

## BẢN TÓM TẮT



## LẬP TRÌNH MẠNG

### ĐỀ TÀI : PHÂN TÍCH HIỆU NĂNG MẠNG CSMA SỬ DỤNG NS-3

#### 1. TỔNG QUAN VÀ MỤC TIÊU

- Trong các công nghệ truy cập đường truyền như Ethernet (CSMA/CD), Wi-Fi (CSMA/CA) và P2P, cơ chế tránh xung đột có ảnh hưởng lớn đến hiệu năng hệ thống. NS-3 là bộ mô phỏng mạnh, cho phép đánh giá hành vi các giao thức trong môi trường mô phỏng gần với thực tế.
- Đề tài tập trung phân tích CSMA/CA – cơ chế truy cập kênh cốt lõi của Wi-Fi, với hai mục tiêu chính:
  - Đánh giá hiệu năng CSMA/CA khi thay đổi số lượng node (2–30 nodes)
  - So sánh hai kịch bản :
    - RTS/CTS TẮT – Packet size 512 bytes
    - RTS/CTS BẬT – Packet size 2000 bytes
- Các chỉ số đánh giá gồm: Packet Loss, Lost Client Ratio, Throughput, PDR, Flow Ratio và xu hướng theo số node.

#### 2. KIẾN TRÚC MÔ PHỎNG

##### 2.1. Mô hình mạng :

- Mạng Wi-Fi Ad-hoc (không có Access Point) sử dụng AdhocWifiMac.
- Kênh truyền: YansWifiChannel, chuẩn IEEE 802.11ax.
- Tất cả node dùng chung một medium, half-duplex, dễ xảy ra xung đột.
- Mobility: ConstantPositionMobilityModel và GridPositionAllocator (5m × 5m).
- Network Stack: IPv4, UDP, UdpEchoServer/Client.

##### 2.2. Topology :

- Node 0: Server – nhận dữ liệu
- Node 1...N-1: Clients – gửi packet đồng thời
- Khoảng cách gần → tất cả node nghe thấy nhau (single-hop Ad-hoc).
- Thiết kế này tạo tải cực đại để đánh giá xung đột trong CSMA/CA.

##### 2.3. Cơ chế CSMA/CA trong mô phỏng :

- Lắng nghe kênh → DIFS → Backoff → truyền frame → ACK.
- RTS/CTS được bật hay tắt tùy theo kích thước packet:
  - Packet < 1000 bytes → **tắt RTS/CTS**
  - Packet ≥ 1000 bytes → **bật RTS/CTS**

### 3. CẤU HÌNH MÔ PHỎNG

Tham số	Giá trị	Mô tả
Số lượng node	2 - 30	Thay đổi để quan sát xu hướng
WiFi Standard	IEEE 802.11ax	Chuẩn WiFi mới nhất
RTS/CTS Threshold	1000 bytes	Vô hiệu hóa cho packet 512B
Packet Size	512 bytes	Kích thước gói tin UDP
Interval	1.0 second	Khoảng cách giữa các lần gửi
Max Packets	10 packets	Số packet mỗi client gửi
Thời gian mô phỏng	[Tùy chỉnh]s	Tổng thời gian chạy
Địa chỉ mạng	10.1.1.0/24	Dải IP cho các node
Port	9	Cổng UDP Echo Server
FlowMonitor	File xml,csv	Theo dõi packet loss, delay, throughput

- **Kịch bản thí nghiệm :**
  - Thí nghiệm 1: RTS/CTS OFF (512B)
  - Thí nghiệm 2: RTS/CTS ON (2000B)
  - Chạy lặp lại cho N = 2 → 30 nodes
  - File đầu ra: XML (FlowMonitor) + CSV (tổng hợp Python)

### 4. CÁC CÔNG CỤ SỬ DỤNG

**NS3 :**

- Mô phỏng giao thức CSMA/CA trong mạng Wi-Fi Ad-hoc.
- Cấu hình bằng C++: WifiHelper, YansWifiChannel, AdhocWifiMac, FlowMonitor.

