

# 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  $250 \times 250$  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  $5 \times 10$ , 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.

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

**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.

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

**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:

dead_nodes_AODV_4kbps.csv
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

dead_nodes_AODV_12kbps.csv
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

dead_nodes_AODV_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

dead_nodes_DSDV_4kbps.csv
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
2993 300,0
2994 300,0

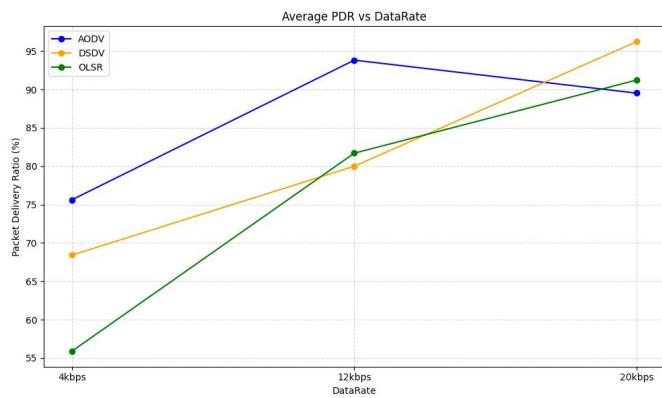
dead_nodes_DSDV_12kbps.csv
2982 300,0
2983 300,0
2984 300,0
2985 300,0
2986 300,0
2987 300,0
2988 300,0
2989 300,0
2990 300,0
2991 300,0
2992 300,0
2993 300,0
2994 300,0

dead_nodes_DSDV_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

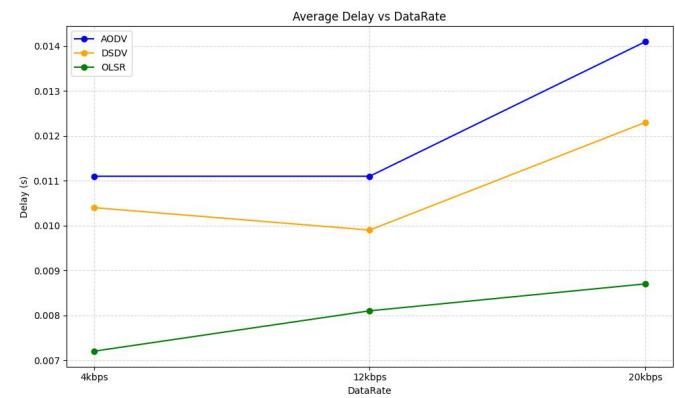
dead_nodes_OLSR_4kbps.csv	
2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0

dead_nodes_OLSR_12kbps.csv	
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

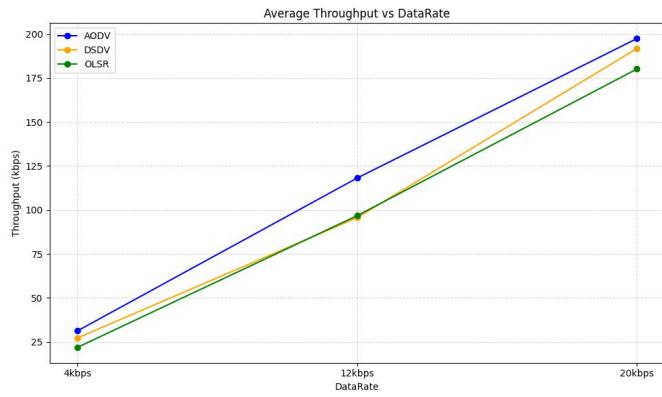
dead_nodes_OLSR_20kbps.csv	
2980	300,0
2981	300,0
2982	300,0
2983	300,0
2984	300,0
2985	300,0
2986	300,0
2987	300,0
2988	300,0
2989	300,0
2990	300,0
2991	300,0
2992	300,0



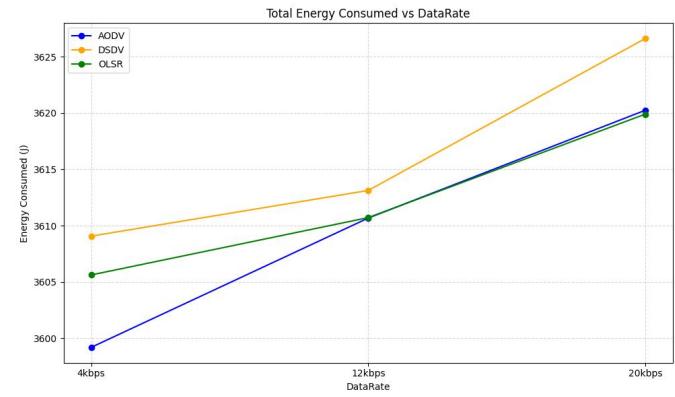
Hình 1: Biểu đồ tỷ lệ chuyển giao gói (PDR) theo tốc độ dữ liệu



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.