

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

Building Shadowing on Intersection and Link State aware
Geographic Opportunistic Routing for Urban VANETs

立命館大学大学院情報理工学研究科

©高橋 柊人 吉田 政望 ガジェゴスラモネト アルベルト 野口 拓

研究背景

車両アドホックネットワーク(VANETs)

- 車車間で構成される無線通信ネットワーク

☆特徴

- ・車両の高い移動性による, ネットワークトポロジーの変化
- ・建物などの障害物が電波伝搬を妨害する

Routing Protocol for VANETs

- ノードのモビリティや建物の存在を考慮したルーティングプロトコルが必要



図1.VANET

出典: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-v2v-comunicacion-entre-vehiculos/>

研究目的

既存研究の問題点

- VANETのシナリオの多くは都市部が想定されている
 - シミュレーション評価でシャドウイングの影響が考慮されていない
- ⇒シャドウイングの影響が考慮されたルーチングプロトコルが設計されていない

研究目的

1. シャドウイングの影響を評価した場合の通信性能への影響の調査
2. シャドウイングの影響を考慮したルーチングプロトコルの提案

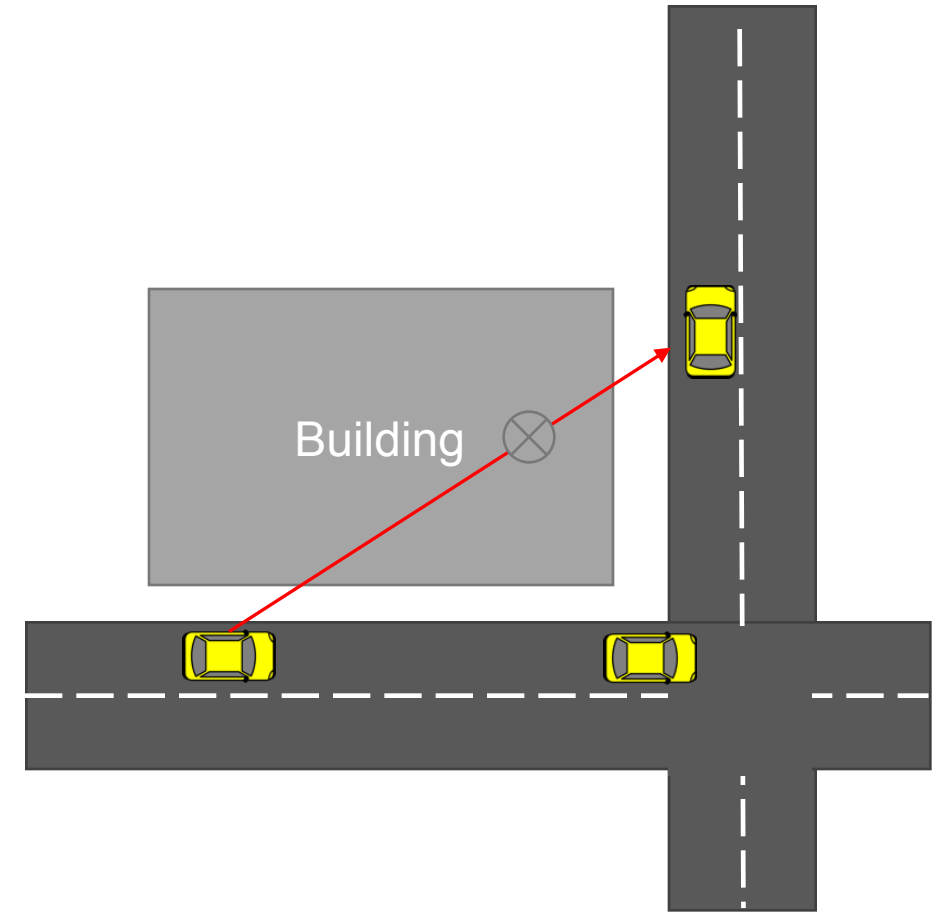


図2.shadowingが起こるトポロジ

Opportunistic Routing

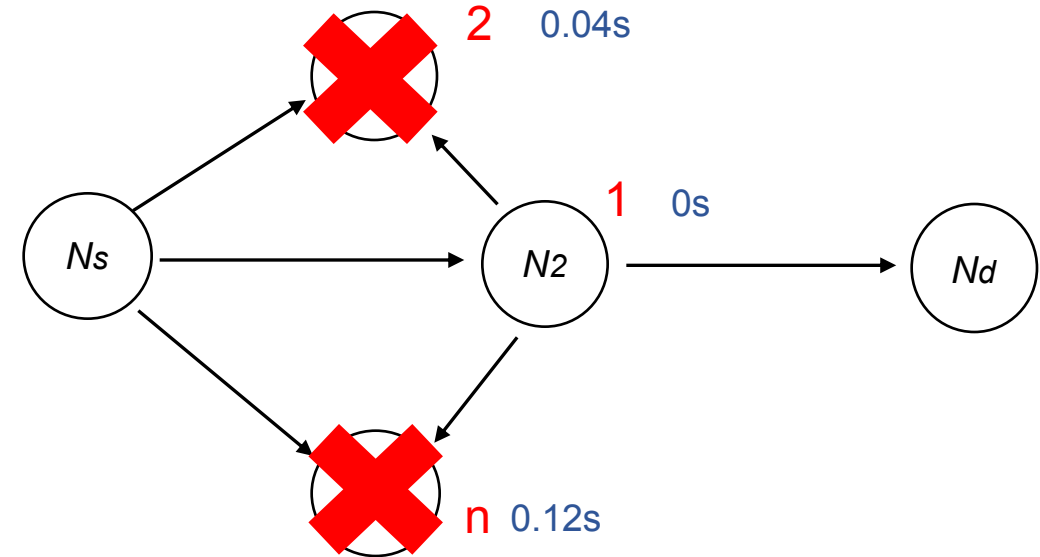
Opportunistic Routing

- タイマーベースのルーチング
- 中継するパケットを受信する機会を増やし通信性能の向上を図っている

Basic Opportunistic Routing

1. 送信ノードが中継候補ノードの優先順位を決定する
2. 1の情報をパケットに情報として加えてブロードキャストする
3. 受信したノードは自身の優先順位に従って待ち時間を設定する
4. タイムアウトした場合再転送を行う
5. 自身より優先度の高いノードからの再転送を受信した場合自身の再転送をキャンセルする

⇒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



N_s :送信ノード $N_1 \sim N_n$:中継候補ノード N_d :宛先ノード

図3. Basic Opportunistic routing

既存研究

EXOR

- 中継ノードの優先度をETXと類似した独自の予想伝送コストを用いて決定している
⇒従来のホップ数に着目したルーティングよりも性能が向上

LSGO

- 予想伝送コストETX値を動的なモビリティを持つVANET用に最適化し、優先度を決定する指標として使用した

⇒これらのプロトコルは通信性能を評価する際shadowingによる電波減衰の影響を考慮していない

提案手法(SIGO) 概要

SIGO概要

Helloパケット: 各車両は定期的に自身のID,位置情報を送信する

中継パケット: 送信ノードが候補ノード数と候補ノードの優先順位を決定し送信する

3つの指標(リンク状態、宛先までの進度、**交差点度数**)を用いて中継ノードを選択する

⇒SIGOでは**交差点ノード**の優先度が高くなるように設定し、シャドウイングの影響を最小限にする

$DesID$	$Xpos$	$Ypos$	ID_1	ID_2	ID_i	$....$	ID_N	$DATA$
---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

