

PHÂN TÍCH VẤN ĐỀ VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU NĂNG TRONG MẠNG AD HOC ĐA CHẶNG *

PHẠM THANH GIANG¹, PHẠM MINH VĨ², NGUYỄN VĂN TAM¹

¹Viện Công nghệ Thông tin, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trung tâm Thông tin và Dự báo Kinh tế - Xã hội Quốc Gia, Bộ Kế hoạch và Đầu tư

Tóm tắt. Giao thức IEEE 802.11 đã trở thành chuẩn thực tế (*de facto*) trong việc điều khiển truy cập kênh truyền thông trong mạng không dây ad hoc. Tuy vậy giao thức IEEE 802.11 gặp khá nhiều vấn đề hiệu năng như độ trễ, thông lượng và đặc biệt là vấn đề mất cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu trong mạng ad hoc đa chặng. Bài báo trình bày một số nguyên nhân ảnh hưởng đến hiệu năng mạng do sự tương tranh giữa các gói tin và các luồng dữ liệu tại tầng điều khiển truy nhập (MAC) và tầng điều khiển liên kết logic (LLC). Và giới thiệu sơ lược một số giải pháp đã được nghiên cứu nhằm cải tiến hiệu năng mạng và chỉ ra các điểm mạnh, yếu của các giải pháp này. Từ đó đề xuất một phương pháp mới điều khiển gói tin trong hàng đợi để nâng cao hiệu năng mạng, đặc biệt là đảm bảo cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu trong mạng ad hoc đa chặng. Giải pháp đề xuất sẽ được kiểm chứng thông qua phần mềm mô phỏng mạng NS-2.

Abstract. IEEE 802.11 protocol is the *de facto* standard for medium access control in wireless ad hoc network. However, IEEE 802.11 protocol faces a lot of network performance problems in terms of delays, throughput and specially per-flow unfairness in multi-hop ad hoc networks. In this paper, we present some reasons which affect network performance due to both the Medium Access Control (MAC) and Logical Link Control (LLC) layers contentions. This paper also briefs some well-known solutions to improve network performance and points out the advantages of these solutions. Therefore, we propose a new method to control packets in queue in order to improve network performance, especially, ensure per-flow fairness in multi-hop ad hoc network. The proposed method will be evaluated by Network Simulator (NS-2) software.

1. GIỚI THIỆU

Trong mạng ad hoc đa chặng, các trạm có thể tự giao tiếp với nhau thông qua liên kết không dây mà không cần một hạ tầng mạng cố định. Mỗi trạm có thể hoạt động như một thiết bị đầu cuối đồng thời cũng có các chức năng của bộ định tuyến để có thể chuyển tiếp các gói tin trên mạng. Như vậy một trạm không chỉ truyền các luồng dữ liệu *trực tiếp* phát sinh từ chính trạm đó mà còn phải chuyển tiếp các luồng dữ liệu *chuyển tiếp* được phát sinh từ các trạm láng giềng. Điều này dẫn đến sự tương tranh giữa luồng dữ liệu trực tiếp và luồng dữ liệu chuyển tiếp trong bộ đệm tại tầng điều khiển liên kết logic (LLC). Hiển nhiên là luồng

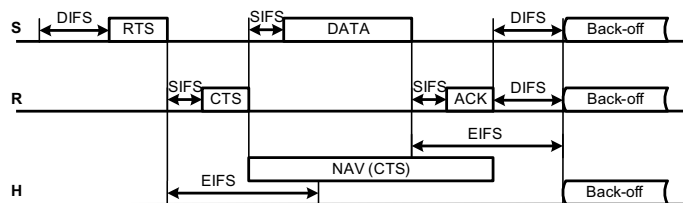
* Bài báo được hỗ trợ kinh phí và thực hiện tại phòng thí nghiệm trọng điểm Công nghệ mạng và Đa phương tiện

dữ liệu trực tiếp sẽ có nhiều lợi thế hơn luồng dữ liệu chuyển tiếp [1, 2]. Hơn nữa, các trạm trong mạng không dây đa chặng cũng phải chia sẻ băng thông với các trạm láng giềng. Sự tương tranh về băng thông trong tầng điều khiển truy nhập (MAC) cũng ảnh hưởng đến sự cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu do các trạm gần thường có nhiều lợi thế hơn các trạm xa [3, 4].

Bài báo đề xuất một phương pháp lập lịch và điều khiển gói tin trong bộ đệm. Trong đó sử dụng các hàng đợi khác nhau cho mỗi luồng dữ liệu bao gồm luồng dữ liệu trực tiếp và các luồng dữ liệu chuyển tiếp. Mỗi hàng đợi sẽ được xử lý theo thuật toán lập lịch RR (*Round Robin*) kèm theo các thuật toán điều khiển. Hai thuật toán điều khiển được đề xuất để kiểm soát các gói tin đi vào và đi ra khỏi hàng đợi. Bằng việc kiểm soát các gói tin đi vào, ta có thể giảm tải các luồng dữ liệu lớn như luồng dữ liệu trực tiếp. Với việc kiểm soát các gói tin đi ra, ta có thể hạn chế việc sử dụng quá nhiều băng thông của các luồng dữ liệu lớn và dành băng thông cho việc nhận các luồng dữ liệu nhỏ. Nhờ đó phương pháp mới sẽ đạt được sự cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu. Ngoài ra phương pháp lập lịch mới cũng có tác động tích cực tới các thông số hiệu năng khác như độ trễ và giảm tải nguyên bộ đệm. Ở đây, ta sử dụng phần mềm mô phỏng mạng NS-2 [5] để đánh giá phương pháp lập lịch mới.

