

交差点における建物遮蔽とリンク状態を考慮した地理的 opportunistic routing

高橋 柊人
Shuto Takahashi

立命館大学大学院情報理工学研究所

1 まえがき

複雑な都市環境での車両アドホックネットワーク (VANETs) では、建物や樹木などの障害物が多数存在するため、シャドウイングやフェージングが起り、電波伝搬の妨害が発生する。しかし、多くの既存 opportunistic routing の性能評価では、シミュレーションでシャドウイングの影響が考慮されておらず、通信性能が過大評価されている可能性がある。そこで、本研究では、シャドウイングが既存ルーチングプロトコルに与える影響をネットワークシミュレータ NS-3 のシャドウイングモデルである Obstacle Model を用いて調査し、シャドウイングを考慮した新たな交差点ベースのルーチングプロトコル (SIGO) を提案する。

2 既存ルーチングプロトコルの問題

近年、opportunistic routing が注目を集めている。これは従来の geographic routing [1] などに比べ、中継ノードがパケット受信する機会を増やすことで通信性能の向上を果たしている。opportunistic routing の基本モデルを図 1 に示す。ノード N_s が送信ノード、 N_d が宛先ノードである。送信ノード N_s は中継候補ノードとして、 $N_1 \sim N_n$ を選択し、選択したノードそれぞれに優先順位を指定してパケットを送信する。受信した $N_1 \sim N_n$ のノードはそれぞれ自身の優先順位を確認し、優先順位の高いノードから再転送を行う。また、各中継ノードは自身より優先度の高いノードの再転送を受信すると自身の再転送をキャンセルし、冗長なパケットの増加を防いでいる。これらのことから、opportunistic routing において、優先度決定アルゴリズムが通信性能に直接影響を及ぼすことがわかる。

代表的な opportunistic routing として LSGO[2] が提案されている。LSGO では、予想伝送コストと呼ばれる VANET 用に最適化された ETX 値を、優先度を決定する指標として使用し、パケット到達率の向上、エンドツーエンド遅延の減少を実現している。しかし、既存ルーチングプロトコルの課題として、シミュレーションの性能評価として、建物によるシャドウイングが考慮されていないことが挙げられる。この問題によりこれらの protocol は通信性能を過大評価している可能性がある。本研究では、シャドウイングが引き起こされる環境で、LSGO との通信性能の比較を行う。

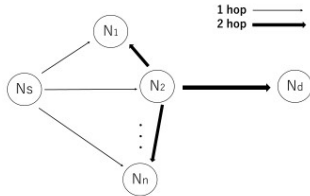


図 1 opportunistic routing の基本モデル

3 提案手法

本研究では、中継ノードを選択し、優先度を決定するための指標として、宛先ノードまでの進捗 (送信ノードに比べてどれだけ宛先ノードに近い)、リンク状態、交差点度数の 3 つの指標を用いた SIGO を提案する。

3.1 概要

SIGO では、各ノードは定期的に自ノードの ID, X 座標, Y 座標で構成された Hello パケットをブロードキャストする。送信ノードは宛先ノードにパケットを届けるために、Hello パケットの情報をもとに、近隣ノードの中から中継候補ノードを複数選択し、それらに優先度をつけ、パケットに情報として加えてブロードキャストする。

3.2 リンクの品質の推定

SIGO では、各ノードが Hello パケットを定期的にブロードキャストし、それを用いてリンク状態 ETX を推定する。Hello パケットは、自ノードの ID, X 座標, Y 座標で構成されている。ETX を算出するために、各ノードは近隣ノードから最初に Hello パケットを受信した時間 t_0 を記録する。そして、現在時刻を t 、ウィンドウサイズを w (second)、Hello パケットの送信間隔を τ とすると、予想伝送確率 $r(t)$ はウィンドウサイズ w で場合分けされ、式 (1) で算出される。

$$r(t) = \begin{cases} \text{count}(t, t_0), & 0 < t - t_0 < 1, \\ \frac{\text{count}(t, t_0)}{(t - t_0) / \tau}, & 1 \leq t - t_0 \leq w \\ \frac{\text{count}(t - w, t)}{w / \tau}, & t - t_0 \geq w \end{cases} \quad (1)$$

