



ツリー型無線センサネットワークにおける バッファ占有率を考慮したアクティブ期間制御方式

千葉大学大学院 融合理工学府

○富田 康平 小室 信喜



研究の背景

■ 無線センサネットワーク

環境モニタリング

温度センサなど

ホームオートメーション

制御用センサなど

産業における制御

振動検知センサなど

デバイスはバッテリー駆動

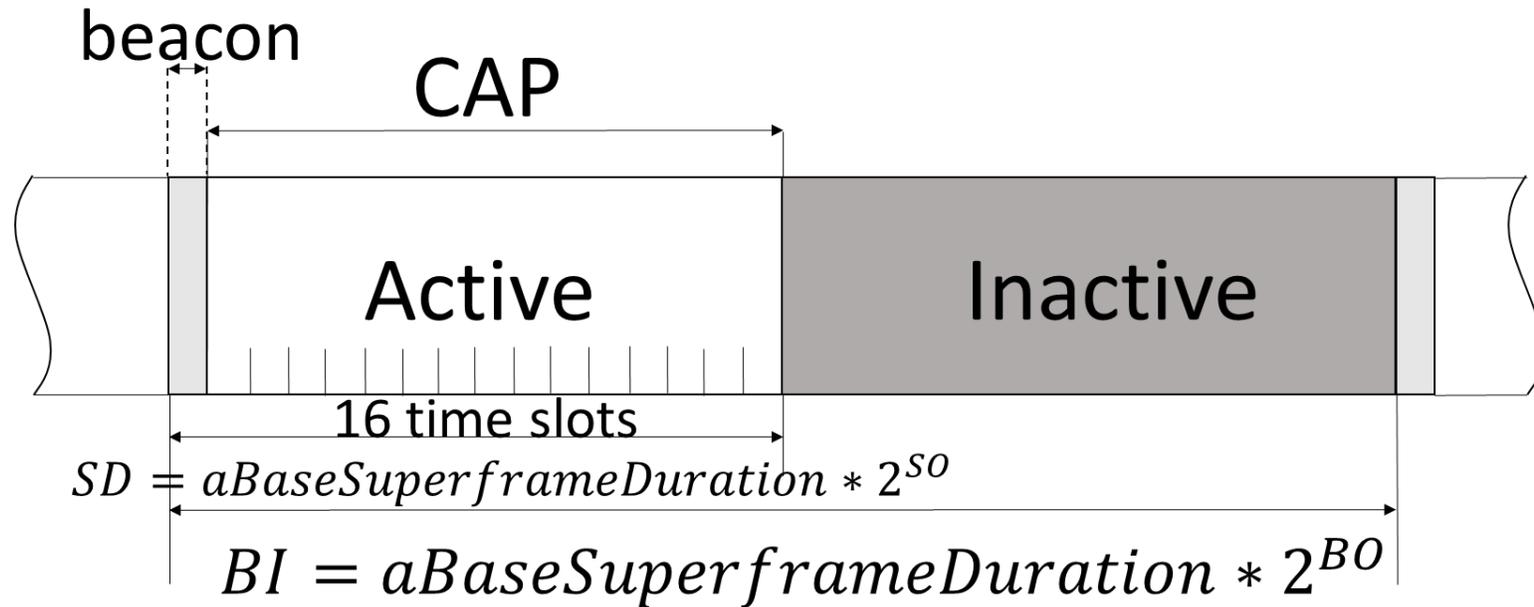
様々なデータ種別が混在

省電力化、QoSが課題

データレート
トポロジ  ヘテロジニアス



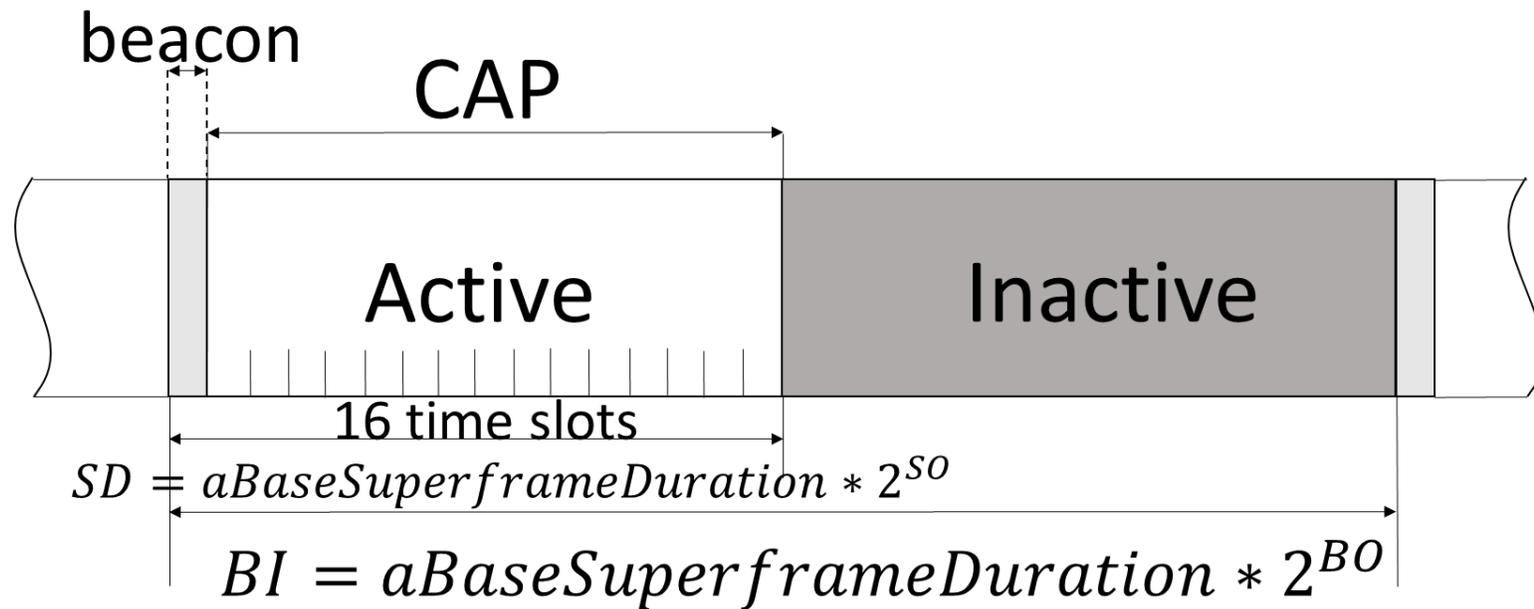
■ SuperFrame構造



- ✓ このサイクルをDuty-Cycleとよぶ
- ✓ スーパーフレーム全体に対するアクティブ期間の比によってセンサネットワークの通信特性が変化

$$DC = \frac{SD}{BI} = \frac{2^{SO}}{2^{BO}}$$

■ SuperFrame構造



✓ このサイクルをDuty Cycleとよぶ

✓ アクティブ期間中に
✓ ホモジニアスセンサネットワーク向け

に

✓ ヘテロジニアスセンサネットワークでの制御が困難

- ネットワークライフタイムやヘテロジニアスセンサネットワークの研究
 - ✓ TMP(Tele-Medicine Protocol)方式[1]
 - ✓ エンドツーエンド遅延を一定値以下に保証

[1] M. S. Akbar, H. Yu, S. Cang, "TMP: Tele-Medicine Protocol for Slotted 802.15.4 With Duty-Cycle Optimization in Wireless Body Area Sensor Networks,"IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 17, No. 6, pp. 1925-1936, Mar. 2017



