Cải tiến tính năng multi-homming và congestion control cho giao thức SCTP trong mạng không dây đa bước

Trường Văn Trường, Dương Lê Minh

*Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội*

*Tóm tắt nội dung: Hiệu suất của các giao thức tầng giao vận trong mạng không dây đa bước (Multihop Wireless Network - MHWN) dựa trên chuẩn IEEE 802.11 nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu. Rất nhiều công trình nghiên cứu đã chỉ ra rằng các giao thức này có hiệu suất không cao trong MHWN, đặc biệt là TCP. Ra đời sau các giao thức được sử dụng cho mạng có dây như TCP, UDP, giao thức SCTP đã kế thừa được những ưu điểm và khắc phục một số nhược điểm của các giao thức truyền thống trên. Một số tính năng điển hình của SCTP có thể kể đến là multi-homing và congestion control. Đây là các tính năng được trang bị nhằm nâng cao hiệu năng hoạt động của giao thức. Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào đề xuất giải pháp cải tiến cho tính năng multi-homing và congestion control theo cách tiếp cận liên tầng nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của SCTP trong mạng MHWN. Thử nghiệm mô phỏng cho thấy SCTP với tính năng cải tiến hoạt động hiệu quả hơn giao thức nguyên bản.*

**I. GIỚI THIỆU**

Trong những năm qua, vấn đề suy giảm hiệu suất hoạt động của TCP trong mạng không dây đa bước truyền (Multihop Wireless Networks - MHWN) dựa trên chuẩn IEEE 802.11 [1] đã được nghiên cứu nhiều [2] [3]. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ đặc điểm của kênh truyền không dây như nhiễu, lỗi kênh và đa bước truyền của mạng MHWN. Một trong những cách tiếp cận để giải quyết vấn đề này là thiết kế liên tầng giữa tầng MAC mà tầng giao vận, trong đó các thông tin ở tầng MAC được thu thập và cung cấp cho tầng giao vận. Các giao thức giao vận sẽ dựa vào các thông tin ở tầng MAC để cải thiện hiệu suất hoạt động của mình [2] [4] [5] [6].

Ra đời sau các giao thức được sử dụng cho mạng có dây truyền thống như TCP, giao thức Stream Control Transmission Protocol (SCTP) [7] đã kế thừa được những ưu điểm và khắc phục một số nhược điểm của các giao thức truyền thống trên. Đây là giao thức truyền thông điệp tin cậy, hướng kết nối. SCTP phù hợp với các ứng dụng đa phương tiện với yêu cầu cao về tính linh hoạt trong điều khiển thứ tự các thành phần độc lập. SCTP được bổ sung một số tính năng như multi-streaming hay multi-homing. Tính năng multi-streaming cho phép SCTP truyền dữ liệu ở tầng ứng dụng theo nhiều luồng độc lập chứ không phải theo một luồng duy nhất như TCP. Tính năng multi-homing cho phép các nút mạng có nhiều hơn một địa chỉ IP có thể tận dụng tất cả các địa chỉ này để thiết lập kết nối. Nếu kết nối trên một địa chỉ IP bị mất, SCTP có thể sử dụng kết nối trên IP khác để thay thế. Đây là các tính năng được trang bị nhằm nâng cao hiệu năng hoạt động của giao thức. Công trình [8] đã chỉ ra rằng SCTP có hiệu năng vượt trội TCP trong mạng MHWN, đặc biệt trong mạng với các nút có bộ đệm nhỏ. Nguyên nhân dẫn tới sự vượt trội này là do tính năng multi-streaming làm tăng thông lượng tốt (goodput) và giảm tổng phí (overhead), trong khi tính năng multi-homing làm tăng cân bằng tải và tỷ lệ truyền thành công. Tuy vậy, do vẫn sử dụng cơ chế chống tắc nghẽn cho từng luồng giống TCP nên SCTP vẫn gặp vấn đề về suy giảm hiệu suất hoạt động trong mạng MHWN.

Mục tiêu của công trình này là đề xuất một cơ chế điều khiển các đường truyền mới cho tính năng multi-homing của SCTP trong MHWN theo cách tiếp cận liên tầng. Các công trình [9] và [10] đã chỉ ra rằng tắc nghẽn trong mạng MHWN có mối liên hệ trực tiếp với mức độ cạnh tranh tại tầng MAC. Do vậy, việc cải thiện hiệu suất hoạt động của các giao thức giao vận trong mạng MHWN bằng cách xử lý vấn đề cạnh tranh tại tầng MAC là hoàn toàn khả thi.

