

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN, ĐHQG-HCM
Khoa Điện tử - Viễn thông



Mô phỏng kỹ thuật Carrier Sense Multiple Access (CSMA/CA)

BÁO CÁO ĐỒ ÁN MÔN HỌC

Nhóm sinh viên thực hiện:

**Lê Hoàng Nam, Đặng Trần Vinh,
Nguyễn Tiến Thành, Chế Gia Thịnh**

TP.HCM, 4/2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN, ĐHQG-HCM
Khoa Điện tử - Viễn thông

Mô phỏng kỹ thuật Carrier Sense Multiple Access (CSMA/CA)

BÁO CÁO ĐỒ ÁN MÔN HỌC

Nhóm sinh viên thực hiện:

**Lê Hoàng Nam, Đặng Trần Vinh,
Nguyễn Tiến Thành, Chế Gia Thịnh**

Giảng viên phụ trách:
Ph.D Đặng Lê Khoa
MSc. Ngô Minh Nghĩa

TP.HCM, 4/2024

Lời nói đầu

Trong thời đại công nghệ cao hiện nay, kết nối không dây đã trở thành xu hướng và không ngừng được cải tiến. Mạng không dây Wi-Fi là một phần tất yếu trong cuộc sống. Không như các hệ thống mạng có dây, mạng không dây có đặc tính môi trường truyền rất phức tạp và khó kiểm soát. Vì vậy, kỹ thuật CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access) được tạo ra để giảm thiểu tối đa tình trạng xung đột giữa người dùng trong hệ thống mạng mà không cần mất thời gian để nhận biết sự đụng độ sau khi nhận gói tin. Trước khi một trạm bắt đầu truyền tín hiệu, nó sẽ thực hiện một quy trình để đảm bảo dữ liệu được truyền sẽ không xảy ra xung đột. Một phần quan trọng trong quy trình này được gọi là chiến lược (Strategy). Các chiến lược được đưa ra nhằm cung cấp cho các trạm một khoảng thời gian chờ khác nhau. Trong bài báo cáo này, có 5 chiến lược được đưa ra với các kiểu phân bổ khe thời gian khác nhau. Kết quả mô phỏng cho thấy các chiến lược 3, 5 đạt hiệu quả tốt nhất. Hiệu suất của 2 chiến lược này đạt trên 90% với hệ thống có 400 trạm.

Mục lục

Lời nói đầu	i
Danh sách hình vẽ	iii
1 Giới thiệu đề tài	1
2 Cơ sở lý thuyết và thuật toán	3
3 Kết quả mô phỏng	7
4 Kết luận	9

Danh sách hình vẽ

2.1	Lớp MAC trong chuẩn IEEE 802.11	3
2.2	Quy trình tránh đụng độ	4
2.3	Cơ chế tránh đụng độ với mô hình mạng gồm 3 điểm	5
2.4	Lưu đồ thuật toán	6
3.1	Thời gian gửi thành công gói tin với các kích thước và chiến lược khác nhau	8

Chương 1

Giới thiệu đề tài

Trong thế giới kỹ thuật mạng ngày nay, việc truy cập dữ liệu một cách hiệu quả và đồng bộ là một yếu tố cực kỳ quan trọng để đảm bảo hoạt động suôn sẻ của các hệ thống mạng. Đặc biệt, trong mạng không dây, nhu cầu điều phối truy cập dữ liệu trở nên càng phức tạp hơn do sự đa dạng và tính di động của các thiết bị.

Trong kỹ thuật CDMA/CD, sự đụng độ được phát hiện bằng cách trạm phát sẽ nhận lại tín hiệu của chính nó và tín hiệu của trạm phát khác. Điều này đòi hỏi tín hiệu phải duy trì được mức công suất cần thiết để đầu thu có thể phát hiện [1]. Tuy nhiên, trong môi trường truyền không dây, công suất của tín hiệu sẽ bị ảnh hưởng rất nhiều nên phương pháp này sẽ không đạt hiệu quả. CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) đã được tạo ra với ý tưởng tránh xung đột trước khi truyền thay vì phát hiện xung đột sau khi truyền.

