

MỘT MÔ HÌNH KẾT HỢP PHÂN ĐOẠN VÀ TRUYỀN LẠI CHÙM CÓ KIỂM SOÁT TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH CHÙM QUANG

PHAN HOÀNG NAM¹, VÕ HỒ THU SANG²

NGUYỄN ĐỨC TÙNG³, VÕ MINH CHÂU⁴

¹Trung tâm CNTT, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

²Khoa Tin học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

³Khoa Cơ bản, Trường Đại học Y, Đại học Huế

⁴Sở Giáo dục và Đào tạo Tỉnh Quảng Trị

Email: phanhoangnam@dhsphue.edu.vn

Tóm tắt: Chuyển mạch chùm quang được xem là công nghệ chuyển mạch gói khả thi nhất đối với internet quang hiện nay hay ít nhất là trong một tương lai gần. Tuy nhiên do không có bộ đệm quang tại các nút lõi mạng vì vậy tranh chấp tài nguyên là không thể tránh khỏi và mất chùm là điều tất yếu sẽ xảy ra. Bên cạnh đó trong mạng chuyển mạch chùm quang, giao thức TCP được thực hiện tại một lớp cao hơn, do đó việc tranh chấp dẫn đến mất chùm có thể làm giảm hiệu suất của giao thức TCP của toàn mạng. Hiện nay có nhiều phương pháp giải quyết tranh chấp chùm trong quá trình truyền thông trên mạng chuyển mạch chùm quang đã được đề xuất, trong đó truyền lại và phân đoạn chùm là hai phương pháp đang được quan tâm nghiên cứu. Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một mô hình kết hợp giữa truyền lại với phân đoạn chùm có điều kiện nhằm giảm mất mát dữ liệu, giảm độ trễ truyền thông đầu cuối và nâng cao hiệu quả hoạt động của mạng OBS trong tương lai. Các phân tích, đánh giá hiệu quả dựa trên mô phỏng và phân tích sẽ khẳng định ưu điểm của mô hình đề xuất này.

Từ khoá: Mạng chuyển mạch chùm quang, truyền lại chùm, phân đoạn chùm, tắc nghẽn.

1. GIỚI THIỆU

Tốc độ phát triển nhanh của Internet trong những năm gần đây, cùng với sự bùng nổ của các loại hình dịch vụ truyền thông, đã làm gia tăng không ngừng nhu cầu về băng thông truyền thông. Điều này đã đặt ra một thách thức mới trong việc tìm kiếm các công nghệ truyền thông phù hợp nhằm nâng cao khả năng truyền thông của mạng Internet thế hệ mới. Kỹ thuật truyền dẫn quang, cùng với công nghệ ghép kênh bước sóng quang WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) đã mang đến một giải pháp hoàn hảo đáp ứng được yêu cầu bùng nổ của Internet trong tương lai.

Truyền thông quang, từ khi ra đời cho đến nay, đã trải qua nhiều thế hệ phát triển: từ những mô hình định tuyến bước sóng WR (*Wavelength-Routed*) ban đầu với những đường quang (*lightpath*) đầu-cuối dành riêng cho mỗi dịch vụ truyền thông cho đến các mô hình chuyển mạch gói quang OPS (*Optical Packet Switched*) được đề xuất gần đây, với ý tưởng xuất phát từ các mạng chuyển mạch gói điện đã thực sự trưởng thành [6]. Tuy

nhiên, với một số hạn chế về mặt công nghệ quang hiện nay, như không thể sản xuất các bộ đệm quang (tương tự bộ nhớ RAM trên mạng điện) hay các bộ chuyển mạch ở tốc độ nano giây, mô hình chuyển mạch gói quang chưa thể trở thành hiện thực. Một giải pháp thỏa hiệp là mô hình chuyển mạch chùm quang OBS (*Optical Burst Switched*).

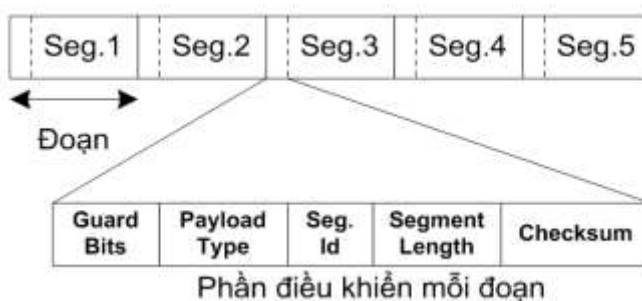
Mạng chuyển mạch chùm quang (mạng OBS) được đề xuất và chuyển mạch chùm quang đã trở thành một công nghệ hứa hẹn có thể tận dụng được những ưu điểm của mạng chuyển mạch kênh quang và mạng chuyển mạch gói quang để tránh được những bất lợi về kỹ thuật trong thời gian hiện tại. Mạng OBS đã khắc phục được hạn chế về khả năng sử dụng và khai thác không hiệu quả băng thông và bước đầu đưa mô hình chuyển mạch gói quang thành hiện thực khi mà công nghệ chế tạo bộ đệm quang chưa thực sự phát triển. Tuy nhiên do sự bùng nổ tự nhiên của mạng truyền dữ liệu và cấu trúc, cách truyền tải của mạng OBS, tắc nghẽn chùm có thể xuất hiện khi hai hoặc nhiều gói điều khiển cố gắng dành trước cùng một kênh bước sóng ra tại cùng một thời điểm, vì vậy, vấn đề giải quyết tắc nghẽn chùm rất quan trọng trong việc giảm bớt mất mát chùm trong mạng OBS nhằm nâng cao hiệu năng của mạng là vấn đề cần được quan tâm và nghiên cứu. Hiện nay có các phương pháp cơ bản để xử lý tắc nghẽn đã được đề xuất: (1) dụng đường trễ sợi quang [9] nhằm trì hoãn thời điểm đến của chùm cho đến khi một kênh bước sóng ra khả dụng để lập lịch cho chùm đó; (2) sử dụng bộ chuyển đổi bước sóng [7] với trường hợp chùm đến trên một bước sóng bị tắc nghẽn sẽ được chuyển đổi qua một bước sóng khác khả dụng ở cổng ra; (3) thực hiện định tuyến lệch hướng [5] bằng cách định tuyến một chùm tranh chấp đến một cổng ra khác so với cổng ra theo dự kiến ban đầu; (3) truyền lại chùm [2, 6, 11, 13, 18, 21] việc nút biên vào truyền bản sao của chùm bị đánh rơi khi có xảy ra tranh chấp tại nút lỗi hay sử dụng kỹ thuật phân đoạn chùm [1, 16, 19], khi có tắc nghẽn xảy ra chỉ có đoạn chồng lấp bị đánh rơi thay vì đánh rơi toàn bộ chùm. Trong đó phân đoạn chùm hoặc truyền lại chùm là hai phương pháp không làm thay đổi hệ thống mạng, có thể tận dụng tài nguyên rồi trên kết nối ra khác và đang được nghiên cứu rộng rãi hiện nay. Tuy nhiên việc truyền lại chùm hoặc phân đoạn chùm không kiểm soát có thể dẫn đến việc tăng số luồng dữ liệu lưu thông, làm phân mảnh trên các kênh do tăng số lượng chùm bị phân đoạn, tăng độ trễ truyền thông đầu cuối, tình trạng tắc nghẽn tăng lên do số lượng chùm được truyền lại và làm thay đổi thứ tự các gói tin đến đích. Bài viết này sẽ đề xuất một mô hình kết hợp phân đoạn và truyền lại chùm có kiểm soát nhằm giảm độ trễ truyền thông, giảm xác suất mất chùm và tăng tỉ lệ sử dụng băng thông của mạng OBS.

