

**Một phương pháp tập hợp chùm thích nghi trên mạng chuyển mạch chùm quang**

Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Minh Quân, Nguyễn Thị Thùy Trang, Hồ Thị Kim Thoa,
Nguyễn Hồng Quốc

Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình xử lý:

Ngày nhận bài: 11/3/2024

Ngày nhận bản chỉnh sửa: 28/3/2024

Ngày nhận đăng: 29/3/2024

Ngày xuất bản: 20/02/2026

Từ khóa:

Tập hợp chùm;

Tải lưu lượng;

Mạng chuyển mạch chùm quang.

TÓM TẮT

Tập hợp chùm là một hoạt động quan trọng trong mạng chuyển mạch chùm quang. Tham số chính trong tập hợp chùm là tiêu chuẩn cho việc quyết định tạo ra chùm và gửi chùm vào trong mạng. Có hai phương pháp tập hợp chùm cơ bản là dựa trên bộ đếm thời gian (timer-based) và dựa trên độ dài chùm (threshold-based). Trong phương pháp tập hợp chùm dựa bộ đếm thời gian, một chùm được sinh ra và được gửi vào trong mạng theo từng chu kỳ thời gian, đúng bằng thời gian đã được xác định mà không quan tâm đến kích thước chùm sinh ra dài hay ngắn. Chiều dài chùm sẽ biến đổi tùy theo tốc độ đến của gói, trong những khoảng thời gian bằng nhau. Đối với phương pháp tập hợp chùm dựa vào ngưỡng độ dài chùm, một giới hạn về số lượng gói tin tối đa chứa trong mỗi chùm hoặc về kích thước chùm tính theo bytes, trong trường hợp các gói tin đến có kích thước thay đổi, được sử dụng như là điều kiện để sinh ra chùm. Vì vậy, các chùm được tạo ra có kích thước bằng nhau. Vấn đề quan trọng được đặt ra là làm thế nào để chọn một giá trị ngưỡng tập hợp chùm tối ưu nhằm giảm số lượng các chùm bị mất khi có tranh chấp xảy ra, cũng như tăng hiệu suất sử dụng băng thông mạng OBS. Trong nghiên cứu này sẽ đề xuất một phương pháp tập hợp chùm thích nghi dựa trên tải lưu lượng đến của các gói tin tại các nút biên vào để quyết định một ngưỡng tập hợp chùm nhằm tăng hiệu suất hoạt động của mạng, cũng như giảm xác suất mất chùm trên toàn mạng.

1. GIỚI THIỆU

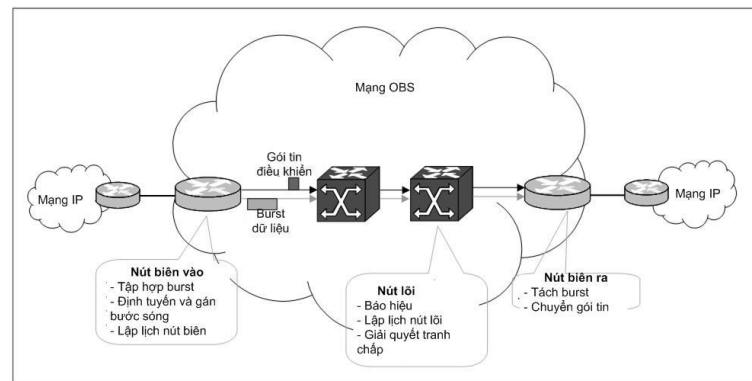
Sự phát triển nhanh chóng của Internet với sự bùng nổ các loại hình dịch vụ thông tin, đã làm gia tăng không ngừng nhu cầu về băng thông mạng; trong khi việc khai thác khả năng truyền tải của cáp đồng đã đạt đến ngưỡng giới hạn. Điều này đòi hỏi phải xây dựng và phát triển một công nghệ mạng mới nhằm đáp ứng được những nhu cầu đó. Giải pháp cho vấn đề này phát triển mạng truyền dẫn quang để đáp ứng những yêu cầu về băng thông hiện tại của người dùng và hỗ trợ cho các dịch vụ khác trong tương lai. Hiện nay có ba đề xuất về mạng chuyển mạch quang đó là mạng chuyển mạch kênh quang (Aparna et al., 2010), mạng chuyển mạch gói quang (Janicki et al., 2009) và mạng chuyển mạch chùm quang (Verma et al., 2000; Azodolmolky et al., 2007). Trong đó mạng chuyển mạch chùm quang được xem như công nghệ hứa hẹn cho mạng Internet toàn quang của thế hệ tiếp theo.