2. NHỮNG NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Vấn đề nâng cao hiệu năng trên mạng ad hoc đã được nghiên cứu trong nhiều năm. Giao thức MACA [6] và phần mở rộng MACAW [7] quan tâm đến vấn đề nâng cao cân bằng về sử dụng băng thông giữa các trạm trong mạng, các tác giả đã đề xuất phương pháp bắt tay bốn bước RTS/CTS/Data/ACK để giảm việc xung đột với các trạm ẩn trong mạng. Giao thức MACAW đã được công nhận thành chuẩn truy nhập trong IEEE 802.11 [8]. Tuy nhiên phương pháp bắt tay bốn bước vẫn không giải quyết được hết được vấn đề mất cân bằng trong sử dụng băng thông giữa các trạm [9, 10, 11]. Li et al. [10] chỉ ra vấn đề *Extended Inter-Frame Spacing* (EIFS) trong phương pháp bắt tay bốn bước. Trong đó khung tin ACK sẽ được gửi cuối cùng để xác nhận việc trao đổi gói tin thành công, việc xung đột với khung tin ACK dẫn đến phải thực hiện truyền lại toàn bộ quá trình bốn bước.



Hình 2.1. Trạm ẩn H trễ với thời gian EIFS để tránh xung đột với khung tin ACK

Do vậy EIFS được sử dụng với mục đích tránh các trạm ẩn có thể gây xung đột với khung ACK như trong hình 2.1. Tuy nhiên việc sử dụng đoạn EIFS có độ dài cố định lại dẫn đến việc mất cân bằng trong việc chia sẻ băng thông giữa các trạm. Tác giả trong bài báo [10] đề xuất giải pháp sử dụng đoạn EIFS có chiều dài thay đổi dựa trên việc cảm nhận chiều dài khung tin *Sensing Range* (SR). Tuy nhiên việc cảm nhận chiều dài khung tin sẽ không chính xác nếu có hơn một trạm ẩn tham gia truyền thông.

Các phương pháp nâng cao cân bằng trong việc chia sẻ băng thông bằng những thay đổi

tại tầng MAC như trên đòi hỏi phải thay đổi hoàn toàn về phần cứng khi triển khai thực tế, dẫn đến nâng cao giá thành khi triển khai. Hơn nữa việc nâng cao cân bằng trong việc chia sẻ băng thông chưa đảm bảo việc cân bằng về thông lượng giữa các luồng dữ liệu. Một số nghiên cứu khác triển khai trên tầng LLC, nhằm nâng cao cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu. Jangeun et al. [1] chỉ rõ điểm yếu của phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO và đề xuất một số phương pháp lập lịch và đã nâng cao việc cân bằng thông lượng ở một mức độ nhất định. Shagdar et al. [2] quan tâm đến sự tương tranh giữa luồng dữ liệu trực tiếp với các luồng dữ liệu chuyển tiếp và đề xuất phương pháp lập lịch dựa theo thuật toán RR. Tác giả cũng thay đổi tầng MAC nhằm tăng hiệu năng sử dụng băng thông của trạm trong mạng. Tuy nhiên các phương pháp trên lại dựa trên một giả định không thực tế là tầng MAC đã đảm bảo cân bằng trong việc chia sẻ băng thông giữa các trạm trong mạng. Trong phần tiếp theo chúng tôi sẽ chỉ ra rằng do tầng MAC không đảm bảo cân bằng trong việc chia sẻ băng thông dẫn đến áp dụng phương pháp lập lịch theo thuật toán RR sẽ không đạt được sự cân bằng về thông lượng giữa các luồng dữ liệu.

3. PHÂN TÍCH VẤN ĐỀ HIỆU NĂNG TRONG MẠNG AD HOC ĐA CHẶNG

Trong phần này chúng tôi sẽ xem xét ảnh hưởng của việc tương tranh tại tầng MAC và việc tương tranh tại tầng LLC đối với vấn đề cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu trong mạng ad hoc đa chặng. Mô hình mạng được dùng để phân tích là mô hình ad hoc đa chặng cơ bản bao gồm ba trạm như trong hình 3.2. Giả sử trong cùng điều kiện trạm S1 và S2 gửi tin với tốc độ như nhau, chúng ta sẽ so sánh thông lượng nhận thành công tại trạm R giữa hai luồng dữ liệu gửi từ trạm S1 với S2.