Cấu trúc tiếp theo của bài viết như sau: Phần II trình bày các nghiên cứu liên quan đến các công bố, Phần III mô tả mô hình kết hợp phân đoạn và truyền lại chùm có kiểm soát đề xuất; Phần IV mô phỏng thực nghiệm và phân tích kết quả và Phần V là phần kết luận.

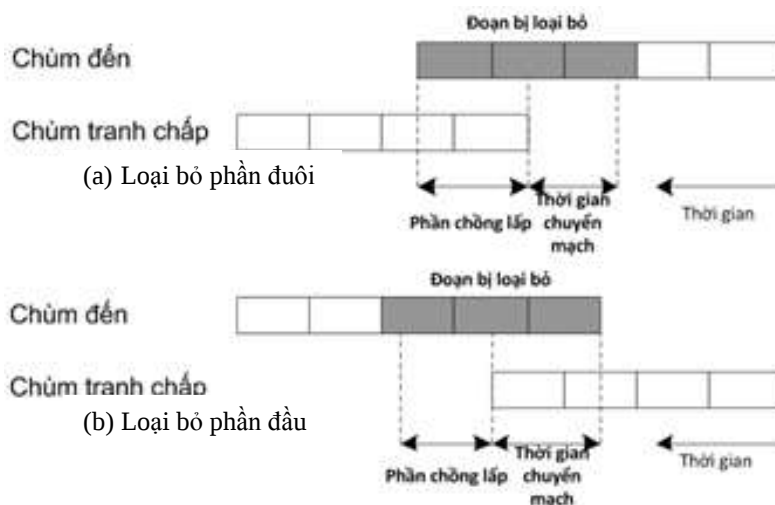
2. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Hiện nay có một số hướng tiếp cận về truyền lại và phân đoạn chùm đã được đề xuất trong việc giải quyết tắc nghẽn tại các nút lỗi mạng và được xem như một giải pháp làm giảm xác suất mất chùm, giảm độ trễ truyền thông và tăng lưu lượng gửi vào mạng.

Ý tưởng phân đoạn chùm được đề xuất đầu tiên bởi Vokkarane và cộng sự [17], trong đó một chùm được chia thành các đoạn (Hình 1), mỗi đoạn bao gồm phần tiêu đề (*header*) và phần dữ liệu (*payload*). Phần tiêu đề chứa thông tin về bit đồng bộ (*GuardBits*) để ngăn giữa hai đoạn liên tiếp, kiểu dữ liệu (*Payload Type*), định danh đoạn (*Seg Id*), độ dài đoạn (*Segmentlength*) và thông tin sửa lỗi (*Checksum*). Mỗi đoạn có thể mang bất kỳ loại dữ liệu nào, như các gói IP hoặc tế bào ATM. Khi chùm đến chồng lấp với một chùm đã được lập lịch trên một kênh ra (Hình 2), chỉ đoạn chồng lấp mới bị loại bỏ thay vì loại bỏ toàn bộ chùm.



Hình 1. Phân đoạn chùm và cấu trúc bên trong của phần điều khiển mỗi đoạn



Hình 2. Trong trường hợp chùm tranh chấp bị phân đoạn, có 2 khả năng xảy ra: (a) loại bỏ đoạn đuôi và (b) loại bỏ đoạn đầu của chùm tranh chấp.

Các tác giả trong [6, 17] đã đề xuất 2 giải thuật lập lịch kết hợp phân đoạn chùm NP-MOC (*Non-Preemptive Minimum Overlapping Channel*) có và không lấp đầy khoảng trống. Giải thuật NP-MOC là sự cải tiến của giải thuật LAUC (*Latest Available Unused Channel*). Ý tưởng giải thuật NP-MOC dựa vào giá trị LAUT (*Latest Available Unscheduled Time*) trên mỗi kênh dữ liệu. Khi không tìm thấy kênh nào khả dụng để lập lịch cho chùm đến, lúc này giải thuật lập lịch NP-MOC xem xét tất cả các kênh dữ liệu ra và tìm kiếm kênh có khoảng chồng lấp nhỏ nhất giữa thời gian đến của chùm và LAUT để tiến hành phân đoạn và lập lịch cho phần còn lại của chùm trên kênh đó. Giải

