

災害時のための携帯端末を持った人々の移動に基づく通信法

岡本 匡由 †

高橋 徹 †

†大阪産業大学 デザイン工学部 情報システム学科

1 はじめに

本稿では、災害発生時において被災地域が情報通信的に孤立する問題 [1][2] を解決する通信方式を提案し、そのシミュレーション実験結果を報告する。提案方式は、複数携帯端末を経由して、通信データを転送する。携帯端末の物理的移動によって端末内に保存された通信データを移動させる通信路と、携帯端末間通信によって携帯端末間で通信データを電気通信として移動する通信路が混在する通信モデルである。端末間通信は、近距離の直接通信で実現する。そのため、近くに通信相手が見つからない場合は、端末の物理移動に頼る。

本手法の利点は、被災者の携帯端末を通信媒体とすることから、通信インフラが使用できない状況でも、即座に通信ネットワークを使用可能な点である。ただし、携帯端末の物理移動が徒歩で行われるようなケースが想定されるため、通信が低速で行われる可能性が高い。そこで通信端末の物理移動をマルコフモデルでモデル化しシミュレーション実験によりどの程度の人々の往来で、どの程度の情報伝達が可能であるか検討する。また、携帯端末間通信は、Wifi, Bluetooth, 赤外線通信などの通信技術で実現することを想定し、紙面の都合上、説明を割愛する。地域間に十分な人々の往来があれば、情報交換と人の移動により、低速通信網を確立できることを確認できた。

2 研究背景

本研究は、地域に通信ネットワークを構築する方法と位置付けることができる。漠居らは、通信環境が整っていない地域に通信ネットワークを構築する方法を開発した [3]。小型ロボットが、屋内を移動しながら複数の無線モジュールを適当な間隔で配置して廻る方式である。配置間隔は、無線モジュールの受信感度の強弱で判断する方法である。遠隔地までは、複数の無線モジュールを中継し通信を確立する。この方法は、広い地域の通信経路を復旧させるためには、多くの無線モジュールが必要となる上に、それらを配置する時間もかかるという

課題がある。

大規模災害で孤立した地域を上空から繋ぐ方法も開発されている [4]。小型無人飛行機を使った無線中継システムを使い 2 つのネットワークを繋げる方法である。被災地域の地上基地局と被災地域外の地上基地局とを小型無人飛行機に無線中継させる方式である。この方法は、1 回の飛行可能時間が 2~4 時間という制約があり、通信可能時間が限られるという課題がある。また、地上基地局が被害を受けている場合には、災害復旧が必要で即時使用できる方法ではないという課題もある。

以上の様に、通信設備の復旧は、多くの通信ネットワークの中継局を低コストかつ短時間にどのように展開するかという課題と捉えることができる。提案する通信方式 [5] は、被災者の携帯端末を通信媒体とし、通信インフラに依存せず、即座に通信ネットワークを使用可能な方法である。

3 携帯端末の物理移動モデル

通信データが、携帯端末内に一時保存され、端末が移動することにより、伝搬される通信モデルを考える。この端末の物理移動がデータ伝送そのものを表す。

シミュレーション実験では、通信地域を $M \times N$ 個のゾーンに分割する。端末はゾーン間を移動し、通信データを伝送する。本来は、各端末の座標を個別に考える必要があるが、シミュレーション実験が困難となるため、端末の移動を近似する。端末は何れかのゾーンに含まれると考え、ゾーン間を移動するモデルを考える。同一ゾーン内の端末は、他の端末と十分距離が近いとし、直接通信によって情報を交換する。

どのゾーンに移動するかは確率によって支配されているものとする。端末の移動はマルコフモデルでモデル化することができる。ゾーン間の移動をマルコフモデルでモデル化すると図 1 (左) となる。

移動モデルとして 具体的な状態遷移確率をどの様に設計するかは課題である。ここでは、単純な移動モデルを考え、端末の状態遷移確率を図 1 (右) とする。確率 p で、同一ゾーンに留まり、いずれかの隣接ゾーンに移動する確率を $1-p$ とする。どの隣接方向に移動するかは等確率であるとする。この表現によって、1 つのパラメータ p によって移動モデルの挙動を記述でき、シミュレーションが容易になる。

Communication method based on the movement of people with a mobile terminal under disaster