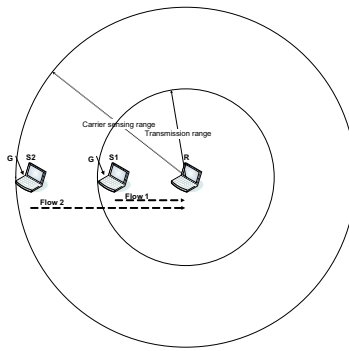
Trong hình 3.2, khoảng cách giữa S1 và S2 được đặt nhỏ hơn khoảng cách truyền thông tối đa (*transmission range*), như vậy S1 có thể nhận thành công các gói tin gửi từ S2 và ngược lại. Tương tự với khoảng cách giữa S1 và R. Khoảng cách giữa S2 và R được đặt lớn hơn khoảng cách truyền thông tối đa. Như vậy các gói tin gửi từ S2 tới R phải thông qua trạm chuyển tiếp trung gian là S1. Khoảng cách giữa S2 và R là nhỏ hơn khoảng cách cảm nhận tối đa (*carrier sensing range*) vì thông thường khoảng cách cảm nhận tối đa lớn hơn 2 lần so với khoảng cách truyền thông tối đa [12]. Tuy nhiên những khoảng cách trên có thể thay đổi bằng việc điều chỉnh các mức năng lượng tín hiệu. Như vậy R tuy không thể giải mã được tín hiệu gửi trực tiếp từ S2, nhưng có thể cảm nhận được có trạm nào đó đang sử dụng băng thông khi S2 gửi gói tin.

Trong mô hình này giả sử trạm S1 và S2 cùng gửi các gói tin với tốc độ G tới R. Gọi dung lượng băng thông là B và dung lượng băng thông chia sẻ cho trạm S1, S2 tương ứng là B_1 , B_2 . Trong trạng thái bão hòa khi tốc độ gửi gói tin của S1 và S2 vượt qua dung lượng của băng thông, tổng thông lượng của các luồng dữ liệu được gửi từ S1 và S2 sẽ tương ứng là B_1 , B_2 . Ta có

$$B = B_1 + B_2. \quad (3.1)$$

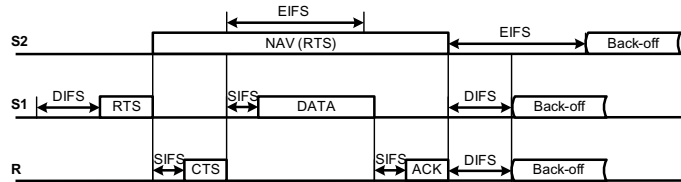
3.1. Tương tranh tại tầng MAC

Tương tranh tại tầng MAC là sự cạnh tranh giữa các trạm trong việc sử dụng kênh truyền thông không dây dùng chung. Trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản trong hình 3.2,



Hình 3.2. Mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản

trạm S1 có xu hướng dành được băng thông lớn hơn trạm S2 do trạm S1 có thể giải mã được tất cả các gói tin trong mạng trong khi S2 không thể giải mã được các gói tin từ trạm R. Vấn đề này đã được mô tả trong bài báo [10].



Hình 3.3. Sự mất cân bằng về chia sẻ băng thông trong IEEE 802.11.

Trong giao thức IEEE 802.11 sử dụng phương pháp trao đổi dữ liệu bắt tay 4 bước RTS/CTS/DATA/ACK (*Request To Send/Clear To Send/DATA/ACKnowledgment*). Xét tại bước cuối cùng trong phương pháp trao đổi dữ liệu như trên hình 3.3. Trạm R gửi khung tin ACK để xác nhận việc đã nhận được khung tin DATA. Do trạm S1 nằm trong khoảng cách truyền thông tối đa của trạm R, nên có thể nhận và giải mã được khung tin ACK. Tuy nhiên, trạm S2 nằm ngoài khoảng cách truyền thông tối đa nhưng trong khoảng cách cảm nhận tối đa của trạm R, nên trạm S2 chỉ có thể cảm nhận mà không giải mã được khung tin ACK. Do đó theo giao thức IEEE 802.11, trạm S2 phải chờ một khoảng thời gian là EIFS (*Extended InterFrame Space*). Thời gian đó lớn hơn thời gian chờ thông thường đối với trạm S1 là DIFS (*Distributed coordination function InterFrame Space*). Do trạm S2 phải chờ lâu hơn nên cơ hội cho trạm S2 có thể truy nhập kênh truyền thông trong lần kế tiếp thấp hơn so với trạm S1. Li et al. [10] đã chứng minh rằng trong mô hình này thì dung lượng băng thông trạm S1 nhận được gấp khoảng 4 lần trạm S2 trong trạng thái bão hòa ($B_1 : B_2 \approx 4 : 1$). Điều này dẫn đến sự mất cân bằng trong việc chia sẻ băng thông giữa trạm S1 và S2.

3.2. Tương tranh tại tầng LLC

Tương tranh tại tầng LLC là sự cạnh tranh giữa các luồng dữ liệu trong không gian bộ đệm. Chúng ta sẽ phân tích sự tương tranh tại tầng LLC đối với hai phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO (*First In First Out*) và RR (*Round Robin*). Trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản như hình 3.2, chúng ta cho tốc độ gửi tin G của trạm S1, S2 thay đổi từ

0 tới vượt quá băng thông B . Gọi thông lượng đầu cuối đạt được của trạm S1, S2 tương ứng là $Th(flow 1)$, $Th(flow 2)$.