CSMA/CA và CSMA/CD đều là hai phương pháp truy cập phổ biến được sử dụng trong các mạng LAN (Local Area Network) để quản lý việc truyền dữ liệu và tránh xung đột. Tuy nhiên, chúng có các điểm khác biệt quan trọng. Trong CSMA/CD, các thiết bị phát hiện xung đột dữ liệu sau khi đã bắt đầu truyền. Nếu một xung đột được phát hiện, các thiết bị sẽ ngừng truyền và gửi một tín hiệu để thông báo cho các thiết bị khác biết về xung đột, sau đó chờ một khoảng thời gian ngẫu nhiên trước khi thử lại. Trong CSMA/CA, các thiết bị tránh xung đột dữ liệu bằng cách gửi các gói tin yêu cầu trước khi truyền dữ liệu thực sự. Nếu không nhận được phản hồi xác nhận từ thiết bị đích, nó sẽ giả định rằng có xung đột và sẽ chờ một khoảng thời gian ngẫu nhiên trước khi thử lại.

Một điểm đặc biệt của CSMA/CA là việc tránh xung đột dữ liệu thực hiện thông qua quá trình tránh va chạm. Thiết bị gửi dữ liệu sẽ gửi một gói tin RTS (Request to Send) cho thiết bị đích, sau đó thiết bị đích sẽ gửi lại một gói tin CTS (Clear to Send) xác nhận. Trong khoảng thời gian này, các thiết bị khác sẽ tạm ngưng truyền dữ liệu để tránh xung đột. Quá trình này giúp giảm thiểu xác suất xung đột dữ liệu và tăng hiệu suất của mạng không dây.

Tóm lại, CSMA/CA là một phương pháp truy cập thông minh được sử dụng rộng rãi trong các mạng không dây, giúp điều phối việc truyền dữ liệu một cách hiệu quả và đồng bộ, đồng

thời giảm thiểu xác suất xung đột dữ liệu và tăng cường hiệu suất mạng.

Trong bài báo cáo này, nhóm chúng em thực hiện mô phỏng kỹ thuật CSMA/CA cho hệ thống có từ 10 đến 400 nodes; gói tin gửi có kích thước từ 8000 đến 80000 bits.

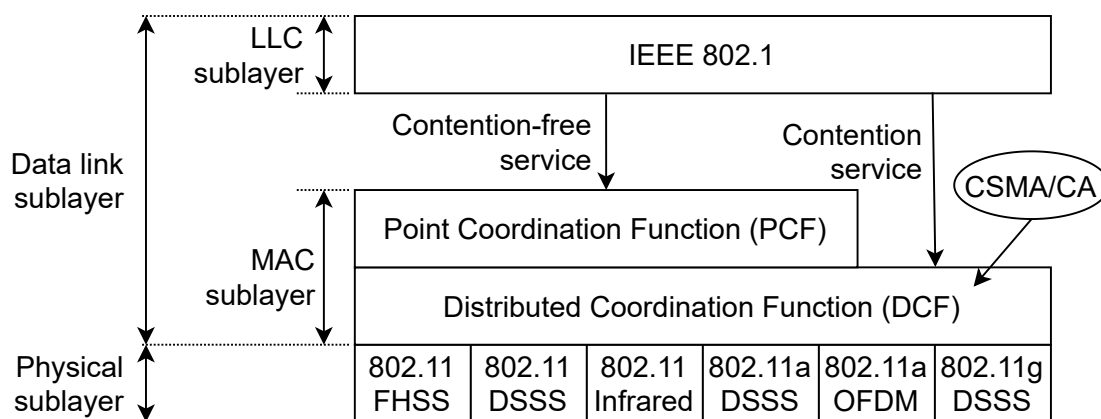
Chương 2

Cơ sở lý thuyết và thuật toán

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) là một phương pháp truy cập truyền thông được sử dụng trong mạng không dây để giảm thiểu va chạm dữ liệu. Đây là một phương pháp truy cập ngẫu nhiên trong đó các thiết bị trong mạng truyền thông sẽ kiểm tra tình trạng kênh trước khi truyền dữ liệu và thực hiện các biện pháp để tránh xung đột dữ liệu.