$DesID$: 宛先車両のID

$Xpos, Ypos$: 宛先車両の位置情報

$ID_1 \sim ID_N$: 候補車両のID

$DATA$: ペイロード部

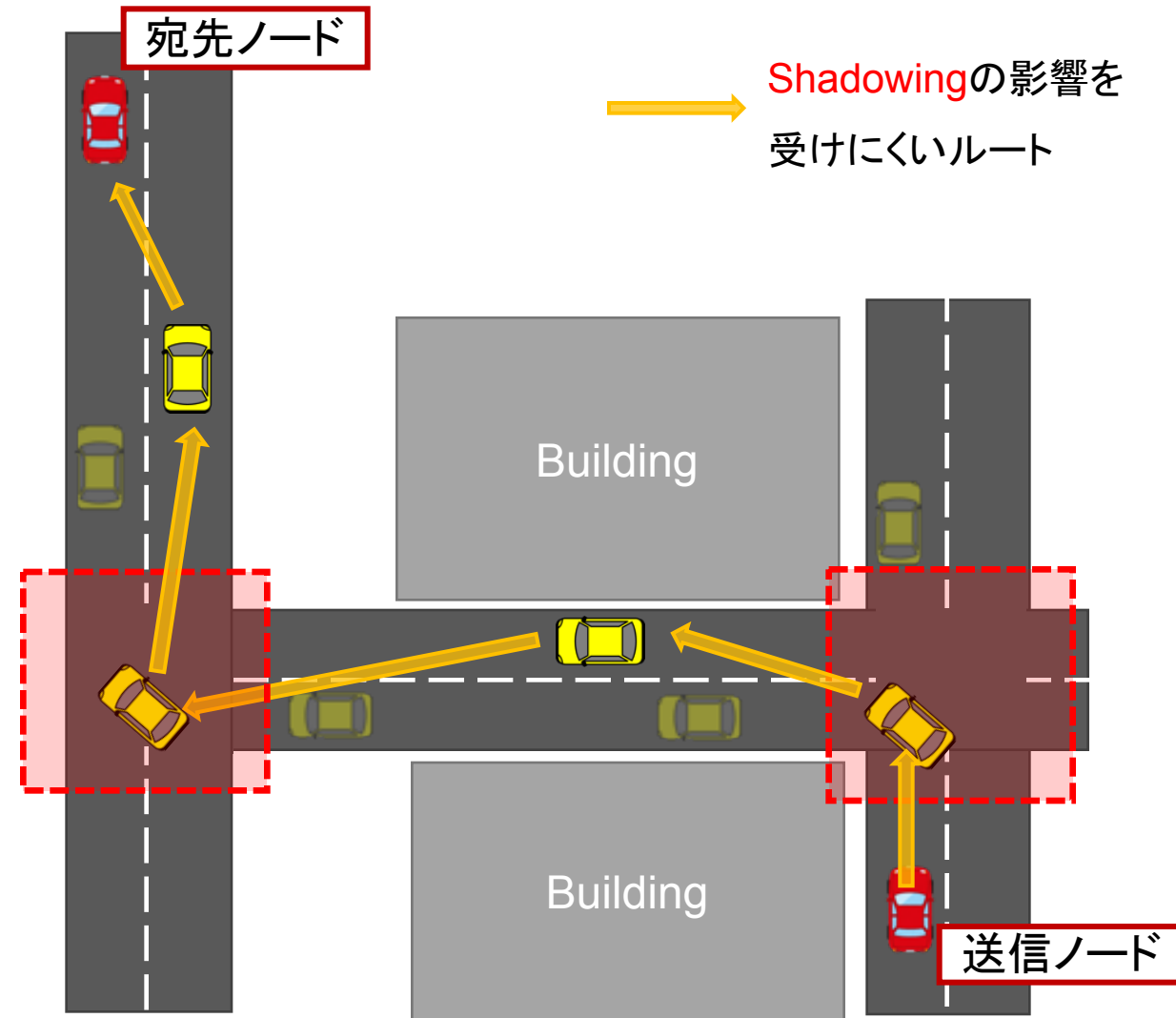


図4. SIGOの概要

提案手法(SIGO) リンク品質の推定

リンク品質(ETX)の推定

- 各ノードは隣接ノードから最初にHelloパケットを受信した時刻 t_0 を記録
- 送信ノードは時刻 t における各隣接ノードの**予想伝送確率** $r(t)$ を以下の式で算出する

$$r(t) = \begin{cases} \text{count}(t, t_0) & , 0 < t - t_0 < 1 \\ \frac{\text{count}(t, t_0)}{(t - t_0) / \tau} & , 1 \leq t - t_0 \leq w \\ \frac{\text{count}(t - w, t)}{w / \tau} & , t - t_0 \geq w \end{cases} \Rightarrow \text{ETX} = \frac{1}{r(t)^2}$$

$\text{count}(t, t_0)$: $t \sim t_0$ の間に取得したHelloパケットの数

w : ウィンドウサイズ(現在時刻 t より以前に取得したHelloパケットの有効期間)