3.2.1. Phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO

Xét với tốc độ gửi tin G nhỏ, khi đó tổng yêu cầu gửi của các trạm là nhỏ hơn so với khả năng của băng thông, khi đó mỗi luồng dữ liệu có đạt được thông lượng yêu cầu:

$$Th(flow 1) = Th(flow 2) = G, \quad \text{if } G < \frac{B}{3} \quad (3.2)$$

Xét với tốc độ gửi tin G trung bình, khi đó khả năng của băng thông không đủ đáp ứng yêu cầu của tất cả các trạm. Do phần băng thông dành cho trạm S1 là B_1 lớn hơn phần băng thông dành cho trạm S2 là B_2 , nên luồng dữ liệu trực tiếp từ trạm S1 vẫn có thể nhận được thông lượng yêu cầu, trong khi luồng dữ liệu từ trạm S2 chỉ có thể nhận được phần băng thông còn lại:

$$\begin{cases} Th(flow 1) = G \\ Th(flow 2) = \frac{B - G}{2} \end{cases} \quad \text{if } \frac{B}{3} \leq G < B_1 - B_2 \quad (3.3)$$

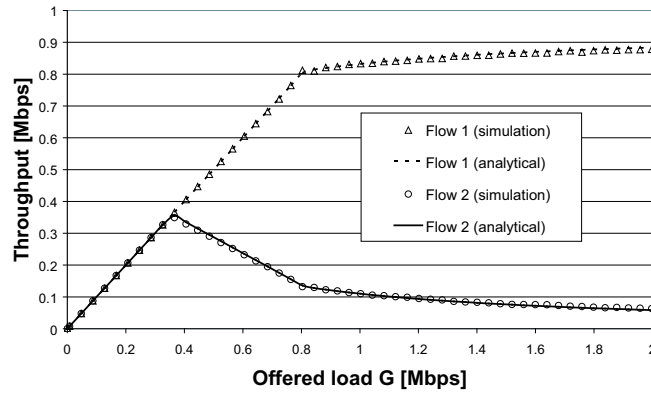
Xét với tốc độ gửi tin G lớn, khi đó phần băng thông dành cho trạm S1 là B_1 không đủ đáp ứng yêu cầu của luồng dữ liệu trực tiếp từ trạm S1 và luồng dữ liệu chuyển tiếp từ trạm S2. Giả sử kích thước bộ đệm là vô hạn, khi đó tỉ lệ sử dụng bộ đệm tại trạm S1 giữa luồng dữ liệu trực tiếp và chuyển tiếp sẽ là:

$$Q_{flow 1} : Q_{flow 2} = G : B_2 \quad (3.4)$$

trong đó $Q_{flow 1}$, $Q_{flow 2}$ tương ứng là kích thước bộ đệm dành cho luồng dữ liệu $flow 1$, $flow 2$ tại trạm S1. Do đó thông lượng đầu cuối đạt được của các luồng dữ liệu là:

$$\begin{cases} Th(flow 1) = B_1 \frac{G}{G + B_2} \\ Th(flow 2) = B_1 \frac{B_2}{G + B_2} \end{cases} \quad \text{if } G \geq B_1 - B_2 \quad (3.5)$$

Phần mềm mô phỏng NS-2 được sử dụng để kiểm chứng phân tích trên. Hình 3.4 cho thấy kết quả thông lượng đầu cuối của luồng dữ liệu tại trạm S1 và S2 trong phân tích phù hợp với kết quả mô phỏng. Các tham số trong chương trình mô phỏng được mô tả trong bảng 1. Trong đó giá trị kích thước bộ đệm được đặt rất lớn để có thể coi là vô hạn. Tốc độ kênh dữ liệu được chọn là 2[Mbps]. Do vấn đề phụ phí trong giao thức IEEE 802.11 [13] khi sử dụng phương pháp trao đổi dữ liệu bắt tay 4 bước, băng thông tương ứng đạt được B , B_1 và B_2 trong chương trình mô phỏng xấp xỉ là 1.074[Mbps], 0.939[Mbps] và 0.135[Mbps]. Kết quả cho thấy khi tốc độ gửi tin G trở nên rất lớn, thông lượng đầu cuối của luồng dữ liệu từ trạm S1 tăng tới giá trị B_1 , trong khi thông lượng đầu cuối của luồng dữ liệu từ trạm S2 giảm tới 0. Dẫn tới việc mất cân bằng hoàn toàn về mặt thông lượng giữa các luồng dữ liệu trong mô hình.



Hình 3.4. Thông lượng đầu cuối trong phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO.

Bảng 1. Các tham số trong chương trình mô phỏng.

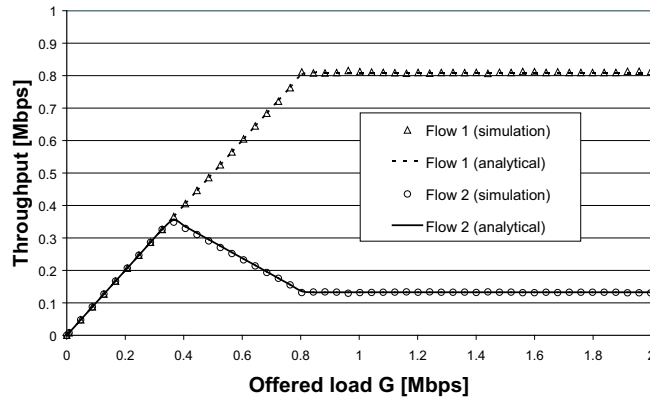
Tốc độ kênh dữ liệu	2[Mbps]
Khoảng cách giữa các trạm	200[m]
Khoảng cách truyền tối đa	250[m]
Khoảng cách cảm nhận tối đa	550[m]
Giao thức tầng liên kết dữ liệu	IEEE 802.11 (RTS/CTS)
Loại kết nối	UDP/CBR
Kích thước bộ đệm	100000[packet]
Kích thước gói tin	1[KB]
Thời gian mô phỏng	100[s]