thuật NP-MOC-VF (*Non-Preemptive Minimum Overlapping Channel Void Fill*) là kết hợp giải thuật LAUC-VF (*Latest Available Unused Channel Void Fill*) với phân đoạn chùm và cũng là giải thuật cải tiến của giải thuật NP-MOC. Giải thuật kết hợp NP-MOC-VF tiến hành tìm kiếm các kênh khả dụng. Khi không tìm thấy kênh nào khả dụng để lập lịch cho chùm chưa lập lịch (với giải thuật LAUC-VF) thì giải thuật NP-MOC-VF ưu tiên xem xét tất cả các kênh dữ liệu ra trên nhóm lấp đầy khoảng trống trước và tìm kiếm kênh có khoảng chồng lấp nhỏ nhất để tiến hành phân đoạn và lập lịch cho chùm chưa lập lịch. Giải thuật NP-MOC-VF được xếp vào nhóm lập lịch lấp đầy khoảng trống. Trong giải thuật NP-MOC-VF, tác giả đã chia ra nhiều phương án loại bỏ đoạn bị chồng lấp như: loại bỏ phần đầu, loại bỏ phần đuôi, loại bỏ cùng lúc cả phần đầu và phần đuôi nhằm tận dụng băng thông trên các kênh ra và giảm số gói tin bị loại bỏ trong các chùm bị tranh chấp, tuy nhiên vấn đề trong phân đoạn chùm là lựa chọn phương án loại bỏ các đoạn chồng lấp. Có hai cách tiếp cận, gồm:

- Loại bỏ phần đầu, trong đó các đoạn đầu của chùm đến (chùm tranh chấp) bị loại bỏ (Hình 2b).
- Loại bỏ phần đuôi, trong đó các đoạn đuôi của chùm đến (chùm tranh chấp) bị loại bỏ (Hình 2a).

Ưu điểm của loại bỏ phần đuôi so với loại bỏ phần đầu của phân đoạn chùm là không làm thay đổi trật tự các gói tin đến tại đích, với giả định rằng các gói tin được truyền lại sau một thời gian. Bên cạnh đó đối với các giải thuật kết hợp phân đoạn chùm thì đoạn chùm tranh chấp sẽ bị loại bỏ và được gửi lại từ nguồn TCP. Điều này dẫn đến tăng độ trễ truyền thông và ảnh hưởng đến cơ chế tránh tắc nghẽn, trong khi tại các nút biên vào khi gửi các chùm vào mạng sẽ thực hiện lưu lại bản sao của chùm đó, khi tắc nghẽn xảy ra chỉ cần truyền lại đoạn chùm từ nút biên vào sẽ làm giảm độ trễ truyền thông và không ảnh hưởng đến cơ chế điều khiển của TCP. Ngoài ra việc không quan tâm đến độ dài chùm sau khi phân đoạn cũng làm ảnh hưởng đến sự phân mảnh các kênh khi lập lịch cho chùm này trên hành trình từ nguồn đến đích.

Đối với truyền lại chùm [11, 13, 15, 18]: Ý tưởng cơ bản của cơ chế truyền lại là cho phép các chùm bị tranh chấp được truyền lại trong lớp OBS khi một bản sao của chùm được lưu ở nút biên vào. Đã có nhiều tác giả đã đề xuất các mô hình truyền lại và có thể được phân thành hai loại: thụ động/phản ứng (reactive) [13,15] và chủ động (proactive) [11,18]. Đối với cơ chế truyền lại chủ động, nút biên thực hiện truyền lại chùm sau một khoảng thời gian định trước mà không cần có sự phản hồi từ nút lỗi. Trong mô hình truyền lại BCS (*Burst Clone Schema*) [18], ý tưởng là nhân bản chùm gốc và gửi đồng thời chùm nhân bản qua mạng. Nếu chùm gốc bị mất, chùm nhân bản vẫn có khả năng đi đến đích. Nút đích sẽ lựa chọn chùm đến trước, phân rã chùm và chuyển các gói bên trong đến đích đến của chúng. Với cách làm như vậy mô hình BCS giảm được xác suất mất mát dữ liệu ngẫu nhiên của mạng chuyển mạch chùm quang, nhưng nó chỉ phù hợp khi tải lưu lượng gửi vào mạng thấp. Nhược điểm chính của mô hình này là làm phát sinh các chùm giống nhau tại các đích, tăng lưu lượng gửi vào mạng và tăng xác suất mất chùm khi tải cao.

Để khắc phục tồn tại này nhóm tác giả trong [11] đề xuất mô hình DBTM (*Duplicate Burst Transmission Mechanism*) với ý tưởng nhân bản chùm và gán cùng ID cho bản sao chùm này tại nút biên vào. Gói điều khiển của chùm gốc và bản sao chùm sẽ được gửi đi, nhưng thời gian offset của chùm gốc sẽ được điều chỉnh tăng thêm so với chùm nhân bản. Nút nguồn sẽ thực hiện gửi chùm gốc sau khi bản sao chùm đã được gửi đi, các nút trung gian sẽ lưu một bản định tuyến để nhận biết bản sao chùm có bị đánh rơi hay không. Nếu bản sao chùm bị đánh rơi, các nút trung gian sẽ tiếp tục nhân bản chùm gốc và truyền đi sau khoảng thời gian điều chỉnh.

