

DTN 環境におけるメッセージフェリーを用いた効率的なデータ転送方式

阿部 涼介[†] 舟橋 知論[‡] 中村 嘉隆[†] 白石 陽[†] 高橋 修[†]公立はこだて未来大学システム情報科学部[†]
公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科[‡]

1. はじめに

近年、断続性が高く大きな伝送遅延が生じる劣通信環境下でも、データの高い到達性を実現する遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Networking) の研究がさかに行われている。DTN の特徴的な技術として、蓄積運搬転送 (Store-Carry-Forward) がある。これは、各ノードがデータを一旦バッファに蓄積して移動し、他のノードと通信可能になった際、複製データを送信することでデータを宛先に転送する技術である。

一般に、蓄積運搬転送に基づくルーティング方式では、データを持つノードが通信範囲内のノードに対し複製データを生成する回数が多いほど、データ転送遅延は小さくなる。これは、網内に存在する複製データを持つノードが多いほど、宛先ノードと遭遇しデータを転送するまでの時間が短縮されるためである。

代表的なルーティング方式として、Epidemic Routing や Two-Hop Forwarding がある。Epidemic Routing では、データを保持するノードが通信可能となった周辺の全てのノードに複製データを転送する。この方式では、複製するデータ数が多いためデータ転送遅延は小さくなる。Two-Hop Forwarding では、送信元ノードは通信可能となった周辺の全てのノードに複製データを転送するが、中継ノードは宛先ノードのみに複製データを転送する。この方式では、複製するデータ数が少ないためデータ転送遅延は大きくなる。ただし、複製するデータ数を増加させるほど、中継ノードのバッファ消費量は大きくなる。これらの性質から、データ転送遅延と中継ノードのバッファ消費量はトレードオフの関係にある。

本研究では、予め設定された経路上を移動するメッセージフェリーというノードを利用し、このトレードオフを解消するデータ転送方式を提案する。

2. 関連研究

2.1. Spray and Wait

Spray and Wait は、単一データあたりに生成可能な複製データの最大数を予め設定する方式である。この方式では、データ転送遅延と中継ノードのバッファ消費量におけるトレードオフを調整することができる。しかし、ネットワークの大きさやノード数の変化に応じて適切な最大生成数を設定することは困難である。

2.2. 回復手法

文献[2]では、除去バケットを網内にブロードキャストして不要なデータを除去する回復手法を提案している。一般に、蓄積運搬転送に基づくルーティング方式では、データが宛先ノードに到達したとき、網内に多くの複製

データが残存する。これらの不要となったデータは、通信の完了を通知されるまで引き続き網内に伝播され、ノードのバッファを無駄に消費してしまう。そのため、不要なデータを網内から除去する回復手法 (Recovery Scheme) をルーティング方式と併用し、中継ノードのバッファ消費量を低減させる必要がある。

2.3. メッセージフェリー

文献[3]では、互いの位置が離れているために直接通信できないノード間でデータの送受信を行うために、予め定められた経路上を移動するノード (メッセージフェリー) をデータの運搬役として利用する手法を提案している。ノードが通信範囲内に無い他のノードにデータを送信したい場合、送信元ノードはフェリーが近くに来て通信可能範囲に入ると、フェリーにデータを送信する。経路上を移動するフェリーは、他のノードからデータを収集し、宛先ノードと通信可能になった場合、データを送信する (図 1)。このように、ノードの移動範囲が局所的であっても、クラスタ間をつなぐ経路上をフェリーが移動することで効率的なデータ転送が可能となる。また、フェリーを複数台用意しフェリー間でのデータ転送も行うことで、各フェリーの巡回経路長を短くできるため、データの伝播時間を短縮することができる。

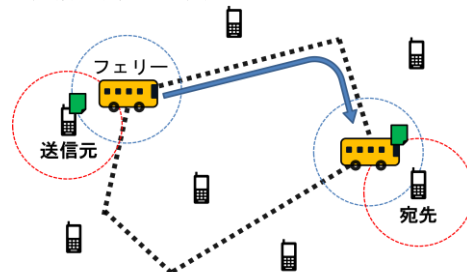


図 1 メッセージフェリーの概念

3. 提案方式

本研究では、メッセージフェリーを用いたデータ転送方式及び回復手法を提案する。

3.1. 想定環境

本研究では、DTN 環境の一例として VANET (Vehicular Ad-Hoc Network) を想定する。VANET とは、アクセスポイント (AP) を用いることなく車両間のみで自動的にトポロジを生成するアドホックネットワークである。VANET の大きな特徴としては、車の高い移動性のためにネットワークトポロジの変化が激しく、断続性が高いことが挙げられる。

提案方式では、一般車両を通常ノード、バス及び路面電車をメッセージフェリーと想定し、各ノード間で通信を行う。道路地図上には、メッセージフェリー用の経路を複数設置し、1 つの経路上に複数台のメッセージフェリーが走行することを想定する。なお、メッセージフェリーのバッファは通常ノードよりも大容量のものを搭載しているものとする。

An Efficient Data Forwarding Scheme using Message Ferries in Delay Tolerant Network

†Ryosuke Abe ‡Tomonori Funahashi †Yoshitaka Nakamura

†Yoh Shiraishi †Osamu Takahashi

‡School of Systems Information Science, Future University Hakodate

‡Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate

3.2. 各ノードの設定

メッセージフェリー, 通常ノードは以下のリストを保持する. なお, D_{other} は同経路上を走行しているメッセージフェリーの台数分だけ保持する.

