

ドローンの移動による AODV ルーティングプロトコルの性能評価 Performance Evaluation of AODV Routing Protocol for Moving Drones Scenario

森田 創士[†]
Morita Soushi

クラ エリス[‡]
Kulla Elis

1. はじめに

近年、ドローンでの配達などドローンの需要が非常に高まり、実用段階に近づいている。しかし、ドローン同士の通信は、未だ発展途上である。そこで今回、ドローンの台数やマップの距離を変え、マルチホップ通信性能を評価する。経路制御は、アドホック通信のルーティングプロトコルである AODV (Adhoc On-demand Distance Vector) を使用する。そして、AODV の機能である Destination Only を使用した時と使用しない時で距離とノードの台数の関係を比較、評価する。

2. AODV ルーティングプロトコル

2.1 AODV の操作

AODV ルーティングプロトコル [1] は要求に応じて経路探索を行うリアクティブ型のルーティングプロトコルである。制御パケットの RREQ (Route Request) と RREP (Route Reply) を使用して経路探索を行う。このプロトコルの操作は以下の 5 ステップで行われる (図 1)。

```

Step1 Send/Forward RREQ 送信元ノード
Step2 Receive RREQ/Update LLT 中間ノード
If (destination node is unknown)
    return to step 1
Step3 Send/Forward RREP 宛先ノード
Step4 Receive RREP/Update RT 中間ノード
If (not originator node)
    return to step 3
Step5 Establish route
  
```

図 1. AODV の操作のアルゴリズム

AODV の主な利点は、要求に応じてルートが確立され、宛先シーケンス番号が宛先への最新ルートを見つけるために使用されることである。しかし、車車間通信などノードの移動速度が速い場合、リンクの切断が激しく経路を維持することが難しくなるという問題がある [2]。

2.2 Destination Only 機能

Destination Only Flag がオフならば RREQ を受け取ったノードが宛先ノードまたは宛先ノードへの経路を知っているノードならば、RREP を返送する [3]。Destination Only Flag をオンにすると、RREQ を受け取ったノードが宛先ノードだった場合のみ返送する設定となる (図 3)。例えば、図 2 の場合、送信元ノード S が RREQ をフラッディングしている。Destination Only がオフならば RREQ を受け取った中継ノード R が RREP を返送するが、オンならば返送しない。また、AODV の操作は以下のように変化する。Destination Only をオンにすることで、悪意のある中継ノードが虚偽の RREP

を返送するリスクが下がるため、セキュリティが強化されると思われる。

また、今回の実験では Destination Only Flag がオフの時をシナリオ 1 とし、オンの時をシナリオ 2 と呼ぶ。

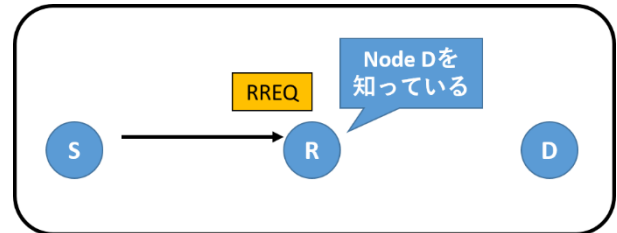


図 2. AODV の操作

```

Step1 Send/Forward RREQ 送信元ノード
Step2 Receive RREQ/Update LLT 中間ノード
If (not destination node)
    return to step 1
Step3 Send/Forward RREP 宛先ノード
Step4 Receive RREP/Update RT 中間ノード
If (not originator node)
    return to step 3
Step5 Establish route
  
```

図 3. Destination Only をオンにした AODV の操作のアルゴリズム

3. シミュレーション環境

シミュレーションでは、図 4 の面積を変えた 3 つの正方形のマップを用いる。送信ノードと受信ノードをランダムに移動させると通信結果の差が大きいため、送信ノードを座標 (0,0) にし、受信ノードを座標 (500,500)、(1000,1000)、(2000,2000) にし、位置を固定する (表 1)。そして、2 つのノードで通信を行い、PDR (式 1) と往復遅延時間を図る。

$$\text{PDR}(\%) = 100 \times \text{受信パケット数} / \text{送信パケット数} \quad (\text{式 1})$$

表 1. シミュレーション環境

	値
マップ範囲	500m × 500m 1000m × 1000m 2000m × 2000m
ノード数	10 個~150 個
通信可能距離	250m
ルーティングプロトコル	AODV
シミュレータ	NS-3

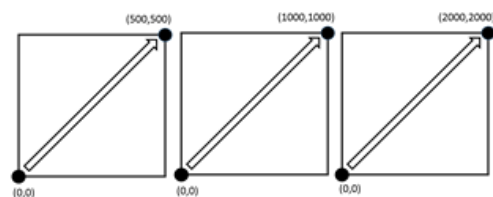


図 4. 面積の異なる 3 つのマップ

[†]岡山理科大学大学院

Okayama University of Science Graduate School

[‡]岡山理科大学 Okayama University of Science

4. 実験結果

シナリオ 1 とシナリオ 2 を比較した PDR と遅延時間のグラフを図に示す。500m×500m の実験では、シナリオ 1 とシナリオ 2 を比較すると PDR や遅延時間に大きな差は見られなかった(図 5, 図 6)。PDR は、シナリオ 1、シナリオ 2 共にノードが 20 台の時、最大になっている。このことから、約 20 台がこの面積のマップの最適なノードの台数であるということが分かる。