ウィンドウサイズ w は、 $r(t)$ を算出する際に、現在時刻 t より以前に取得した Hello パケットの有効期間である。例えば、現在時刻 $t=10$ (s)、ウィンドウサイズ $w=5$ (s) とすると、時刻 5(s) より古い Hello パケットの情報は $r(t)$ を算出する際には用いない。 $(t, t_0) / \tau$ は、ウィンドウサイズの間に受信されるべき Hello パケット数であり、 $\text{count}(t, t_0)$ は $t \sim t_0$ の期間中に実際に受信された Hello パケットの数である。

各近隣ノードとのリンクの非対称性は考慮せず、一方方向の予想伝送確率 $r(t)$ のみを使用して ETX を計算する。一方方向伝送確率が $r(t)$ であると仮定すると、リンク ETX は式 (2) で算出される。

$$ETX = \frac{1}{r(t)^2} \quad (2)$$

3.3 交差点度数

SIGO では、建物によるシャドウイングの影響を最小限にするため、交差点ノードが優先的に中継ノードとして選択される指標を追加する。各送信ノードはリンクを持つノードが位置する道路セグメントのうち最も中心座標が宛先ノードに近い道路セグメントを 1 つ選択する。送信ノードが送信するパケットが、選択した道路に存在するノードのうち少なくとも 1 つのノードに届くと予想される確率 R_p を以下の式 (3) で算出する。

$$R_p = 1 - \prod_{r=1}^N (1 - r_r(t)) \quad (3)$$

$r_r(t)$ は最も近い道路セグメントに存在するノード r との予想伝送確率である。 N はその道路セグメントに存在するノ

ド数である。

交差点を優先する指標である交差点度数 I_f は以下の式 (4) で算出される。

$$I_f = \alpha \frac{90 \left(\frac{\theta}{90} \right)^{\frac{1}{\gamma}}}{R_p} \quad (4)$$

θ は送信ノードと宛先ノードを結ぶ直線と、送信ノードと交差点ノードを結ぶ直線のなす角、 γ は角度 θ をガンマ補正するためのガンマ補正值、 α は交差点度数の重み付けである (図 2)。交差点度数 I_f は θ が大きいほど、 R_p が小さいほど大きくなり、次節で述べる優先度決定アルゴリズムにより交差点ノードが優先される可能性が増加する。これは、 R_p が小さいときは、交差点ノードを優先し、選択した道路セグメントに存在するノード群に交差点ノードを介してパケットを中継していくことが狙いである。

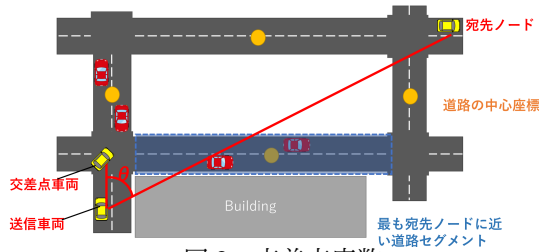


図 2 交差点度数

3.4 優先度スケジューリングアルゴリズム

SIGO では、タイマーベースの優先度スケジューリングアルゴリズムを使用する。このアルゴリズムでは、最も優先度が高いノードが最初にパケットを送信する。他の候補ノードは、優先順位の高いノードからのパケットを受信すると、自身のパケットを破棄する。タイマーが期限切れになり、自身より優先度の高いノードからのパケットを受信していない場合、送信を開始する。SIGO は以下の式 (5)(6) によって、ノード i の優先度が算出される。

$$\frac{D_{sd} - D_{id}}{ETX_i^2} + I_f, D_{id} < D_{sd} \quad (5)$$

$$\frac{D_{sd} - D_{id}}{ETX_i^2}, D_{id} < D_{sd} \quad (6)$$

D_{sd} は送信ノードから宛先ノードまでの距離、 D_{id} は候補ノード i から宛先ノードまでの距離である。 $D_{id} < D_{sd}$ の条件を満たさない場合は、優先度の計算を行わずに中継候補ノードから除外する。式 (5) はノード i が交差点ノードの場合、式 (6) は交差点ノード以外に位置する場合に適用される。式 (5) または (6) で算出された値が大きいほどノード i の優先順位が高くなる。送信ノードからのパケットを受け取った各ノードは自身の優先度に従いタイマーを設定する。優先順位ごとのタイマーの間隔を T とすると優先度 p (p が最も優先順位が高い) のタイマーは $(p - 1)T$ で設定する。