- ネットワークライフタイムやヘテロジニアスセンサネットワークの研究
 - ✓ TMP(Tele-Medicine Protocol)方式[1]
 - ✓ エンドツーエンド遅延を一定値以下に保証

■ 課題

- ✓ 高データレートノードの配信率が低下
- ✓ ツリー型センサネットワークへの適用が困難

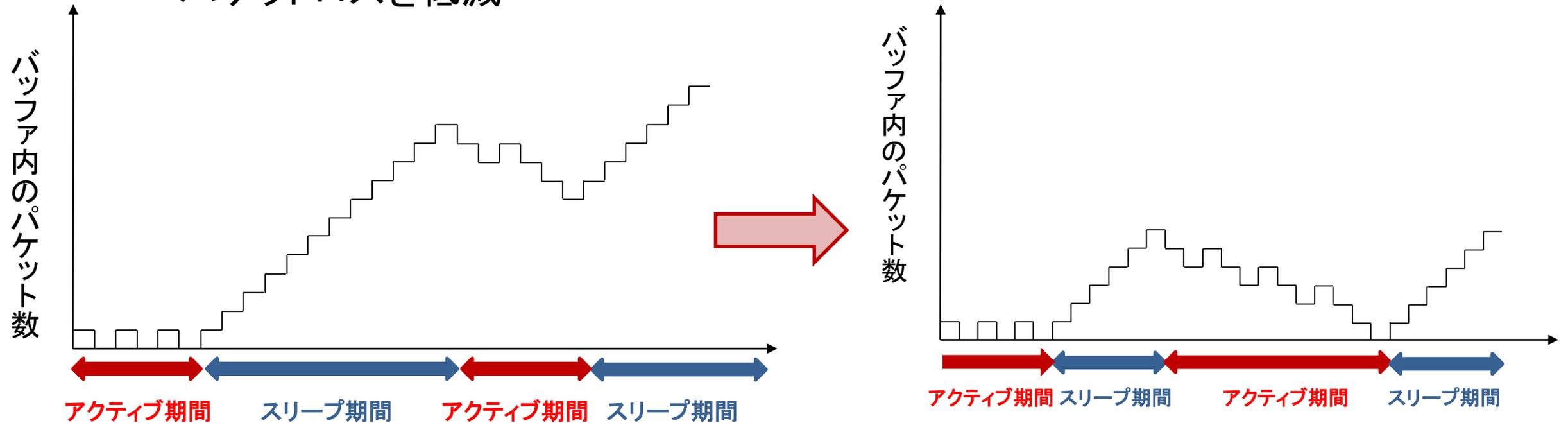
[1] M. S. Akbar, H. Yu, S. Cang, "TMP: Tele-Medicine Protocol for Slotted 802.15.4 With Duty-Cycle Optimization in Wireless Body Area Sensor Networks,"IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 17, No. 6, pp. 1925-1936, Mar. 2017



本研究の目的

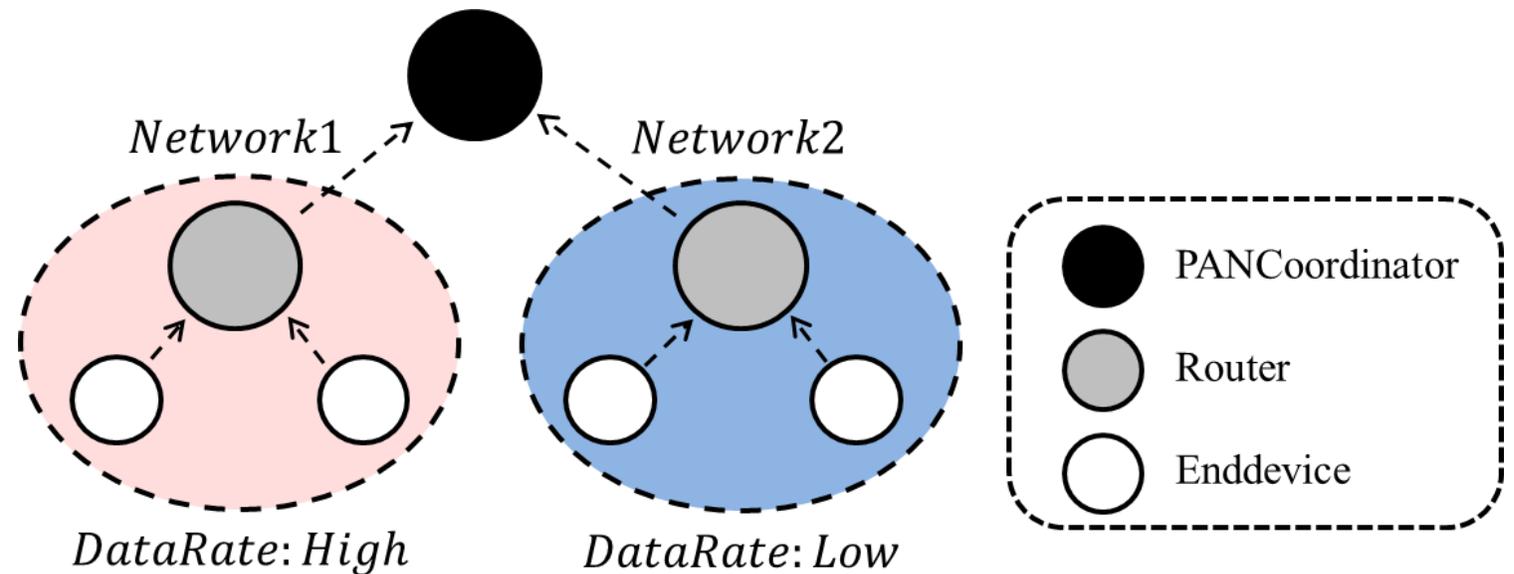
■ 配信率を考慮したアクティブ期間制御方式を提案

- ✓ ヘテロジニアスセンサネットワークにおける高データレートノードのバッファ内のパケット数を見積り、Duty-Cycleを制御
- ✓ パケットロスを低減



本研究の目的

- ✓ 従来方式ではサブネットワークごとにDCを制御しない
 - ✓ 特性が異なるネットワークで十分な性能を発揮できない
 - ✓ 提案方式ではルータノードごとにDCを決定
 - ✓ 遅延
 - ✓ 配信率
 - ✓ エネルギー消費
- などの通信特性を向上



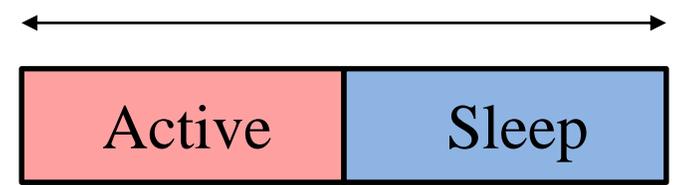
提案方式

■ 本研究ではルータノードのバッファ占有率 ρ が1未満となるよう制御

$$\rho = \frac{\lambda(\text{1つのスーパーフレームで発生するパケット数})}{\mu(\text{1つのアクティブ期間に処理するパケット数})}$$

$$= \frac{\frac{\text{DataRate}}{8 \times \text{Pktsize}} \times \text{aBaseSuperframeDuration}}{n} \times \frac{2^{B0}}{2^{S0}}$$

λ (この期間に発生するパケット数)