τ : Helloパケットの送信間隔

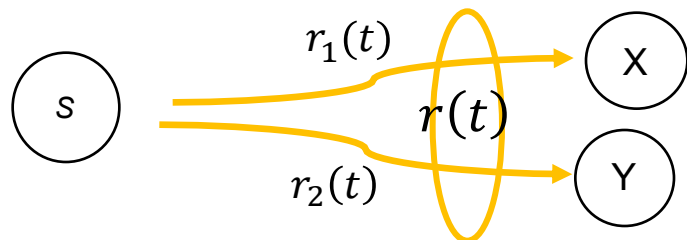


図7. 伝送確率

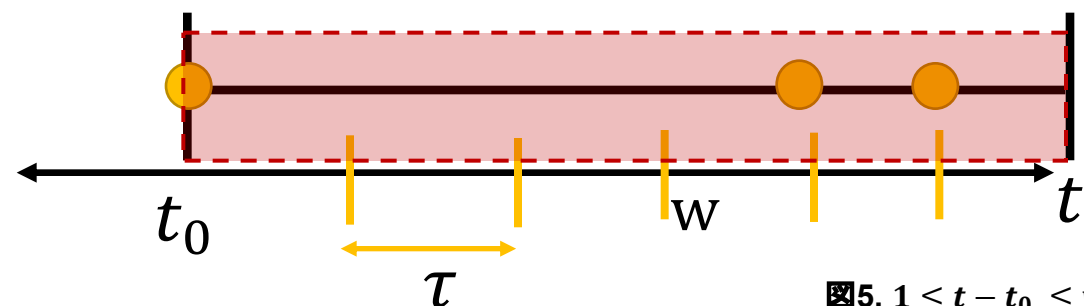


図5. $1 \leq t - t_0 \leq w$

$$r(t) = \frac{\text{count}(t, t_0)}{(t - t_0) / \tau} = \frac{3}{6}$$

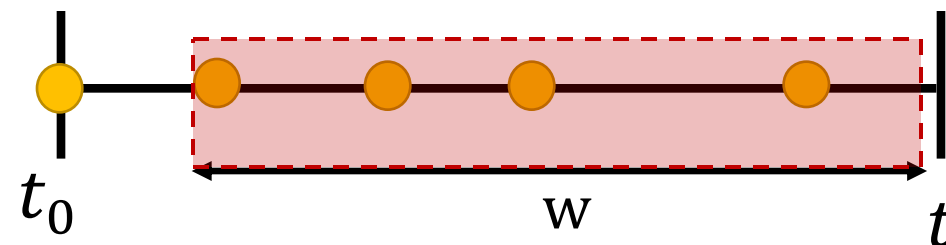


図6. $t - t_0 \leq w$

$$r(t) = \frac{\text{count}(t - w, t)}{w / \tau} = \frac{4}{5}$$

提案手法(SIGO) 交差点度数

交差点度数

- SIGOでは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を優先する指標を用いる

$$\text{交差点度数} = \alpha\theta$$

α : 交差点度数の重みづけ

θ : 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度

α が大きいほど θ が大きいほど **交差点度数** が増加

⇒ 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やすくなる

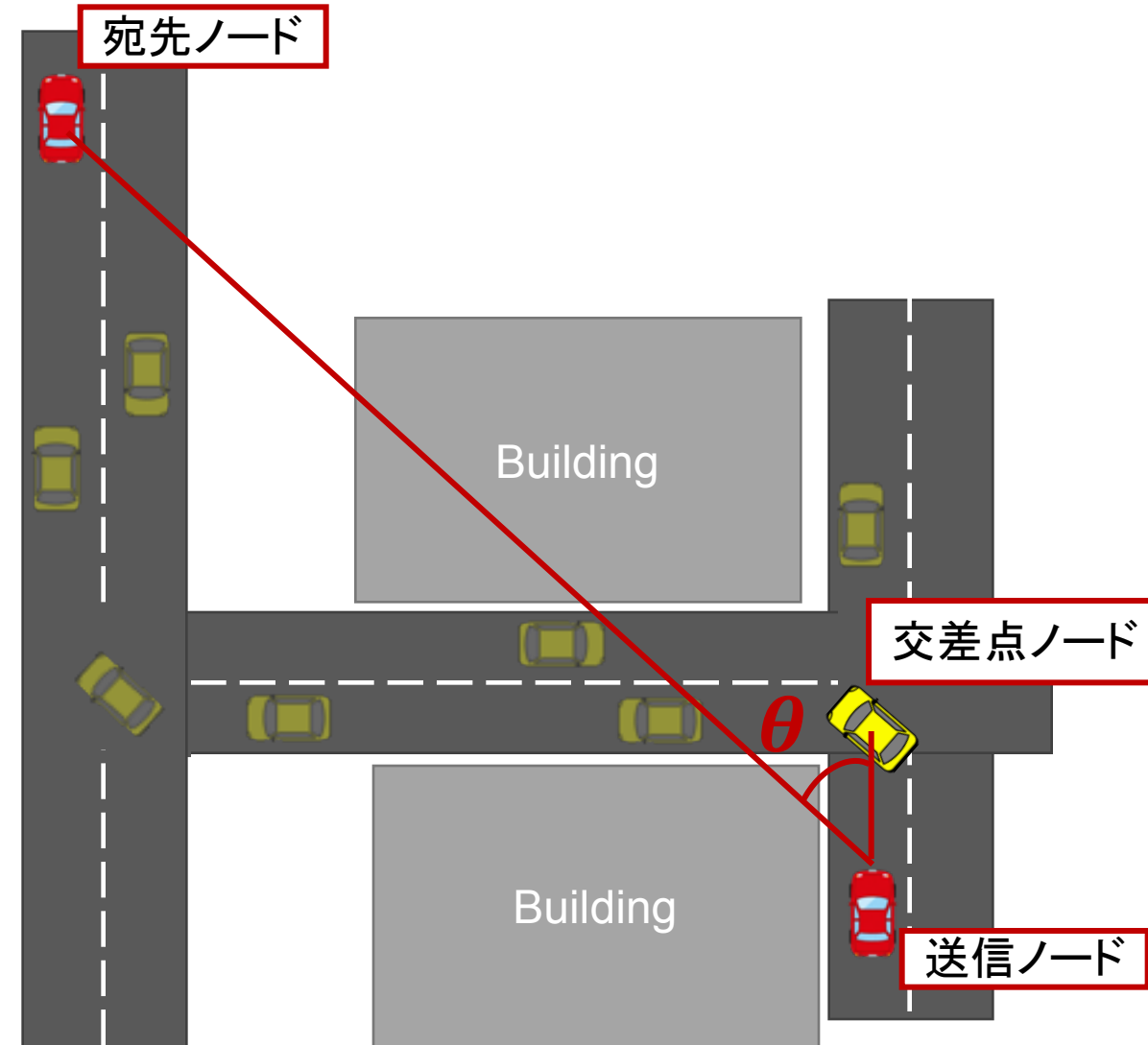


図8. 交差点度数

提案手法(SIGO) 優先度スケジューリングアルゴリズム

優先度スケジューリングアルゴリズム

- 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
- ⇒最も優先度の高いノードが最初にパケットを送信する
- ノード*i*の優先度を以下の式で算出する

$$\frac{Dsd - Did}{ETXi^2} \times \alpha\theta, Did < Dsd \quad (i \text{が交差点ノード})$$

$$\frac{Dsd - Did}{ETXi^2}, Did < Dsd \quad (i \text{が交差点ノード以外})$$

(1)または(2)の式を用いて送信ノードが中継候補ノードの優先度を決定

Dsd: 送信ノードから宛先ノードまでの距離

Did: 候補ノードから宛先ノードまでの距離

⇒(1)または(2)で算出された値が大きいほど優先順位が高くなる

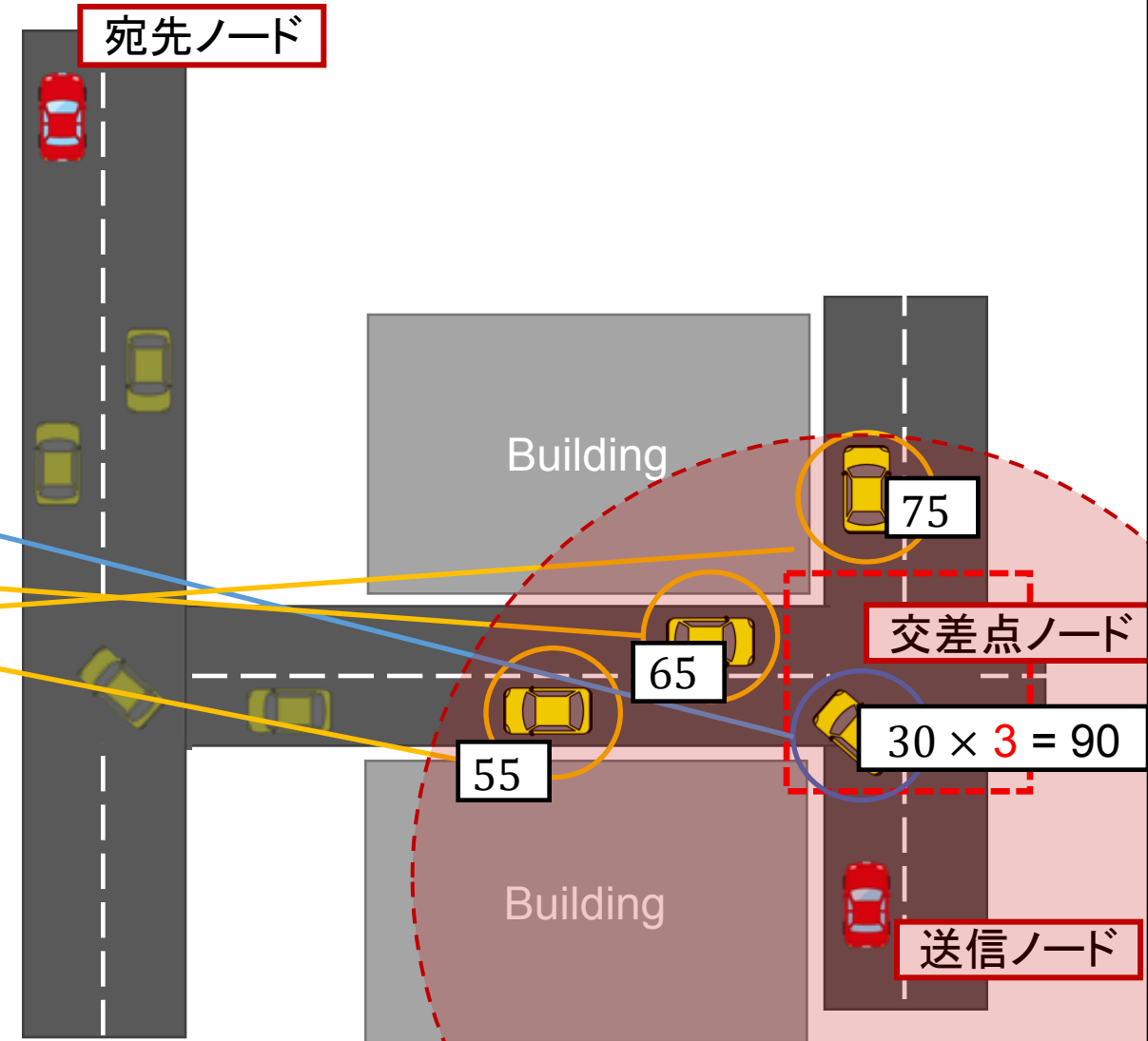


図9. 優先度スケジューリングアルゴリズム

提案手法(SIGO) 中継候補ノード選択アルゴリズム

中継候補ノード選択アルゴリズム

- SIGOは信頼性を確保しながら、送信回数を減らすために中継候補ノード数を最適化する
- 隣接ノードの優先順位を $p = 1, 2, \dots, N$ (1 が最も優先順位が高い) とすると, 候補ノード数 N は次の条件を満たす必要があり, 候補ノードは $1 \sim N$ に制限される.

