴データを”トピックごとの変化回数 ÷ 変化回数の合計”で確率に変換
- (3) 一定時間が過ぎたら、結果を基に確率が高いものを優先しメッセージをキャッシュ

		変更後購読トピック		
		トピックA	トピックB	トピックC
変更前	トピックA	1回 → 17%	3回 → 50%	2回 → 33%
	トピックB	1回 → 17%	0回 → 0%	5回 → 83%
	トピックC	2回 → 33%	2回 → 33%	2回 → 33%

図2 購読変化履歴 (変化回数を基に確率算出)

なお、予測に基づきキャッシュされたメッセージは、ユーザが現在購読しているトピックのメッセージを送受信した後に転送される。これにより、購読数や購読内容が変化する環境においても、不要な通信を抑えつつ効率的な情報配信を可能とする。

#### 4 評価

本研究は THE ONE シミュレータ [2] を用いて検証を行なった。THE ONE シミュレータは人やモノが動きながら不安定に通信する状況を再現し、DTN ルーティングを評価できる。表1はシミュレーションで用いたパラメータである。表2はユーザの購読トピックが増減、変化する場合のシミュレーションパラメータである。

表1 シミュレーションパラメータ

パラメータ	値
マップサイズ	200m × 200m
ユーザ数	100人
メッセージ送信可能距離	10m
メッセージ送信量	2Mbps
生成メッセージサイズ	500K ~ 20MB
ユーザの移動速度	2.6 ~ 5.4km
ユーザ待機時間	0 ~ 120秒
バッファサイズ	8GB
TTL	600秒

表2 ユーザの購読トピックが変化する場合のパラメータ

パラメータ	値
トピック数	30
初期購読トピック数	10
購読するトピック数の幅	5 ~ 30
購読トピック変化・増減時間	120 ~ 300秒
購読トピック数上限値・下限値	5, 30

検証は不定期な時間に購読トピックの変化、数が増減する環境において、将来のニーズを予測してメッセージをキャッシュする『提案手法』を適用した Pub/Sub 型 DTN ルーティングと、購読情報の変化を考慮せず、その時点で購読しているトピックのみを送受信する従来の Pub/Sub 型 DTN ルーティングの比較を行なった。主な評価項目は以下の2つである。

- 平均トピックメッセージ配送率  
生成された各トピックメッセージを受信した購読ユーザの割合
- 平均トピックメッセージ遅延時間  
各トピックメッセージの生成時から到着時までの平均時間

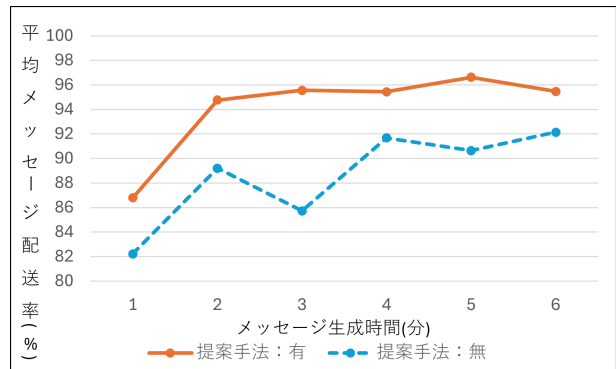


図3 平均トピックメッセージ配送率 (%)

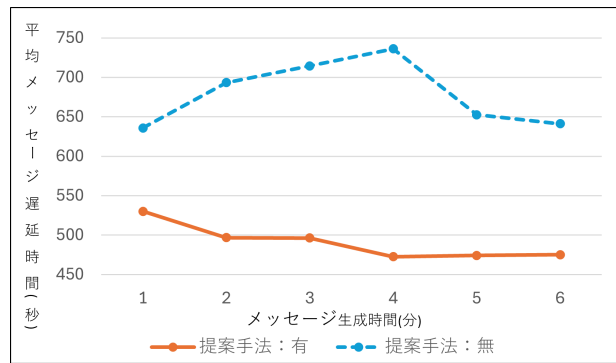


図4 平均トピックメッセージ遅延時間 (秒)

また、メッセージ生成時間が長くなると、各メッセージの伝搬時間も長くなるため、配送率の向上と遅延時間が短縮される。それを踏まえて、メッセージ生成時間を1,2,3,4,5,6分ごとに検証を行なった。検証結果として、図3、図4の通りとなった。

提案手法により、平均トピックメッセージ配送率が約3~10%向上、平均トピックメッセージ遅延時間が約100~260秒短縮することができた。提案手法：無の場合は刻々と購読トピックが変化するため、メッセージ生成時間が伸びても不安定な結果となった。それに対し、提案手法：有はユーザ全体の情報ニーズを把握し、結果を基にトピックメッセージを予測キャッシュするため、安定した結果になったと考えられる。

#### 5 おわりに

本研究では、災害時での情報ニーズが変化することを考慮した Pub/Sub ベースの DTN 通信手法を提案した。

#### 参考文献

[1] Ryosuke Abe, Yoshitaka Nakamura, and Osamu Takahashi: A DTN Routing Scheme Based on Publish/Subscribe Model, International Journal of Informatics Society, VOL.6, NO.2, pp.49-56, 2014.

[2] The ONE : The Opportunistic Network Environment simulator(online), <https://akeranen.github.io/the-one/> (2025.4.10)