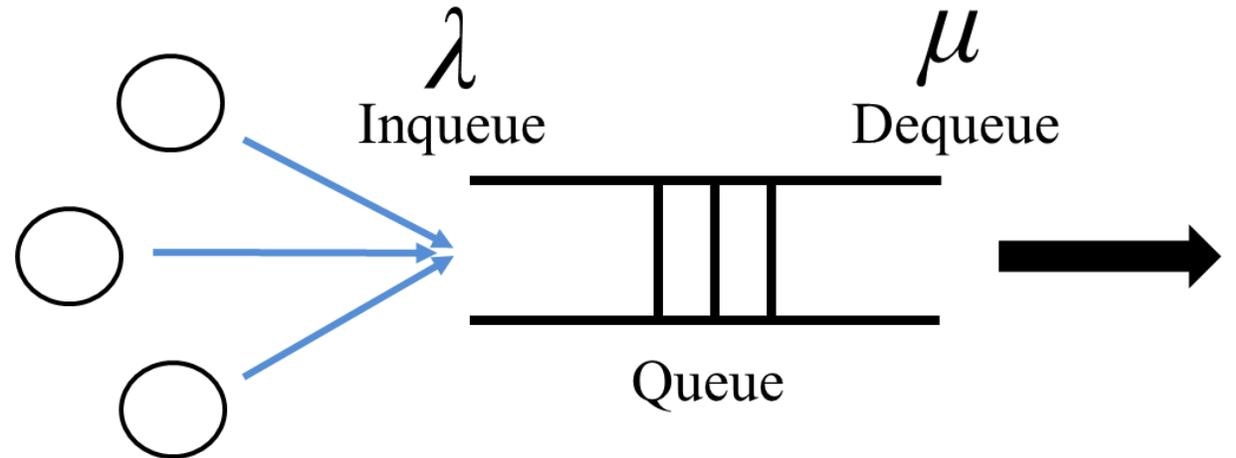


μ (この期間に処理するパケット数)