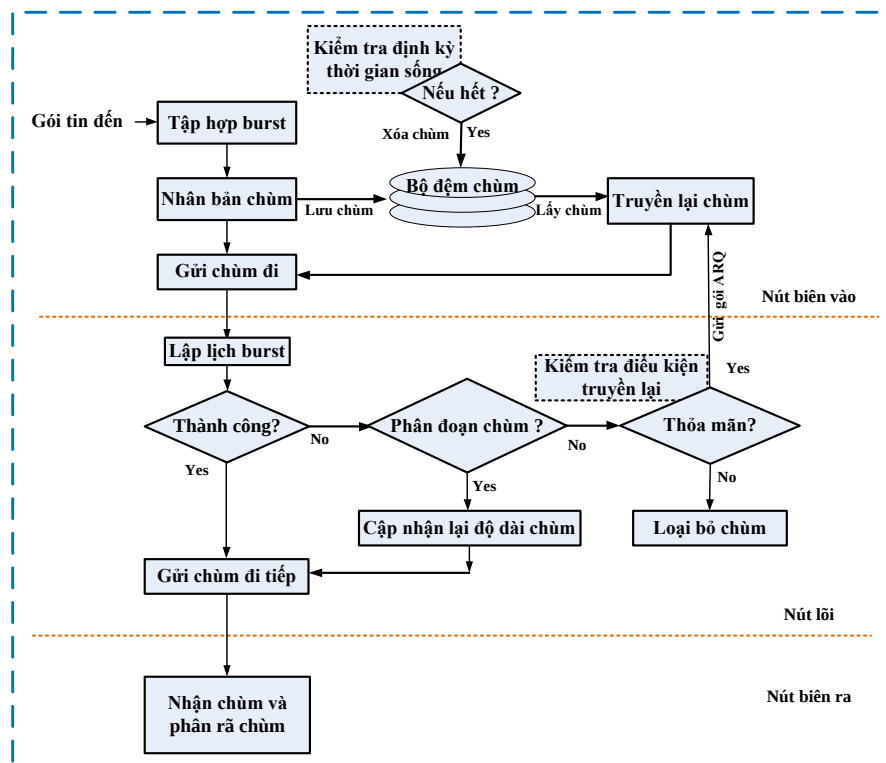
Đối với truyền lại thụ động [2, 6, 13, 21], nút lỗi sẽ gửi một phản hồi về nút biên vào để thông báo về việc đánh rơi chùm khi phát hiện tranh chấp dẫn đến không thể cấp phát tài nguyên. Khi nhận được thông báo này, nút biên vào sẽ thực hiện truyền lại bản sao của chùm tương ứng. Nếu sau khoảng thời gian định trước đối với bản sao của chùm mà nút biên vào không nhận được thông báo về chùm, nó sẽ xem như chùm đã đi đến đích và xóa bản sao của chùm.

Các tác giả trong [2,13] đã đề xuất hai mô hình truyền lại cải tiến dựa vào cơ chế truyền lại thụ động. Ý tưởng cải tiến của hai mô hình này là khi không thể cấp phát tài nguyên cho chùm dẫn đến tranh chấp, nút lỗi sẽ tính toán thời điểm lập lịch lại và thông báo cho nút biên vào để truyền lại bản sao chùm. Cả hai mô hình này đều yêu cầu nút lỗi phải có khả năng tính toán thời điểm lập lịch lại cho chùm bị rơi do tranh chấp tài nguyên. Trong mô hình thứ nhất, khi nút lỗi nhận được gói tin điều khiển và không thể cấp phát tài nguyên cho chùm tương ứng, nút lỗi sẽ tính toán thời điểm có thể cấp phát tài nguyên cho việc lập lịch lại đối với chùm bị đánh rơi và gửi gói tin CRP (*Core Reserve Packet*) chứa thông tin này về nút biên vào để thông báo thời điểm thích hợp truyền lại chùm. Đề xuất này rõ ràng không giảm được tranh chấp tài nguyên trong lần truyền chùm đầu tiên; nhưng đảm bảo việc truyền lại chùm thành công cũng như số lần truyền lại chùm sẽ nhỏ hơn 2. Trong trường hợp tải mạng tăng cao, số lần truyền lại có thể lớn hơn 2, điều này làm tăng thời gian tồn tại bản sao chùm trong bộ đệm chùm và tăng số lượng chùm lưu thông trong mạng. Vì vậy các tác giả trong [6, 21] đã đề xuất cải tiến thứ hai trong đó nút biên sẽ không thực hiện việc truyền các chùm mới mà sẽ gửi một gói tin RRP (*Reservation Request Packet*) đến nút lỗi và không truyền chùm cho đến khi nút lỗi có thể cấp phát tài nguyên cho chùm tương ứng và có gửi gói tin phản hồi CRP về cho nút biên vào. Với những công bố của các tác giả đề xuất một số mô hình truyền lại nhằm giảm xác suất mất chùm, tuy nhiên các mô hình này chưa xét đến trạng thái của mạng nhằm thực hiện truyền lại một cách hiệu quả tránh trường hợp làm tăng tắc nghẽn của mạng khi tải cao, làm phức tạp thêm hệ thống, tăng thời gian xử lý loại bỏ các gói tin giống nhau tại đích và giảm lưu lượng gửi vào mạng.

Từ những phân tích ưu điểm và một số tồn tại của các phương pháp giải quyết tắc nghẽn thông qua phân đoạn chùm và truyền lại đã được công bố. Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một mô hình kết hợp phân đoạn chùm và truyền lại chùm có điều kiện nhằm khắc phục những tồn tại nói trên.

3. MÔ HÌNH TRUYỀN LẠI KẾT HỢP PHÂN ĐOẠN CHÙM ĐỀ XUẤT

Xét một mạng OBS có hỗ trợ truyền lại và phân đoạn chùm, ở đó nút biên vào chịu trách nhiệm lưu một bản sao của chùm cho mục đích truyền lại trước khi truyền chùm này vào trong mạng, trong khi nút lõi đóng vai trò kiểm soát việc phân đoạn và truyền lại khi một chùm đến không thể lập lịch được. Như mô tả được chỉ ra ở Hình 3, một chùm sau khi được tập hợp xong sẽ được nhân bản tại nút biên vào: chùm chính sẽ được gửi vào mạng lõi, trong khi bản sao chùm sẽ được lưu vào bộ đệm chùm để phục vụ cho việc truyền lại. Giả sử nút biên vào được trang bị một bộ đệm đủ lớn để lưu các bản sao của các chùm được hoàn thành, chùm nhân bản sẽ bị xóa khi chùm chính của nó truyền đến đích thành công và lúc này một gói điều khiển (ARQ) được gửi trả về để yêu cầu thực hiện việc này hoặc chùm nhân bản cũng sẽ bị xóa nếu thời gian sống của chùm hết. Các phân tích về thời gian sống của chùm sẽ được xem xét trong các phần sau.