Công trình [12] đã đề xuất một thông số độ trễ truy cập kênh truyền (Medium Access Delay - MAD) tại tầng MAC. MAD có thể được dùng để chỉ độ bận kênh truyền và mức độ xung đột xung quanh nút mạng. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một cơ chế điều khiển đường truyền mới áp dụng cho tính năng multi-homing giúp cải thiện hiệu năng của SCTP trong MHWN. Đề xuất mới sẽ sử dụng MAD như một tín hiệu cảnh báo sớm về chất lượng của các đường truyền giữa hai thực thể SCTP, qua đó giúp SCTP lựa chọn được đường truyền tốt nhất để truyền dữ liệu.

Bài báo có cấu trúc như sau. Phần II sẽ trình bày tổng quan về SCTP và tính năng multi-homing. Phần III sẽ trình bày về đề xuất cải tiến cho tính năng multi-homing cho SCTP trong mạng MHWN. Cài đặt mô phỏng và đánh giá kết quả sẽ được trình bày trong Phần IV. Kết luận của bài báo nằm trong phần V.

**II. TỔNG QUAN VỀ TÍNH NĂNG MULTI-HOMING, CONGESTION CONTROL CỦA SCTP VÀ THÔNG SỐ MAD**

*A. SCTP và multi-homing*

Tính năng multi-homing cho phép các nút mạng có nhiều hơn một địa chỉ IP có thể tận dụng tất cả các địa chỉ này để thiết lập kết nối. Lợi ích của multi-homing giúp thực thể SCTP vẫn hoạt động tốt ngay cả khi kết nối tới một IP bị lỗi, vì SCTP sẽ sử dụng IP còn lại để thay thế. Mỗi một cặp địa chỉ IP <nguồn, đích> sẽ được coi như một đường truyền giữa hai đầu SCTP. Một trong số các cặp địa chỉ IP sẽ được định nghĩa như một đường chính (primary path) và được sử dụng để truyền dữ liệu và các gói tin điều khiển khác. Các cặp còn lại sẽ được xem xét như một đường thay thế và sẽ được sử dụng trong trường hợp đường chính lỗi.

SCTP nguồn sẽ thường xuyên kiểm tra xem có bao nhiêu đường tới điểm đích từ xa. Điều này được làm bằng cách gửi định kỳ các bản tin HEARTBEAT cho từng địa chỉ IP phía đích. Bản tin HEARTBEAT là một bản tin nhỏ không có dữ liệu được gửi đi trước tới địa chỉ đích và ngay lập tức được biên nhận bởi địa chỉ đích. Phía gửi bản tin HEARTBEAT sẽ có một bộ đếm để đếm số lần bản tin HEARTBEAT được gửi đi tới địa chỉ đích và không được biên nhận trong một khoảng thời gian. Nếu bộ đếm đạt tới giá trị max thì sẽ đánh dấu điểm cuối này là không hoạt động. Ngược lại, khi nhận được một bản tin biên nhận từ địa chỉ đích thì bên gửi sẽ xóa biến đếm tới địa chỉ đích đó và đánh dấu địa chỉ đích đó là đang hoạt động. Quá trình này sẽ thực hiện lặp đi lặp lại trong suốt quá trình truyền tin giữa các thực thể SCTP.

Khi tuyến đường chính bị đánh dấu là không hoạt động, phía nguồn sẽ tự động truyền dữ liệu sang tuyến đường dự phòng nếu địa chỉ đích của tuyến này vẫn được đánh dấu là hoạt động. Ở đây chúng ta thấy rằng chỉ khi nào tuyến đường chính thực sự không hoạt động thì thực thể SCTP mới chuyển sang tuyến đường dự phòng. Trong rất nhiều trương hợp, tuyến đường chính vẫn hoạt động tuy nhiên chất lượng tuyến đường là không tốt nhưng vẫn không được thay thế. Điều này sẽ ảnh hưởng lớn tới hiệu năng của mạng đặc biệt là trong MHWN khi mà chất lượng tuyến đường là không ổn định và thay đổi theo thời gian và không gian hoạt động.

*B. SCTP và Congestion Control*

Điều khiển tắc nghẽn là một tính năng cơ bản của SCTP. Trong quá trình truyền trên mạng, SCTP sẽ gặp nhiều điều kiện môi trường truyền bất lợi khiến cho tắc nghẽn xảy ra thường xuyên. Trong những tình huống đó, SCTP cần phải thực hiện các bước điều khiển tắc nghẽn chính xác để có thể phục hồi từ tắc nghẽn một cách nhanh chóng để dữ liệu có thể được truyền tiếp càng sớm càng tốt. Trong các trường hợp không xuất hiện tắc nghẽn, các thuật toán điều khiển tắc nghẽn này không được gây ảnh hưởng đến hiệu năng của giao thức.