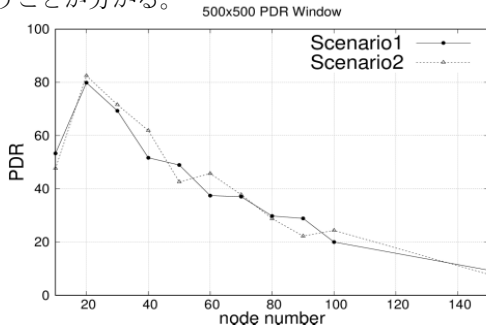


図 5. 500m × 500m の PDR

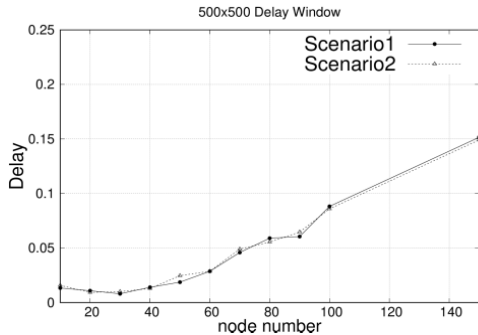


図 6. 500m × 500m の遅延時間

1000m×1000m の実験では、シナリオ 1、シナリオ 2 共に遅延時間は大きな差は見られない結果になった(図 8)。しかし、PDR は、図 7 のシナリオ 1 の時ノードが 80 台、シナリオ 2 の時 50 台が最大になった。最適なノードの台数が変わった要因としてシナリオ 2 の時は宛先ノードが自分で RREP を返送するため、正確性が増すことが挙げられる。ノードが少ないとノードの移動によるリンク切断のリスクが高まるが、シナリオ 1 の時より切断が少なくなり、少ないノードでも高い PDR を記録できたのではないかと考えられる。また、シナリオ 1 の時は、宛先ノードへの経路を知っている中継ノードが RREP を返送できるため、ノードが多いほうが、より最適な経路を選択することができ、ノードの台数が 80 台の時のこのマップにおいて最適な台数になったのではないかと考えられる。

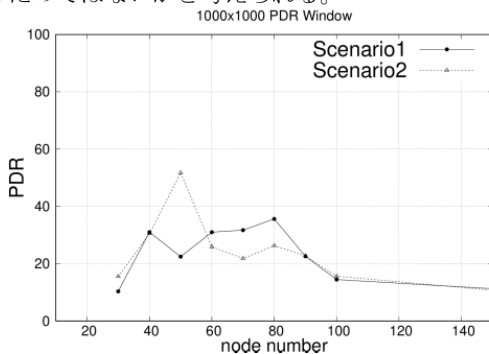


図 7. 1000m × 1000m の PDR

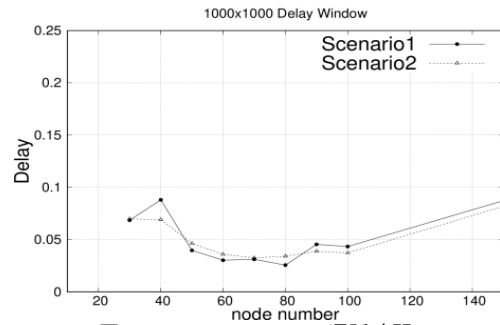


図 8. 1000m × 1000m の遅延時間

2000×2000 の実験ではノードが 10~100 台では通信が行えず、150 台の時の結果しか得られなかった。そのため、ノードの台数を増やし実験をする必要がある。(紙面の関係でグラフは省略する。)

また、RREQ のパケット数についても調べた。500m×500m、1000m×1000m また 2000m×2000m の全てでシナリオによる大きな差はなかった(図 9)。

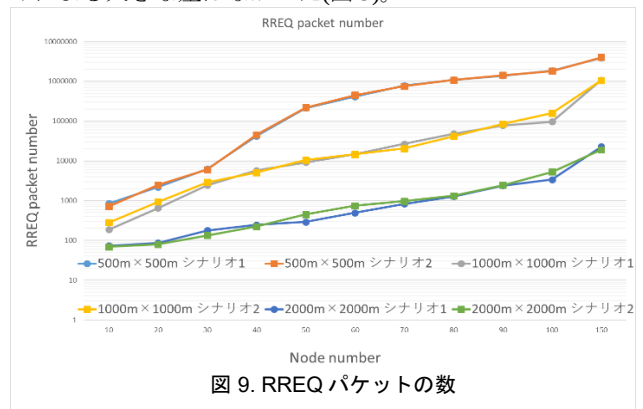


図 9. RREQ パケットの数

5. まとめと今後について

5.1 まとめ

今回の実験では、Destination Only がオフの時とオンの時で PDR や遅延時間の差が出なかったため、セキュリティが高まり、さらに通信性能が下がらないということが確認できた。これによって、Destination Only の有効性を示すことができた。

5.2 今後の研究

今後の実験として、今回ドローンで行ったシミュレーションを自動車で行い、ドローンとの性能比較を考えている。自動車のシミュレーションでは、実際のマップを OpenStreetMap から取り込み、交通シミュレータの SUMO で自動車を走らせ、そのトレースファイルをもとに NS3 で通信のシミュレーションを行う。

参考文献

- [1] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC 3561, 2003.
- [2] M. Dixit, R. Kumar and A. K. Sagar, "VANET: Architectures, research issues, routing protocols, and its applications," 2016 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA), Noida, 2016, pp. 555-561.
- [3] M. K. D. Barma, R. Chowdhuri, N. Debbarma, S. K. Sen and S. Roy, "Enhancing the Performance of AODV Using Node Remaining Energy and Aggregate Interface Queue Length," 2013 International Symposium on Computational and Business Intelligence, New Delhi, 2013, pp. 77-80.