$$1 - \prod_{i=1}^N (1 - r_p(t)) \geq R$$

$r_p(t)$ ($1 \leq p \leq N$): 送信ノードが保持する隣接ノード (優先順位 p) に対する予想伝送確率

$1 - \prod_{i=1}^N (1 - r_p(t))$: 送信ノードからのパケットを候補ノード $1 \sim N$ のいずれかが受信する確率

R : 上記の確率の閾値

中継候補ノード選択

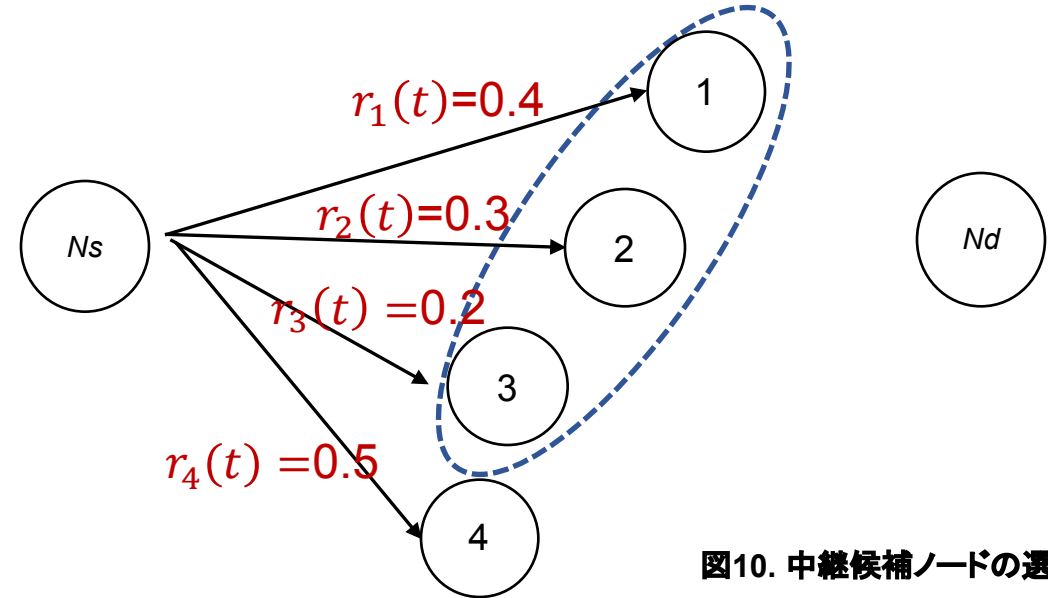


図10. 中継候補ノードの選択

✗ $N = 1: 1 - \{(1 - 0.4)\} \geq 0.6$

✗ $N = 2: 1 - \{(1 - 0.4) * (1 - 0.3)\} \geq 0.6$

○ $N = 3: 1 - \{(1 - 0.4) * (1 - 0.3) * (1 - 0.2)\} \geq 0.6$

$\Rightarrow N=3$ となり中継候補ノード数は3個になる

性能評価

既存ルーチングの評価

- Shadowing が起こるときの通信性能への影響を調査

SIGOの評価

- LSGOと通信性能を比較

評価項目

パケット到達率：
$$\frac{\text{宛先ノードが受信した合計パケット数}}{\text{送信ノードが送信した合計パケット数}}$$

エンドツーエンド遅延：送信ノードから正常に宛先ノードに配信された平均時間

オーバーヘッド：
$$\frac{\text{宛先ノードが受信した合計パケット数}}{\text{ネットワーク全体で各ノードが送信したパケット数の合計}}$$

シミュレーション設定

ネットワークシミュレータ NS-3

- 電波減衰モデルとしてObstacle shadowing modelを使用

交通流シミュレータ SUMO

- ランダムなモビリティを使用 建物データをNS-3へexport

シミュレーションパラメータ

図8. $1 \leq t - t_0 \leq w$

Simulation area	2100m × 2100m
Mobility model	Random mobility
Transmission range	250m
Number of vehicles	500 ~ 1000
Packet size	512bytes
Hello interval	1s
Window size w	10s
Simulation time	35s
Weighting α	0.07

