

## コンテンツ指向ネットワークにおける 飛行ルータの移動経路に関する考察 A Study on Movement Route of Flight Router in Content Centric Network

米田 美波<sup>†</sup> 小坂 隆浩<sup>†</sup>  
Minami Yoneda Takahiro Koita

### 1. はじめに

現在、災害時における情報通信技術として、コンテンツ指向ネットワーク(Content Centric Networking CCN)の研究が盛んに行われている。CCN とは、経路制御にコンテンツの名前自身を用いて、よりフレキシブルな経路制御を行うネットワークアーキテクチャである[1]。また、メッセージフェリーという中継転送技術が、災害時に通信接続されていない地点間を仲介し、データの交換を可能にする手段として注目されている[2]。災害時には人命救助のためなど、遠隔地との通信が必要不可欠であるが、CCN にメッセージフェリーを組み合わせることにより、災害時における通信の到達可能性を高めることができる。本研究では、一定時間内の通信成功率の向上を目的とする。災害時に通信インフラが機能しなくなってしまう市区町村を対象とし、フェリーノードに UAV を用いる場合の移動経路について考察する。実環境を想定した評価実験を行い、フェリーノードの移動経路について必要な条件を明らかにする。

### 2. 関連研究

メッセージフェリーを用いた中継転送技術について述べる。メッセージフェリーとは、直接通信できない端末間でメッセージの送受信を行うために、あらかじめ定められた経路上を移動するフェリーノードがメッセージを運搬する中継転送技術である。

フェリーノードは、図 1 のように三つのモードを切り替え動作する[3]。まず、経路上を通信可能な端末を探しながら巡回する(巡回モード)。フェリーノードが端末と通信可能になると、その端末から送信したいメッセージを受信する。メッセージを受け取ったフェリーノードは運搬モードに移行し、メッセージの宛先端末を目的地として飛行する。目的地に到着すると伝送モードに移行し、メッセージを伝送する。メッセージの伝送が完了すれば、また巡回モードに移行する。

メッセージフェリーを用いることで、端末間の距離が大きい場合や端末が局所的に移動する場合にも通信の成功率を高めることができる。また、メッセージを中継するために複製するパケット数を削減可能であり、ネットワーク資源消費の抑制に役立つ。

しかし、メッセージフェリーについて、機器の実移動を伴う検証は十分に行われていない。メッセージフェリーの实用化に向けた課題として、フェリーノードが以上で述べた動作を実現しながら移動する場合の条件を明確にすることが挙げられる。そのため、メッセージの送受信に適切な移動経路の条件を明らかにする必要がある。本研究では、メッセージフェリーの移動について、端末とのメッセージの送受信に適切な条件を評価実験により明らかにする。

<sup>†</sup> 同志社大学理工学部 Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

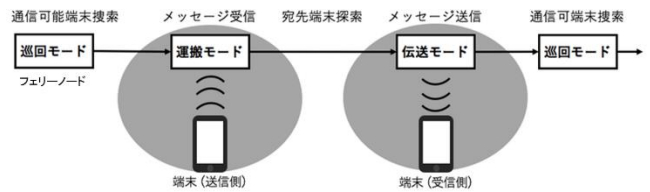


図 1 フェリーノードの主な動作

### 3. 評価実験

メッセージフェリーの実現に必要な移動経路の条件を明らかにするため UAV を用いて評価実験を行う。

#### 3.1 実験概要

本研究では、災害時に通信インフラが機能しなくなってしまう地域における安否確認のためのテキストデータの送受信を想定する。したがって、データサイズは 1kbyte 以下のデータを扱うこととする。通信成功率について、人命救助に関わる重要な通信であるため、高い通信成功率が求められる。

以上の条件を満たす移動経路の条件を調査する。今回は巡回モードを対象とし、UAV をフェリーノードとして移動させて通信を行う。端末から 1 秒間隔でテキストデータを送信し、全ての送信回数のうちフェリーノードが受信できた回数を通信成功率とする。距離やデータサイズなどの条件を変更し、それぞれの通信成功率を測定する。端末とフェリーノードの通信のための無線 LAN には Buffalo の WLI-UC-GNME を使用した。フェリーノードには、図 2 のように Raspberry Pi とそのバッテリーを固定した Mavic Pro[4] を用いた。



図 2 実験に用いた UAV

#### 3.2 静止状態の測定

まず、静止状態での通信条件を評価した。0m 地点に静止した状態のフェリーノードを配置し、端末の位置を 1m, 5m, 10m, 20m に変化させ、それぞれ 1 秒間隔で 2 分間

100byte のテキストデータを送信した。図 3 に、フェリーノードと端末間の距離と通信成功率の変化を示す。

図 3 より、フェリーノードと端末の距離が大きくなるほど、通信成功率は低下した。5m 以上離れると通信成功率は 50% を下回り、20m 地点ではテキストデータを受信することが全く出来なくなった。したがって、本研究の実験環境の場合、フェリーノードと端末が通信するために端末との距離を 20m 以内にする必要がある。また、安定した通信を行うためには、端末との距離を 5m 以内に抑える必要がある。

