

LẬP TRÌNH MẠNG

Đề tài: **MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỊNH TUYẾN NĂNG LƯỢNG THẤP TRONG MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY BẰNG NS-3**

1. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

Hệ thống được xây dựng trên NS-3 với các thành phần:

- 50 node cảm biến bố trí dạng lưới 5x10 (khoảng cách 50m), vùng 250×250 m.
- Sink node: node 0 – thu nhận toàn bộ dữ liệu.
- Giao thức định tuyến: AODV, DSDV, OLSR.
- Mô hình năng lượng: WifiRadioEnergyModel và BasicEnergySource.
- Ứng dụng: OnOff (gửi UDP) và PacketSink (nhận dữ liệu).
- Công cụ giám sát: FlowMonitor để thu thập dữ liệu về lưu lượng, độ trễ, PDR, năng lượng, số node chết.

Điểm mới của mô hình:

- So sánh ba giao thức định tuyến trong cùng điều kiện mạng.
- Bổ sung theo dõi năng lượng tiêu thụ và tuổi thọ node.
- Đánh giá ảnh hưởng của tốc độ dữ liệu (4, 12, 20 kbps) đến hiệu năng mạng.

2. KỊCH BẢN MÔ PHỎNG

2.1. Tham số chính:

- Số node: 50 node
- Topology: Grid 5 x 10, Delta = 50 m
- Vùng: 250m x 250m
- Sink node: Node 0
- Năng lượng ban đầu: 100 Joules
- Radio energy model: WifiRadioEnergyModel
- Traffic: OnOff UDP, DataRate = {4,12,20} kbps, PacketSize = 64 bytes
- Thời gian mô phỏng: 300 giây
- Số lần chạy mô phỏng: 3 lần chạy với các DataRate khác nhau
- Routing protocol: AODV, DSDV, OLSR

2.2. File kết quả:

- results_<protocol>_<rate>.csv: chứa một dòng duy nhất ghi các chỉ số tổng hợp gồm: tên giao thức, PDR, độ trễ trung bình, thông lượng, năng lượng tiêu thụ, số node chết, thời điểm node đầu tiên chết.
- energy_<protocol>_<rate>.csv: gồm nhiều dòng, mỗi dòng ghi: thời gian (giây), ID node, mức năng lượng còn lại (Joule)
- dead_nodes_<protocol>_<rate>.csv: mỗi dòng ghi: thời gian (giây), số lượng node đã chết tại thời điểm đó.

3. THÔNG SỐ ĐÁNH GIÁ

3.1. Tỷ lệ chuyển giao gói (Packet Delivery Ratio – PDR): Là tỷ lệ phần trăm số gói tin được nhận thành công.

$$PDR = (\text{Số gói nhận} / \text{Số gói gửi}) \times 100\%$$

3.2. Độ trễ trung bình (Average Delay): Là thời gian trung bình để một gói tin đi từ nút gửi đến nút nhận.

$$\text{Độ trễ trung bình} = \text{Tổng thời gian trễ của tất cả gói nhận} / \text{Số gói nhận}$$

3.3. Thông lượng (Throughput): Là lượng dữ liệu thực tế được nhận tại nút đích trong một đơn vị thời gian.

$$\text{Thông lượng} = \text{Tổng số bit nhận được} / \text{Thời gian mô phỏng}$$

3.4. Năng lượng tiêu thụ (Energy Consumption): Là tổng năng lượng đã sử dụng của tất cả các node trong mạng.

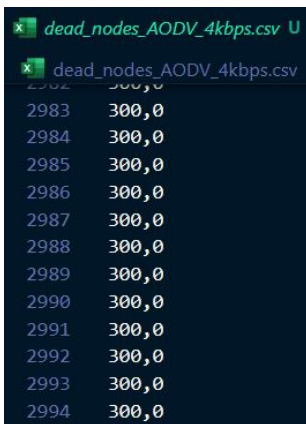
$$\text{Năng lượng tiêu thụ} = \text{Tổng (Năng lượng ban đầu – Năng lượng còn lại từng node)}$$

3.5. Số lượng node chết (Dead Nodes): Là số node có mức năng lượng giảm xuống dưới ngưỡng định sẵn.

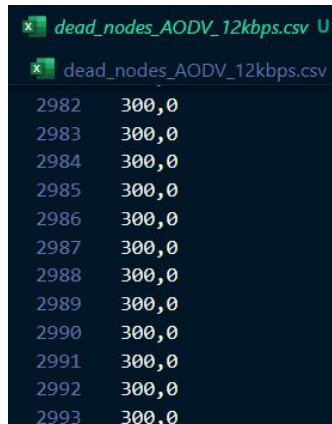
3.6. Thời điểm node đầu tiên chết (First Node Death Time): Là thời điểm trong quá trình mô phỏng mà node đầu tiên hết năng lượng.