Hình 3: Mô hình kết hợp phân đoạn và truyền lại chùm đề xuất

Tại nút lõi mô hình thực hiện 2 giai đoạn:

Giai đoạn 1: Một giải thuật lập lịch BFVF (Best Fit Void Filling) [10]) sẽ được gọi khi có một gói điều khiển đến yêu cầu lập lịch cho chùm tương ứng của nó. Nếu việc lập lịch thành công, chùm sẽ được chuyển tiếp đến nút tiếp theo và điều này được lặp lại tại các nút lõi tiếp theo cho đến khi chùm đến đích (nút biên ra) của nó. Tuy nhiên, nếu việc lập lịch không thành công, mô hình sẽ chuyển sang **Giai đoạn 2** (các điều kiện phân đoạn chùm và thực hiện truyền lại đoạn bị loại bỏ sẽ được xem xét đến).

Giai đoạn 2: Tính toán độ chồng lấp của chùm đến với các chùm đã được lập lịch trên các kênh và kênh có khoảng chồng lấp nhỏ nhất sẽ được chọn để lập lịch cho chùm đến sau khi đã cắt phần đoạn chồng lấp (*mô hình chỉ xem xét trường hợp cắt phần đuôi của chùm chồng lấp nhằm đảm bảo các gói tin đến đích đúng thứ tự*); Chùm tắc nghẽn hoặc phần đoạn chồng lấp sẽ được xem xét truyền lại nếu thời gian sống các gói tin trong đoạn/chùm còn đủ để truyền lại từ nguồn đến đích và băng thông hiện tại trên kết nối ra chưa đạt đến mức tắc nghẽn. Nếu cả 2 điều kiện đều thỏa mãn, nút lỗi sẽ gửi một gói tin ARQ yêu cầu nút biên vào gửi lại các gói tin này trong chùm hoặc truyền lại chùm nhân bản.

Mô hình kết hợp phân đoạn chùm và truyền lại có điều kiện được mô tả chi tiết như sau, trong đó:

- $b_{ub}(s_{ub}, e_{ub})$, burst đến chưa lập lịch, trong đó s_{ub} là thời điểm đến, e_{ub} là thời điểm kết thúc (chiều dài chùm $len_{ub} = e_{ub} - s_{ub}$);
- W : Số kênh ra trên mỗi liên kết $W = \{1, 2, \dots, w\}$;
- Độ trễ của truyền thông từ nút gửi mạng IP đến nút biên vào mạng OBS là T_a
- Độ trễ của truyền thông từ nút biên ra mạng OBS đến nút đích mạng IP là T_a'
- Độ trễ tập hợp chùm trong mạng OBS là T_b
- Độ trễ tách chùm trong mạng OBS là T_b'
- Độ trễ lan truyền phát sinh trong mạng OBS là $T_{obs}(n * T_{pro} + T_{path})$, trong đó T_{pro} là thời gian xử lý tại một nút lỗi, T_{path} là độ trễ trên đường truyền, n là số nút mạng mà chùm đã đi qua. Như vậy độ trễ truyền từ nút nguồn đến nút đích sẽ được tính:

$$T_{Delay} = (T_a + T_b + T_{obs} + T_{b'} + T_{a'}) \quad (1)$$

- Độ trễ (thời gian sống của gói tin) cho phép:

$$2 * T_{Delay} = 2 * (T_a + T_b + T_{obs} + T_{b'} + T_{a'}) \quad (2)$$

- m : số nút mà burst đã đi qua;

1. Thuật toán lập lịch kết hợp phân đoạn chùm và truyền lại tại nút lỗi

Input

- $b_{ub}(s_{ub}, e_{ub})$;
- $W, T_a, T_b, T_{obs}, T_{b'}, T_{a'}, m$;
- $SB_k\{b_j(s_j, e_j) | j = 1, 2, \dots, |SB_k|\}$ tập các chùm đã được lập lịch trên kênh thứ $k (k \in W)$;
- $lengthBurst_{min}$: Chiều dài chùm tối thiểu [3];
- t_{sx} : khoảng cách giữa các chùm được truyền trên 1 kênh;
- $BW = 1Gbps$;

Output

- Chùm được lập lịch trên kênh sc hoặc loại bỏ;

Phương pháp:

(Khởi tạo) $sc = -1$;

$sc = BFVF(ub, W)$;

IF ($sc <> -1$) **THEN**

{ Lập lịch chùm b_{ub} trên kênh sc ; }

RETURN sc ;

Else

$drop_{min} = \infty$;

FOR EACH $k \in W$ **DO**

FOR EACH $j \in |SB_k|$ **DO**

IF ($(s_{ub} > e_{j,k}) \& (s_{ub} < s_{j+1,k}) \& (e_{ub} < e_{j+1,k})) \& ((e_{ub} - s_{j+1,k}) < drop_{min})$) **THEN**

$drop_{min} = (e_{ub} - s_{j+1,k})$;

$sc = k$;

$T_{Delay} = (T_a + T_b + T_{obs} + T_{b'} + T_{a'})$;

$2 * T_{Delay} = 2 * (T_a + T_b + T_{obs} + T_{b'} + T_{a'})$;

$T_n' = m * T_{pro} + m * T_{path}/n$;

$BW_{now} = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_1^{|SB_k|} (e_j - s_j)}{BW}$;

IF ($2 * T_n' < T_{Delay}$) $\wedge$ ($BW_{now} < 0.7$) **THEN**

IF ($sc > 0$) **THEN**

$e_{ub} = e_{ub} - drop_{min} + t_{sw}$;

{Lập lịch chùm b_{ub} sau khi cắt đoạn chồng lấp trên kênh sc ;}

IF ($drop_{min} > lenghtBurst_{min}$) **THEN**

$T_{Delay} = T_{Delay} - T_n'$; //cập nhật lại thời gian sống của chùm

Khởi tạo chùm mới với đoạn bị chồng lấp $b'_{ub}(s'_{ub}, e'_{ub})$;

$s'_{ub} = e_{ub} - t_{sw}$;

$e'_{ub} = s'_{ub} + drop_{min}$;