●メッセージフェリー

- D_{MF} : 自身が保持しているデータの ID のリスト
- D_{other} : 同経路上のメッセージフェリーが保持しているデータの ID のリスト

- D_{delete} : 不要なデータの ID のリスト

●通常ノード

- D_{delete} : 不要なデータの ID のリスト

3.3. 動作概要

提案方式では, (a)メッセージフェリー相互間 (b)メッセージフェリー-通常ノード間 (c)通常ノード相互間の3つの通信パターンが存在する. 全ての通信パターンにおいて, 回復手法は明示的通知を行う方法とデータのタイマを用いた方法を適用する[2]. 明示的通知を行う方法では, 双方のノードが D_{delete} を送信し合い, D_{delete} 内のデータ ID と一致するデータを除去する. タイマを用いた方法では, TTL (Time To Live) が切れたデータを順次廃棄する.

それぞれの通信パターンにおける処理を以下に示す.

(a) メッセージフェリー相互間

メッセージフェリー相互間では, 複製データの転送を行わない. これは, 同経路上のメッセージフェリーが同じデータを保持していてもデータの転送効率の向上が期待できないためである. そのため, メッセージフェリー相互間では, D_{MF} を送信し合い, 自身が蓄積しているデータと通信相手が蓄積しているデータが重複していないかを確認する. データが重複していた場合, バッファの使用率が高いメッセージフェリーから当該データを廃棄する.

(b) メッセージフェリー-通常ノード間

メッセージフェリーは, 通信相手の通常ノードが宛先であった場合のみ複製データを転送する. これは, 限られた通信時間内でメッセージフェリーが保持する大量のデータをバッファ容量が小さい通常ノードに対して無作為に転送することが非効率であるためである.

また, 通常ノードはメッセージフェリーから D_{MF} 及び D_{other} を受信し, それぞれのリスト内のデータ ID と一致しないデータの複製をメッセージフェリーに送信する.

(c) 通常ノード相互間

通常ノード相互間のデータ転送は, Epidemic Routing, Two-Hop Forwarding, Spray and Wait の3方式に準拠する.

4. 評価

提案方式を DTN シミュレータ The ONE (The Opportunistic Network Simulator) 上で実装し, 評価を行う[4]. 比較対象は, 従来方式である Epidemic Routing, Two-Hop Forwarding, Spray and Wait とする. 評価項目は, 平均データ転送遅延, バッファ消費量, データ到達率とする.

基礎実験として, 平均データ転送遅延とバッファ消費量におけるトレードオフを検証した. 道路地図上に通常ノードを配置し Spray and Wait によるデータ転送を行い, 単一データあたりの複製データの最大生成数に対する平均データ転送遅延及びバッファ消費量の変化を測定した. シミュレーションパラメータを表 1, 実験結果を図 2, 3 に示す.

表 1 シミュレーションパラメータ

| | |
|---------|-------------------|
| ノード数(N) | 120, 240, 360 (台) |
| TTL | 300 (min) |
| バッファ容量 | 30 (MB) |
| データサイズ | 500-1000 (KB) |

図 2, 3 から, ノード数に関わらず複製データの最大生成数の増加に伴い平均データ転送遅延が減少し, またバッファ消費量が増加していることがわかる. よって, 平均データ転送遅延とバッファ消費量はトレードオフの関係にある. 提案方式では, メッセージフェリーがデータを中継し, 回復手法を用いて不要なデータを除去するため, 既存方式よりバッファ消費量を抑制しつつデータ転送遅延を低減できると考えられる.

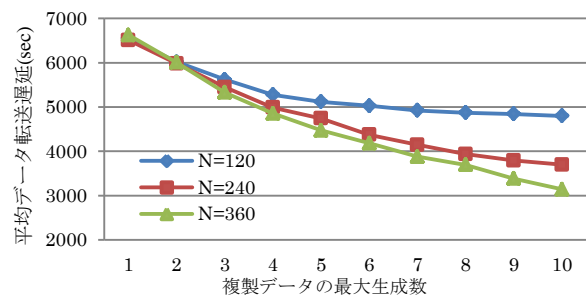


図 2 平均データ転送遅延

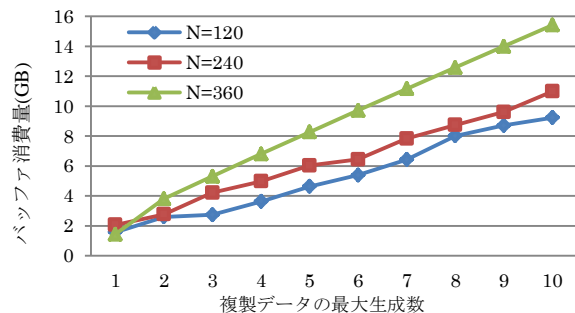


図 3 バッファ消費量

5. まとめ

本研究では, DTN 環境下でのデータ転送遅延と中継ノードのバッファ消費量のトレードオフの解消を課題とし, その解決策としてメッセージフェリーを用いたデータ転送方式及び回復手法を提案した.

今後は, 提案方式を The ONE 上で実装し, 従来方式との比較評価を行い, 提案方式の有効性を検証する.

参考文献

- [1] Spyropoulos T, Psounis K, Raghavendra C S. "Efficient routing in intermittently connected mobile networks," the multiple-copy case. IEEE/ACM Trans. Networking. Vol. 16, No.1, pp.77-90, 2008.
- [2] Z. Haas and T. Small, "A new networking model for biological applications of ad hoc sensor networks," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 14, no.1, pp.27-40, 2006.
- [3] W. Zhao, and M. H. Ammar, "Message Ferrying: Proactive Routing in Highly-partitioned Wireless Ad Hoc Networks", Proc. of 9th IEEE Workshop on FTDCS 2003, pp.308-314, May 2003.
- [4] Ari Keränen, Jörg Ott, and Teemu Kärkkäinen, "The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation," Proc. SIMUTools'09, p.10, 2009.