✓ 配下ノードのデータレート **低**

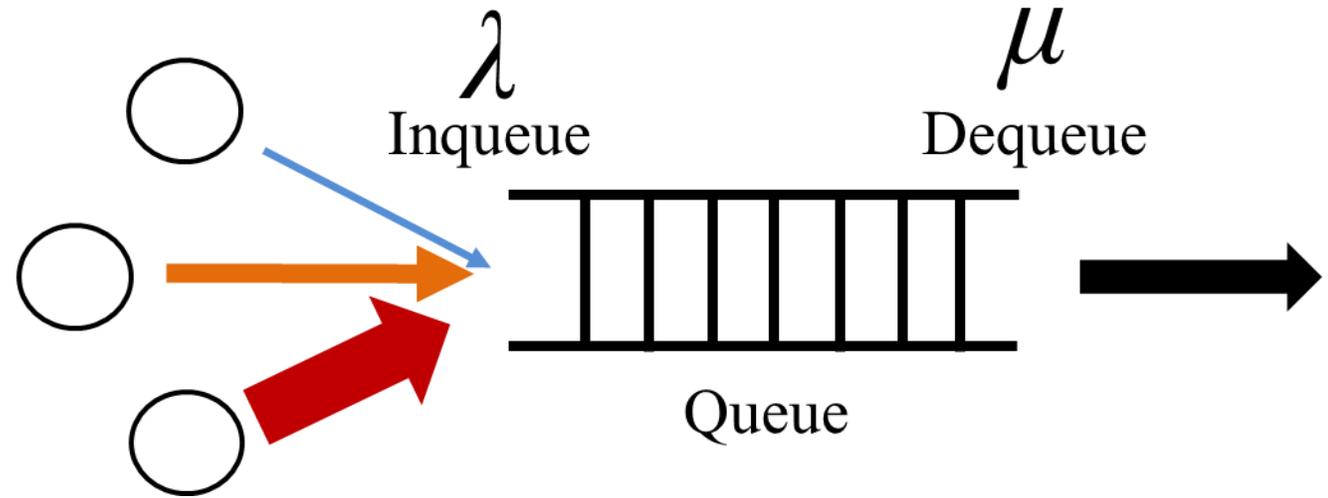


✓ パケットは処理しきれる



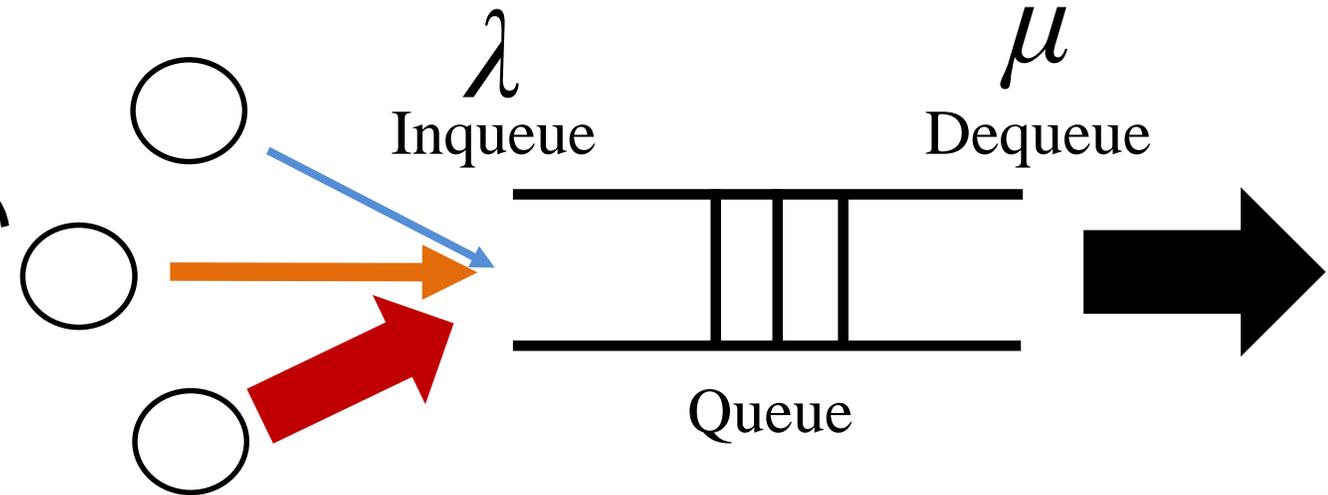
提案方式

- ✓ 配下ノードのデータレート **高**
- ✓ 処理が追い付かずパケットが蓄積
 - ✓ パケットロスへとつながる



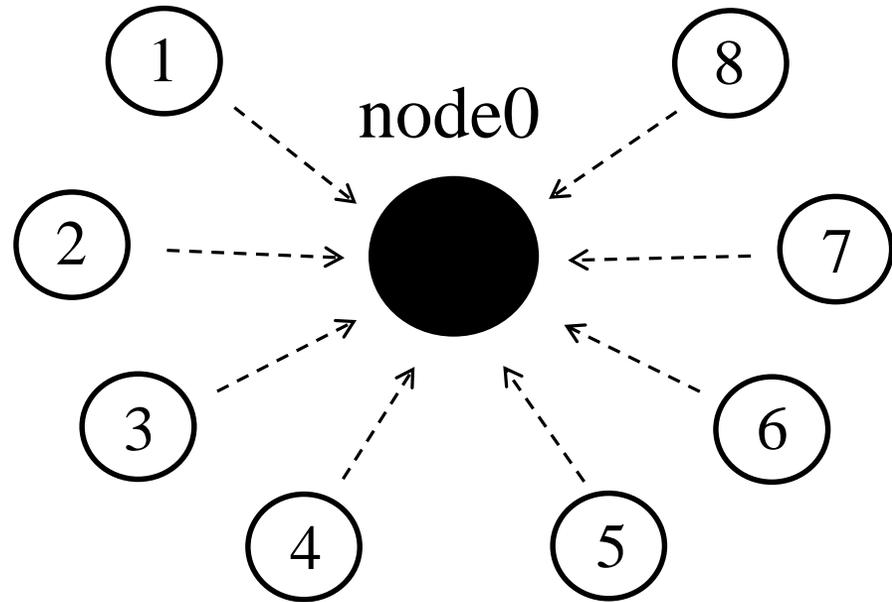
■ 提案方式

- ✓ キューからパケットがあふれないようにDCを制御

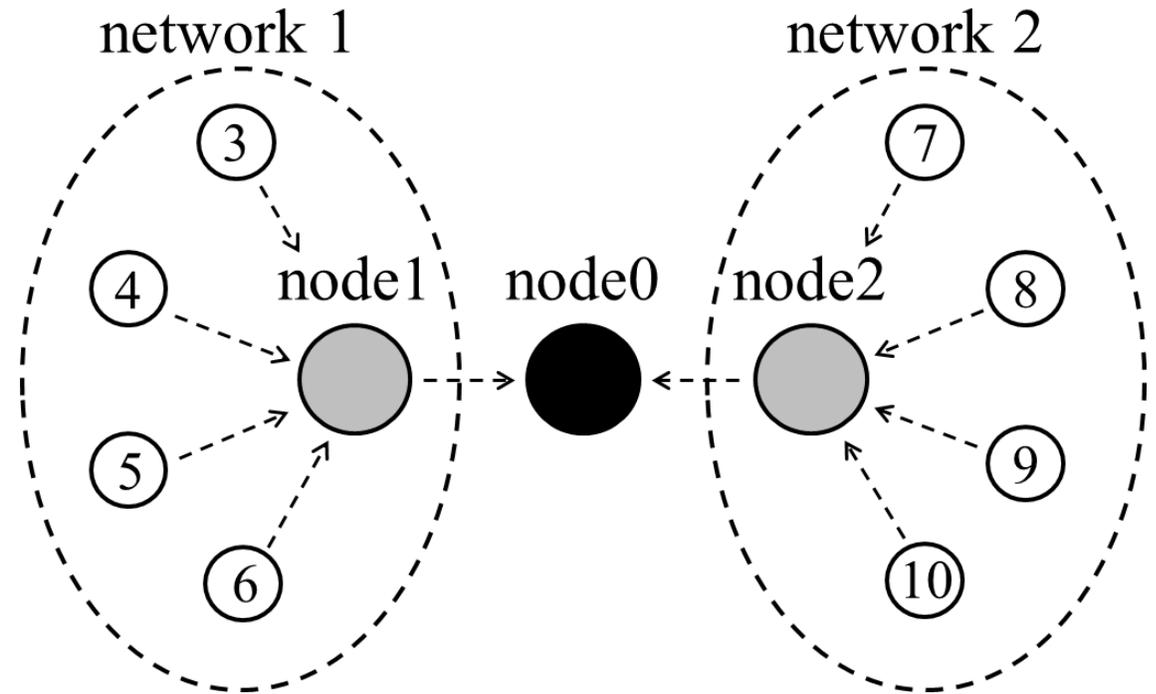


シミュレーション

スター型トポロジ

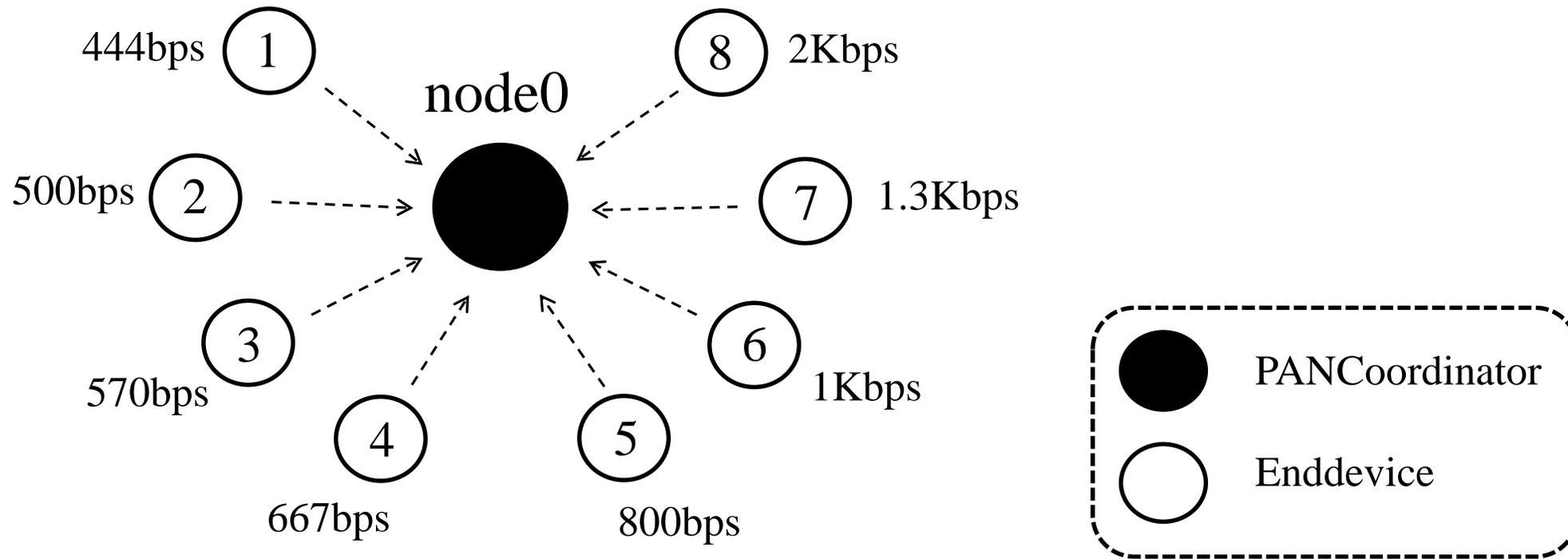


ツリー型トポロジ



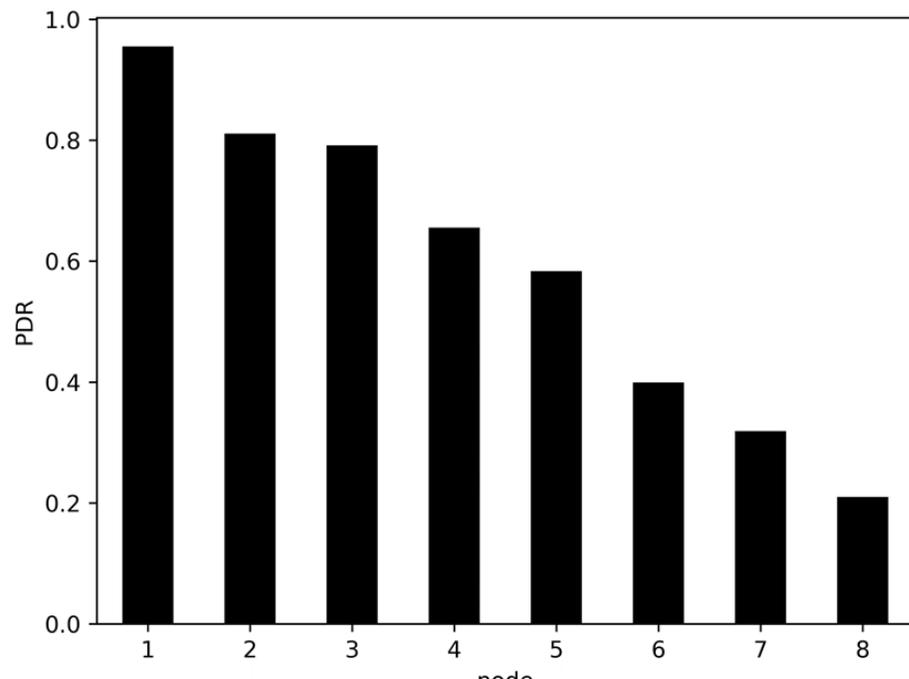
シミュレーション (スター型トポロジ)