Kiến trúc mạng chuyển mạch chùm quang (OBS) bao gồm các nút chuyển mạch chùm quang kết nối với nhau bởi các sợi quang hỗ trợ đa bước sóng. Như được mô tả trong hình 1 có hai kiểu nút OBS: nút biên và nút lõi.

Tác giả liên hệ: Nguyễn Hồng Quốc;

Địa chỉ e-mail: nguyenhongquoc@dhsphue.edu.vn

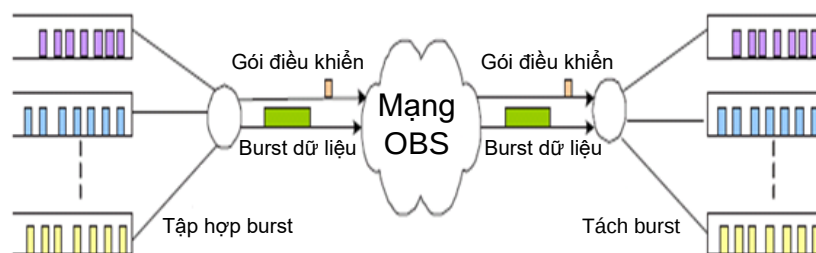
DOI: <https://doi.org/10.26459/jse.034.2026>



Hình 1. Kiến trúc mạng OBS và chức năng của các nút mạng (Azodolmolky et al., 2007).

Nút biên được xem như là giao diện giữa miền điện và miền quang và có thể được chia thành hai loại: nút biên vào và nút biên ra. Nút biên vào thực hiện tập hợp các gói điện tử (chẳng hạn các gói IP, các tế bào ATM hoặc các khung Ethernet) có cùng đích đến thành một đơn vị truyền dẫn lớn gọi là chùm quang(hay chùm). Hoạt động tiếp theo bao gồm định tuyến, cấp phát bước sóng và lập lịch cho chùm trên một kênh dữ liệu ở cổng ra. Chùm sau đó được truyền qua mạng OBS và cuối cùng được tách tại nút biên ra và gửi các gói ban đầu tới đích của chúng. Nút lõi được trang bị một ma trận chuyển mạch để thực hiện chuyển tiếp (chuyển mạch) các chùm đến nút kế tiếp. Một nút lõi OBS bao gồm hai phần: quang và điện. Phần quang là các bộ ghép/tách bước sóng(*multiplexer/demultiplexer*) và ma trận chuyển mạch quang. Phần điện gồm các mô-đun vào/ra, lập lịch và điều khiển định tuyến. Đơn vị chuyển mạch quang điều khiển các chùm từ một cổng vào đến một cổng ra tùy theo đích đến của chùm.

Tập hợp chùm là một hoạt động quan trọng trong mạng chuyển mạch chùm quang, là quá trình tập hợp các gói tin điện tử và đóng gói thành chùm tại nút biên ngõ vào của mạng chuyển mạch chùm quang. Tất cả gói đến sẽ chuyển đến hàng đợi tùy theo đích của chúng như trình bày trong hình 2. Một giá trị ngưỡng được sử dụng như một tham số giới hạn để quyết định khi nào tạo ra một chùm và gửi chùm vào trong mạng.



Hình 2. Tập hợp burst và tách burst [1].