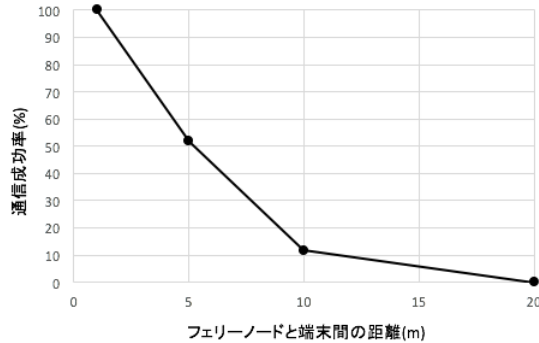


図 3 静止したフェリーノードの通信成功率

### 3.3 飛行状態の測定

次に、端末を 50m 地点に配置し、フェリーノードを 0m 地点から 100m 地点まで飛行させ、端末から 1 秒間隔で送信する 100byte のテキストデータの通信成功率を測定する。フェリーノードは人がゆっくり歩く速さ (約 60m/分) で飛行させた。フェリーノードは分速 60m で移動するので、10 秒経過時に 10m 地点を飛行しているとする。また、データサイズの違いによる影響を測定した。同様の条件で送信するテキストデータのサイズを 1000byte に変更し、通信成功率の違いを評価した。

図 4 に経過時間と通信成功率の関係を示す。100byte のテキストデータを送信する場合、通信成功率はフェリーノードと端末との距離が近づくにつれて徐々に向上し、20m 以上離れると急激に低下した。1000byte のテキストデータを送信する場合、端末との距離が 10m 圏内に入ると通信可能になり、端末との距離が 10m 以上離れてしまうと通信不可能になった。つまり、100byte のテキストデータを送信する場合よりも 1000byte のテキストデータを送信する場合の方が、全体的に通信成功率が低くなり、通信成功率の変化の割合は大きくなる。

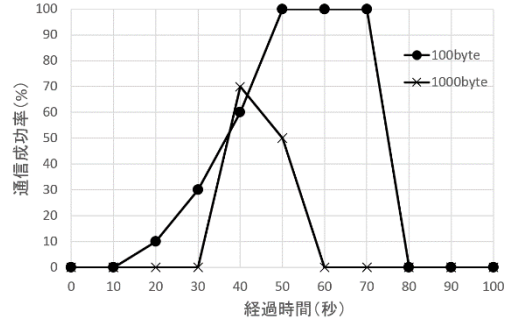


図 4 飛行中のフェリーノードの通信成功率

### 3.4 実験の考察

実験結果より、フェリーノードが端末から 5m の範囲内に到達する場合、あるいは送信するデータのサイズが小さい場合に安定した通信を行うことが可能であると分かった。フェリーノードに UAV を用いる場合、端末との距離が大きくなると不安定になるものの、通過地点付近の端末からのデータは比較的安定して受信することができ、メッセージフェリーは十分に実現可能であると分かった。

端末との距離が大きくなると通信成功率が不安定であることは、Raspberry Pi の出力やアダプターの性能などが原因として考えられるが、将来の技術力向上により高性能な製品のコストダウンを考慮すれば問題ない。しかし、UAV の移動について GPS の誤差による影響を想定し、移動経路や停止方法を十分に考慮する必要がある。また、データサイズが通信成功率にある程度の影響を与えていることから、データの送信優先順位について十分に考慮する必要がある。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では、CCN にメッセージフェリーを用いて災害時における一定時間内の通信成功率を向上することを目的とし、フェリーノードの移動について適切な条件を明らかにするために、実環境を想定した評価実験を行った。その結果、フェリーノードと端末間の距離や送受信するデータのサイズが通信成功率に影響を与えており、以上の条件を考慮することで、ある程度安定した通信を提供するメッセージフェリーを実現可能であることを示した。

今後の課題として、フェリーノードの移動速度や室内外の違いによる影響についても評価を行い、さらに詳細な通信条件について考える必要がある。また、メッセージフェリーと CCN を組み合わせた評価実験についても行う予定である。

### 参考文献

- [1] 北川 拓, 村田 正幸 “情報指向ネットワークにおける自律移動可能なルータを用いた情報取得” 大阪大学基礎工学部情報科学科平成 26 年度特別研究報告 (2014).
- [2] 鶴 正人, 内田 真人, 滝根 哲哉, 永田 晃, 松田 崇弘, 巳波 弘佳, 山村 新也 “DTN 技術の現状と展望”, 通信ソサエティマガジン, No.16, pp.57-68 (2011).
- [3] Noriyuki Uchida, Noritaka Kawamura, Tomoyuki Ishida, and Yoshitaka Shibata, “Proposal of Autonomous Flight Wireless Nodes with Delay Tolerant Networks for Disaster Use,” Proc. of the 8<sup>th</sup> International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous, pp.146-151 (2014).
- [4] Mavic Pro -dji, [djihttps://www.dji.com/mavic](https://www.dji.com/mavic)

† 同志社大学理工学部 Faculty of Science and Engineering, Doshisha University