シミュレーションシナリオ

建物が多いシナリオ

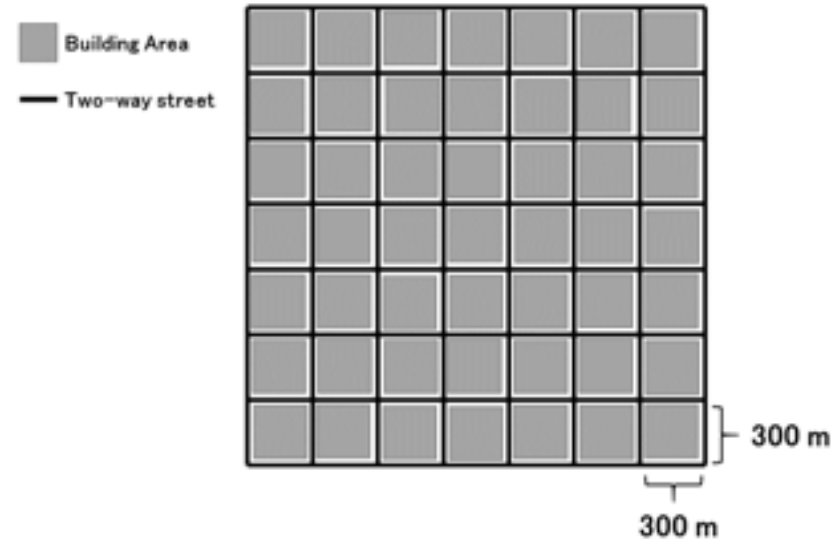


図11. 建物が多いシナリオ

建物が少ないシナリオ

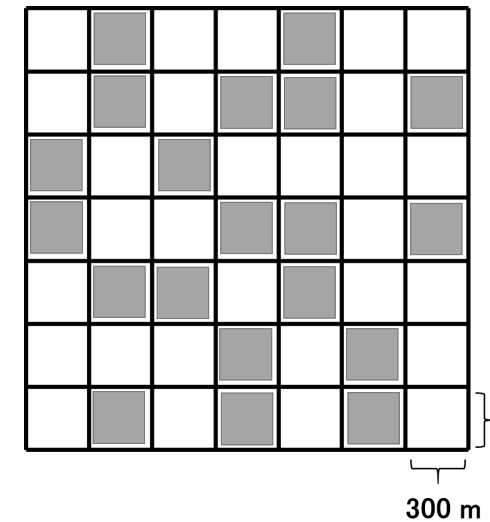
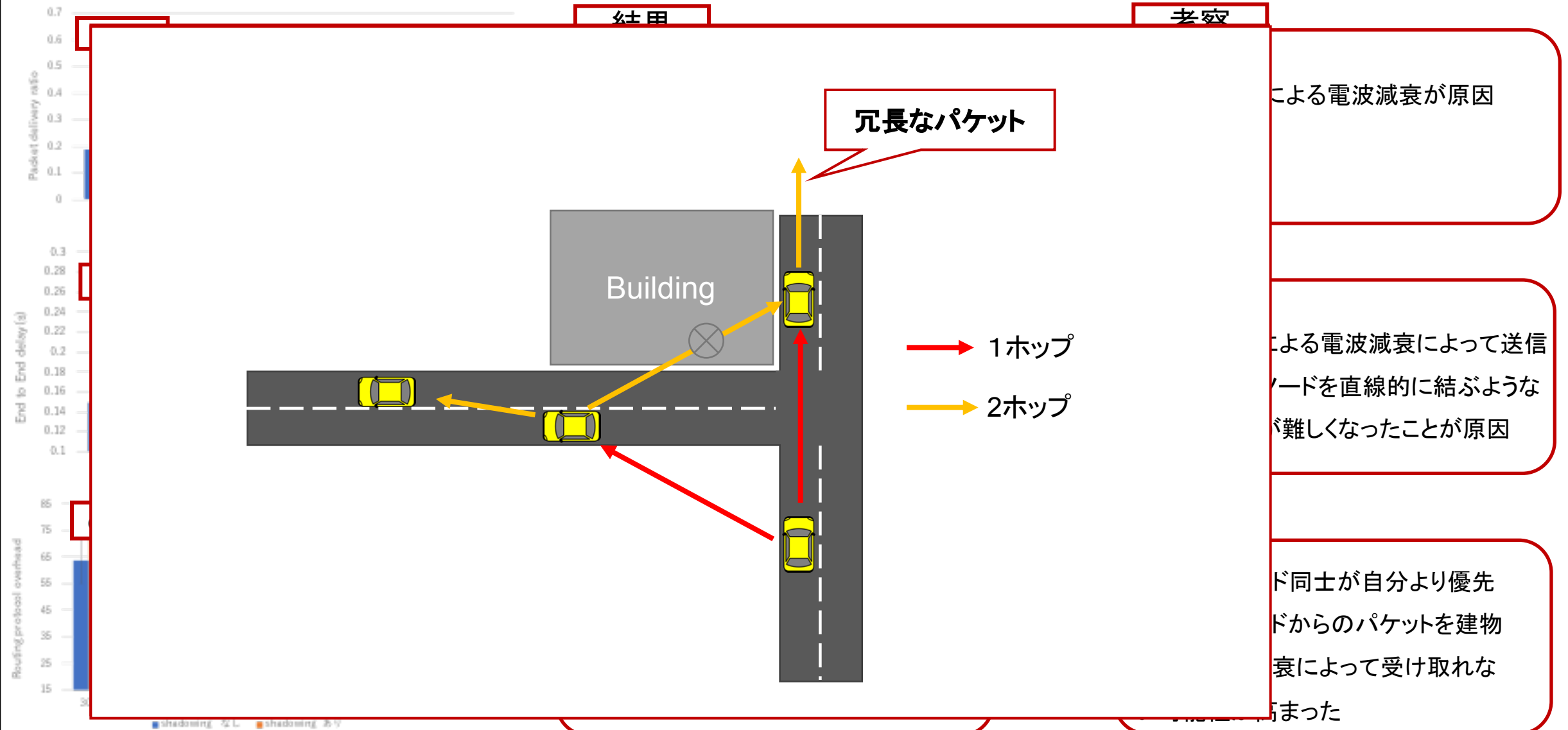
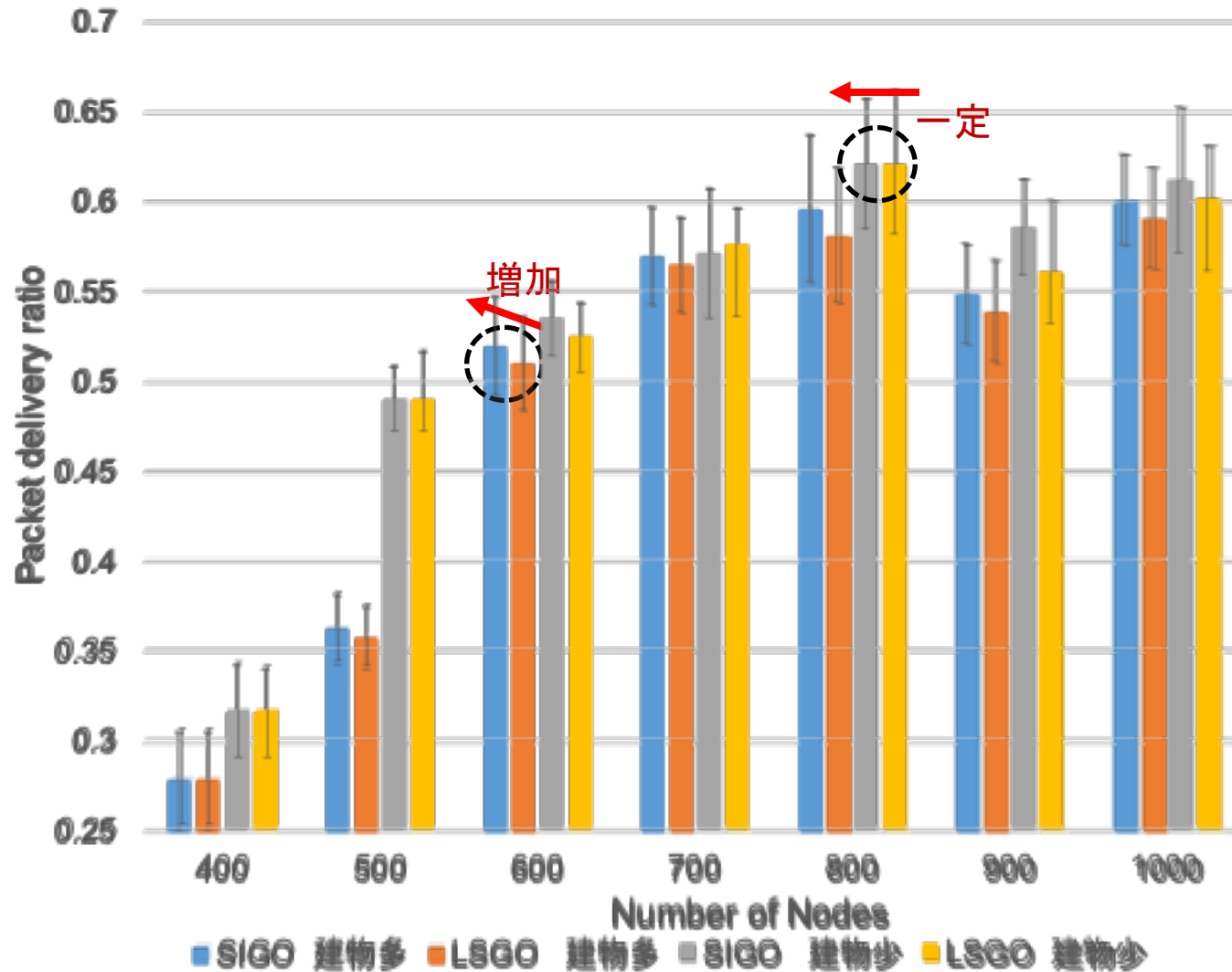