†Masayoshi Okamoto †Toru Takahashi

†Department of Information Systems Engineering, Osaka Sangyo University

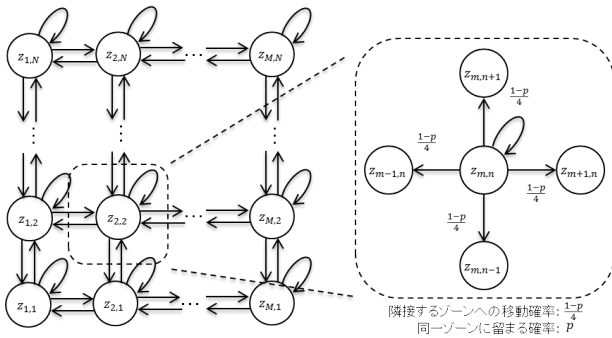


図 1: マルコフモデル

4 シミュレーション実験

4.1 移動シミュレーション

端末移動によって通信データが全ゾーンに行き渡るまでの時間ステップ数を求める。時刻 $t = 0$ で、全端末が $z_{1,1}$ にあり、他のゾーンに端末が無いときに、全ゾーンに通信データが行き渡るまでにかかる時間ステップ数をシミュレーション実験で評価した。

同一ゾーンに留まる確率 $p = 0.3, 0.6, 0.9$, ゾーン数 $Z = 10 \times 10, 50 \times 50, 100 \times 100$, の条件で、それぞれ 100 回のシミュレーションを行い、平均時間ステップ数を図 2 に示す。

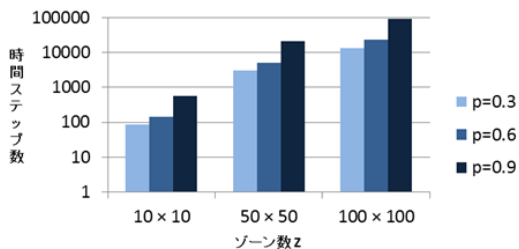


図 2: 移動シミュレーションの結果

同一ゾーンに留まる確率 p の増加に伴い、ステップ数も増加する傾向を確認できる。また、ゾーン数 Z の増加に伴い、ステップ数も増加する傾向を確認できる。

4.2 情報伝達シミュレーション

端末移動と端末間通信によって、 $z_{1,1}$ から送信された 100 個のメッセージが、全ゾーンに行き渡るまでの時間ステップ数を求める。同一ゾーンに留まる確率 $p = 0.3, 0.6, 0.9$, ゾーン数 $Z = 10 \times 10$, 端末数 $N = 1, 10, 100, 1000$ の、それぞれの条件で 100 回のシミュレーション実験を行った。100 個のメッセージは、最初の 100 ステップに毎回ゾーン $z_{1,1}$ で発生するものとする。全メッセージが全ゾーンに行き渡るまでの平均時間ステップ数を図 3 に示す。

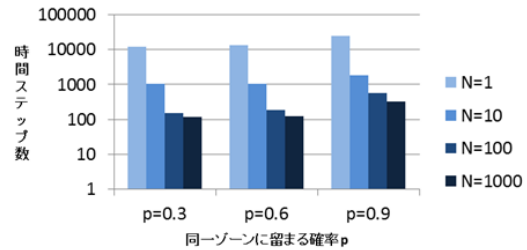


図 3: 情報伝達シミュレーションの結果

端末数 N の増加に伴い、情報伝達にかかるステップ数が減少する傾向を確認できる。また、同一ゾーンに留まる確率 p が小さい時ほど、情報伝達にかかるステップ数が減少する傾向を確認できる。

5 まとめ

携帯端末の移動をマルコフモデルでモデル化し、端末移動と端末間通信によって通信データを伝達するシミュレーション実験を行った。これは、1 つの情報が $z_{1,1}$ から送信され $M \times N$ 個の全ゾーンに受信されるまでの時間を評価した。結果より以下

1. 端末が同じゾーンに留まる確率 p の増加により、到達にかかるステップ数も増加
2. ゾーン数 Z の増加により、到達にかかるステップ数も増加
3. 端末数 N の増加により、到達にかかるステップ数は減少

が明らかとなった。今後、携帯端末実機により情報を送受信できることを確認したい。

参考文献

- [1] 総務省, 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について, 2011. http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban02_02000043.html.
- [2] 浜口 清, 三浦 龍, 熊谷 博, 「命」を繋ぐ通信: 耐災害 ICT の研究開発 (特集 第 5 世代移動通信 (5G) の最新動向), 電子情報通信学会 (編), 電子情報通信学会誌, Vol.98, No.5, pp.375-380, 2015.
- [3] 漢居 趙, 川崎 宏治, 垣内 洋平, 電波強弱監視に基づく複数無線モジュールの順次投下と環境地図作成を行う小型ロボットの実現, 日本ロボット学会誌, Vol.32, No.7, pp.643-650, 2014.
- [4] 国立研究開発法人情報通信研究機構, 大規模災害で孤立した地域を上空からつなぐ! 小型の無人飛行機を活用した無線中継システムを開発, 2013. <http://www.nict.go.jp/press/2013/03/18-1.html>.
- [5] 岡本 匡由, 高橋 徹, 多数の携帯端末移動による 2 点間低速通信の設計と考察, 2015 年度 情報処理学会関西支部大会 講演論文集, 2015.