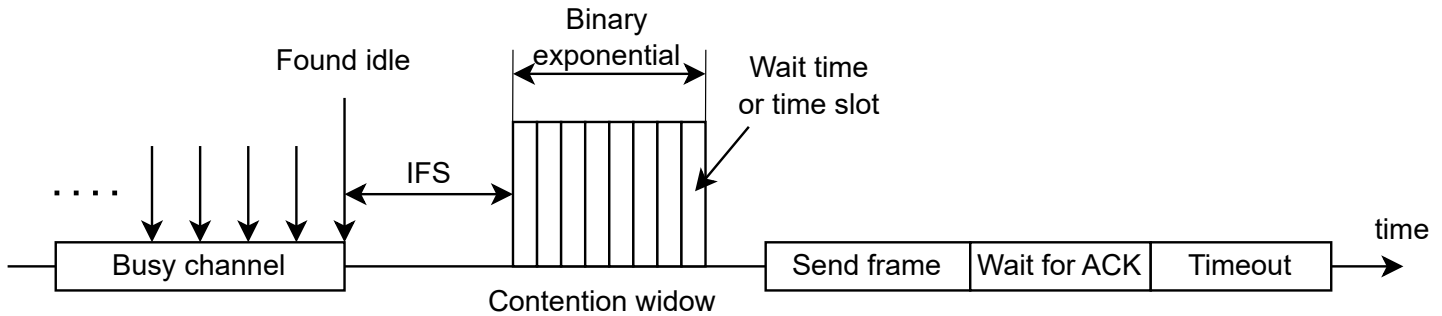
Nguyên tắc cơ bản khi truy cập của chuẩn IEEE 802.11 là sử dụng cơ chế CSMA/CA– Đa truy cập sử dụng sóng mang phòng tránh xung đột. Nguyên tắc này gần giống như nguyên tắc CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect) của chuẩn 802.3 (cho Ethernet). Điểm khác ở đây là CSMA/CA nó sẽ chỉ truyền dữ liệu khi bên kia sẵn sàng nhận và không truyền hay nhận dữ liệu nào khác trong lúc đó, đây còn gọi là nguyên tắc LBT (listening before talking) – nghe trước khi nói.

Theo chuẩn IEEE 802.11, kỹ thuật CSMA/CA được sử dụng tại lớp MAC bởi hàm Distributed Coordination Function (DCF) như trong hình 2.1.



Hình 2.1: Lớp MAC trong chuẩn IEEE 802.11

Quá trình tránh va chạm được thực hiện qua 3 bước: cài đặt thời gian chờ liên gói tin (Inter-frame Space), khung thời gian va chạm (Contention window) và xác nhận (Acknowledgments) [1].



Hình 2.2: Quy trình tránh đụng độ

Hình 2.2 thể hiện quy trình tránh va chạm của kỹ thuật CSMA/CA. Các bước thực hiện được mô tả như sau:

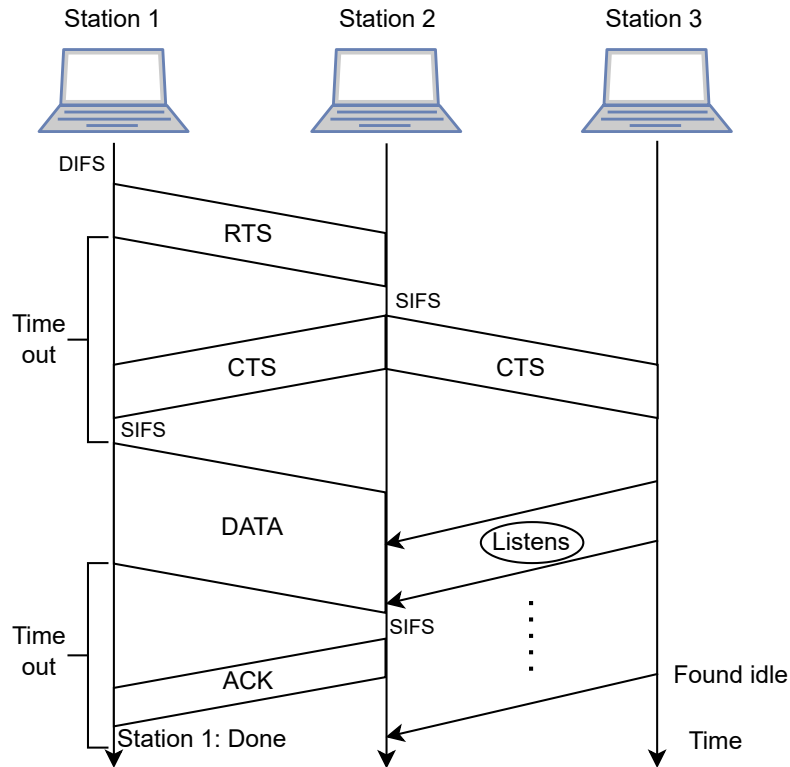
1. Interframe Space: đầu tiên, trạm phát cảm nhận kênh truyền và khi phát hiện kênh truyền nhàn rỗi (trống), trì hoãn việc truyền dữ liệu một khoảng thời gian. Nguyên nhân là vì tại thời điểm phát hiện kênh nhàn rỗi, có thể có một trạm ở khoảng cách xa hơn bắt đầu truyền dữ liệu gói tin đó chưa đến. IFS là khoảng thời gian chờ nếu có một trạm khác đang truyền. Sau khoảng thời gian IFS mà kênh truyền vẫn nhàn rỗi, dữ liệu bắt đầu được truyền. Biến IFS có thể đánh dấu ưu tiên cho những trạm hoặc loại dữ liệu truyền. Dữ liệu càng được ưu tiên thì IFS càng ngắn [1].
2. Contention window: Khoảng thời gian được chia thành nhiều khe thời gian (slot time). Trạm nào đã sẵn sàng gửi dữ liệu sẽ chọn một vị trí ngẫu nhiên và đó sẽ là thời gian chờ. Số lượng khe thời gian tùy thuộc vào chiến lược lùi lại theo cấp số nhân nhị phân (binary exponential back-off strategy). Điều này có nghĩa là sau mỗi lần trạm phát không tìm được kênh nhàn rỗi, nó sẽ gấp đôi thời gian chờ. Trạm phát sẽ cảm nhận kênh truyền khi thời gian chờ kết thúc. Bộ đếm thời gian chờ chỉ khởi động lại khi đã phát hiện kênh truyền nhàn rỗi [1].
3. Acknowledgments: gói tin sẽ được gửi khi 2 quy trình trên được thỏa yêu cầu. Sau đó, trạm phát sẽ chờ gói tin xác nhận từ phía nhận để tiếp tục kết nối và truyền dữ liệu [1].

Để thực hiện mô phỏng cho cơ chế CSMA/CA trong thực tế, một mô hình đại diện gồm 3 trạm thu phát tín hiệu được sử dụng. Cơ chế hoạt động của CSMA/CA có thể được mô tả như sau:

1. Khi một thiết bị muốn truyền dữ liệu, nó sẽ kiểm tra xem kênh truyền có sẵn hay không (Carrier Sense).
2. Nếu kênh truyền rảnh, thiết bị sẽ bắt đầu truyền dữ liệu.
3. Phía phát sẽ chờ gói tin xác nhận từ phía thu để quyết định các bước truyền dữ liệu

tiếp theo.