図12. 建物が少ないシナリオ

既存手法(LSGO)におけるshadowingの影響



SIGOの評価 PDR



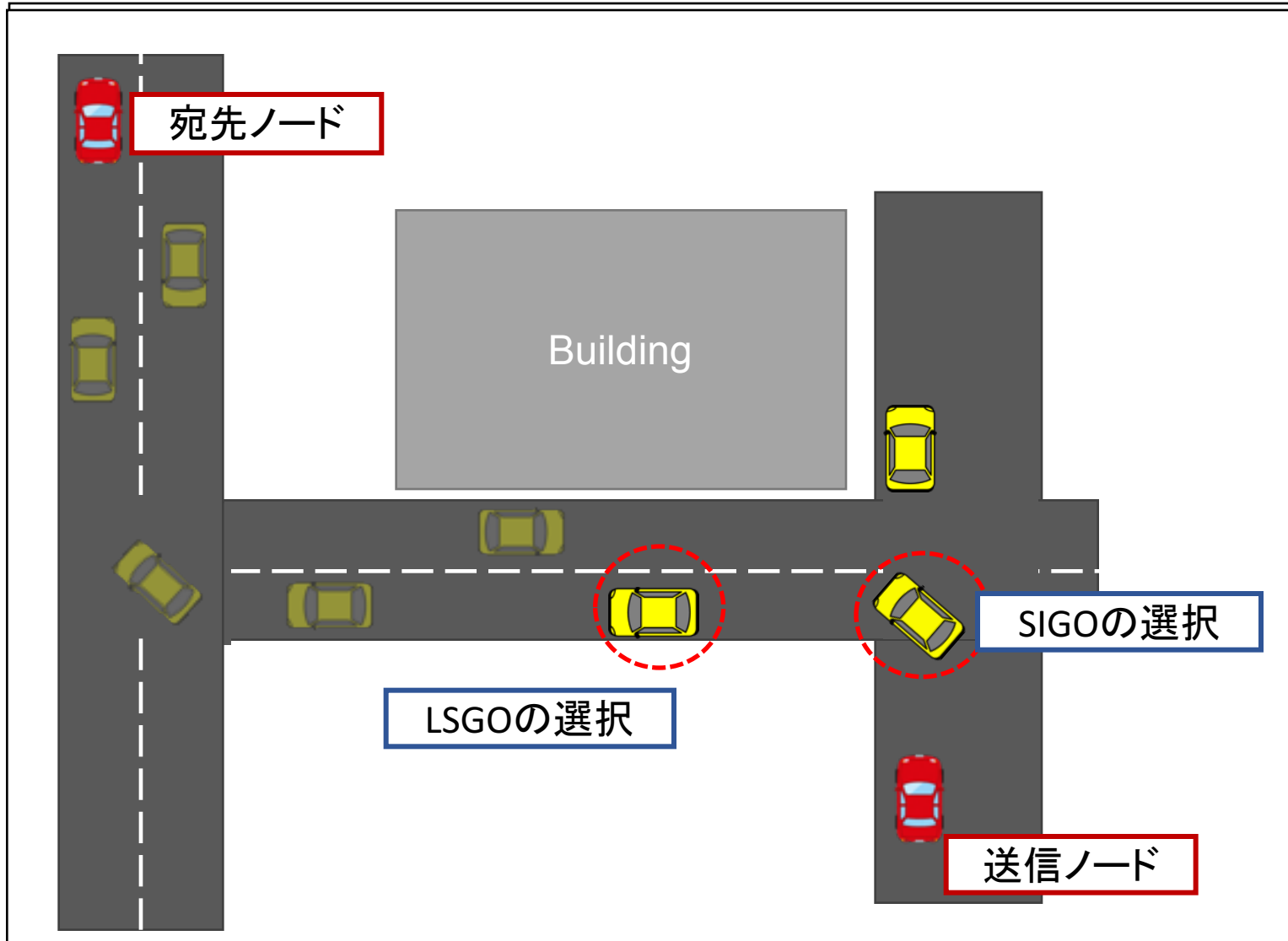
結果

- 建物が多い環境ではパケット到達率が向上した
- 建物が少ない環境では安定したパケット到達率の向上はなかった

考察

- **SIGO**では交差点ノードの優先度が高くなる可能性が高くなるのでshadowingの影響を受けにくいルートの形成がされたことが原因

SIGOの評価 End to End delay



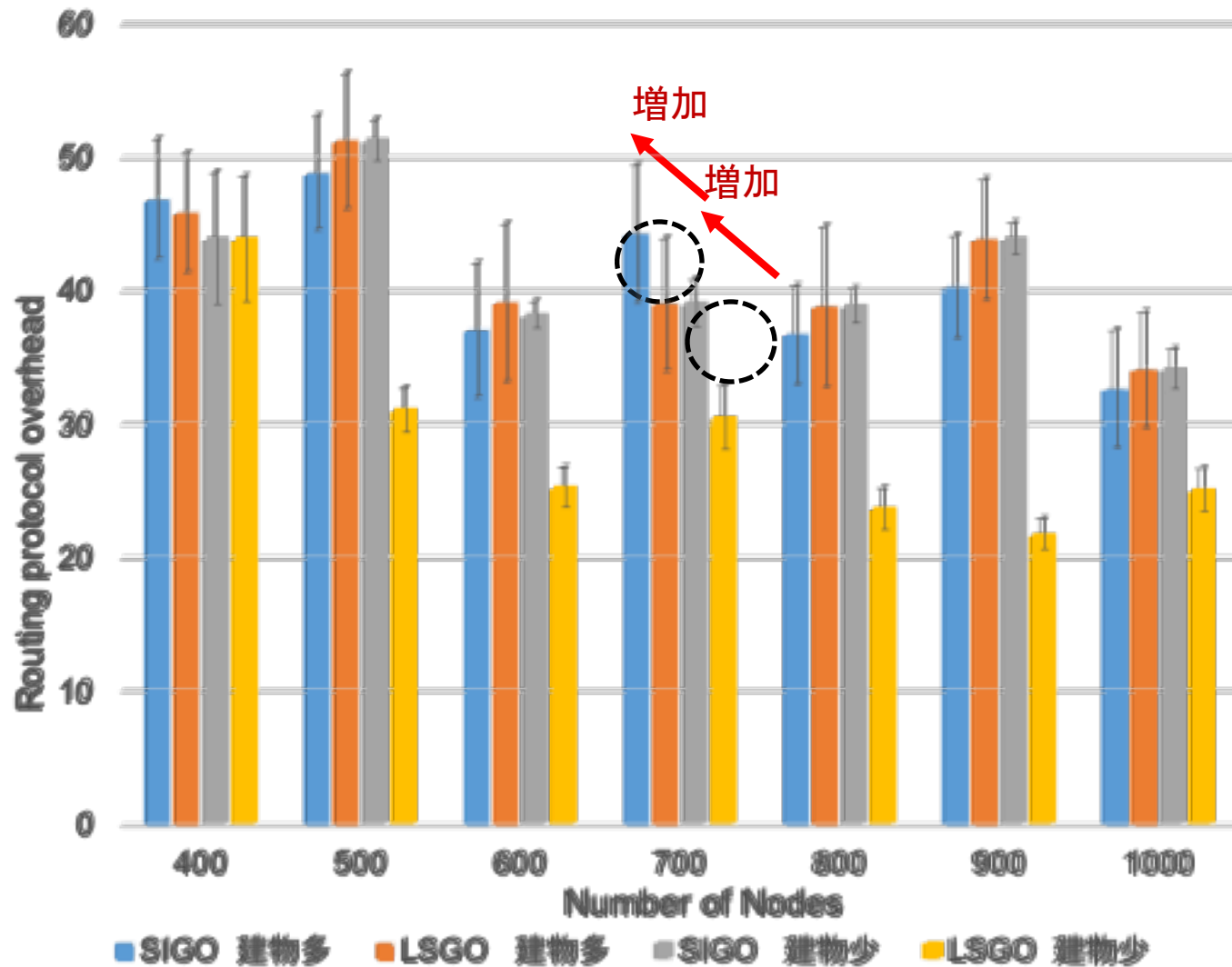
結果

- 建物が多い環境ではエンドツーエンド遅延が減少した
- 建物が少ない環境ではエンドツーエンド遅延が増加した

考察

- 図のような場合SIGOでは交差点ノードが中継車両に選択される可能性が高くなり最短経路が形成されやすくなったのが原因
- 建物が少ない環境でも交差点ノードが中継車両に選択される可能性が高まりホップ数が増加したことが原因