3.2.2. Phương pháp lập lịch theo thuật toán RR

Trong phương pháp lập lịch theo thuật toán RR, với tốc độ gửi tin G nhỏ hoặc trung bình, thông lượng đầu cuối của các luồng dữ liệu có kết quả giống với phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO như mô tả trong (3.2), (3.3). Khi tốc độ gửi tin G lớn, mặc dù tại trạm S1 sử dụng các hàng đợi riêng biệt cho luồng dữ liệu trực tiếp và luồng dữ liệu chuyển tiếp, nhưng tốc độ gói tin tới hàng đợi của luồng dữ liệu chuyển tiếp bị hạn chế bởi B_2 . Do vậy luồng dữ liệu trực tiếp sẽ sử dụng hết phần băng thông còn lại. Thông lượng đầu cuối của các luồng dữ liệu sẽ là:

$$\begin{cases} Th(flow\ 1) = B_1 - B_2 & \text{if } G \geq B_1 - B_2 \\ Th(flow\ 2) = B_2 \end{cases} \quad (3.6)$$

Hình 3.5 cũng cho thấy kết quả phân tích phù hợp với kết quả mô phỏng. Như vậy việc áp dụng phương pháp lập lịch theo thuật toán RR giúp tăng thông lượng của luồng dữ liệu chuyển tiếp so với phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO. Nhưng chỉ áp dụng phương pháp lập lịch theo thuật toán RR không đảm bảo việc cân bằng thông lượng giữa luồng dữ liệu trực tiếp và luồng dữ liệu chuyển tiếp.

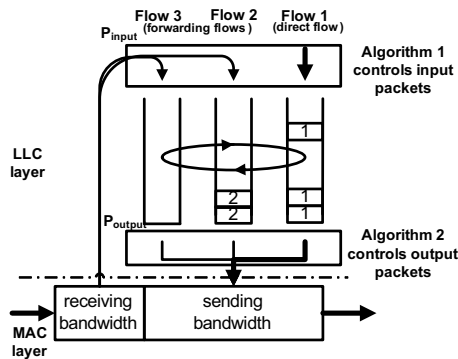


Hình 3.5. Thông lượng đầu cuối trong phương pháp lập lịch theo thuật toán RR

4. THUẬT TOÁN LẬP LỊCH CÓ KIỂM SOÁT VÀO RA

Như đã trình bày ở phần trước, lý do thuật toán RR vẫn không đảm bảo thông lượng cho luồng dữ liệu chuyển tiếp là do bị giới hạn bởi băng thông tại tầng MAC. Điều này dẫn đến chỉ một số ít gói tin có thể tới được trạm chuyển tiếp, do vậy hàng đợi dành cho luồng dữ liệu chuyển tiếp thường xuyên không có gói tin. Khi đó thuật toán RR sẽ chuyển quyền truy nhập kênh truyền thông cho hàng đợi kế tiếp. Như vậy nếu trong hàng đợi trực tiếp luôn có gói tin, luồng dữ liệu trực tiếp sẽ được quyền truy nhập kênh truyền thông và sẽ đạt được thông lượng lớn hơn nhiều so với luồng dữ liệu chuyển tiếp.

Trong bài báo này ta sẽ sử dụng các hàng đợi riêng cho từng luồng dữ liệu như thuật toán RR, thêm vào đó là phương pháp lập lịch có kiểm soát vào ra trên các hàng đợi CIOS (*Control Input Output Scheduling*). Luồng dữ liệu được quy định bởi địa chỉ IP nguồn và IP đích, các gói tin sẽ căn cứ vào địa chỉ của mình để xác định thuộc luồng dữ liệu tương ứng. Hình 4.6 mô tả phương pháp lập lịch CIOS.



Hình 4.6. Thuật toán lập lịch có kiểm soát vào ra CIOS

4.1. Thuật toán 1: Kiểm soát gói tin đi vào hàng đợi

Trong mạng ad hoc đa chặng, nếu các trạm ở xa và các trạm có nhiệm vụ chuyển tiếp đều tham gia truyền thông, khi đó luồng dữ liệu trực tiếp thường chiếm toàn bộ đệm trong khi các luồng dữ liệu chuyển tiếp rất khó tiếp cận đến trạm chuyển tiếp. Thuật toán 1 có nhiệm vụ kiểm soát gói tin khi đi vào hàng đợi, đảm bảo không có luồng dữ liệu nào chiếm quá nhiều tài nguyên bộ đệm. Căn cứ theo chiều dài hàng đợi của từng luồng dữ liệu và chiều dài trung bình của các hàng đợi, Thuật toán 1 sẽ quyết định nhận hay loại bỏ gói tin vào hàng đợi. Xác suất để gói tin vào hàng đợi của luồng dữ liệu thứ i sẽ được tính theo công thức:

$$P_{i_input} = \begin{cases} 1, & \text{if } qlen_i \leq ave \\ 1 - n \frac{qlen_i - ave}{(n-1)ave}, & \text{if } qlen_i > ave \end{cases} \quad (4.7)$$

trong đó n là số lượng luồng dữ liệu bao gồm cả luồng dữ liệu trực tiếp và chuyển tiếp; $qlen_i$ là chiều dài hàng đợi của luồng dữ liệu thứ i ; ave là chiều dài trung bình của tất cả các hàng đợi. Công thức (4.7) cho thấy xác suất của gói tin bị loại khỏi hàng đợi tăng lên khi chiều dài hàng đợi quá lớn so với chiều dài trung bình hàng đợi. Số lượng trạm tham gia truyền thông cũng làm tăng xác suất loại bỏ gói tin. Như vậy Thuật toán 1 sẽ làm giảm tốc độ đến của gói tin khi quá lớn và làm cho chiều dài hàng đợi của các luồng dữ liệu trở nên cân bằng.