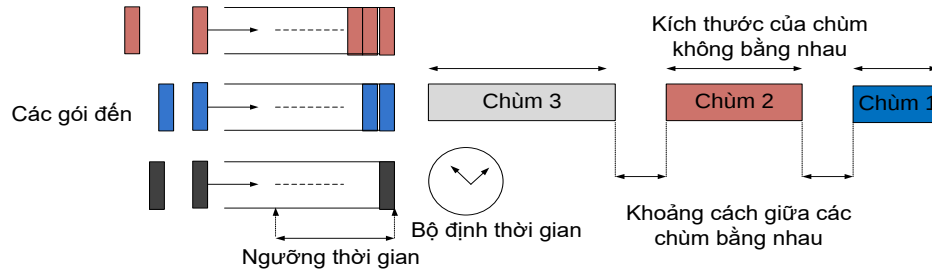
Có hai phương pháp tập hợp chùm phổ biến nhất là dựa trên bộ đếm thời gian (*timer-based*) và dựa trên độ dài chùm (*threshold-based*). Trong tập hợp chùm dựa trên độ dài chùm, một giới hạn dựa trên số lượng tối đa gói tin có thể chứa trong mỗi chùm. Do đó, những chùm có kích thước cố định sẽ được tạo tại biên mạng. Phương pháp tập hợp chùm dựa trên độ dài sẽ tạo ra những chùm tại những khoảng thời gian không theo chu kỳ. Cả hai phương pháp dựa trên thời gian và độ dài là tương tự nhau, khi tốc độ đến không đổi, một giá trị độ dài có thể được ánh xạ tới một giá trị thời gian và ngược lại. Kết quả là các chùm có độ dài giống nhau trong cả hai trường hợp. Vấn đề quan trọng được đặt ra ở đây là làm thế nào để chọn một giá trị ngưỡng thời gian hoặc ngưỡng độ dài tối ưu nhằm để giảm số lượng gói tin điện tử bị mất khi có tranh chấp xảy ra, cũng như tăng hiệu suất sử dụng băng thông trong mạng OBS. Rõ ràng nếu giá trị ngưỡng thời gian quá thấp, chiều dài chùm sinh ra sẽ ngắn và số lượng chùm di chuyển trong mạng sẽ tăng lên, dẫn đến tình trạng số lượng tranh chấp trong mạng cao, nhưng số lượng gói tin mất trung bình trong mỗi chùm lại thấp. Thêm vào đó, số lượng chùm nhiều sẽ gây ra áp lực lên tốc độ xử lý các gói điều khiển phải nhanh mới hiệu quả. Ngược lại nếu giá trị ngưỡng thời gian lớn, độ dài của chùm tăng lên và số lượng chùm di chuyển trong mạng là giảm, do đó giảm được số lượng tranh chấp trong mạng so với trường hợp chùm ngắn, nhưng số lượng gói tin mất trung bình trên mỗi chùm mất là cao. Tóm lại, cần xác định độ dài chùm tối ưu để tăng hiệu quả của một mạng OBS. Trong bài viết này sẽ đề xuất một phương pháp tập hợp chùm thích nghi theo tốc độ đến của các gói tin ở nút biên vào nhằm độ trễ cho các gói tin, 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 phương pháp tập hợp chùm thích nghi đề xuất; Phần IV mô phỏng đánh giá phương pháp tập hợp chùm đề xuất và Phần V là phần kết luận.

2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Hiện nay có nhiều phương pháp tập hợp chùm đã được đề xuất và theo 2 hướng tiếp cận chính đó là tập hợp chùm tĩnh (Kantarci & Oktug, 2007; Kantarci et al., 2007) và tập hợp chùm động (Fu et al., 2009; Venkatesh et al., 2007; Vo et al., 2017).

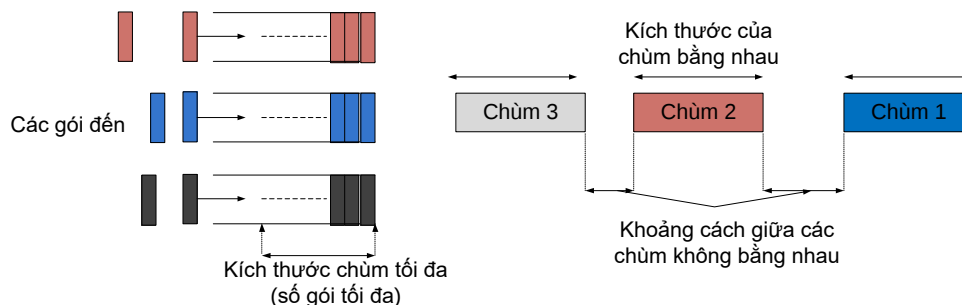
- Đối với hướng tiếp cận tập hợp chùm tĩnh: Tất cả các gói tin đến nút biên vào sẽ được đưa vào hàng đợi tương ứng với đích đến của chúng. Khi kích thước hàng đợi đạt đến một ngưỡng hoặc thời gian chờ đợi của các gói tin trong hàng đợi đạt đến một ngưỡng thì một chùm sẽ được hình thành và được gửi đi.



