

# MANET-DTN ハイブリッド手法におけるノード疎密情報を用いたルーティングプロトコル

日大生産工(学部) ○松田 和統  
日大生産工 新井 雅之

## 1. はじめに

不安定な通信環境でも信頼性のあるデータ転送を可能とするネットワーク手法の一つとして DTN (Delay Tolerant Networking) が知られている[1]. また, DTN を MANET (Mobile Ad-hoc Network) のように端末が間接的に接続された相互環境で使用できるように拡張したものととして, ハイブリッド DTN が提案されている[2, 3]. ハイブリッド DTN において一部のノードが分断されているような環境では, ノードに付加的な情報を利用することによりデータ転送効率が向上すると期待される[4].

本研究では MANET-DTN ハイブリッド手法において, ノード疎密情報を用いてデータ転送を行うルーティングプロトコルを提案する. 提案手法では, 各ノードから通信半径  $r$  より大きい  $R$  ( $R > 0$ ) 内に存在する近接ノードの総数により疎密情報を判断し, 疎密情報に基づき送信者が配布するコピー数を変化させる. 提案手法についてシミュレーションにより評価を行う.

## 2. 関連研究

### 2.1 DTN のルーティングプロトコル

DTN とは, 長い通信遅延や頻繁なパケットの損失が発生する等の継続的なネットワーク接続が不可能な通信環境や移動環境において, 実時間を犠牲にすることでデータを転送するネットワーク手法である.

DTN の代表的なルーティングプロトコルとして, Epidemic Routing と Spray and Wait が挙げられる[3]. Epidemic Routing では, データ保持したノードは接触した全ノードに対してデータの複製を渡す. 宛先へ最小時間で到達するため到着時間が短くなるが, ストレージ容量に限界がある環境下ではバッファ溢れによる性能が低下する可能性がある. Spray and Wait は, メッセージ作成時に最大コピー数  $L_s$  を設定することで, ネットワーク帯域やストレージの消費を抑制する手法である. 最大コピー数  $L_s$  は, 送信ノードが最初に所持している情報の最大値である. また, データを保持する各ノード  $n_i$  は, パラメータとして整数  $L_i$  を管理する.

図1に Spray and Wait の動作例を示す. 図1(a)のように送信ノード  $n_1$  が  $n_2$  と接触した場合, 図1(b)のとおり  $L_1$  の半分以下の整数をコピーとともに  $n_2$  に渡し  $L_2=1$  とする. 同時に,  $L_2$  から  $L_1$  に渡した分を減算して  $L_1=2$  とする. 図1(c)のように  $n_2$  が  $n_3$  と接触した場合,  $L_2=1$  なので  $n_3$  が宛先ではない場合  $n_3$  にコピーは渡さない.

最大コピー数  $L_s$  は静的に設定されるため, コピー数を小さくしすぎると宛先に到達するまでに大きな遅延が発生する問題が発生する. 逆にコピー数が大きすぎると Epidemic と同様にストレージと通信帯域を多く消費する等の問題が発生する.

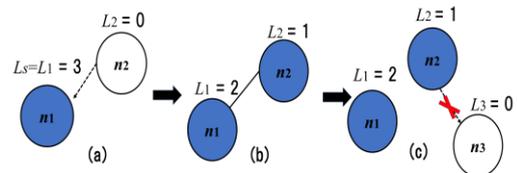


図 1. Spray and Wait の動作例

### 2.2 ハイブリッド DTN

Kawamoto らは, DTN と MANET (Mobile Ad-hoc Network) を組み合わせたハイブリッド DTN を提案した[2]. ハイブリッド DTN における各ノードは, 周辺環境とノードの状態によってネットワークモードとして DTN か MANET を選択する.

原田らは, ハイブリッド DTN を車車間通信に応用した手法を提案した[3]. 車車間通信において車両の移動によりリンクが途切れ頻繁に発生するトポロジの変化に対して, DTN か MANET かの選択により効率的なルーティングを行う.

金田は, ハイブリッド DTN において一部のノードが分断されているような環境では, ノードの過去の位置情報を利用することによりデータ転送を行う手法を提案した[4].

## 3. 提案手法

本研究では, 多数の移動ノードの中で少数の孤立したノードが存在する環境を想定し, 送信ノードが疎密情報を利用し Spray and Wait における最大コピー数  $L_s$  を変更する手法について提案する. ここで, 各ノードの通信半径を  $r$ , 疎密測定半径  $R$  と

する。図2に、ノード  $n_1$  における疎密情報  $d_1$  の計算例を示す。図2では、5個のノード  $n_1 \sim n_5$  が存在するが、疎密情報の計算においては、 $n_1$  から通信半径  $r$  内のノードとの間接的な通信は考慮しない。図2では、 $n_1$  から半径  $R$  の円内に  $n_2, n_3, n_4$  の3個のノードが存在するので疎密情報  $d_1 = 3$  となる。同様に  $d_2 = 2, d_3 = 1, d_4 = 0, d_5 = 0$  となる。