4.2. Thuật toán 2: Kiểm soát gói tin đi ra hàng đợi

Sự mất cân bằng trong việc chia sẻ băng thông cho việc gửi và nhận tại các trạm là nguyên nhân chính khiến phương pháp lập lịch theo thuật toán RR không đảm bảo việc cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu như đã trình bày trong phần 3. Thuật toán 2 có nhiệm vụ hạn chế việc gửi các gói tin của các luồng dữ liệu lớn, nhờ đó sẽ tăng phần băng thông dùng để nhận dữ liệu. Sẽ có nhiều hơn các gói tin chuyển tiếp có thể tới trạm và thông lượng của luồng dữ liệu chuyển tiếp sẽ được tăng thêm. Xác suất để gói tin ra khỏi hàng đợi của luồng dữ liệu thứ i sẽ được tính theo công thức:

$$P_{i_output} = \begin{cases} 1, & \text{if } qlen_i \leq ave \\ 1 - \gamma \frac{qlen_i - ave}{(n-1)ave}, & \text{if } qlen_i > ave \end{cases} \quad (4.8)$$

trong đó γ là hệ số ra khỏi hàng đợi. Như vậy các gói tin từ luồng dữ liệu lớn có thể bị trì hoãn xuất ra khỏi hàng đợi với xác suất từ 0 tới γ . Trong trường hợp xấu nhất khi một hàng đợi đầy trong khi các hàng đợi khác rỗng, thì gói tin từ luồng dữ liệu này sẽ phải bị hoãn xuất ra khỏi hàng đợi với xác suất γ . Trong trường hợp hàng đợi có kích thước nhỏ hoặc cân bằng nhau thì các gói tin luôn được xuất ra khỏi hàng đợi.

Thuật toán 2 làm tỉ lệ xuất các gói tin giữa các luồng dữ liệu lớn và nhỏ trở nên cân bằng hay thông lượng giữa các luồng dữ liệu cũng trở nên cân bằng. Hơn nữa do việc hoãn xuất gói tin ra khỏi hàng đợi sẽ làm giảm tải trong việc sử dụng băng thông, gián tiếp dẫn đến giảm việc tương tranh về băng thông tại tầng MAC. Như vậy Thuật toán 2 hạn chế được việc tương tranh về băng thông tại tầng MAC, đồng thời đảm bảo sự cân bằng về thông lượng tại tầng LLC.

Bảng 2. Các tham số trong chương trình mô phỏng đánh giá hiệu năng.

Tốc độ kênh dữ liệu	2[Mbps]
Khoảng cách giữa các trạm	200[m]
Khoảng cách truyền tối đa	250[m]
Khoảng cách cảm nhận tối đa	550[m]
Giao thức tầng liên kết dữ liệu	IEEE 802.11 (RTS/CTS)
Loại kết nối	UDP/CBR
Kích thước bộ đệm	100[packet]
Kích thước gói tin	1[KB]
Thời gian mô phỏng	100[s]

5. ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

Chúng ta sẽ đánh giá phương pháp lập lịch CIOS bằng việc so sánh với phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO và RR. Phần mềm *Network Simulator* (NS-2) [5] được sử dụng để xây dựng chương trình mô phỏng đánh giá hiệu năng của phương án đề xuất. Các tham số chính của chương trình mô phỏng được chỉ ra trong bảng 2.

Qua chương trình mô phỏng, các thông số hiệu năng sau sẽ được xem xét so sánh giữa các thuật toán lập lịch:

- Fairness index: Chỉ số cân bằng (Fairness index) được định nghĩa bởi R. Jain [14] như sau:

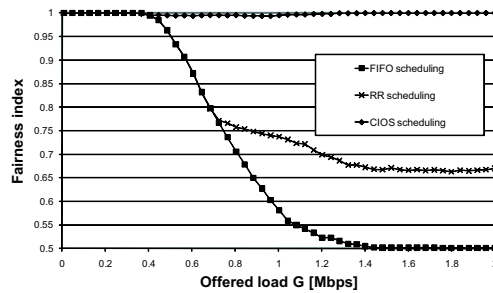
$$\text{Fairness Index} = \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (5.9)$$

trong đó n là số luồng dữ liệu, x_i là thông lượng của luồng dữ liệu thứ i . Fairness index nằm trong khoảng từ $1/n$ đến 1. Trong trường hợp tốt nhất khi thông lượng của tất cả các luồng dữ liệu bằng nhau, Fairness index đạt giá trị là 1. Trong trường hợp xấu nhất khi một luồng dữ liệu chiếm toàn bộ băng thông còn các luồng khác không thể gửi được dữ liệu, Fairness index đạt giá trị là $1/n$. Thông lượng được sử dụng để tính Fairness index dựa trên thông lượng của mỗi luồng dữ liệu nhận được ở trạm đích.