Hình 3. Tập hợp chùm theo ngưỡng thời gian (Kantarci & Oktug, 2007).

Các tác giả trong (Kantarci & Oktug, 2007) đề xuất phương pháp tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian cố định (*Fixed Assembly Period – FAP*). Trong phương pháp tập hợp chùm này dựa trên ngưỡng thời gian cố định được mô tả như trong hình 3, một bộ đếm thời gian được khởi tạo khi có một gói tin dữ liệu từ lớp mạng trên đến một nút biên vào của mạng OBS. Khi bộ đếm tập hợp chùm của hàng đợi q (T_q) vượt quá ngưỡng thời gian được xác định trước (T) thì tất cả các gói tin trong hàng đợi tập hợp chùm q được tập hợp lại thành một chùm. Sau đó, gói điều khiển BCP liên quan với gói dữ liệu chùm BCP sẽ được gửi ra trên kênh điều khiển thực hiện tiến trình báo hiệu để đặt trước tài nguyên và cấu hình chuyển mạch cho gói dữ liệu chùm BCP; và sau một khoảng thời gian *offset* thì gói dữ liệu chùm BCP sẽ được gửi đi trên một kênh dữ liệu riêng biệt.

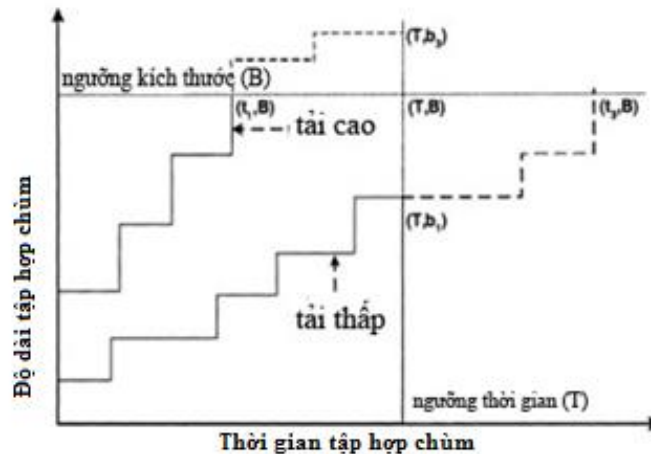
Trong (Kantarci et al., 2007) các tác giả đề xuất phương pháp tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài chùm cố định được mô tả như trong hình 4 thực hiện tập hợp chùm khi có gói tin đến nút biên vào mạng OBS. Sau đó, nó thực hiện so sánh chiều dài của chùm hiện thời (L_q) với một ngưỡng chiều dài được xác định trước (L), nếu ngưỡng chiều dài đạt đến ($L_q = L$) thì chùm được tạo ra và gửi vào trong mạng, ngược lại nó tiếp tục thực hiện tập hợp các gói tin đến hàng đợi q cho đến khi chiều dài chùm hiện thời đạt ngưỡng. Từ đó, chúng ta thấy rằng phương pháp tập hợp chùm này có một giới hạn dựa trên số lượng tối đa gói tin chứa trong mỗi chùm. Do đó, những chùm được tạo ra có kích thước cố định, thời gian tập hợp chùm là thay đổi ngẫu nhiên; nghĩa là khi tốc độ luồng đến nhanh thì thời gian tập hợp chùm nhỏ và ngược lại khi tốc độ luồng đến chậm thì thời gian tập hợp chùm lớn.



Hình 4. Tập hợp chùm theo ngưỡng kích thước (số gói tối đa) (Kantarci et al., 2007).