■ シミュレーションネットワーク



配信率の評価

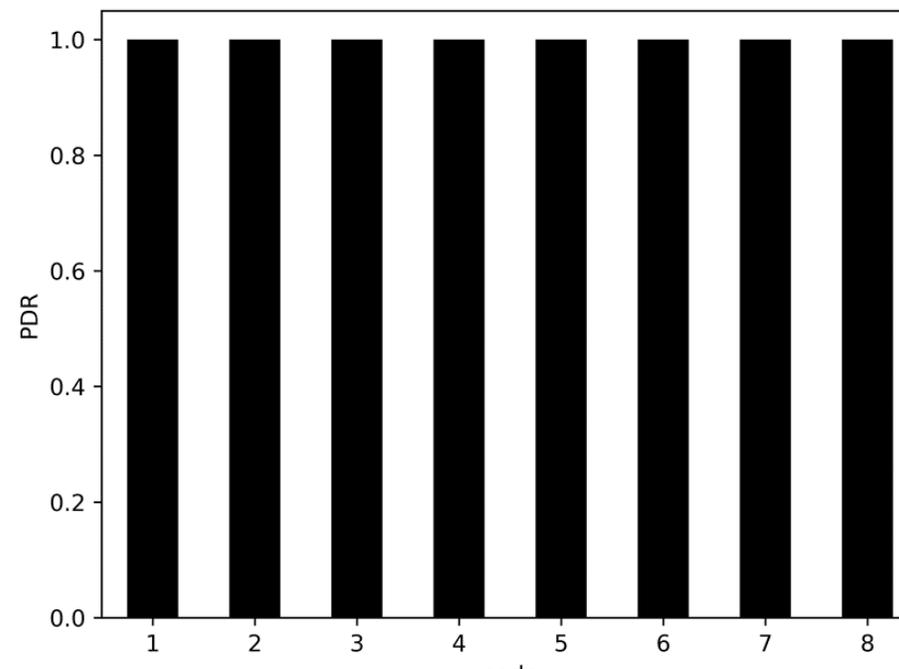
従来方式[1]の各ノードの配信率



DataRate(bps) 444 500 570 667 800 1K 1.3K 2K

← DataRate →
Low High

提案方式の各ノードの配信率



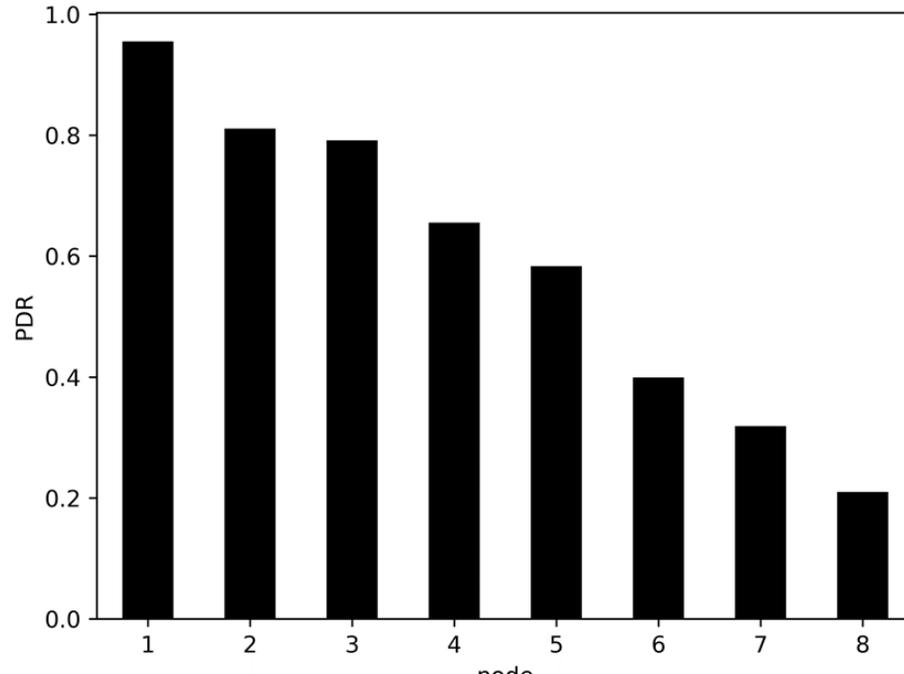
DataRate(bps) 444 500 570 667 800 1K 1.3K 2K

← DataRate →
Low High

[1] M. S. Akbar, H. Yu, S. Cang, "TMP: Tele-Medicine Protocol for Slotted 802.15.4 With Duty-Cycle Optimization in Wireless Body Area Sensor Networks," IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 17, No. 6, pp. 1925-1936, Mar. 2017