$t_{retransmission} = resendseg$;

```

    SendARQ( $IDBurst, b'_{ub}, T_{Delay}, t_{retransmission}$ );
ELSE
    Drop(dropmin); // loại bỏ đoạn chồng lấp
ELSE
     $T_{Delay} = T_{Delay} - T'_n$ ; //cập nhật lại thời gian sống của chùm
     $t_{retransmission} = resendBurst$ ;
    SendARQ( $IDBurst, b_{ub}, T_{Delay}, t_{retransmission}$ );
ELSE
    Drop( $b_{ub}$ );

RETURN sc;
```

2. Tại nút biên vào

INPUT

- ARQ($IDBurst, b_{ub}, T_{Delay}, t_{retransmission}$);

OUTPUT

PHƯƠNG PHÁP:

IF ($t_{retransmission} = resendBurst$) THEN

Send($b_{ub}, IDBurst$);

ELSE

Send($b'_{ub}, IDBurst$);

RETURN;

FUCNTION BFVF(ub, W):

INPUT

- $b_{ub}(s_{ub}, e_{ub})$: chùm đến chưa lập lịch,
- W : Số kênh ra trên mỗi liên kết $W=\{1,2,...,w\}$;
- $SB = \{SB_k\}$, SB_k tập các chùm đã được lập lịch trên kênh thứ k ($k \in W$);

OUTOUT

- sc : kênh tương ứng để lập lịch cho chùm đến.

PHƯƠNG PHÁP:

$bestUtilisation = \infty, sc = -1$;

FOR EACH $k \in W$ DO

$e_{0,k} = 0$; $s_{|SB_k|+1,k} = \infty$;

FOR EACH $j \in |SB_k|$ **DO**

IF(($s_{ub} \geq e_{j,k}$) $\wedge$ ($s_{j+1,k} \geq e_{ub}$)) $\wedge$ (($s_{j+1,k} - e_{j,k}$) $<$ $bestUtilisation$)))
THEN

$bestUtilisation = s_{j+1,k} - e_{j,k};$

$sc = k;$

RETURN $sc;$

Đánh giá độ phức tạp giải thuật:

Tại nút biên: Thực hiện việc tập hợp và lập lịch chùm tại cổng ra có độ phức tạp $O(w * \log(|SB_w|))$ [10].

Tại nút lõi: Mô hình thực hiện 2 giai đoạn:

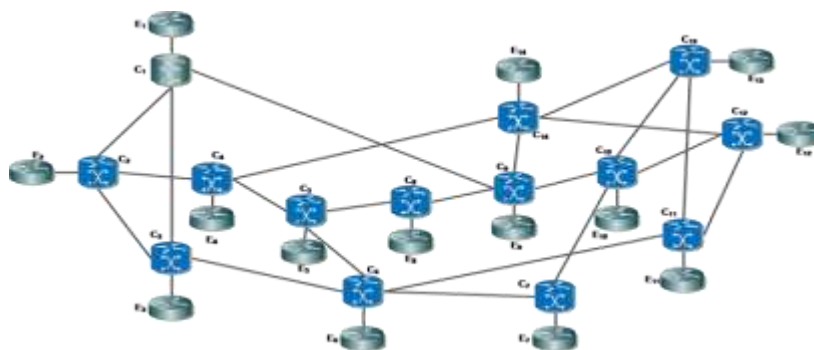
- **Giai đoạn 1:** Gọi giải thuật lập lịch BFVF [10] để lập lịch cho chùm đến trên w kênh ra có độ phức tạp $O(w * \log(|SB_k|))$.

- **Giai đoạn 2:** Thực hiện tính toán độ chồng lấp để thực hiện phân đoạn, tính độ trễ và băng thông chiếm dụng cho việc truyền lại đoạn chồng lấp có độ phức tạp $O(w * \log(|SB_k|))$.

Ở đây 2 giai đoạn thực hiện tuần tự vì vậy độ phức tạp của mô hình tại nút lõi là: $O(w * \log(|SB_k|) + O(w * \log(|SB_k|)))$.

Trong đó w là tổng số kênh ra, SB_k là số chùm lớn nhất đã lập lịch trên 1 kênh nào đó trong w kênh ra tại cổng ra xem xét.

4. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

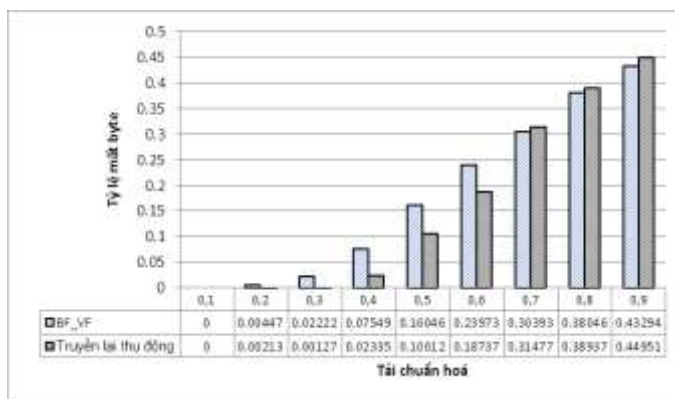


Hình 4 . Mô hình mạng mô phỏng NSFNET

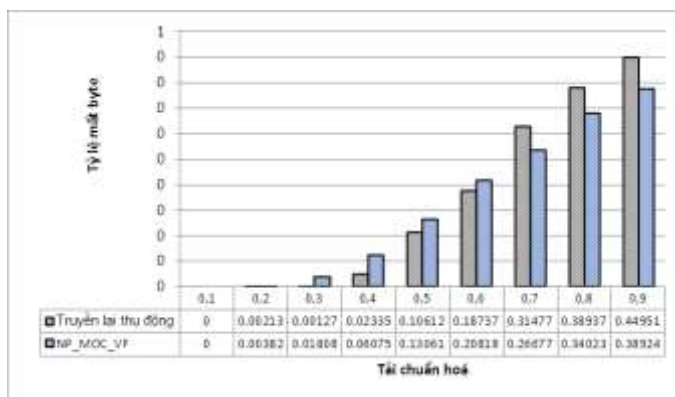
Để chứng minh tính hiệu quả của mô hình bằng thực nghiệm chúng tôi thực hiện cài đặt mô phỏng mô hình đề xuất và so sánh với mô hình truyền lại, phân đoạn chùm đã được trình bày ở phần trên dựa trên xác suất mất byte (số byte được chứa trong các chùm bị mất), độ trễ truyền thông và lưu lượng gửi vào mạng. Môi trường mô phỏng là NS2 với