Tuy nhiên vấn đề đặt ra ở đây là làm thế nào để chọn một giá trị ngưỡng thời gian hoặc ngưỡng độ dài tối ưu nhằm để giảm số lượng gói tin bị mất khi có tranh chấp xảy ra, cũng như tăng hiệu suất sử dụng mạng OBS. Rõ ràng nếu giá trị ngưỡng thời gian quá thấp, chiều dài chùm sinh ra sẽ ngắn và số lượng chùm di chuyển trong mạng sẽ tăng lên, dẫn đến tình trạng tranh chấp trong mạng cao, nhưng số lượng gói tin mất trung bình trong mỗi chùm lại thấp. Thêm vào đó, số lượng chùm nhiều sẽ gây ra áp lực lên tốc độ xử lý các gói điều khiển phải nhanh mới hiệu quả. Ngược lại nếu giá trị ngưỡng thời gian lớn, độ dài của chùm tăng lên và số

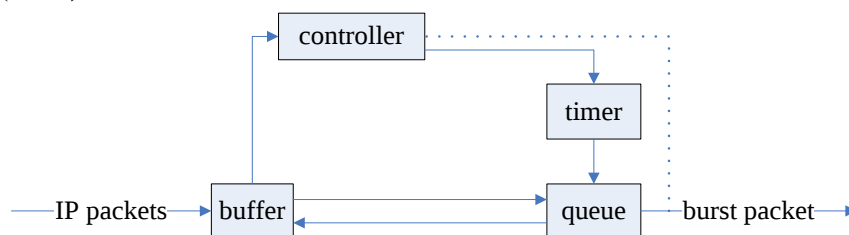
lượng chùm di chuyển trong mạng là giảm, do đó giảm được số lượng tranh chấp trong mạng so với trường hợp chùm ngắn, nhưng số lượng gói tin mất trung bình trên mỗi chùm mất là cao. Vì vậy, cần xác định độ dài chùm tối ưu để tăng hiệu quả của một mạng OBS. Để khắc phục nhược điểm đó các tác giả trong (Kantarci & Oktug, 2007) đã đề xuất Phương pháp tập hợp chùm này là sự kết hợp của hai phương pháp tập hợp chùm ở trên, nó vừa sử dụng ngưỡng thời gian và ngưỡng độ dài để thực hiện tập hợp chùm, vì vậy nó còn được gọi là phương pháp tập hợp chùm lai (*Hybrid*). Với các ngưỡng được xác định trước, khi một trong hai ngưỡng đạt đến thì tiến trình tập hợp chùm sẽ kết thúc.



Hình 5. Mô tả ảnh hưởng của kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian và ngưỡng độ dài đối với chùm sinh ra.

Như đã được trình bày ở trên, cả ba phương pháp tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian, ngưỡng độ dài và kết hợp là không đủ linh hoạt theo tình trạng lưu lượng mạng hiện thời và thích nghi tiến trình tập hợp chùm một cách phù hợp. Bởi vì các phương pháp này thiết lập với giá trị cố định chưa thích nghi với những thay đổi lưu lượng, dẫn đến làm giảm hiệu năng của mạng, đã có một số phương pháp tập hợp chùm thích nghi đã được đề nghị để cải thiện tình trạng này (Venkatesh et al., 2007) đó là phương pháp BFAAP. Thông qua các phân tích và mô phỏng, các tác giả đã chứng minh các phương pháp thích nghi có thể đáp ứng tốt hơn với những thay đổi lưu lượng và có thể cung cấp hiệu năng tốt hơn đối với lưu lượng như TCP hay trong mạng OBS (Xu et al., 2003).

Như mô tả trong hình 6, bộ điều khiển tập hợp chùm (*controller*) được sử dụng thường xuyên để xem xét tốc độ của các gói IP đến trong vùng đệm (*buffer*) và thực hiện xác định ngưỡng thời gian tập hợp chùm cho bộ đếm thời gian (*timer*).



Hình 6. Sơ đồ mô tả nguyên tắc hoạt động của BFAAP (Janicki et al., 2009).