4. Trong khi đó, các trạm khác tiếp tục quá trình lắng nghe kênh truyền để phát hiện quy trình truyền đã kết thúc.



Hình 2.3: Cơ chế tránh đụng độ với mô hình mạng gồm 3 điểm

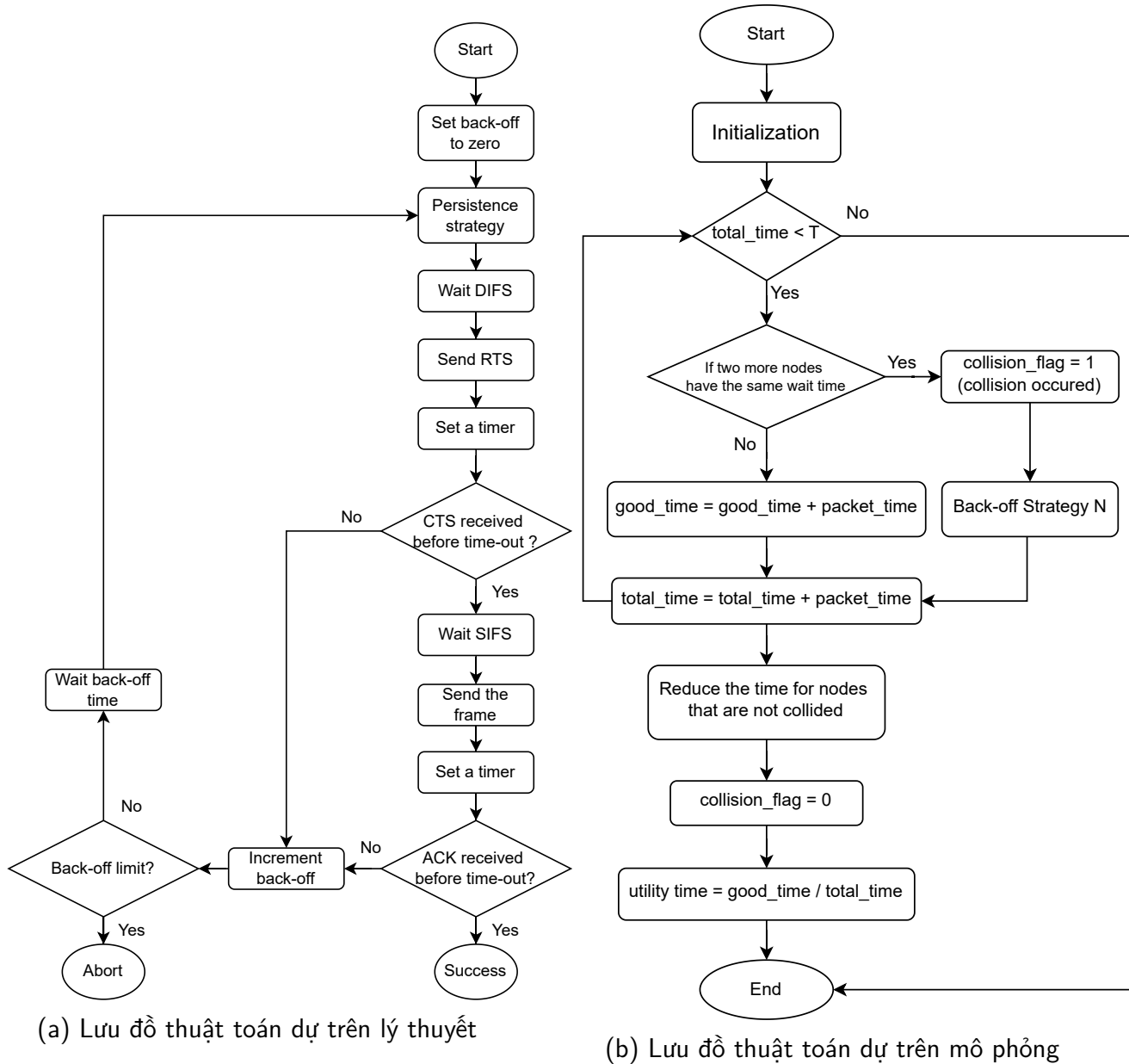
Hình 2.3 mô tả quy trình CSMA/CA với 3 trạm. Giả sử rằng thời điểm Station 1 truyền dữ liệu kênh truyền đang ở trạng thái nhàn rỗi. Trong quá trình Station 1 truyền dữ liệu, Station 3 thực hiện việc lắng nghe kênh truyền. Khi Station 1 kết thúc truyền, Station 3 nhận biết kênh truyền đã nhàn rỗi và thực hiện quy trình như mô tả ở hình 2.2.

Dựa trên ý tưởng lưu đồ thuật toán ở hình 2.4a, lưu đồ thuật toán đã được xây dựng lại cho phần mô phỏng ở chương 3 như trong hình 2.4b. Khi hệ thống phát hiện xung đột, có 5 chiến lược (Back-off Strategy) được đưa ra như sau:

- Strategy 1: Tăng $CW = CW * 2$ khi xảy ra xung đột và đặt lại $CW = CW_{min}$ khi truyền dữ liệu thành công.
- Strategy 2: Tăng $CW = CW + 2$ khi xảy ra xung đột và giữ nguyên CW khi truyền dữ liệu thành công.
- Strategy 3: Tăng $CW = CW * 2$ khi xảy ra xung đột và giữ nguyên CW khi truyền dữ liệu thành công.
- Strategy 4: Tăng $CW = CW + 2$ khi xảy ra xung đột và giảm $CW = CW - 2$ khi truyền

dữ liệu thành công.

- Strategy 5: Tăng $CW = CW * 2$ khi xảy ra xung đột và giảm $CW = CW - 2$ khi truyền dữ liệu thành công.