**Python :**

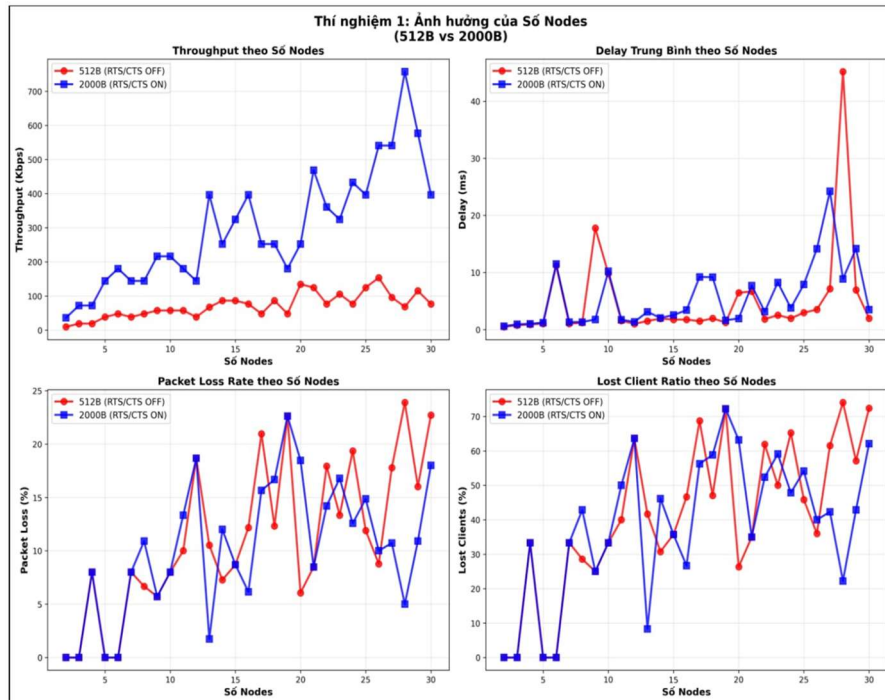
- Thu thập, xử lý và trực quan hóa dữ liệu (pandas, numpy, matplotlib).
- Tự động hóa nhiều lần chạy mô phỏng.

### 5. KỊCH BẢN MÔ PHỎNG

- Mô phỏng mạng CSMA theo 3 nhóm node (2–10, 11–20, 21–30). Đo lường Packet Loss / Lost Client Ratio, Throughput, và PDR (Packet Delivery Ratio).
- So sánh xu hướng hiệu năng giữa 2 kịch bản. Phân tích kết quả theo số lượng node để đánh giá ảnh hưởng lên mạng.

## 6. KẾT QUẢ & PHÂN TÍCH

### 6.1. Đánh giá ảnh hưởng của cơ chế RTS/CTS :



#### Nhận xét :

- Throughput của 512B luôn cao hơn 2000B do không chịu overhead từ RTS/CTS.
- Khi số node tăng, độ trễ tăng mạnh, đặc biệt ở kịch bản bật RTS/CTS.
- Tỷ lệ mất gói tăng theo số node, thể hiện tình trạng cạnh tranh kênh ngày càng lớn.
- Lost Client Ratio tăng mạnh từ ~20 node trở lên, cho thấy sự bão hòa của CSMA/CA.
- RTS/CTS chỉ hiệu quả cục bộ; trong mạng đông node, cơ chế này làm giảm hiệu năng do chiếm kênh và giao thức điều khiển phức tạp hơn.

➔ Kết quả từ bốn biểu đồ cho thấy hiệu năng của mạng Ad-hoc sử dụng CSMA/CA thay đổi đáng kể khi số lượng node tăng. Hai kịch bản 512B (RTS/CTS OFF) và 2000B (RTS/CTS ON) thể hiện những khác biệt rõ rệt về throughput, độ trễ và tỷ lệ mất gói.