配信率の評価

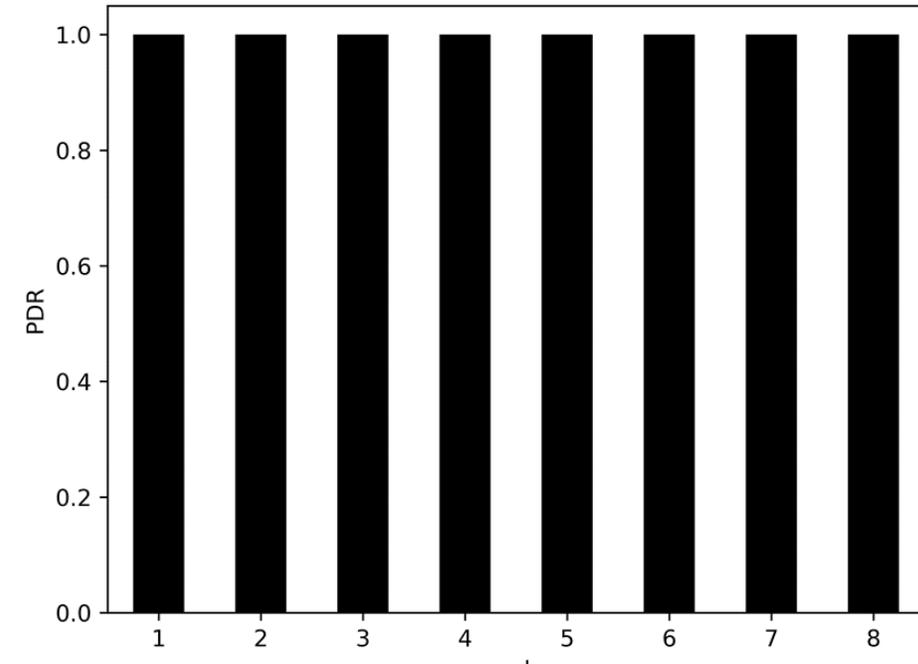
従来方式[1]の各ノードの配信率



DataRate(bps) 444 500 570 667 800 1K 1.3K 2K

← DataRate →
Low High

提案方式の各ノードの配信率



DataRate(bps) 444 500 570 667 800 1K 1.3K 2K

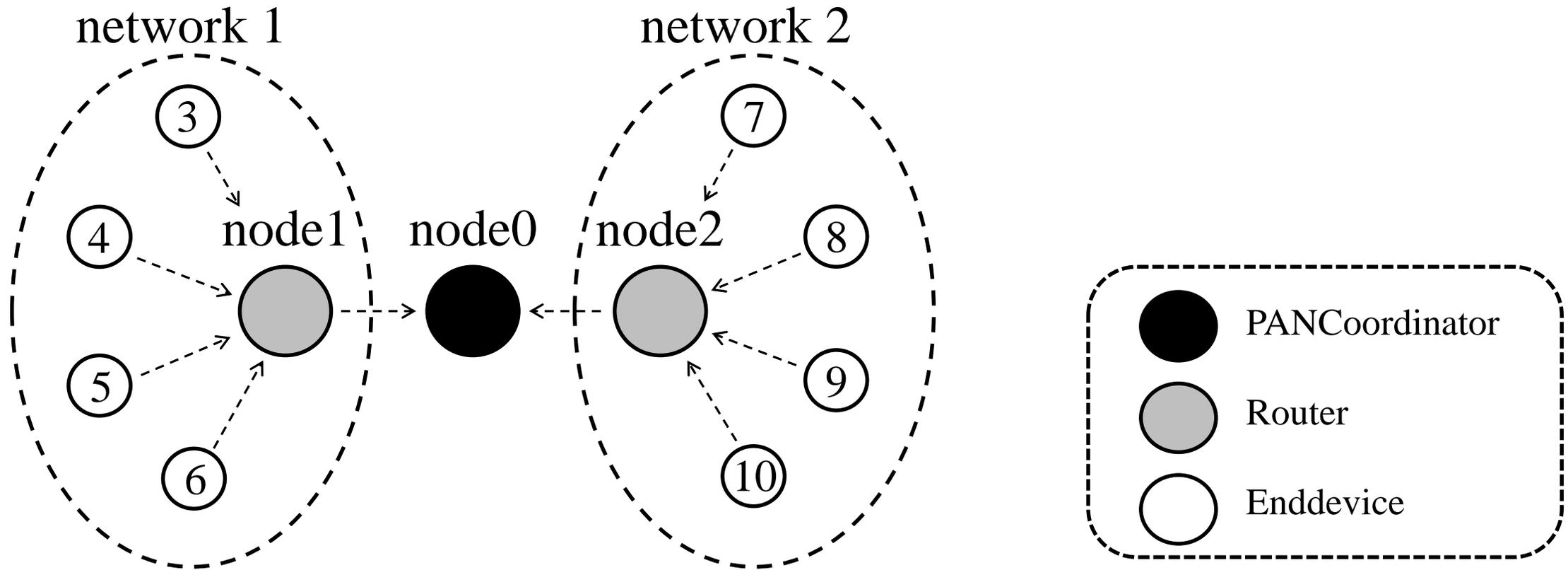
← DataRate →
Low High

✓ 提案方式では高配信率を実現



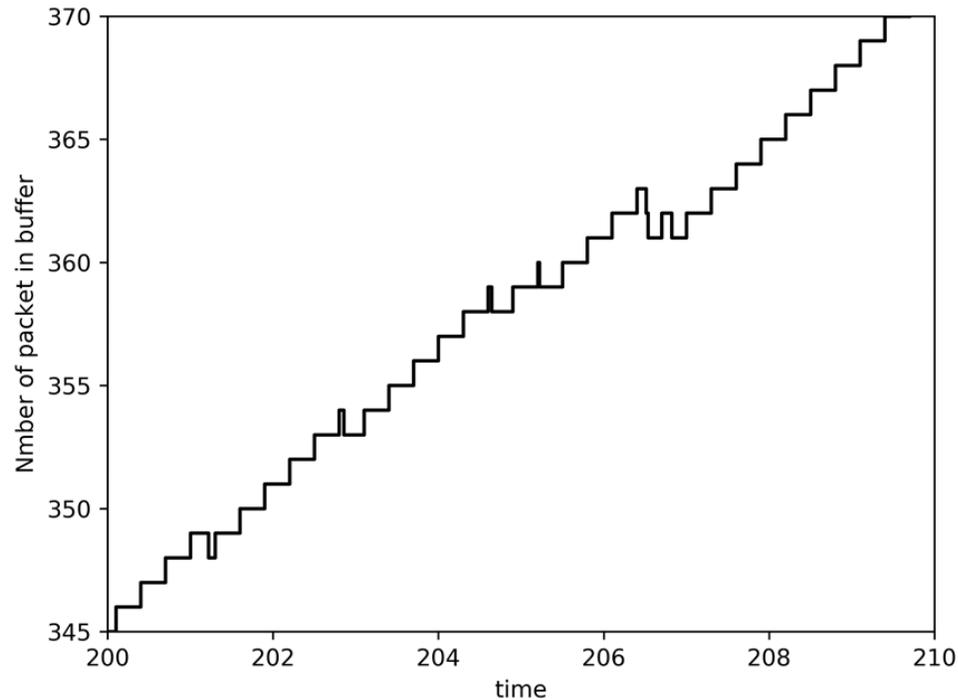
シミュレーション(ツリー型トポロジ)

■ シミュレーションネットワーク

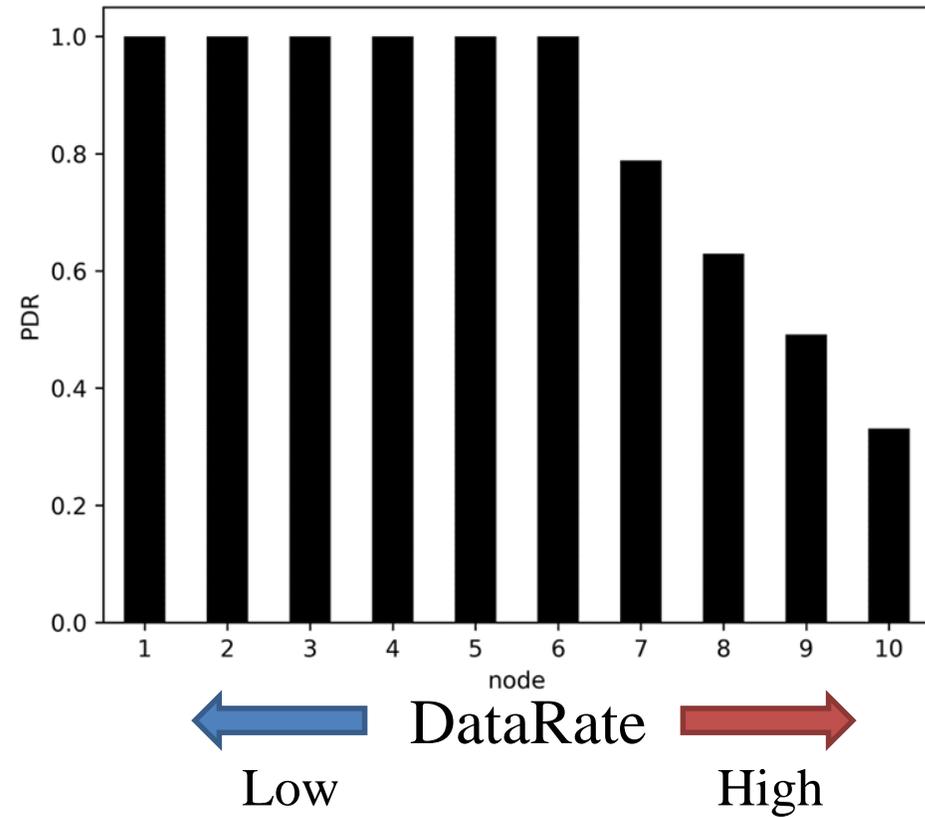


配信率の評価(従来方式)