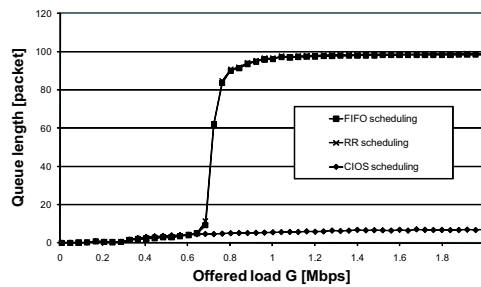
- Kích thước hàng đợi: Giá trị trung bình của tổng chiều dài các hàng đợi trong thời gian mô phỏng.
- Thời gian trễ: Giá trị trung bình của khoảng thời gian từ khi gói dữ liệu được tạo ra tại trạm nguồn cho đến khi gói tin được nhận thành công tại trạm đích trong thời gian mô phỏng.
- Tổng thông lượng: Giá trị trung bình của tổng thông lượng của tất cả các luồng dữ liệu, kể cả các luồng dữ liệu chuyển tiếp giữa các trạm trung gian trong thời gian mô phỏng.

Ta xét mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản như đã trình bày trong hình 3.2. Trong mô hình này ta sẽ xem xét các thông số hiệu năng trên khi cho các trạm S1 và S2 cùng gửi tin với tốc độ G , với G tăng dần từ 0 tới 2[Mbps]. Trong mô hình này giá trị γ trong phương pháp

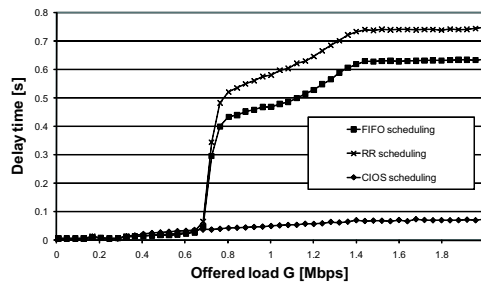
lập lịch CIOS đề xuất được đặt là 0.4. Hình 5.7, 5.8, 5.9 và 5.10 mô tả các thông số hiệu năng theo sự thay đổi của tốc độ gửi tin G .



Hình 5.7. Chỉ số cân bằng trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản

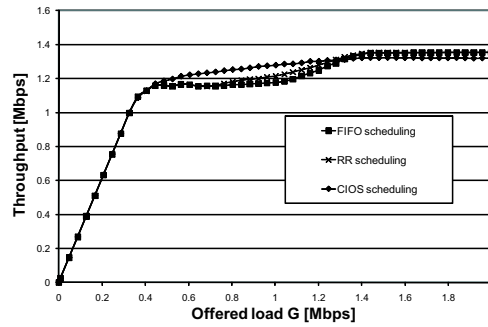


Hình 5.8: Tổng kích thước hàng đợi tại trạm S1 trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản



Hình 5.9: Thời gian trễ của luồng dữ liệu trực tiếp tại S1 trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản

Hình 5.7 cho thấy với tốc độ gửi tin lớn, trong phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO, luồng dữ liệu trực tiếp chiếm toàn bộ đệm dẫn tới chỉ số cân bằng giảm xuống rất thấp. Trong phương pháp lập lịch theo thuật toán RR, mặc dù có hàng đợi riêng dành cho luồng dữ liệu chuyển tiếp nhưng do hạn chế bởi băng thông dành cho nhận dữ liệu nên thông lượng của luồng dữ liệu chuyển tiếp vẫn rất nhỏ so với thông lượng của luồng dữ liệu trực tiếp, dẫn tới chỉ số cân bằng vẫn khá thấp. Trong phương pháp lập lịch CIOS đề xuất đã tăng được băng thông dành cho nhận dữ liệu, do vậy chỉ số cân bằng nhận được rất tốt so với hai phương pháp trên.



Hình 5.10. Tổng thông lượng trong mô hình mạng ad hoc đa chặng cơ bản

Tổng chiều dài các hàng đợi tại trạm S1 được biểu diễn trên hình 5.8. Khi tốc độ gửi tin vượt qua khả năng đáp ứng của băng thông, đối với cả hai phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO và RR, các gói tin chiếm đầy kích thước hàng đợi. Nhưng trong phương pháp lập lịch CIOS, do các gói tin được kiểm soát khi đi vào hàng đợi, nên đảm bảo được kích thước hàng đợi là khá nhỏ so với hai phương pháp trên.

Thời gian trễ của luồng dữ liệu trực tiếp tại trạm S1 được biểu diễn trên hình 5.9. Do thời gian trễ tỉ lệ thuận với kích thước hàng đợi. Chiều dài hàng đợi lớn có nghĩa thời gian chờ trong hàng đợi cũng tăng lên. Do vậy thời gian trễ trong phương pháp lập lịch CIOS rất nhỏ so với hai phương pháp lập lịch bằng FIFO và RR.