gói mở rộng obs0.9a [22] và phần mềm C++, trên máy tính CPU Intel Core 5 CPU 2.4 GHz, 8G RAM. Mô hình mạng mô phỏng được thực hiện là mạng NSFNet 14 nút lõi ($C_i, i = 0, 1, \dots, 13$), trong đó mỗi nút lõi kết nối với một nút biên ($E_i, i = 0, 1, \dots, 13$) như mô tả ở Hình 4. Các luồng dữ liệu đến tại nút biên có phân phối Poisson. Mỗi liên kết có 10 kênh dữ liệu và 2 kênh điều khiển. Mô phỏng được thực hiện với tải chuẩn hoá từ 0.1 đến 0.9 với thời gian 10s.

Qua kết quả mô phỏng được thể hiện ở Hình 5 khi so sánh xác suất mất byte giữa mô hình không truyền lại (BFVF) và truyền lại thụ động với tải mạng từ 0.1 đến 0.9 cho thấy xác suất mất byte của mô hình truyền lại thụ động giảm đáng kể so với mô hình không sử dụng truyền lại với các tải thấp. Tuy nhiên với khi tải cao 0.7, 0.8, 0.9 việc thực hiện truyền lại các chùm mất sẽ không còn hiệu quả bởi vì truyền lại chùm ở trạng thái tải mạng cao sẽ làm tăng thêm tắc nghẽn mạng hiện tại và kết quả mô phỏng cho thấy xác suất mất byte sẽ tăng khi truyền lại với các tải từ 0.8 đến 0.9.



Hình 5. So sánh xác suất mất byte giữa các mô hình không truyền lại (BF_VF) và truyền lại thụ động với tải mạng từ 0.1 đến 0.9

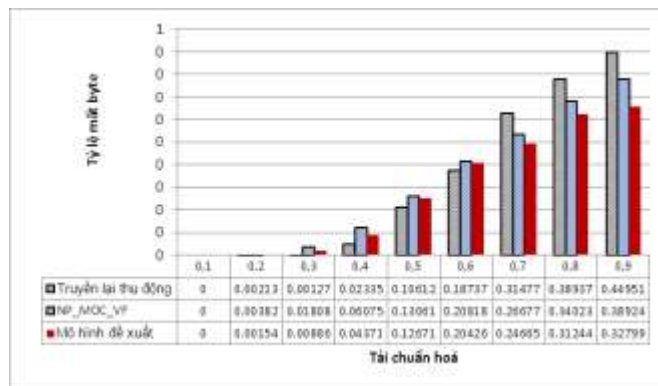


Hình 6. So sánh xác suất mất byte giữa mô hình truyền lại thụ động và phân đoạn chùm NP_MOC_VF với tải mạng từ 0.1 đến 0.9

Bên cạnh đó một kết quả được thể hiện ở Hình 6 cho thấy xác suất mất byte của mô hình phân đoạn chùm hiệu quả ở các tải cao từ 0.7 đến 0.9 điều này có thể giải thích khi các chùm bị tắc

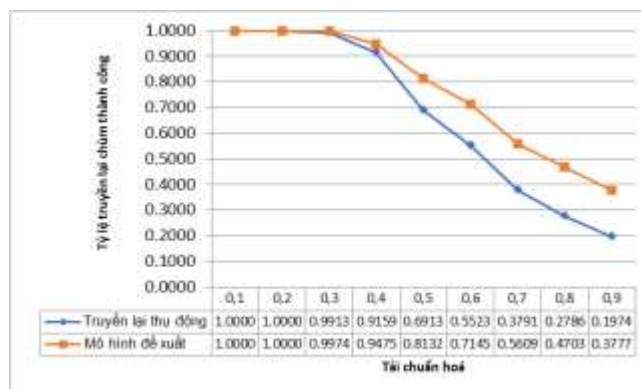
nghech không thể lập lịch được thay vì phải đánh rơi chùm đó thì mô hình phân đoạn chỉ đánh rơi phần đoạn bị chong lấp, đoạn còn lại vẫn được thực hiện lập lịch trên kênh đó.

Một kết quả khi so sánh tỷ lệ số byte rơi giữa mô hình truyền lại thụ động, mô hình phân đoạn chùm NP_MOC_VF và mô hình đề xuất được thể hiện ở Hình 7 cho thấy mô hình đề xuất giảm đáng kể ở các tải thấp và ngay cả trên các tải cao, điều này có thể giải thích bởi vì mô hình truyền lại đề xuất khi chùm đến lập lịch không tìm thấy tài nguyên, lúc này mô hình tính toán bằng thông hiện thời để xác định mức độ tắc nghẽn của mạng và thời gian sống của chùm nhằm xác định việc truyền lại là có ý nghĩa. Nếu chùm rơi ngẫu nhiên do tính chất lập lịch của mạng OBS sẽ thực hiện truyền lại chùm, ngược lại khi tải cao sẽ loại bỏ chùm và không thực hiện truyền lại nhằm giảm tắc nghẽn của mạng hiện tại. Ngoài ra khi không thể truyền lại chùm tắc nghẽn thì mô hình đề xuất sẽ thực hiện phân đoạn nhằm giảm thêm xác suất mất byte trên toàn mạng.



Hình 7. So sánh xác suất mất byte giữa các mô hình truyền lại thụ động, phân đoạn chùm(NP_MOC_VF) và mô hình đề xuất với tải mạng từ 0.1 đến 0.9

Bên cạnh đó một so sánh về tỉ lệ giữa số chùm truyền lại thành công trên số chùm truyền lại được chỉ ra ở Hình 8 cho thấy mô hình đề xuất có tỉ lệ truyền lại thành công cao hơn so với mô hình truyền lại thụ động và điều này cũng khẳng định mô hình đề xuất giảm xác suất mất byte.