Hình 2.4: Lưu đồ thuật toán

Tỷ lệ $good_time / total_time$ trong thuật toán CSMA/CA thường được sử dụng để đo lường hiệu suất sử dụng kênh của mạng. Trong đó, $good_time$ là tổng thời gian mà các gói tin được truyền thành công trên kênh, $total_time$ là tổng thời gian mà các gói tin cần để được truyền, bao gồm cả thời gian chờ đợi và truyền thực tế.

Chương 3

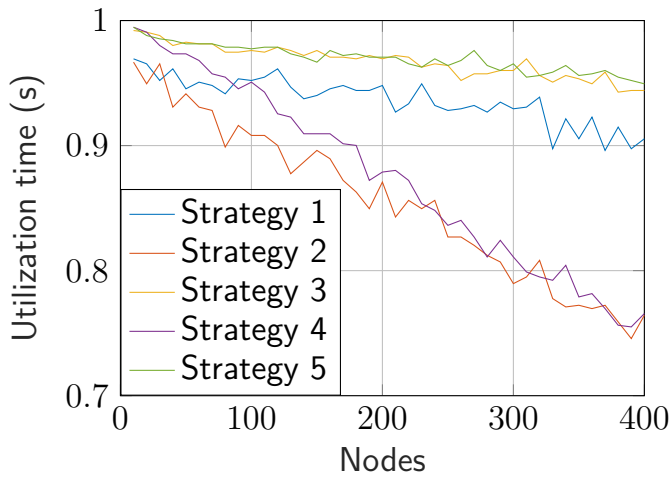
Kết quả mô phỏng

Phần mô phỏng được thực hiện với các kích thước gói tin khác nhau, bao gồm 4 gói tin với kích thước lần lượt là 8kb, 16kb, 40kb và 80kb. Số trạm (Station hoặc Node) sử dụng trong mô phỏng là từ 10 đến 400.

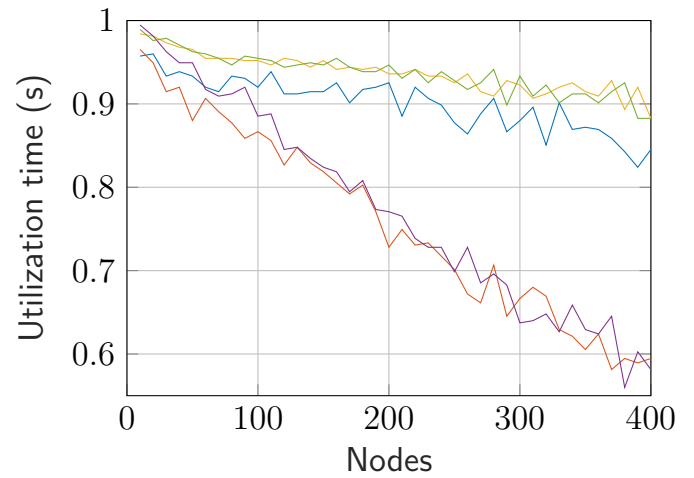
Từ các kết quả mô phỏng trong hình 3.1, ta có thể rút ra kết luận như sau:

- Với Packet_size = 8kb: kết quả mô phỏng cho thấy: cả Strategy 1,2,3,4,5 đều có hiệu suất tốt (trên 50%) và có thể thấy Strategy 3,5 là tốt nhất.
- Với Packet_size = 16kb: cả Strategy 1,2,3,4,5 đều có hiệu suất tốt (trên 50%) và có thể thấy Strategy 3,5 là tốt nhất.
- Với Packet_size = 40kb: kết quả mô phỏng lúc này khi ta càng nâng cao Packet_size thì hiệu suất của các Strategy sẽ càng giảm đối với các Strategy 1,3,5 hiệu suất giảm so với Packet_size = 16kb chỉ trong khoảng 10% còn Strategy 2,4 hiệu suất bị giảm đến 30%.
- Với Packet_size = 80kb: so với Packet_size = 40000 các Strategy 1,2,3,4,5 có hiệu suất giảm đi khoảng 10%.