Tương tự như TCP, cơ chế điều khiển tắc nghẽn của SCTP cũng gồm 2 giai đoạn chính là Slow start và Congestion Avoidance. Một thiết bị đầu cuối SCTP sẽ sử dụng 3 biến điều khiển sau để điều chỉnh tốc độ truyền tải:

• Receiver advertised window size (Rwnd – kích cỡ cửa sổ bên nhận): được đặt bởi bên nhận dựa trên kích cỡ còn trống của bộ đệm dùng để nhận tin nhắn, được tính bằng byte.

• Congestion control window (Cwnd – cửa sổ điều khiển tắc nghẽn): được điều chỉnh bởi bên gửi dựa trên điều kiện mạng quan sát được, được tính bằng byte.

• Slow-start threshold (Ssthresh – ngưỡng bắt đầu chậm): được sử dụng bởi bên gửi để chuyển đổi giữa 2 pha Slow start và congestion avoidance, được tính bằng byte.

• SCTP cũng yêu cầu thêm một biến điều khiển, partial\_bytes\_acked, được sử dụng trong giai đoạn tránh tắc nghẽn để tạo thuận lợi cho việc điều chỉnh Cwnd.

*C. Độ trễ truy cập kênh truyền MAD*

Chuẩn IEEE 802.11 [1] định nghĩa cơ chế truy cập kênh truyền DCF (Distributed Coordination Function) sử dụng trong mạng MHWN. DCF có hai phương thức truy cập kênh truyền là phương thức cơ sở và phương thức bắt tay bốn bước RTS/CTS. Phương thức truy cập cơ sở là phiên bản rút gọn của của phương thức RTS/CTS, được sử dụng cho các gói tin có kích thước nhỏ. Với các gói tin tương đối lớn, RTS/CTS được sử dụng như Hình 1.

Nút mạng có nhu cầu truyền dữ liệu sẽ định kỳ kiểm tra xem kênh truyền rỗi hay không. Nếu kênh truyền rỗi trong một khoảng thời gian, nút mạng sẽ gọi cơ chế backoff để giảm thiểu khả năng va chạm trước khi truyền gói tin.



Hình 1: Cơ chế truy cập kênh truyền với RTS/CTS

Nếu kênh truyền lại bận trong quá trình backoff, nút sẽ tạm dừng quá trình này. Khi kênh truyền rỗi và số đếm backoff trở về không, nút sẽ bắt đầu truyền gói tin theo phương thức cơ sở nếu kích thước gói tin nhỏ. Với các gói tin có kích thước tương đối lớn, nút sẽ gửi và nhận các gói tin RTS và CTS các nút đích trước khi gửi gói tin dữ liệu. Các nút hàng xóm sẽ sử dụng thông tin lưu trong hai gói tin RTS và CTS để biết được thời gian kênh truyền sẽ bận. Việc truyền tin được coi là thành công nếu nút gửi nhận được biên nhận từ nút nhận. Biên nhận này được sử dụng trong cơ chế ARQ của DCF để đảm bảo tính tin cậy trong truyền tin tại tầng MAC.

MAD là giá trị trung bình của tổng độ trễ cạnh tranh trong một khoảng thời gian của một gói tin tại tầng MAC trước khi nó được truyền đi thành công hoặc bị hủy bỏ sau một loạt lần truyền bất thành [13]. Với định nghĩa này, MAD sẽ được tính như sau:

trong đó *Nap* là số gói tin xuống tầng MAC trong một khoảng thời gian và là thời gian backoff cho lần truyền thứ ith (Hình 1). MAD có thể được dùng để chỉ độ bận kênh truyền và mức độ xung đột xung quanh nút mạng.

Phần tiếp theo sẽ đi vào mô tả chi tiết cải tiến cho tính năng multi-homing có sử dụng MAD để sử dụng một cách linh hoạt các tuyến đường giữa hai đầu SCTP trong mạng MHWN.

**III. CẢI TIẾN CHO TÍNH NĂNG MULTI-HOMING TRONG MHWN**

*A. Sử dụng MAD cho Multi-homing*

Như phân tích ở trên, chúng ta thấy rằng chỉ khi nào tuyến đường chính thực sự được đánh dấu là không hoạt động thì thực thể giao thức SCTP mới bắt đầu có hành động chuyển lưu lượng sang tuyến đường dự phòng. Nếu trong trường hợp tuyến đường chính không thực sự lỗi nhưng hoạt động kém hiệu quả và thông lượng xuống rất thấp thì thực thể SCTP vẫn sẽ cố gắng duy trì kết nối này. Điều này sẽ làm cho hiệu năng hoạt động của SCTP sẽ giảm đi trong khi đó đường dự phòng hoàn toàn có thể được sử dụng để thay thế. Dựa trên ý tưởng đó, bài báo này sẽ đề xuất phương án cải tiến tính năng multi-homing trong SCTP đó là “Chuyển sang tuyến đường dự phòng khi tốc độ gửi tin ở tuyến đường chính bị chậm”.

