

# LẬP TRÌNH MẠNG

Lê Thị Hải Yến - Dương Thị Kim Ngân - Lê Thị Kim Yến

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.
- 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.

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

**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                |
| 2995 300,0                |

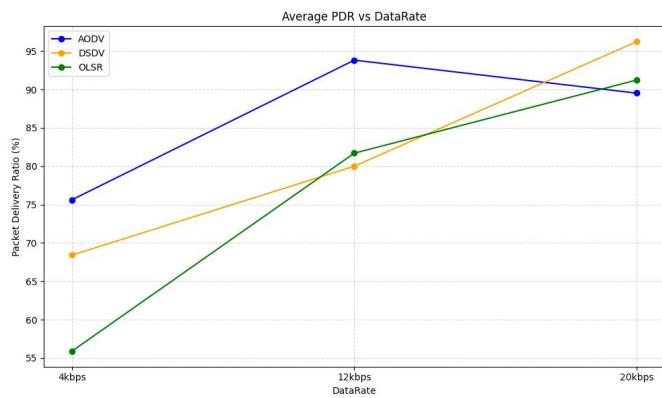
| dead_nodes_DSDV_12kbps.csv |
|----------------------------|
| 2982 300,0                 |
| 2983 300,0                 |
| 2984 300,0                 |
| 2985 300,0                 |
| 2986 300,0                 |
| 2987 300,0                 |
| 2988 300,0                 |
| 2989 300,0                 |
| 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                 |

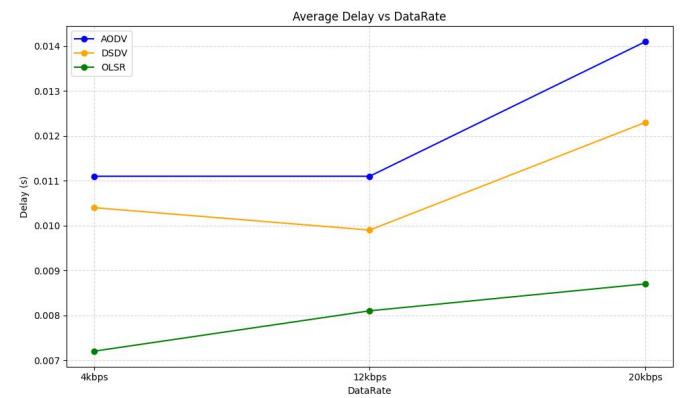
| dead_nodes_OLSR_4kbps.csv |       |
|---------------------------|-------|
| 2980                      | 300,0 |
| 2981                      | 300,0 |
| 2982                      | 300,0 |
| 2983                      | 300,0 |
| 2984                      | 300,0 |
| 2985                      | 300,0 |
| 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 |

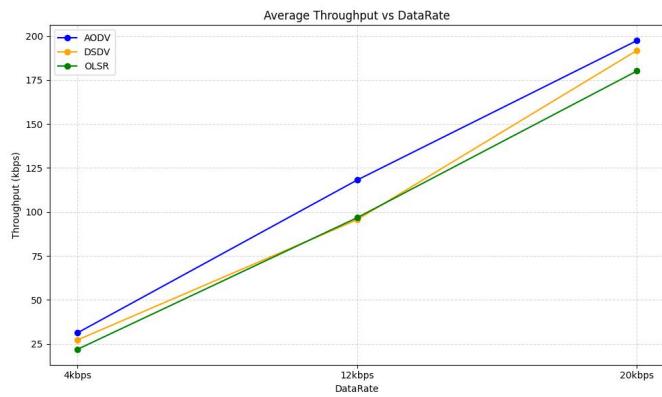
| dead_nodes_OLSR_20kbps.csv |       |
|----------------------------|-------|
| 2980                       | 300,0 |
| 2981                       | 300,0 |
| 2982                       | 300,0 |
| 2983                       | 300,0 |
| 2984                       | 300,0 |
| 2985                     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



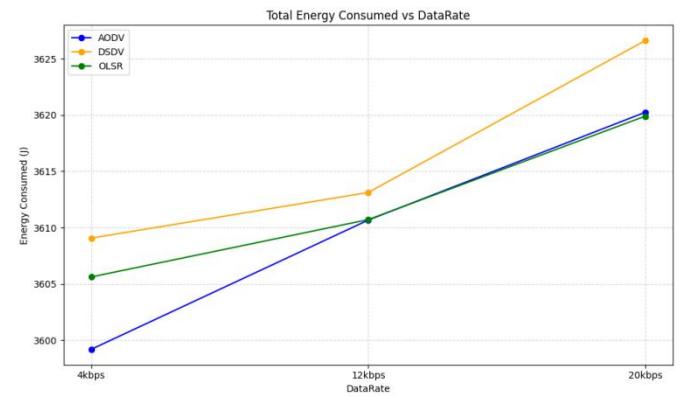
Hình 1: Biểu đồ tỷ lệ chuyển giao gói (PDR) theo tốc độ dữ liệu



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 & Thời điểm node đầu tiên chết

Trong toàn bộ mô phỏng, không có node nào bị chết vì năng lượng ban đầu 100J là quá lớn so với mức tiêu thụ trong 300 giây. Do đó, số node chết bằng 0 và không ghi nhận thời điểm node đầu tiên chết ở cả ba giao thức AODV, DSDV và OLSR.

## 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.