バッファ内のパケット図(高負荷)



各ノードの配信率



✓ パケットが処理しきれしていない

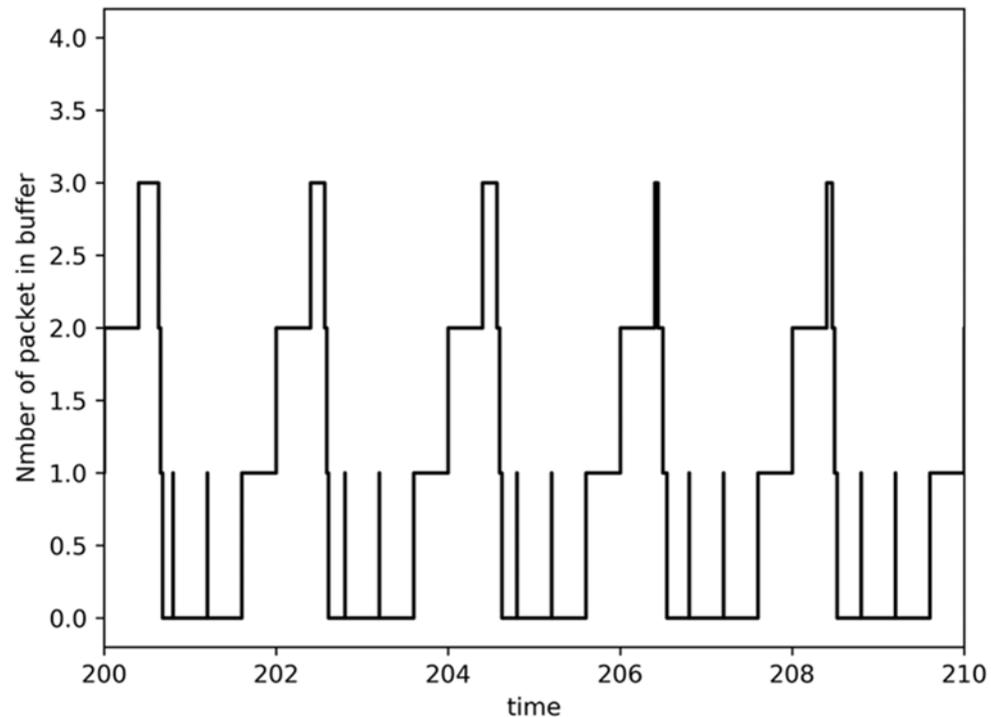


バッファに一方的にパケットが蓄積し配信率が低下

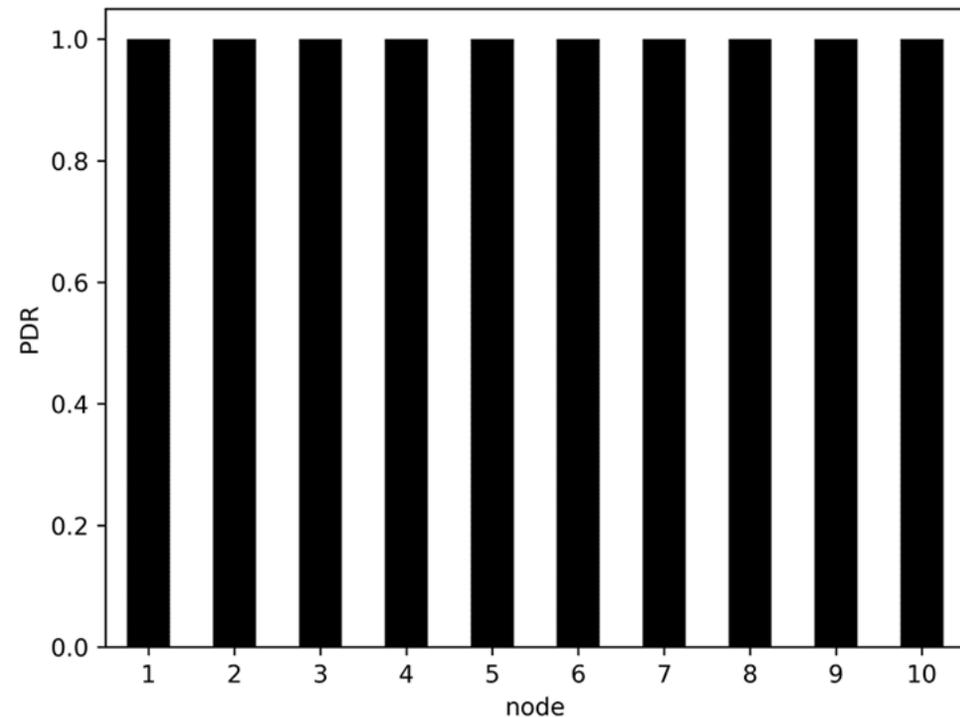


配信率の評価(提案方式)

バッファ内のパケット図(提案手法)