SIGOの評価 Overhead

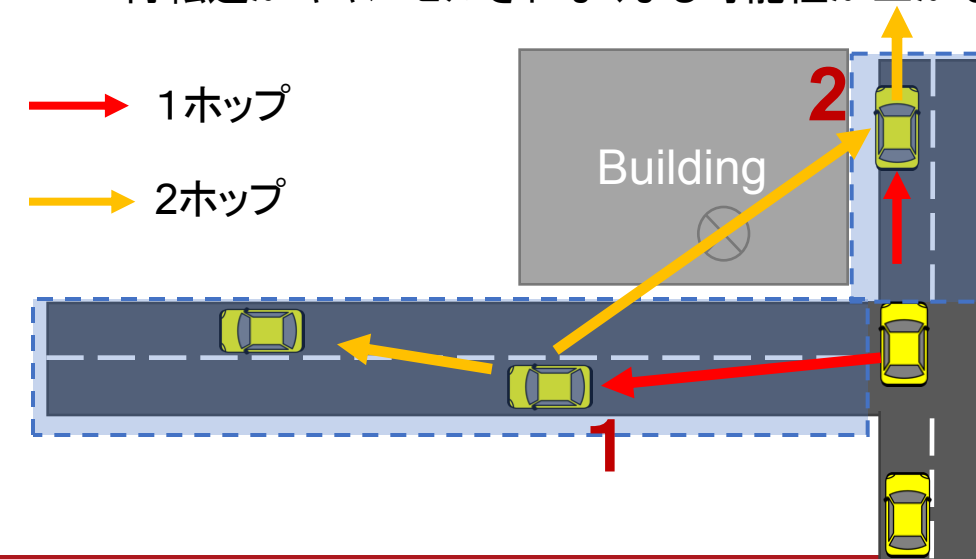


結果

- 建物が多いとき少ないときとも増加した

考察

- 図のように交差点ノードがパケットを中継した場合複数の異なる道路に存在するノードを候補ノードとして選択する
⇒再転送がキャンセルされなくなる可能性が上がる



まとめ・今後の展望

既存プロトコルのshadowingを考慮した評価

- Shadowingによる電波減衰により通信性能が低下することを示した

Shadowingを考慮したルーティング手法(SIGO)の提案

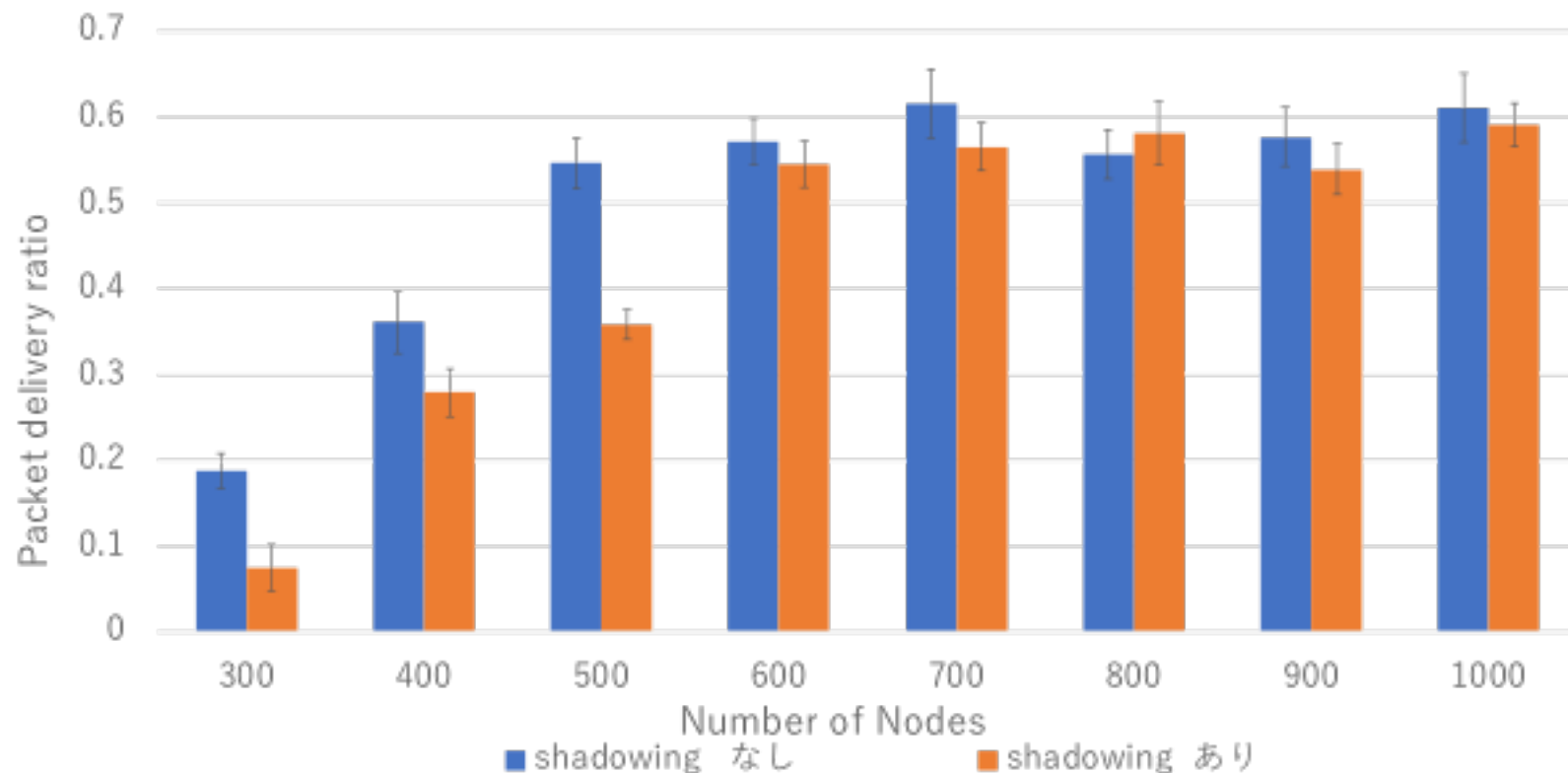
- 建物が多い場合の通信性能の向上を示した

今後の課題

交差点度数の重みづけ α ：定数ではなく道路状況によって適応的に設定する対策が必要

オーバーヘッド増加への対策：ノードの優先度だけではなく道路の優先度を決定することで冗長なパケットを防ぐ対策が必要

LSGOにおけるshadowingの影響 PDR



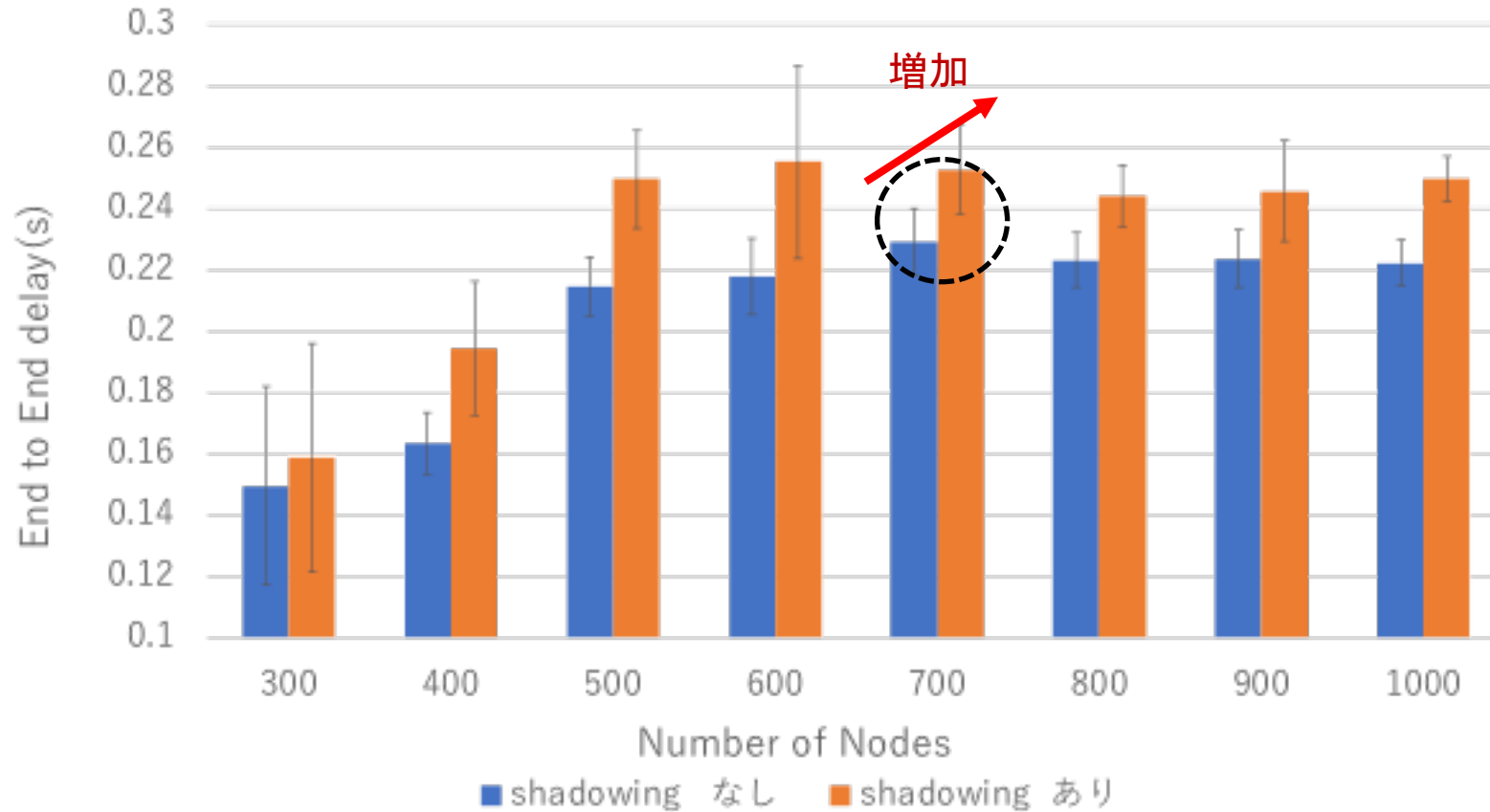
結果

- パケット到達率が減少した

考察

- Shadowingによる電波減衰が原因

LSGOにおけるshadowingの影響 End to End delay



結果

- エンドツーエンド遅延が増加した

考察

- Shadowingによる電波減衰によって送信ノードと宛先ノードを直線的に結ぶような経路の形成が難しくなったことが原因

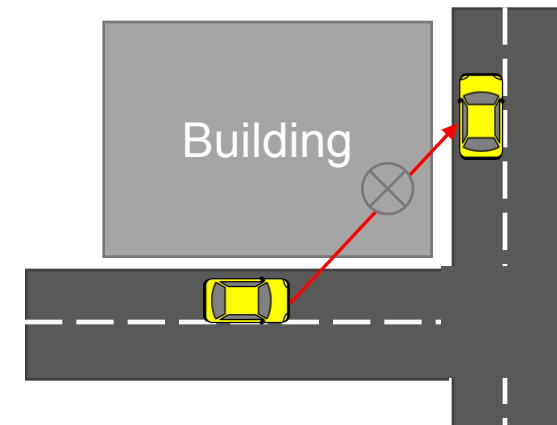
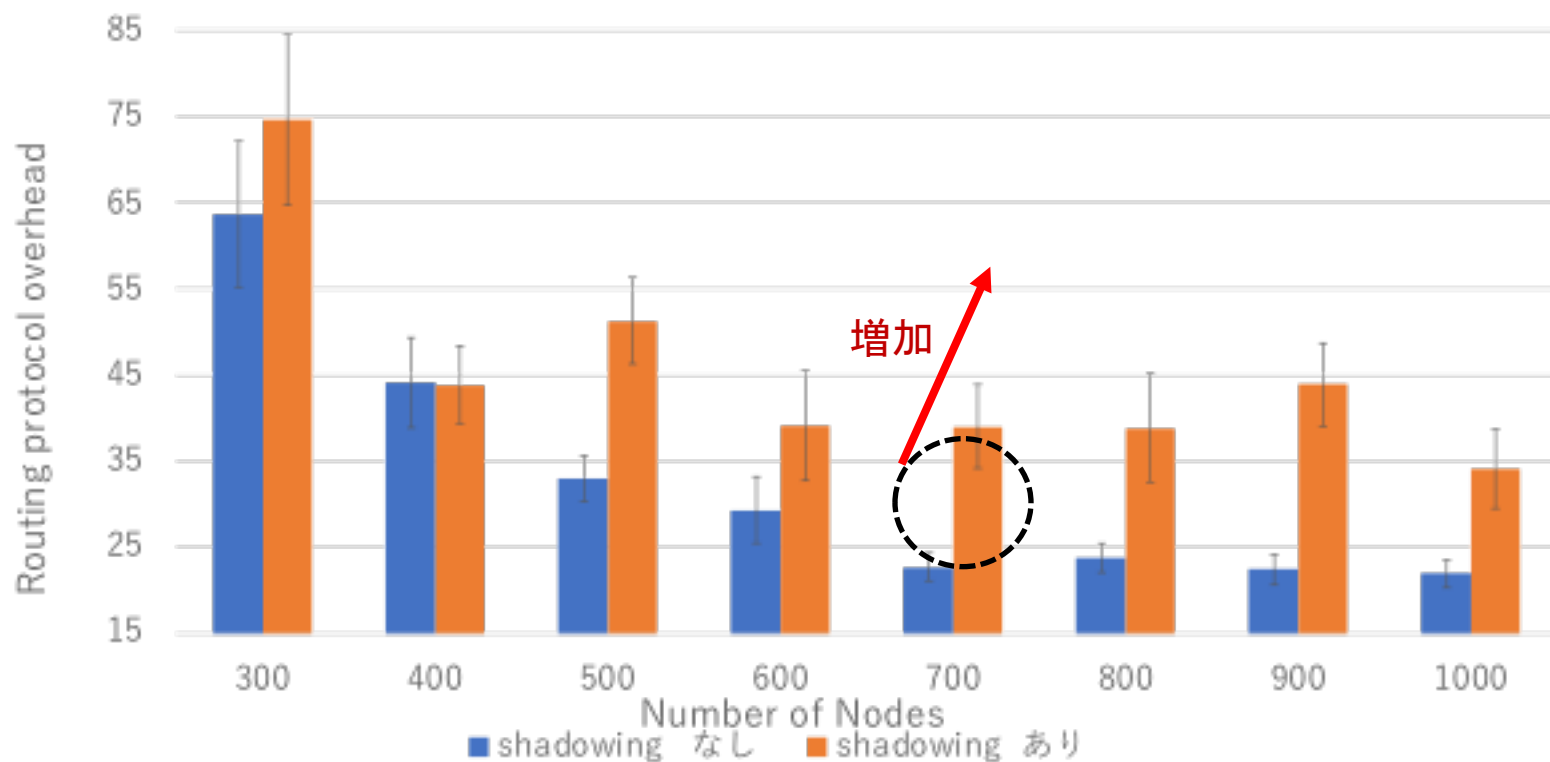


図8. $1 \leq t - t_0 \leq w$