4 性能評価

性能評価では、ネットワークシミュレータ NS-3 と交通流シミュレータ SUMO を用いて評価を行う。また、シャドウイングの影響をシミュレーションで考慮させるため、電波減衰モデルとして Obstacle shadowing model[4] を用いた。シミュレーションパラメータを表 1 に示す。本研究では提案手法の有効性を評価するためにエンドツーエンド遅延、パケット到達率の 2 つの評価項目で、既存手法である LSGO protocol との比較を行った。

シミュレーション結果を図 3, 4 に示す。パケット到達率は、送信ノードが送信した合計パケット数に対する、宛先ノードが受信したパケット数の合計の比率、エンドツーエンドの遅延は送信ノードがパケットを送信してから宛先ノードが正常に受信するまでにかかる平均時間として定義する。図 3 の通り、ノード数が少ないときは SIGO は LSGO に比べてパケット到達率、エンドツーエンド遅延が向上しているが、ノード数が増加するほど低下していることがわかる。これはノード数が増加するほど R_p が増加しているにもかかわらず交差点ノードが優先されてしまうことが原因だと推測される。

表 1 シミュレーションパラメータ

Simulation area	2100m × 2100m
Mobility model	Random mobility
Transmission range	250m
Number of vehicles	600 ~ 1000
Weight value(α)	0.07
Timer interval(T)	0.04

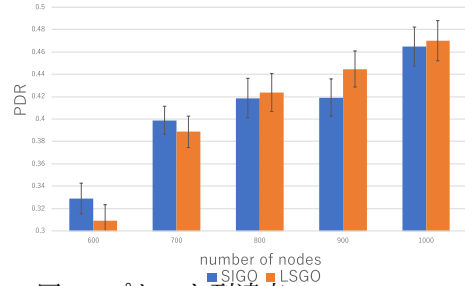


図 3 パケット到達率 SIGO vs LSGO

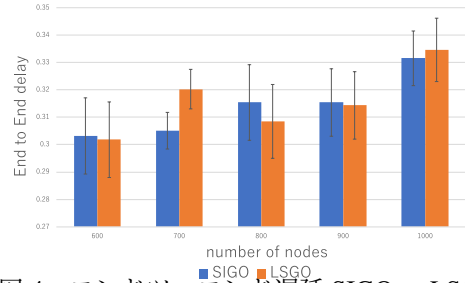


図 4 エンドツーエンド遅延 SIGO vs LSGO

5 まとめ

本研究では、交差点ノードを優先することでパケット到達率とエンドツーエンド遅延が共に向上する可能性があることを示した。今後の課題として、今回のシミュレーションでは予想に反し、既存手法に比べて通信性能が悪化してしまったが、 R_p が増加した時に交差点ノードが優先されないように優先度の式において θ だけでなく、 R_p にもガンマ補正を行うなどの対策を検討する。

参考文献

- [1] B Karp, HT Kung, "GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks", in Proceedings of Mobile Computing and Net-working, Boston, pp. 243–254, August 2000
- [2] Uelian Cai, Ying He, Chunchun Zhao, Lina Zhu, and Changle Li, "Lsgo: Link state aware geographic opportunistic routing protocol for vanets", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Vol. 2014, No. 1, p. 96, June 2014.
- [3] S. E. Carpenter and M. L. Sichitiu, "An obstacle model implementation for evaluating radio shadowing with ns-3," in Proc. WNS, pp.17–24, May 2015.