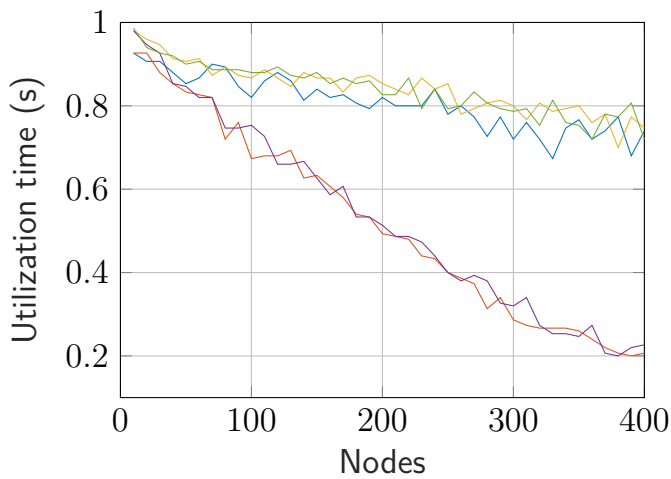
Utilization time là thời gian để gói tin được chuyển thành công, hay nói cách khác đây là biến thể hiện khả năng sử dụng kênh một cách hiệu quả của mạng, tức là phần trăm thời gian mà kênh được sử dụng để truyền dữ liệu thành công so với tổng thời gian. Giá trị càng cao thường cho thấy mạng hoạt động hiệu quả hơn trong việc truyền dữ liệu.



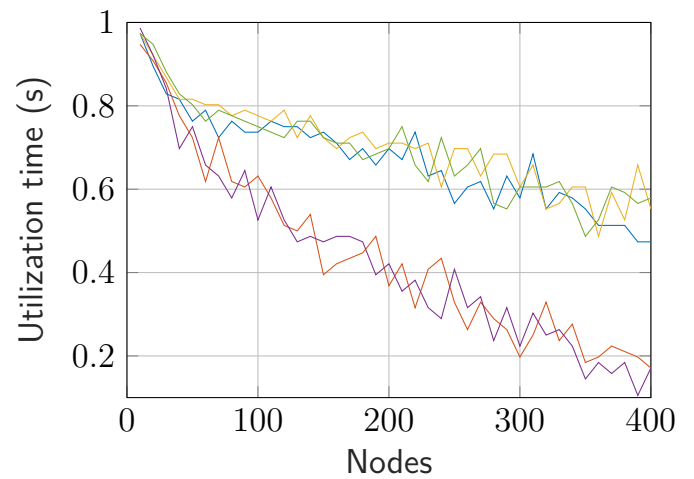
(a) Packet size = 8000 bits



(b) Packet size = 16000 bits



(c) Packet size = 40000 bits



(d) Packet size = 80000 bits

Hình 3.1: Thời gian gửi thành công gói tin với các kích thước và chiến lược khác nhau

Chương 4

Kết luận

Tổng kết lại, CSMA/CA là một kỹ thuật được sử dụng tại lớp MAC. Kỹ thuật này rất quan trọng trong một hệ thống truyền thông không dây vì nó giảm thiểu được tỉ lệ bị mất hoặc hỏng gói tin vì quá trình xung đột. So với CSMA/CD thì CSMA/CA có nhiều điểm nổi trội hơn. Thừa hưởng được những thế mạnh vốn có từ kỹ thuật tiền nhiệm, CSMA/CA cho ra hiệu suất cao hơn thời gian truyền dữ liệu ngắn hơn và không đòi hỏi đến việc đảm bảo công suất của tín hiệu.

Từ kết quả mô phỏng có thể thấy, với kích thước gói tin mô phỏng lớn nhất là 80kb thì hiệu suất đạt trên 50% với khoảng dưới 200 trạm. Chiến lược 3 và 5 cho hiệu suất tốt nhất với tối thiểu 60% cho gói tin có kích thước 80kb, hệ thống 400 trạm; hiệu suất đạt trên 95% với gói tin 8kb và cùng số trạm là 400. Kích thước gói tin tỉ lệ thuận với số gói tin được phân tách, thời gian truyền càng lâu Hiệu suất kênh truyền còn phụ thuộc vào tốc độ của kênh truyền. Với bài mô phỏng này, tốc độ truyền được thiết lập ở mức 6Mbps và nếu tăng tốc độ này lên, hiệu suất cũng sẽ được tăng theo.

Tài liệu tham khảo

- [1] B. Forouzan and S. Fegan, *Data Communications and Networking*, ser. McGraw-Hill Forouzan networking series. McGraw-Hill Higher Education, 2004.