

ABSTRAK

Jaringan Oportunistik (Opportunistic Networks - OppNets) merupakan bagian dari Delay Tolerant Networks (DTNs) yang dicirikan oleh konektivitas yang intermiten, topologi dinamis, serta tidak adanya jalur end-to-end yang stabil. Pada lingkungan seperti ini, protokol perutean tradisional seringkali menghadapi trade-off klasik antara memaksimalkan rasio pengiriman pesan dan menekan overhead jaringan serta utilisasi sumber daya. Penelitian ini mengusulkan sebuah algoritma perutean oportunistik sadar konteks inovatif berbasis Reinforcement Learning, khususnya Q-Learning, yang diberi nama ORQLCI (Opportunistic Routing using Q-Learning with Context Information). Algoritma yang diusulkan mengintegrasikan data kontekstual utama—probabilitas pertemuan historis dan utilisasi cache (buffer) node dinamis—ke dalam kerangka kerja Q-Learning. Melalui pemanfaatan Dynamic Discount Factor sadar konteks, algoritma ini mencegah replikasi pesan ke node dengan memori terbatas, yang secara efektif bertindak sebagai mekanisme kontrol kongesti terdesentralisasi.

Kinerja ORQLCI dievaluasi secara ketat melalui simulasi menggunakan ONE Simulator pada dua lingkungan berbeda: skenario pinggiran kota berbasis peta (Helsinki) menggunakan model Shortest Path Map-Based Movement (SPMBM), dan skenario interaksi manusia empiris dengan kepadatan tinggi (Haggle Infocom 5). Hasil simulasi menunjukkan bahwa ORQLCI secara konsisten mengungguli protokol baseline tradisional, yaitu Epidemic dan PROPHET. Pada skenario Helsinki, ORQLCI mencatatkan rasio pengiriman superior sebesar 83,36% dibandingkan Epidemic (67,13%) dan PROPHET (57,72%), sembari menurunkan overhead ratio secara drastis hingga 50,61. Pada skenario Haggle yang memiliki keterbatasan memori, ORQLCI mempertahankan rasio pengiriman yang mengesankan sebesar 82,86% dan sukses memangkas overhead jaringan hingga lebih dari 99%, yaitu turun ke angka 16,14 dibandingkan Epidemic yang meledak hingga 1704,18. Meskipun ORQLCI menunjukkan trade-off berupa peningkatan latensi rata-rata akibat strategi "patience routing" yang selektif, peningkatan signifikan dalam reliabilitas serta reduksi dropped messages (hingga 77% lebih rendah) membuktikan sebagai solusi yang sangat tangguh untuk lingkungan jaringan yang menantang.

Kata Kunci: *Jaringan Oportunistik, Q-Learning, Informasi Konteks, Dynamic Discount Factor, Utilisasi Buffer, ONE Simulator.*

ABSTRACT

Opportunistic Networks (OppNets) are a subset of Delay Tolerant Networks (DTNs) characterized by intermittent connectivity, dynamic topology, and the absence of a stable end-to-end path. In such environments, traditional routing protocols often face a classic trade-off between maximizing message delivery ratios and minimizing network overhead and resource utilization. This study proposes an innovative context-aware opportunistic routing algorithm based on Reinforcement Learning, specifically Q-Learning, named ORQLCI (Opportunistic Routing using Q-Learning with Context Information). The proposed algorithm integrates key contextual data—historical encounter probability and dynamic node cache (buffer) utilization—into the Q-Learning framework. By utilizing a Context-Aware Dynamic Discount Factor, the algorithm prevents message replication to nodes with constrained memory, effectively establishing a decentralized congestion control mechanism.

The performance of ORQLCI was rigorously evaluated through simulations using the ONE Simulator under two distinct environments: a map-based suburban scenario (Helsinki) using the Shortest Path Map-Based Movement (SPMBM) model, and an empirical high-density human interaction scenario (Haggle Infocom 5). Simulation results demonstrate that ORQLCI consistently outperforms the traditional baseline protocols, Epidemic and PROPHET. In the Helsinki scenario, ORQLCI achieved a superior delivery ratio of 83.36% compared to Epidemic (67.13%) and PROPHET (57.72%), while drastically lowering the overhead ratio to 50.61. In the memory-constrained Haggle scenario, ORQLCI maintained an impressive delivery ratio of 82.86% and successfully mitigated network overhead by over 99%, dropping to 16.14 compared to Epidemic's explosion to 1704.18. Although ORQLCI exhibits a deliberate trade-off in terms of higher average latency due to its selective "patience routing" strategy, the significant enhancement in reliability and buffer drop reductions (up to 77% lower) proves it to be a highly resilient solution for challenged networking environments.

Keywords: *Opportunistic Networks, Q-Learning, Context Information, Dynamic Discount Factor, Buffer Utilization, ONE Simulator.*