Đề xuất này sử dụng thông số độ trễ MAD để xác định chất lượng của từng tuyến đường giống như trong [11]. Theo đó, mỗi nút trong mạng sẽ định kỳ tính giá trị MAD. Với mỗi gói tin (dữ liệu hoặc HEARTBEAT) đi qua nút, nút sẽ lần lượt cộng giá trị MAD vào giá trị được lưu trong trường tùy chọn của tiêu đề của gói tin IP là Cummulative MAD (CMAD). Với quy tắc này, khi gói tin đi đến đích, trường CMAD sẽ lưu giá trị về tổng độ trễ cạnh tranh của tuyến đường mà gói tin đã đi qua. Hai đầu SCTP sẽ tính giá trị MADsample = CMAD/(*số hop từ nguồn đến đích*) và tính độ trễ cạnh tranh trung bình bằng cách sử dụng hàm Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) với α = 0.5 như sau:

*MAD = MAD + (1 − α)\*MADsample* (3)

Tuyến đường nào có giá trị MAD trung bình cao là tuyến đường có chất lượng kém và ngược lại. Tại đầu SCTP, với tuyến đường chính, giá trị MAD trung bình sẽ được tính dựa trên gói tin dữ liệu, trong khi với tuyến đường dự phòng, giá trị này được tính dựa trên các gói tin HEARTBEAT.

Với đầu vào là các giá trị MAD của các tuyến đường dự phòng, thực thể SCTP sẽ sắp xếp các tuyến đường dự phòng theo thứ tự tăng dần MAD và đưa vào một danh sách liên kết kép, sao cho những tuyến đường tốt nhất, có giá trị MAD nhỏ nhất trong các tuyến đường dự phòng luôn nằm ở đầu danh sách.

Với từng tuyến đường dự phòng, sau mỗi khoảng thời gian định kì bản tin HEARTBEAT sẽ được gửi đi tại nút nguồn, SCTP đích sẽ lấy được giá trị MAD trong bản tin HEARTBEAT. SCTP đích sẽ gắn vào bản tin HEARTBEAT-ACK thông tin về độ trễ *MAD* của từng tuyến đường dự phòng và gửi lại cho nút nguồn. Khi những bản tin HEARTBEAT-ACK được nhận tại nút nguồn, xác định tuyến đường chính bị hỏng hoặc bắt đầu hoạt động kém hiệu quả, thực thể SCTP sẽ chuyển ngay sang các tuyến đường dự phòng còn hoạt động, đồng thời toàn bộ lưu lượng sẽ được chuyển sang đường tuyến đường mới. Việc xác định tuyến đường chính bị kém hiệu quả dựa vào một giá trị độ trễ nhất định, có thể coi giá trị này là một ngưỡng để chuyển sang tuyến đường dự phòng Tuy nhiên thay vì lấy một giá trị bất kì trong danh sách các tuyến đường dự phòng, tuyến đường tốt nhất còn hoạt động nằm ở đầu danh sách đã sắp xếp sẽ được ưu tiên sử dụng.

Như vậy, giải pháp này sẽ luôn luôn giúp SCTP lựa chọn được tuyến đường có độ trễ thấp nhất để truyền. Ngoài ra, thông tin về tuyến đường có độ trễ thấp nhất được cập nhật định kỳ, giúp cho SCTP có khả năng điều chỉnh tuyến đường kịp thời với sự biến động của tình trạng mạng.

*B. Cài đặt mô phỏng và kết quả thử nghiệm*

Thử nghiệm đánh giá hiệu suất của đề xuất cải tiến sẽ được so sánh với hiệu suất SCTP nguyên bản. Chúng tôi sử dụng phần mềm mô phỏng mạng phổ biến hiện nay là NS-2, phiên bản 2.35 [13] để thực hiện thử nghiệm đánh giá với các tham số cấu hình được trình bày trong Bảng 1. Trong tất cả các tôpô mạng, các nút trong mạng MHWN đều đứng im để loại đi ảnh hưởng của sự di động, các kênh truyền được mặc định là hoàn hảo để giảm thiểu ảnh hưởng của việc mất gói tin do lỗi kênh truyền. Mỗi thực thể SCTP ở 2 đầu sử dụng 3 giao tiếp mạng. Thông số đo hiệu suất được sử dụng sẽ là thông lượng (Throughput) và được tính trung bình cho một số lần chạy mô phỏng, mỗi lần chạy với thời gian là 300s.