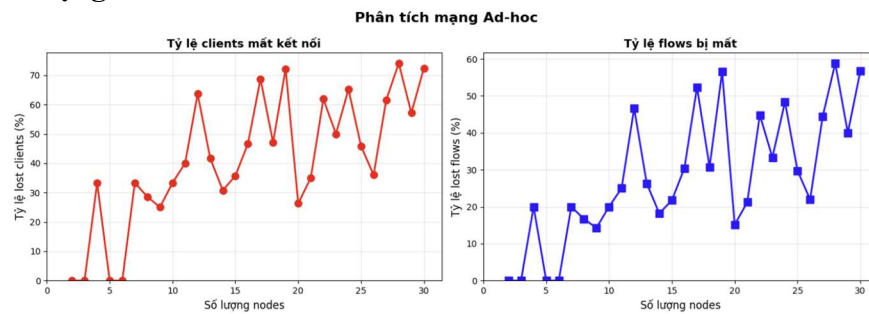
### 6.2. So sánh và đánh giá Lost Flow Ratio (%) Trung Bình các nhóm Nodes :

Nhóm Node	RTS/CTS OFF	RTS/CTS ON	Nhận xét
2–10	11.7%	11.7%	Giống nhau
11–20	35.1%	33.9%	Tranh chấp, không ổn định
21–30	32.0%	39.7%	RTS/CTS làm tệ hơn
Tổng 2–30	26.3%	28.4%	Không cải thiện đáng kể

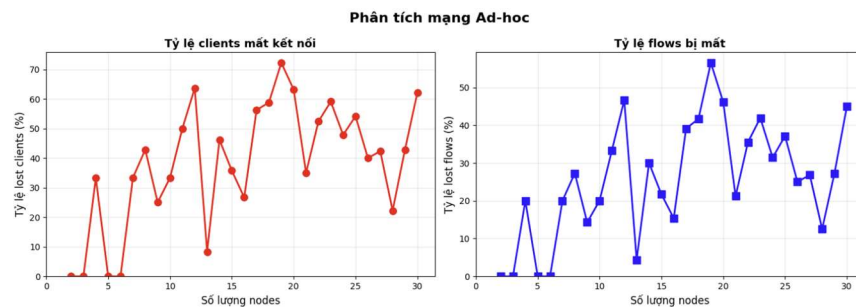
### Nhận xét :

- RTS/CTS không mang lại lợi ích tổng thể khi số lượng node tăng.
- **Chỉ hiệu quả khi:** Có hidden node nghiêm trọng, Lưu lượng trung bình
- **Không hiệu quả khi:** Mạng đông (>20 nodes), Packet lớn (2000B), Traffic đồng thời từ tất cả nodes.

### 6.3. Phân tích mạng Ad hoc :



**Packetsize = 512 bytes**



**Packetsize = 2000 bytes**

### Nhận xét :

- Tăng số lượng node làm tăng mạnh tỷ lệ mất clients và flows.
- Packetsize lớn (2000 bytes) làm mạng mất kết nối nhiều hơn so với 512 bytes.

## 7. KẾT LUẬN

Hiệu năng CSMA/CA phụ thuộc vào mật độ node, kích thước gói và overhead của RTS/CTS. Ở mạng nhỏ, RTS/CTS gần như không ảnh hưởng; mạng trung bình hiệu quả không ổn định; còn mạng đông, RTS/CTS thường làm giảm hiệu năng do tăng chiếm kênh và gây nhiễu và chậm RTS/CTS hơn so với data frame.

## 8. HƯỚNG PHÁT TRIỂN

- So sánh thêm với CSMA/CD và P2P.
- Thử nghiệm với mobility, fading, khoảng cách lớn hơn.
- Áp dụng TCP để so sánh hành vi congestion control.
- Thử nghiệm các chuẩn 802.11n/ac/ax với tốc độ PHY khác nhau.