

避難者間の公平性を担保した情報拡散のための可搬ストレージ通信 Information diffusion algorithm considering fairness on portable storage

井上 碧[†]
Aoi Inoue

小林 亜樹[‡]
Aki Kobayashi

1. はじめに

大規模災害時、通信設備の損壊や伝送路の切断の影響により既存の通信インフラが利用できなくなる恐れがある。このような劣悪な通信環境において、DTN(Delay/Disruption/Disconnection Tolerant Networking) 技術 [1] を応用した災害時情報システムが提案されている [2][3]。しかし、既存システムでは、悪意のあるユーザが多量のコンテンツを連続的に登録する事により、通信路として利用している可搬ストレージ(以下、PS: Potable Storage と呼ぶ)の容量を占有する恐れがある。これにより、他のユーザによって登録されたコンテンツが他ノードに拡散されないという問題がある。

そこで本稿では、悪意のあるユーザによるPSの容量の占有を抑制し、ユーザ間の公平性を配慮したアルゴリズムについて提案する。

2. 提案手法

DTN ノードへ登録されたコンテンツを c とし、当該ノードにおいて、コンテンツの登録時刻を t とする。コンテンツ登録時点の同一発信者が別に定める一定時間内に登録をした登録件数(そのコンテンツ自身を含む)を直近登録件数と呼び $N(c)$ とする。

PSにコンテンツを蓄積し転送の準備を行う際に、その時点における $T(c, t)$, $m(c, t)$, $M(t)$ を各々計算する。 $T(c, t)$ はコンテンツ c が登録されてからの経過時間を示す。 $m(c, t)$ は当該コンテンツが転送された記録のあるノード数である。 $M(t)$ は当該ノードが知る、本システムに接続されたノードの全体数である。これらの値を用いて各コンテンツに対してPSへの蓄積、転送の優先度 $P(c, t)$ を

$$P(c, t) = \exp \left\{ \alpha(1 - N(c)) - (1 - \alpha) \frac{m(c, t)T(c, t)}{M(t)} \right\} \quad (1)$$

と定義する。ここで α は $N(c)$, $\frac{m(c, t)T(c, t)}{M(t)}$ のうちどちらを重視するかのも重みである。第1項の1は $P(c, t)$ の値域を $[0, 1]$ へ正規化するためである。当該ノードにおいて、他ノードへの転送を行う際は、(1)式の優先度 $P(c, t)$ をすべての蓄積コンテンツに対して求め、この $P(c, t)$ の降順に所定のPS容量まで蓄積を行う。

3. 想定環境

本稿で対象にする災害情報システムは通信途絶地域において避難所などを拠点とした通信ノードを自律分

[†]工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻

[‡]工学院大学情報学部情報通信工学科

散的に立ち上げ、これらの中で情報共有を図るシステムである。一般の通信路が機能しない災害時を念頭に、システムプログラムと拡散したいコンテンツ双方をPSに蓄積し、データ通信と拠点となるシステムの立ち上げ、コンテンツの拡散を同時に実現する。図1で左下のオンライン地域とはインターネット接続が可能な地域であり、オンライン地域で稼働しているサーバにアップロードすることで、オンライン地域でもコンテンツの閲覧を行うことができ、最終的にシステム全体のコンテンツはオンライン地域に稼働するサーバに全て蓄積されていく。オフライン地域のノードでは、複数回にわたり運搬されたコンテンツを蓄積するため、全体のサブセットとなる。

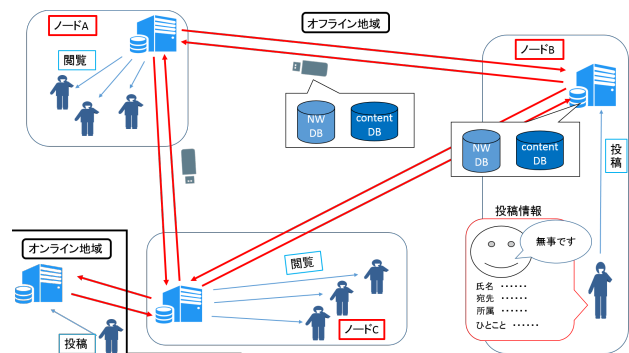


図1: 情報拡散型災害時情報システム

4. シミュレーション

4.1. シミュレーション目的

コンテンツの直近登録件数 $N(c)$ に応じて、一般ユーザと悪意のあるユーザの公平性がとれているか調査する。このとき、直近登録件数 $N(c)$ に対して、各コンテンツの拡散率の変化を考察する。

4.2. シミュレーション概要

提案手法である、ユーザ間の公平性に配慮した転送手法について、式(1)の $\alpha = 0.5$ としたときのシミュレーションによる評価を行った。シミュレーションにおけるパラメータを表1に示す。

各ノードの登録モデルは、一般ユーザと悪意のあるユーザの2パターンのユーザが各ノードに所属しコンテンツの登録を行う。このとき、各ユーザによって登録されるコンテンツのデータサイズは、全て均一とする。

一般ユーザによって登録されるコンテンツ数 C_n は、シミュレーション時間 $[0, 1860]$ の値域内で1[node]あたり、100[contents]の登録が各時刻においてポアソン