Bảng 1: Cấu hình chung cho mô phỏng

|  |  |
| --- | --- |
| **Tham số** | **Giá trị** |
| Mô hình truyền sóng | TwoRayGround |
| Giao thức MAC | 802.11 DCF |
| Băng thông | 6Mbps |
| Kích thước hàng đợi thiết bị mạng | 25 gói |
| Khoảng cảm nhận sóng mang | 500m |
| Khoảng truyền | 250m |
| Kích thước gói tin dữ liệu | 1000 bytes |
| Giao thức định tuyến | AODV |
| Chu kỳ heartbeat | 1s |

**Kịch bản mô phỏng**

Chúng tôi sử dụng ba tôpô mạng là chuỗi (chain), lưới (grid 6x6) và ngẫu nhiên (random) với mục tiêu tạo ra các mô hình nhiễu khác nhau. Trong tôpô chuỗi và lưới, mỗi cặp nút sẽ cách nhau 200m. Cách đặt vị trí này sẽ khiến cho 2 cặp nút cạnh nhau bất kỳ sẽ nằm trong khoảng truyền sóng của nhau và hai nút cách nhau 2 hop trên cùng một hàng sẽ nằm trong khoảng cảm nhận sóng của nhau. Kịch bản đầu tiên có hai kết nối SCTP multi-homing trong tôpô mạng chuỗi gồm 7 nút. Kịch bản thứ hai sử dụng tôpô mạng lưới có kích thước 6x6, ba kết nối SCTP multi-homing, trong đó bao gồm hai kết nối giữa hai nút trên, dưới tôpô và một kết nối nằm ngang tôpô. Kịch bản thứ ba sử dụng tôpô random với vị trí các nút là ngẫu nhiên, bao gồm 26 nút mạng, sử dụng một kết nối SCTP multi-homing.

Kết quả mô phỏng sẽ được trình bày trong các phần tiếp theo.

**Kết quả thử nghiệm và nhận xét**

*Tôpô dạng chuỗi*

Bảng 2: Kết quả thử nghiệm cho tôpô dạng chuỗi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lần chạy** | **Nguyên bản** (kbps) | **Cải tiến** (kbps) |
| 1 | 369.37 | 398.28 |
| 2 | 342.6 | 383.92 |
| 3 | 381.62 | 374.81 |
| 4 | 376.55 | 391.97 |
| 5 | 324.2 | 364.82 |
| 6 | 327.5 | 394.38 |
| 7 | 348.27 | 379.08 |
| 8 | 349.9 | 395.37 |
| 9 | 312.07 | 398.65 |
| 10 | 325.78 | 375.8 |
| 11 | 348.45 | 386.02 |
| 12 | 352.23 | 396.1 |
| 13 | 369 | 360.48 |
| 14 | 346.9 | 392.92 |
| 15 | 380.99 | 351.17 |
| 16 | 370.33 | 401.22 |
| 17 | 375.31 | 387.61 |
| 18 | 328.34 | 362.97 |
| 19 | 378.65 | 386.27 |
| 20 | 315.96 | 389.29 |
| Thông lượng trung bình (kbps) | 351.2 | 383.56 |

Kết quả thử nghiệm tại Bảng 2 cho thấy:

Khi không áp dụng phương pháp cải tiến, khá nhiều lần chạy mô phỏng có hiện tượng thông lượng của toàn bộ đường truyền xuống thấp, trong khi đó nếu áp dụng phương pháp cải tiến thì chúng ta thấy lưu lượng giữa các lần tương đối đều và thông lượng trung bình của toàn bộ mạng cao hơn. Thông lượng trung bình sau 20 lần chạy mô phỏng của tôpô theo cấu hình trên nếu chưa áp dụng phương pháp cải tiến đề xuất là 351.2 kbps, sau khi áp dụng phương pháp cải tiến thì thông lượng trung bình là 383.56 kbps. Lý do trong một số thí nghiệm thông lượng của kết nối thấp chính là quá trình truyền tin của giao thức SCTP trong mạng MANET giống như giao thức TCP: luôn cố gắng giữ kết nối và kiểm soát tắc nghẽn một cách “cố gắng” trên cùng 1 tuyến đường. Nếu sử dụng giải pháp đề xuất thì sau một khoảng thời gian truyền HEARTBEAT, tuyến đường nào tốt nhất sẽ được sử dụng để truyền dữ liệu và do vậy hoạt động của giao thức sẽ có hiệu suất cao hơn.

*Tôpô dạng lưới grid 6x6*

Bảng 3 cho thấy thông lượng trung bình của giao thức SCTP khi áp dụng giải pháp đề xuất trong tôpô   
grid 6x6 đều cao hơn so với thông lượng trung bình của giao thức SCTP nguyên bản. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, trong một số trường hợp mô phỏng, giao thức SCTP nguyên bản có thông lượng xuống rất thấp do chất lượng đường chính kém nhưng không được chuyển sang đường khác do đường này vẫn còn có khả năng truyền dữ liệu. Với giải pháp đề xuất chúng ta thấy rằng lưu lượng tương đối ổn định.