Tổng thông lượng của tất cả các luồng dữ liệu được biểu diễn trên hình 5.10. Khi tốc độ gửi tin là nhỏ, tổng thông lượng của các phương pháp là như nhau. Nhưng khi tốc độ gửi tin là rất lớn, tổng thông lượng của phương pháp lập lịch CIOS hơi suy giảm so với hai phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO và RR. Nguyên nhân là do Thuật toán 2 kiểm soát các gói tin ra khỏi hàng đợi, hạn chế gửi tin từ luồng dữ liệu lớn để tăng cơ hội nhận được gói tin từ các luồng dữ liệu chuyển tiếp. Điều này dẫn đến gói tin tiếp theo được gửi sau một vài khe thời gian so với hai phương pháp trên. Tuy nhiên giá trị của một khe thời gian là khá nhỏ, nên sự ảnh hưởng về tổng thông lượng là không đáng kể.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất một phương pháp lập lịch nhằm mục đích nâng cao chỉ số cân bằng trong mạng ad hoc đa chặng và so sánh với một số phương pháp truyền thống. Phương pháp lập lịch theo thuật toán FIFO, do chỉ có một hàng đợi dùng chung nên đã không thể giải quyết được vấn đề tương tranh tại tầng LLC. Phương pháp lập lịch theo thuật toán RR đã sử dụng các hàng đợi riêng cho từng luồng dữ liệu, tuy nhiên do việc tương tranh tại tầng MAC nên phương pháp này cũng không giải quyết được vấn đề mất cân bằng về thông lượng giữa các luồng dữ liệu. Phương pháp lập lịch CIOS được đề xuất tuy hoạt động tại tầng LLC, nhưng với việc kiểm soát vào ra của các luồng dữ liệu tại hàng đợi gián tiếp có tác động tích cực đến sự tương tranh tại tầng MAC. Do việc kiểm soát gói tin đi vào hàng đợi làm cho chiều dài các hàng đợi trở nên cân bằng, đồng thời với việc kiểm soát gói tin đi ra khỏi hàng đợi dẫn đến hạn chế được vấn đề tương tranh tại tầng MAC. Kết quả là phương pháp CIOS đề xuất đã có chỉ số cân bằng rất tốt so với hai phương pháp truyền thống. Ngoài vấn đề nâng cao hiệu

năng về chỉ số cân bằng, phương pháp lập lịch CIOS còn đạt được hiệu năng về tài nguyên bộ đệm và thời gian trễ khi truyền thông.

Hiệu năng về cân bằng thông lượng giữa các luồng dữ liệu và hiệu năng về tổng thông lượng của các luồng dữ liệu luôn là hai tham số đối nghịch. Tuy nhiên kết quả mô phỏng cho thấy, trong phương pháp đề xuất, “sự trả giá” về tổng thông lượng là không đáng kể so với sự thay đổi rất tích cực về cân bằng thông lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Jangeun and ML. Sichitiu, Fairness and qos in multihop wireless networks, *IEEE Vehicular Technology Conference* **5** (2003) 2936–2940.
- [2] O. Shagdar, K. Nakagawa, and B. Zhang. Achieving per-flow fairness in wireless ad hoc networks, *Elec. Comm. in Japan, Part 1* **89** (8) (2006) 37–49.
- [3] S. Xu and T. Saadawi. Does the ieee 802.11 mac protocol work well in multihop wireless ad hoc networks? *Communications Magazine, IEEE* **39** (6) (2001) 130–137.
- [4] J. He and H K. Pung. One/zero fairness problem of MAC protocols in multi-hop ad hoc networks and its solution, *Proceedings of the International Conference on Wireless Networks* (2003) 479–485.
- [5] The Network Simulator: ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [6] Phil Karn. Maca: A new channel access method for packet radio, *ARRL/CRRL Amateur Radio 9th computer Networking Conference*, 1990 (134–140).
- [7] Vaduvur Bharghavan, Alan Demers, Scott Shenker, and Lixia Zhang, MACAW: a media access protocol for wireless lan’s, *Proceedings of the conference on Communications Architectures, Protocols and Applications*, 1994 (212–225).
- [8] IEEE Standards Department. IEEE 802.11 wireless lan medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications. *ANSI/IEEE Standard 802.11*, 1999.
- [9] Thyagarajan Nandagopal, Tae-Eun Kim, Xia Gao, and Vaduvur Bharghavan, Achieving mac layer fairness in wireless packet networks, *Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, ACM, 2000 (87–98).
- [10] Zhifei Li, Sukumar Nandi, and Anil K. Gupta, Ecs: An enhanced carrier sensing mechanism for wireless ad-hoc networks, *Computer Communication* **28** (17) (2005) 1970–1984.
- [11] Li Bin Jiang and Soung Chang Liew, Improving throughput and fairness by reducing exposed and hidden nodes in 802.11 networks, *IEEE Transactions on Mobile Computing* **7** (1) (2008) 34–49.
- [12] Hrishikesh Gossain, Carlos de M. Cordeiro, and Dharma P. Agrawal, Energy efficient MAC protocol with spatial reusability for wireless ad hoc networks, *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, **1** (1/2) (2005) 13–26.
- [13] Giuseppe Bianchi, Performance analysis of the ieee 802.11 distributed coordination function, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* **18** (3) (2000) 535–547.
- [14] R.Jain, D-M. Chiu, and W. Hawe, “A quantitative measure of fairness and discrimination for resource allocation in shared computer systems”, Technical Report TR-301, DEC Research Report, 1984.

*Ngày nhận bài 14 - 1 - 2011
Nhận lại sau sửa 24 - 4 - 2011*