各ノードの配信率



← DataRate →
Low High

✓ パケットを処理しきれるように
適切にDCを制御

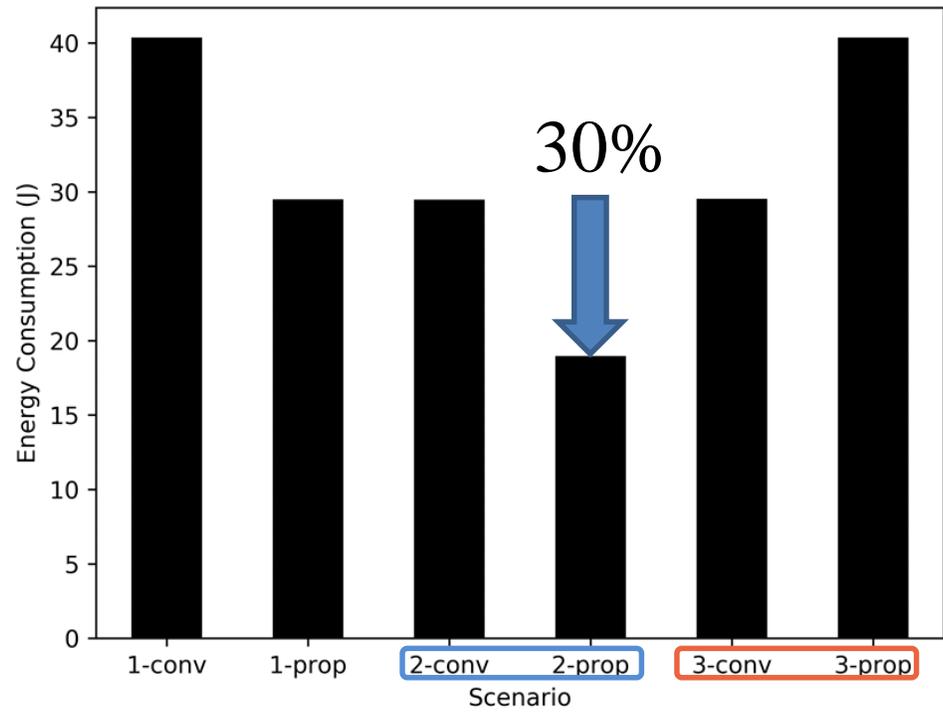


バッファにパケットが蓄積しないため
高配信率を実現



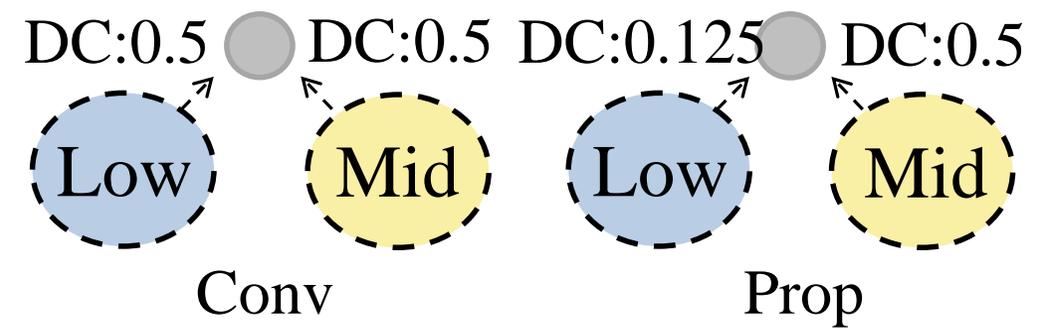
消費電力の評価

各シナリオのエネルギー消費

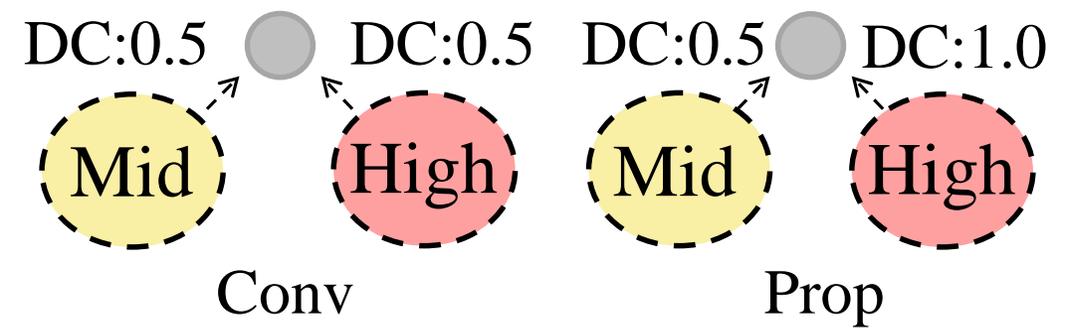


✓シナリオ2ではアイドルリスニングを削減することで消費電力減

Scenario 2

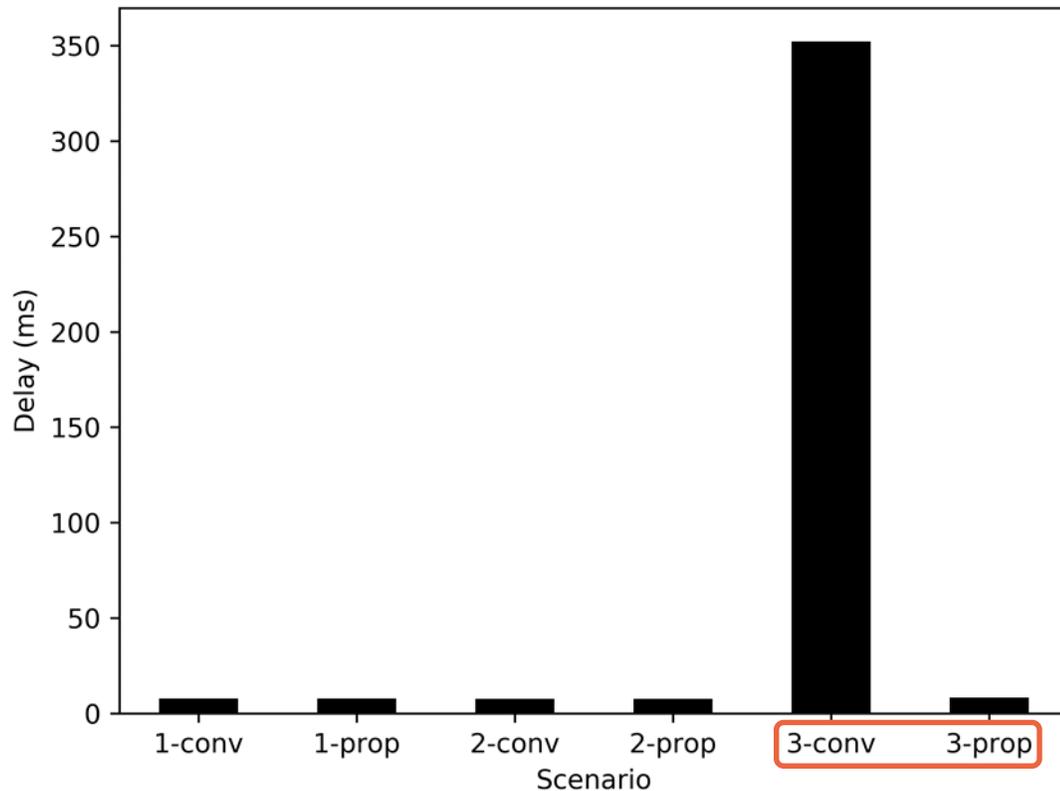


Scenario 3



遅延の評価

各シナリオごとの平均遅延の比較

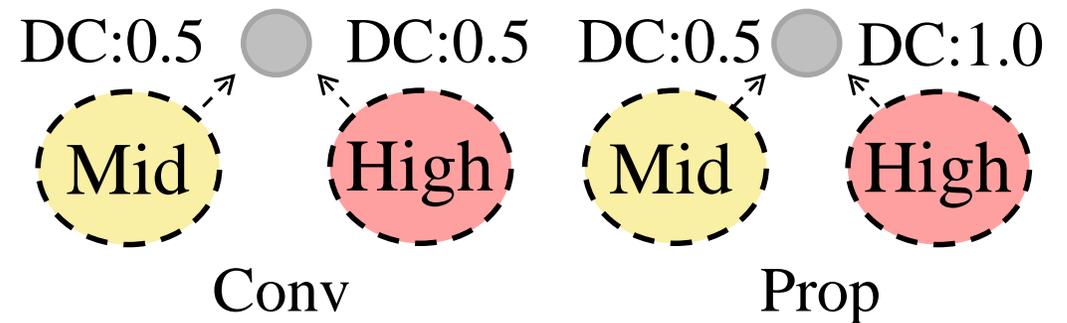


✓シナリオ3-convではパケットロスやパケット再送回数が増加 ↗



✓1つのパケットを送信するために要する時間が増加し遅延が増大 ↗

Scenario 3



- ツリー型センサネットワークにおける待ち行列モデルを用いたDC制御
 - ✓ 結果よりツリー型センサネットワークにおいて提案手法の有効性を示した

- 今後の課題
 - ✓ ツリー型センサネットワークの配下ノード数やホップ数を増加
 - ✓ DC制御だけでなくスケジューリングも行う