Bảng 3: Kết quả thử nghiệm cho tôpô dạng lưới grid 6x6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lần chạy** | **Nguyên bản** (kbps) | **Cải tiến** (kbps) |
| 1 | 403.42 | 368.68 |
| 2 | 339.68 | 352.74 |
| 3 | 311.26 | 375.49 |
| 4 | 323.99 | 351.07 |
| 5 | 357.68 | 360.43 |
| 6 | 303.54 | 341.02 |
| 7 | 358 | 333.4 |
| 8 | 304.2 | 390.95 |
| 9 | 334.12 | 370.9 |
| 10 | 334.71 | 338.17 |
| 11 | 318.44 | 371.91 |
| 12 | 402.79 | 371.54 |
| 13 | 362.69 | 328.35 |
| 14 | 400.01 | 336.69 |
| 15 | 319.24 | 343.31 |
| 16 | 379.22 | 342.7 |
| 17 | 292.98 | 406.46 |
| 18 | 363.93 | 360.93 |
| 19 | 232.72 | 379.95 |
| 20 | 308.59 | 339.77 |
| Thông lượng trung bình (kbps) | 337.56 | 358.223 |

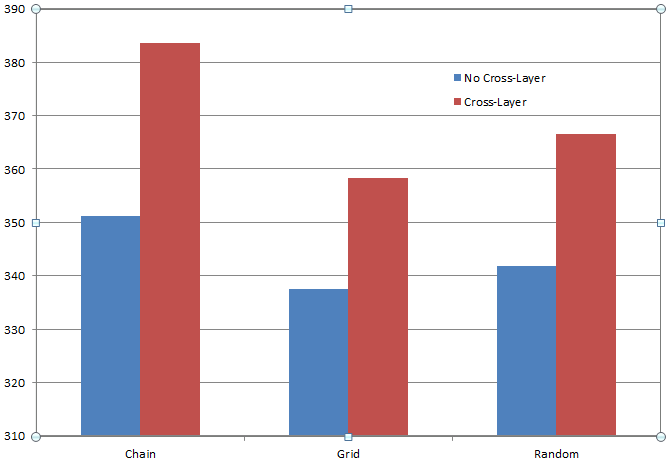
*Tôpô dạng random*

Bảng 4: Kết quả thử nghiệm cho tôpô dạng random

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lần chạy** | **Nguyên bản** (kbps) | **Cải tiến** (kbps) |
| 1 | 358.99 | 314.93 |
| 2 | 206.82 | 388.42 |
| 3 | 419.37 | 481.13 |
| 4 | 208.3 | 363.2 |
| 5 | 444.03 | 524.66 |
| 6 | 275.24 | 341.56 |
| 7 | 445.94 | 391.61 |
| 8 | 330.36 | 360.77 |
| 9 | 288.63 | 367.45 |
| 10 | 533.31 | 348.93 |
| 11 | 203.31 | 367.28 |
| 12 | 281.28 | 391.88 |
| 13 | 288.31 | 320.87 |
| 14 | 622.26 | 281.8 |
| 15 | 206.45 | 364.27 |
| 16 | 259.94 | 254.39 |
| 17 | 387.81 | 332.06 |
| 18 | 393.69 | 503.44 |
| 19 | 304.23 | 325.02 |
| 20 | 379.47 | 308.31 |
| Thông lượng trung bình (kbps) | 341.88 | 366.6 |

Kết quả bảng 4 cho thấy:

Thông lượng trung bình của giao thức SCTP khi áp dụng giải pháp đề xuất trong tôpô random đều cao hơn so với thông lượng trung bình của giao thức SCTP nguyên bản. Mô hình random là một mô hình khá hay khi mô phỏng. Trong mỗi lần tiến hành mô phỏng, vị trí các nút mạng thay đổi, và việc truyền theo các tuyến đường giữa các lần mô phỏng là khác nhau. Tuy vậy giải pháp cũng rất hiệu quả khi áp dụng. Kết quả cho thấy thông lượng tương đối ổn định sau các lần đo.