Hình 8. So sánh tỷ lệ truyền lại thành công giữa hai mô hình truyền lại thụ động và mô hình đề xuất với tải mạng từ 0.1 đến 0.9

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một mô hình kết hợp giữa truyền lại và phân đoạn chùm có kiểm soát. Qua kết quả mô phỏng và thực hiện so sánh, phân tích và đánh giá cho thấy hiệu quả của mô hình kết hợp truyền lại và phân đoạn chùm có kiểm soát đề xuất đã được giảm xác suất mất byte, giảm độ trễ truyền thông đầu cuối và linh hoạt trong các trường hợp của tải mạng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Mandloi and V. Mishra (2014). A segmentation based channel scheduling scheme for improving channel utilization in OBS networks. *Optik*, 125(10):2437–2441.
- [2] Agustí-Torra, Anna, Gregor V. Bochmann, and Cristina Cervelló-Pastor (2005). *Retransmission schemes for optical burst switching over star networks*. Second IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks, 2005. WOCN 2005. IEEE.
- [3] B. Kantarci and S. Oktug (2007). *Adaptive threshold based burst assembly in OBS networks*. In Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pages 1419–1422,.
- [4] Harb, Hani AM, et al. (2017). *A study of the number of wavelengths impact in the optical burst switching core node*. The 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI). IEEE.
- [5] Hsu, Ching-Fang, Te-Lung Liu, and Nen-Fu Huang (2002). *Performance analysis of deflection routing in optical burst-switched networks*. Proceedings. Twenty-First Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Vol.1. IEEE.
- [6] Hou, Rui, et al. (2014). A framework of prioritized burst segmentation supporting controlled retransmission in OBS networks. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 68.1 (2014): 44-50.
- [7] Jankuniene, R., and P. Tervydis (2014). *The contention resolution in OBS network*. *Elektronika ir Elektrotechnika* 20.6 (2014): 144-149.
- [8] K. Janicki, P. Mrozicki, and P. Wiatr (2009). *Management platform for next generation optical networks*. 2009.07.
- [9] M. F. Hayat, F. Z. Khan, and H. R. van As (2011). *Performance model for an OBS node with a shared wavelength converter pool and an FDL buffer per link*. Optical Network Design and Modeling (ONDM), 2011 15th International Conference on, pages 1–6.
- [10] M. Nandi, A. K. Turuk, D. K. Puthal and S. Dutta (2009). *Best Fit Void Filling Algorithm in Optical Burst Switching Networks*, IEEE Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, 609-614.
- [11] Q. Zhang, V. M. Vokkarane, Y. Wang, and J. P. Jue (2005). *Evaluation of burst retransmission in optical burst-switched networks*. 2nd Int. Conf. Broadband Networks, BROADNETS 2005, vol. 2005, pp. 297–303, DOI: 10.1109/ICBN.2005.1589624.
- [12] Rosberg, Zvi, et al. (2003). Performance analyses of optical burst-switching networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 21.7: 1187-1197.
- [13] S. Riadi and A. Maach (2012). *A Controlled Retransmission Scheme for Optical*

- Burst Switching over Star Networks*, no. May 2012.
- [14] S. Verma, H. Chaskar, and R. Ravikanth (2000). *Optical Burst Switching: A Viable Solution for Terabit IP Backbone*. IEEE Network, 14(6): 48–53.
 - [15] T. Venkatesh, T. L. Sujatha, and C. S. R. Murthy (2005). *A novel burst assembly algorithm for optical burst switched networks based on learning automata*. *Optical Network Design And Modeling*, Proceedings, 4534:368–377.
 - [16] Tai-Won Um, Hai L. Vu, Jun Kyun Choi, and Won Ryu (2008). *Priority-Based Duplicate Burst Transmission Mechanism in OBS Networks*, *ETRI Journal*, Volume 30, Number 1, February 2008.
 - [17] V. M. Vokkarane and J. P. Jue (2005). *Segmentation-Based Non-Preemptive Scheduling Algorithms*, Department of Computer Science, The University of Texas at Dallas, Richardson.
 - [18] Vanitha, D. Veera, and M. Sabrigiriraj (2015). *Mathematical modelling for retransmission based contention resolution in OBS networks*, IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC). IEEE.
 - [19] Vo Viet Minh Nhat, Nguyen Hong Quoc (2015). *An Improved Composite Scheduling Approach for Reducing Data Loss in OBS Networks*. Proceeding of SoICT 2015 (ACM ICPS, ISBN:978-1-4503-3843-1), pp: 143-148.
 - [20] X. Huang, V.M. Vokkarane, and J.P. Jue (2005). *Burst Cloning: A Proactive Scheme to Reduce Data Loss in Optical Burst-Switched Networks*. IEEE ICC, May 2005, pp. 1673-1677.
 - [21] Zhang, Qiong, et al. (2011). *TCP over optical burst-switched networks with controlled burst retransmission*, *Photonic Network Communications* 22.3 (2011): 299-312.
 - [22] Network Simultor, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

Title: A PROPOSED MODEL OF COMBINING CONTROLLED RETRANSMISSION AND BURST SEGMENTATION IN OPTICAL BURST SWITCHING NETWORK

Abstract: Optical Burst Switching has been considered as a promising packet switching technology for the Internet. However, because of the optical bufferless of core node, the resource contention and burst loss are inevitable. In addition, the fact that TCP protocol operates at a higher layer in Optical Burst Switching network might lead the entire network performance to be reduced when burst loss rate rising due to contentions. There are currently many proposed burst contention solutions for communication problems over Optical Burst Switching network, in which retransmission and burst segmentation have been the two most concerned methods. In this paper, we propose a model of controlled condition-based burst segmentation and retransmission to efficiently decrease data loss probability, end-to-end delay and consequently increase the OBS network performance. An extensive simulation is used to analyse and validate our proposed model.

Keywords: Optical Burst Switching networks, burst retransmission, burst segmentation, contention.