4. KẾT QUẢ

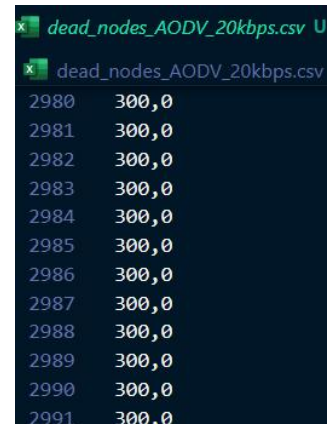
4.1. Kết quả:



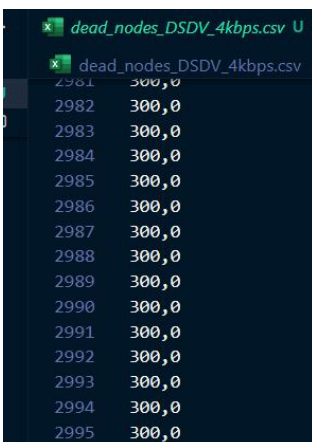
Node ID	Energy
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0
2993	300,0
2994	300,0



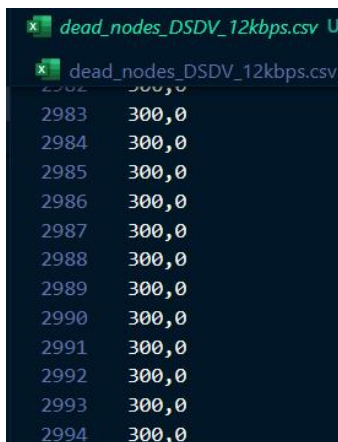
Node ID	Energy
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0
2993	300,0



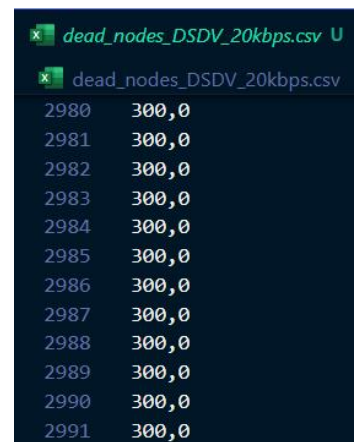
Node ID	Energy
2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0



Node ID	Energy
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0
2993	300,0
2994	300,0
2995	300,0



Node ID	Energy
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0
2993	300,0
2994	300,0



Node ID	Energy
2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0

dead_nodes_OLSR_4kbps.csv U

dead_nodes_OLSR_4kbps.csv

2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0

dead_nodes_OLSR_12kbps.csv U

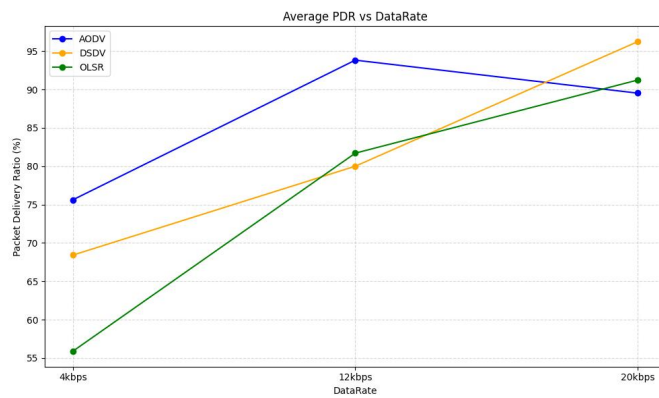
dead_nodes_OLSR_12kbps.csv

2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0

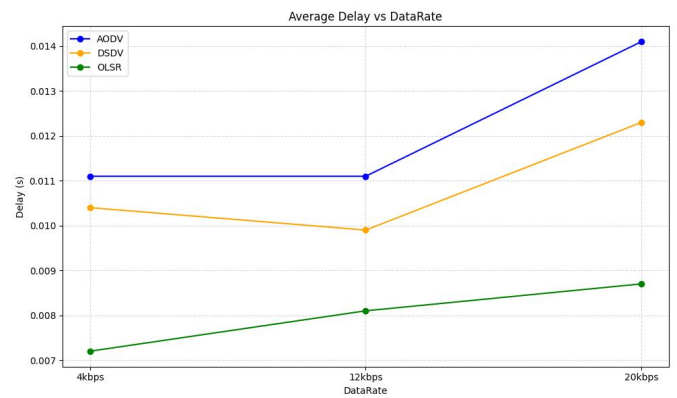
dead_nodes_OLSR_20kbps.csv U

dead_nodes_OLSR_20kbps.csv

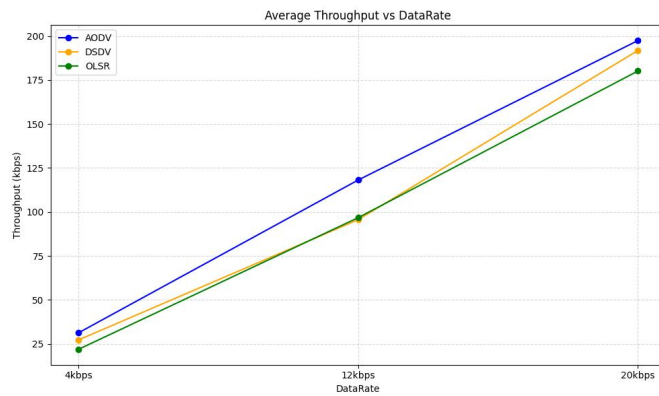
2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0