Hình 2: So sánh thông lượng trung bình cho 3 kịch bản

**IV. CẢI TIẾN CHO TÍNH NĂNG CONGESTION CONTROL TRONG MHWN**

*A. Sử dụng MAD cho Congestion Control*

Như ta đã thấy ở trên, khi có hiện tượng mất gói tin xảy ra, giá trị của cwnd sẽ giảm còn một nửa, và điều này sẽ là nguyên nhân chính làm giảm tốc độ truyền gói tin của SCTP vì khi cwnd có giá trị bé hơn rwnd thì khối lượng dữ liệu truyền đi sẽ bằng với giá trị của cwnd. Điều này dẫn đến việc không gian bộ đệm dùng cho việc nhận gói tin của bên nhận vẫn còn trống nhưng bên gửi gói tin lại không thể tận dụng hết không gian này. Vì vậy, nếu giảm được tốc độ tăng của cwnd khi môi trường có độ bận cao, sẽ khiến cho khả năng xảy ra lỗi giảm đi, từ đó sẽ khiến giá trị cwnd ổn định hơn và từ đó khiến cho SCTP có được một tốc độ truyền ổn định. Dựa trên ý tưởng đó, bài báo này đề xuất một phương án làm ổn định giá trị cwnd bằng cách sử dụng giá trị MAD của tầng MAC để đánh giá độ bận của môi trường từ đó điều chỉnh việc thay đổi của giá trị cwnd

Đề xuất này sử dụng thông số độ trễ MAD để xác định chất lượng của môi trường giống như trong [11] và được tính như trong công thức 3. Nút nào có giá trị MAD cao có nghĩa là môi trường xung quanh nút đó đang có độ bận cao. Tại đầu SCTP, giá trị MAD trung bình sẽ được tính dựa trên gói tin dữ liệu. Với mỗi địa chỉ IPi, SCTP sẽ thực hiện việc tính tổng các giá trị MAD trung bình:

*MADIP = ∑MADi* (4)

với *MADi* là giá trị MAD trung bình của tuyến đường có đầu cuối là giao tiếp mạng có địa chỉ IPi. Như vậy, *MADIP* được tính là tổng giá trị MAD trung bình của tất cả các tuyến đường giữa 2 thực thể SCTP tham gia quá trình truyền dữ liệu.

Nút nhận sẽ nhận được giá trị MAD này và đưa chúng vào chunk SACK để gửi về cho nút gửi. Nút gửi nhận được giá trị MAD sẽ tiến hành tính toán và đưa ra quyết định: nếu như giá trị MAD nhận được vượt qua một ngưỡng quy định thì sẽ không thực hiện việc tăng giá trị cửa sổ cwnd, nếu như giá trị MAD nhận được thấp hơn ngưỡng, đồng nghĩa với việc độ bận môi trường ở mức thấp, thì giá trị cwnd sẽ được tăng bình thường

Như vậy, với phương pháp đề xuất này giá trị cwnd sẽ được điều khiển một cách hợp lý, tránh tình trạng đưa quá nhiều dữ liệu vào mạng trong khi mạng đang có độ bận cao, qua đó giúp giảm độ bận của mạng, giảm tỷ lệ mất gói tin và giúp cải thiện hiệu suất cho SCTP.

*B. Cài đặt mô phỏng và kết quả thử nghiệm*

Thử nghiệm đánh giá hiệu suất của đề xuất cải tiến sẽ được so sánh với hiệu suất SCTP nguyên bản. Mô phỏng sử dụng NS-2, phiên bản 2.35 [13] để thực hiện thử nghiệm đánh giá với các tham số cấu hình được trình bày trong Bảng 1. Trong tất cả các tôpô mạng, các nút trong mạng MHWN đều đứng im để loại đi ảnh hưởng của sự di động, các kênh truyền được mặc định là hoàn hảo để giảm thiểu ảnh hưởng của việc mất gói tin do lỗi kênh truyền. Thông số đo hiệu suất được sử dụng sẽ là thông lượng (Throughput) và được tính trung bình cho một số lần chạy mô phỏng, mỗi lần chạy với thời gian là 300s.

**Kịch bản mô phỏng**

Chúng tôi sử dụng mô hình topo dạng lưới 6x6 với tổng cộng 36 nút mạng. Sử dụng 2 thực thể SCTP ở 2 cạnh chéo góc của mô hình, mỗi thực thể được gắn một nguồn phát FTP. Bên cạnh đó, kịch bản còn bao gồm 4 liên kết TCP, trong đó các thực thể cũng được gắn với các nguồn phát FTP để làm tăng độ bận của môi trường. Trong quá trình chạy, thông lượng của SCTP sẽ được tính toán dựa trên file trace (file lưu vết) sau quá trình chạy bằng cách sử dụng công cụ awk để tính toán.