分布に従って行われるものとした。このとき $\lambda_1 = 0.054$ である。

悪意のあるユーザによって登録されるコンテンツ数は $0.5C_n$ とし、これは、シミュレーション時間 $[0, 1860]$ の値域内で $1[\text{step}]$, $1[\text{node}]$ あたり生起確率 0.27% の確率でコンテンツの連続登録がなされるとする。このときの連続数は $[5, 15]$ の一様乱数による。

このとき、全ノードで登録される総コンテンツ C は、

$$C = C_n + 0.5C_n \quad (2)$$

と定義する。

転送モデルは、各ノードに蓄積されているコンテンツを式 (1) に基づき、優先度 $P(c, t)$ の降順から PS 容量の最大値まで蓄積し、他ノードに転送する。本モデルでは、PS に蓄積する容量は $[20, 100]$ といったコンテンツの数を PS の容量とし、具体的なストレージサイズは考慮せずシミュレーションを行った。コンテンツ転送は、シミュレーション時刻 $[180, 2160]$ の値域内で、 $1[\text{node}]$ あたり 50 転送が各時刻においてポアソン分布に従って行われるものとした。このとき $\lambda_2 = 0.025$ である。1転送あたりにかかる所要時間は $[60, 180]\text{step}$ の値域から一様乱数による。ただし、到着ノードは、出発ノードを除いたノードから一様乱数とする。

表 1: シミュレーション条件

Parameter	Values
Nodes	20nodes
General content	2000 contents
Transfer(buckets) counts	1000
A PS capacity	Parameter[20,100]contents uniform
Simulation time	[0,2160] step
New content insertion	Poisson distribution when [0,1860] step
Contents transferring	Poisson distribution when [180,2160] step
PS transfer time Distribution	[60, 180] step

4.3. 評価

提案手法の有効性を評価するために、拡散数 (diffused), および拡散率 (diffusivity) を用いる。

拡散数とは、同一コンテンツの登録されているノード数であり、拡散率は全ノード数に対する比である。総コンテンツの数 C , ノード数を n , 到達数 A とすると拡散数 (diffused), 拡散率 (diffusivity) を式 (3), (4) のように定義する。また、拡散率 $\text{diffusivity}=1$ であるとき、すべてのノードに登録されたコンテンツ全てが他ノードに転送されたことを示す。

$$\text{diffused} := C \times n \quad (3)$$

$$\text{diffusivity} := \frac{A}{\text{diffused}} \quad (4)$$

4.4. シミュレーション結果

ストレージ容量を $[20, 100]$ としたときの、直近登録件数 $N(c)$ に応じた拡散率, およびコンテンツ数を表したシミュレーション結果のグラフを図 2 に示す。

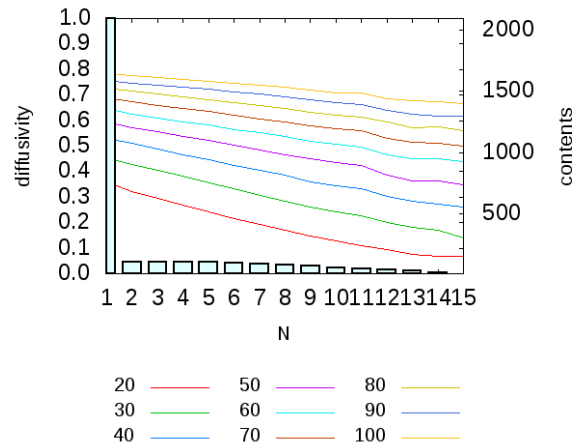


図 2: シミュレーション結果

4.5. 考察

直近登録件数 $N(c)$ の増加に伴い、コンテンツの拡散率が減少する。特に、ストレージ容量が $20, 30$ と小さい場合において、拡散率の差が大きく見られた。これは、式 (1) の第 1 項の影響により、 $N(c)$ の値が小さいコンテンツを転送したためであると考えられる。しかし、ストレージ容量が $100, 90$ と大きい場合においては、拡散率の差はさほど見られなかった。これは、直近登録件数 $N(c)$ の値が小さいコンテンツが、各ノードに転送され、式 (1) の第 2 項の影響によって、 $N(c)$ の値の小さいコンテンツの優先度が下がったためだと考えられる。よって、まだ他ノードに転送されていない、 $N(c)$ の値が大きいコンテンツの優先度が $N(c)$ の値が小さいコンテンツを上回り、他ノードに転送されたためだと考えられる。

5. まとめ

本研究では、災害ネットワークにおいて、ユーザ間の公平性に配慮した、コンテンツの転送について提案し、シミュレーションにより評価を行った。シミュレーションの結果、PS の容量が小さい場合において、本手法が有効であることを示した。

参考文献

- [1] K. Fall, "A delay-tolerant network architecture for challenged internets", Proceedings of the 2003 conference on Applications, pp.27-34, 2003.
- [2] 秋山洋平, 小林亜樹, "DTN アーキテクチャに基づくストレージ運搬型通信による災害時情報共有システム", 電子情報通信学会技術研究報告 113(472), pp. 525-530, (2014).
- [3] 井上碧, 宮木航佑, 小林亜樹, "情報拡散のための可搬型ストレージ通信", 電子情報通信学会技術研究報告 115(483), pp. 89-94, (2016).