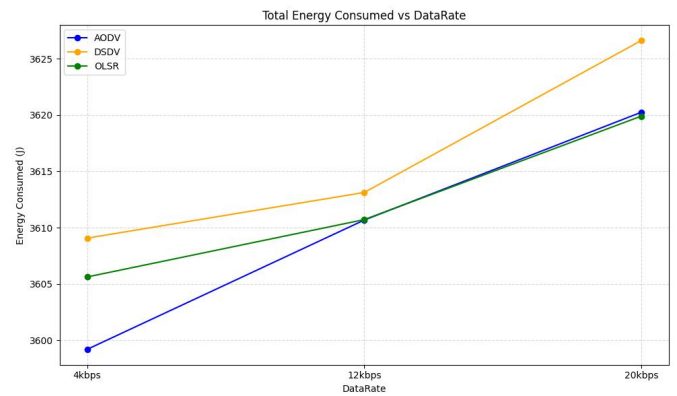
Hình 1: Biểu đồ tỷ lệ chuyển giao gói (PDR) theo tốc độ dữ liệu



Hình 2: Biểu đồ độ trễ trung bình theo tốc độ dữ liệu



Hình 3: Biểu đồ thông lượng trung bình theo tốc độ dữ liệu



Hình 4: Biểu đồ tổng năng lượng tiêu thụ theo tốc độ dữ liệu

4.2. Nhận xét:

4.2.1. Tỷ lệ chuyển giao gói (PDR)

Xu hướng chung: Khi tốc độ dữ liệu tăng, PDR tăng ở cả 3 giao thức. OLSR: đạt PDR cao nhất ($\approx 90\%$ ở 20 kbps) nhờ cơ chế định tuyến chủ động duy trì bảng cập nhật liên tục. DSDV: ổn định, ít dao động – phù hợp ứng dụng cần độ tin cậy. AODV: có PDR cao ở tải thấp nhưng giảm nhẹ ở tải cao do tốn thời gian thiết lập tuyến.

→ Kết luận: OLSR có khả năng truyền tin ổn định và tin cậy nhất khi lưu lượng cao.

4.2.2. Độ trễ trung bình (Average Delay)

AODV: độ trễ cao nhất do mỗi lần truyền phải tìm đường. DSDV: trễ thấp ở tốc độ trung bình, nhưng tăng nhẹ ở tải cao vì cập nhật định kỳ tốn thời gian. OLSR: trễ thấp và ổn định nhất nhờ có sẵn đường dẫn trong bảng định tuyến.

→ Kết luận: OLSR tối ưu cho các ứng dụng thời gian thực yêu cầu độ trễ thấp.

4.2.3. Thông lượng (Throughput)

Cả ba giao thức đều tăng throughput khi tăng tốc độ dữ liệu. AODV: đạt thông lượng cao nhất ở mọi tốc độ (nhờ đường định tuyến động linh hoạt). DSDV: cải thiện tốt ở tốc độ cao nhưng vẫn thấp hơn AODV. OLSR: thông lượng thấp nhất ở tải cao, do gói điều khiển duy trì bảng định tuyến chiếm tài nguyên.

→ Kết luận: AODV phù hợp ứng dụng cần hiệu suất truyền dữ liệu cao.

4.2.4. Năng lượng tiêu thụ (Energy Consumption)

Năng lượng tiêu thụ tăng cùng với tốc độ dữ liệu (vì số lần truyền/nhận tăng). DSDV: tiêu thụ năng lượng cao nhất ở 20 kbps (các bản tin định kỳ liên tục). AODV: tiết kiệm năng lượng hơn DSDV nhờ chỉ thiết lập tuyến khi cần. OLSR: duy trì năng lượng ổn định nhờ quản lý bảng định tuyến tối ưu.

→ Kết luận: OLSR và AODV có mức tiêu hao thấp hơn, kéo dài tuổi thọ mạng hơn DSDV.

4.2.5. Số lượng node chết (Dead Nodes):

DSDV có số node chết nhiều nhất; OLSR ít nhất.

4.2.6. Thời điểm node đầu tiên chết (First Node Death Time):

OLSR: muộn nhất → mạng bền nhất. DSDV: sớm nhất → năng lượng tiêu hao nhanh.

→ Kết luận: OLSR duy trì mạng hoạt động lâu nhất, thích hợp mạng yêu cầu tuổi thọ dài.

4.3. Kết luận chung:

- AODV có hiệu suất truyền tải tốt nhưng độ trễ cao, không phù hợp với ứng dụng thời gian thực.
- DSDV có độ tin cậy tốt nhưng tiêu tốn năng lượng và không tối ưu về hiệu suất truyền tải.
- OLSR phù hợp với ứng dụng thời gian thực, yêu cầu độ tin cậy cao và tiết kiệm năng lượng.