**Kết quả thử nghiệm và nhận xét**

Với topo trên, sau khi thực hiện chạy 15 lần để đánh giá. Kết quả thu được như sau:

Bảng 4: Kết quả thử nghiệm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **STT** | Chưa cải tiến  (kbps) | Sau cải tiến  (kbps) |
| 1 | 336.81 | 458.89 |
| 2 | 346.2 | 422.86 |
| 3 | 325.94 | 383.87 |
| 4 | 464.85 | 389.64 |
| 5 | 409.5 | 376.8 |
| 6 | 404.12 | 221.38 |
| 7 | 375.16 | 390.55 |
| 8 | 202.89 | 427.25 |
| 9 | 275.91 | 311.12 |
| 10 | 425.37 | 324.72 |
| 11 | 401.18 | 356.92 |
| 12 | 336.8 | 369.84 |
| 13 | 336.27 | 378.78 |
| 14 | 319.52 | 413.73 |
| 15 | 281.42 | 351.01 |
| Thông lượng trung bình | 349.46 | 371.82 |

Kết quả thử nghiệm tại Bảng 4 cho thấy:

Dựa trên kết quả thu được ở trên có thể thấy thông lượng trung bình của giao thức SCTP khi áp dụng phương pháp liên tầng cao hơn so với thông lượng trung bình của giao thức SCTP ban đầu. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng với giao thức SCTP ban đầu trong một số trường hợp mô phỏng thì thông lượng xuống rất thấp do sự thay đổi của giá trị cwnd khi gặp lỗi. Với phương pháp liên tầng chúng ta thấy rằng lưu lượng tương đối ổn định. Từ đó cho thấy phương pháp đề xuất đã cải thiện đáng kể hiệu năng trong giao thức SCTP, điều này được thể hiện thông qua các kết quả đo thông lượng trung bình của toàn bộ đường truyền.

Hình 3: So sánh thông lượng trung bình

**V. KẾT LUẬN**

Trong công trình này, chúng tôi đã đề xuất cơ chế điều khiển đường truyền một cách linh hoạt áp dụng cho tính năng multi-homing và Congestion control của giao thức SCTP. Tư tưởng chính của đề xuất chính là việc sử dụng thông số độ trễ truy cập đường truyền MAD tại tầng MAC để giúp các thực thể SCTP nhận biết được chất lượng của các tuyến đường. Với multi-homing, khi chất lượng của tuyến đường chính xuống thấp, thực thể SCTP có thể lựa chọn một tuyến đường tốt hơn để làm tuyến đường chính truyền dữ liệu. Với congestion control, khi chất lượng của môi trường xuống thấp, thực thể SCTP sẽ giảm tốc độ đẩy gói tin vào mạng. Kết quả mô phỏng cho thấy giao thức SCTP với tính năng multi-homing và congestion control cải tiến cho hiệu suất tốt hơn giao thức nguyên bản về giá trị thông lượng.

**ACKNOWLEDGEMENT**

Reviewer: TS. Nguyễn Hoài Sơn, Khoa CNTT.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] IEEE Computer Society, “IEEE 802.11-2007, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications,” June 2007.

[2] A. Hanbali and E. Altman, “A Survey of TCP over Ad Hoc Networks,” IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 7, pp. 22–36, 2005.

[3] Z. Fu, H. Luo, P. Zerfos, S. Lu, L. Zhang, and M. Gerla, “The impact of multihop wireless channel on tcp performance,” IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 4, pp. 209–221, March 2005.

[4] H. Zhai, X. Chen, and Y. Fang, “Rate-based transport control for mobile ad hoc networks,” in Proceedings of IEEE WCNC’05, pp. 2264–2269, 2005.

[5] E. Hamadani and V. Rakocevic, “A Cross Layer Solution to Address TCP Intra-flow Performance Degradation in Multihop Ad Hoc Networks,” Journal of Internet Engineering, vol. 2, pp. 146–156, 2008.

[6] X. Zhang, W. Zhu, and N. Li, “TCP Congestion Window Adaptation Through Contention Detection in Ad Hoc Networks ,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 59, pp. 4578–4588, 2010.

[7] IETF, “Stream Control Transmission Protocol,” 2007. RFC 4960.

[8]. M. Fazio, A. Biundo, M. Villari, A. Puliafito, “An in-depth analysis of the SCTP behavior in mobile ad hoc networks”, in Proc. WiOpt 2007

[9] K. Nahm, A. Helmy, and J. C. Kuo, “On interaction between mac and transport layers for multimedia streaming in 802.11 ad hoc networks,” in in Proc. SPIE ITCOM 2004, 2004.

[10] H. Zhai, X. Chen, and Y. Fang, “Improving transport layer performance in multihop ad hoc networks by exploiting MAC layer information,” IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 6, no. 5, pp. 1692– 1701, 2007.

[11] L. M. Duong, L. Zitounel, and V. Veque, “MAC-aware Rate Control for Transport Protocol in Multihop Wireless Networks,” in PIMRC ’12, Sept 2012.

[12] L. M. Duong, L. Zitounel, and V. Veque, “A Medium Access Delay MAC aware Metric for Multihop Wireless Networks,” in IWCMC ’12, Aug 2012.

[13] “The Network Simulator - NS-2.” <http://isi.edu/nsnam/ns/>.