本研究では、 $L_s$  の値を、(a)ネットワーク全体の平均疎密情報、(b)送信時点の平均疎密情報、(c)平均の宛先の疎密情報、(d)送信時点の宛先の疎密情報、の4通りの情報に基づいて決定する。

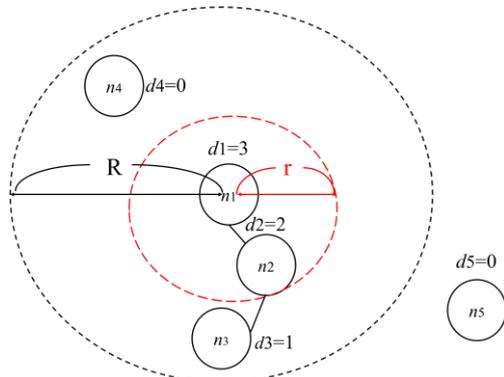


図2. あるノード  $n_1$  における疎密情報  $d_1$  の計算例

## 4. 評価

### 4.1 シミュレーション概要

最大コピー数  $L_s$  を変化させた場合のデータ転送シミュレーションを以下の環境で行った。移動範囲  $1000 \times 1000$  の領域内に  $N = 100$  個のノードが存在する。各ノードは Random Waypoint Model に従って移動し、位置と速度、送信ノード、受信ノードはランダムに決定される。各ノードは1クロックを単位として移動と通信を行う。送信ノードがデータを保持してから受信ノードが受信するまでのクロック数を計測する。この計測を100回ずつ行い、受信までの平均クロック数を計測する。通信半径  $r$ 、最大コピー数  $L_s$  を変化させ、結果を比較する。

### 4.2 シミュレーション結果

図3に通信半径  $r$  と最大コピー数  $L_s$  を変化させた場合の遅延の測定結果を示す。通信半径  $r$  を50, 100に設定し、最大コピー数  $L_s$  を2, 5, 10, 15, 20と変化させた。図3の横軸は最大コピー数  $L_s$  であり、縦軸は遅延時間の平均である。図3において、通信半径  $r$  が50の場合、最大コピー数  $L_s$  が増加するにつれて平均遅延時間は245.03, 125.68, 81.24, 73.29, 69.48と減少している。また、通信半径  $r$  が100の場合、最大コピー数  $L_s$  が減少するにつれて平均遅延時間は124.28, 74.05, 43.60, 30.59, 32.22と減少している。通信半径  $r$  が50と100の場

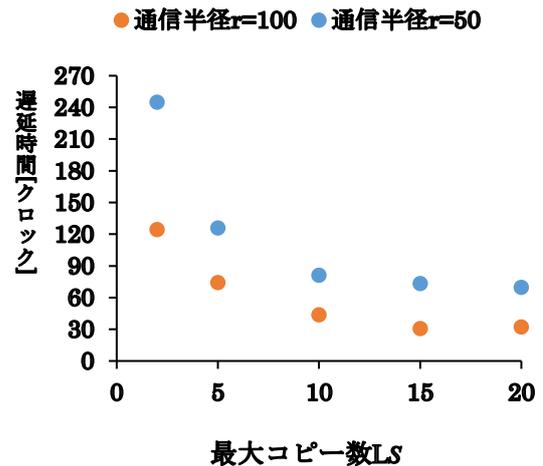


図3. 通信半径  $r$  を変更した場合の遅延時間と最大コピー数  $L_s$

合における平均遅延時間を比較すると、 $L_s$  の値に関わらず約 50% 短縮されていることがわかる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、ノードの疎密情報を用いることでコピー数を変化させるルーティングプロトコルを提案した。シミュレーションの結果から、提案手法を用いることでコピー数  $L_s$  を減少させるにつれて遅延時間の平均が増加することを確認した。また、通信半径  $r$  が大きくなると遅延時間の平均が短縮されることを確認した。今後の課題としては、ノードの疎密情報を用いたコストと遅延時間を考慮した評価尺度の設立と評価尺度に基づく最適なルーティング手法の2点が挙げられる。

### 参考文献

- [1] 鶴正人他, “DTN 技術の現状と展望,” 通信ソサイエティマガジン, No. 16, pp. 57-68, 2011 年.
- [2] Yuichi Kawamoto, et al., “Toward Terminal-to Terminal Communication Networks: A Hybrid MANET and DTN Approach,” IEEE Workshop on Emerging Technologies and Trends for Public Safety Communications, 2013.
- [3] 原田貴雄, 小山明夫, “車車間通信に適した MANET と DTN のハイブリッド型ルーティングプロトコル,” 電子情報通信学会短距離無線通信研究会技術研究報告, SRW2013-42, pp. 25-30, 2013 年.
- [4] 金田大輝, “ハイブリッド DTN における到達遅延改善を目的とした位置情報考慮ルーティングプロトコル,” 日本大学生産工学部数理情報工学科提出卒業論文, 2017 年.