LSGOにおけるshadowingの影響 Overhead

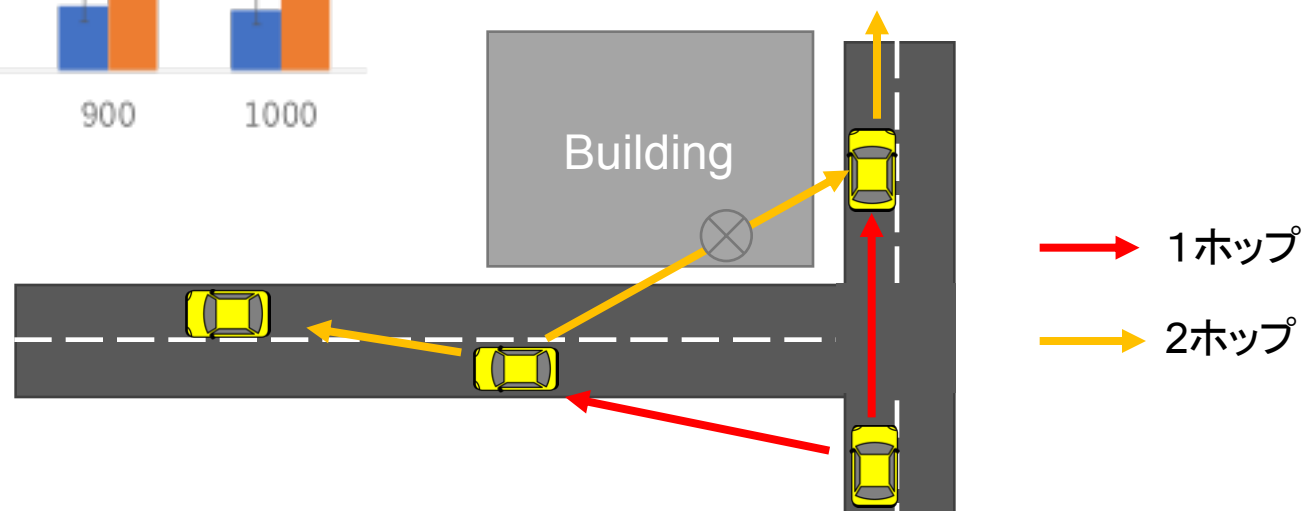


結果

- Overheadが増加した

考察

- 中継候補ノード同士が自分より優先度の高いノードからのパケットを建物による電波減衰によって受け取れない可能性が高まった



提案手法(SIGO) 概要

SIGO概要

Helloパケット: 各車両は定期的に自身のID,位置情報を送信する

中継パケット: 送信ノードが候補ノード数と候補ノードの優先順位を決定し送信する

⇒3つの指標(リンク状態、宛先までの進捗、交差点度数)を用いて
中継ノードを選択する

SIGOの流れ

1. 送信車両が中継候補ノードの個数と優先順位を決定
2. 中継パケットをブロードキャスト
3. 各候補ノードは中継パケットの優先順位に従いタイマーを設定

タイマーが切れる ⇒ 1.2へ

他の中継ノードからのパケットを受信する ⇒ 終了

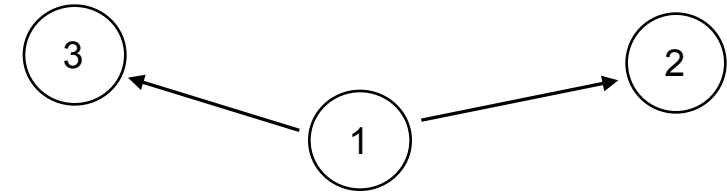


図4. Hello Packet

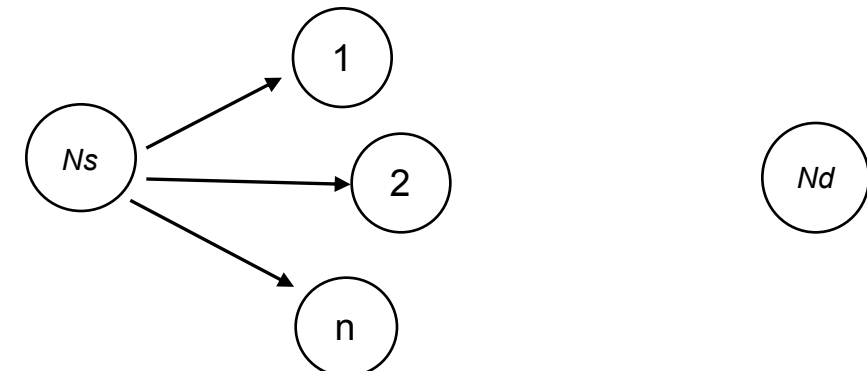


図5. 中継パケットの例

$DesID$	$Xpos$	$Ypos$	ID_1	ID_2	ID_i	ID_N	$DATA$
---------	--------	--------	--------	--------	--------	------	--------	--------

$DesID$: 宛先車両のID

$Xpos, Ypos$: 宛先車両の位置情報

$ID_1 \sim ID_N$: 候補車両のID

$DATA$: ペイロード部

図6. 中継パケットフォーマット