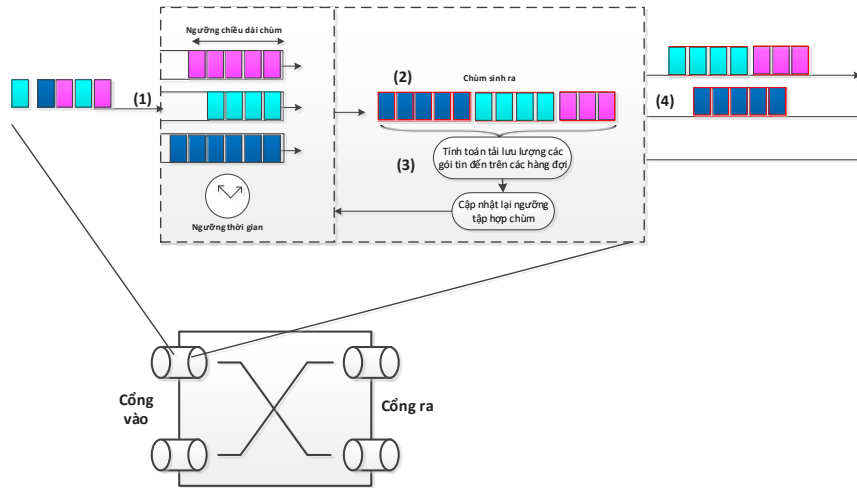
Sau đó, hàng đợi tập hợp chùm (*queue*) thực hiện nhận các gói tin IP từ vùng đệm và tập hợp các gói IP này thành chùm theo bộ đếm thời gian tập hợp chùm (*timer*). Khi một chùm BDP được hình thành và gói tin điều khiển BCP liên quan với nó được gửi ra, lúc này hàng đợi sẽ thông báo cho bộ điều khiển về kích thước chùm và bộ điều khiển sẽ điều chỉnh ngưỡng thời gian tập hợp chùm theo tỷ lệ thay đổi của kích thước chùm hoặc theo tốc độ gia tăng của các gói IP đến trong vùng đệm.

Tuy nhiên với phương pháp tập hợp chùm BFAAP chỉ điều chỉnh ngưỡng thời gian được thực hiện từng bước nhỏ dựa trên tốc độ đến của các gói IP trong hàng đợi tập hợp chùm, trong khi đó cần có một thay đổi kịp thời về ngưỡng tập hợp chùm nhằm giảm được độ trễ trong quá trình tập hợp cũng như độ dài chùm tạo ra nằm trong khoảng tốt nhất theo khuyến nghị của một ngưỡng độ dài chùm truyền trong mạng chuyển mạch chùm quang (Zeghid et al., 2021). Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một phương pháp tập hợp chùm thích nghi theo tải lưu lượng đến của các gói tin và xác định một ngưỡng tập hợp chùm tốt nhất và qua phân tích, đánh giá, mô phỏng thực nghiệm cho thấy phương pháp tập hợp chùm đề xuất đã giảm được độ trễ trong

quá trình tập hợp chùm và giảm được xác suất mất chùm cũng như nâng cao hiệu quả hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang.

3. PHƯƠNG PHÁP TẬP HỢP CHỤM ĐỀ XUẤT

Để khắc phục những tồn tại của các phương pháp đã được công bố và được trình bày trong phần II, bài báo này đề xuất một phương pháp tập hợp chùm thích nghi theo tải lưu lượng các gói tin đến để xác định kích thước cũng như thời gian tập hợp chùm hợp lý nhằm giảm độ trễ cho các gói tin đến cũng như tăng hiệu suất hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang.



Hình 7. Sơ đồ mô tả nguyên tắc hoạt động của phương pháp tập hợp chùm đề xuất.

Phương pháp tập hợp chùm đề xuất được mô tả như sau:

- (1): Các gói tin đến tại nút biên vào sẽ được đưa vào hàng đợi tập hợp chùm tương ứng với đích đến của nó.
- (2): Sau khi độ dài hàng đợi đạt đến ngưỡng độ dài hoặc thời gian chờ đã hết, quá trình tạo chùm diễn ra.
- (3): Tính toán tải lưu lượng các gói tin đến trong khoảng thời gian chờ tập hợp chùm, xác định lại ngưỡng thời gian tập hợp chùm.

Giả sử L_{max}^i là ngưỡng độ dài tập hợp chùm, T_{max}^i là thời gian tập hợp chùm lớn nhất, L_{bef}^i là ngưỡng độ dài tập hợp chùm trước đó, L_b^i là ngưỡng độ dài tập hợp chùm, T_b^i là thời gian tập hợp chùm hiện tại trên hàng đợi i , nếu các hàng đợi tập hợp chùm đạt một trong 2 ngưỡng trên chùm sẽ được tạo ra và gửi vào trong mạng;

Gọi E_{bef}^i là tải lưu lượng trước đó tại hàng đợi i ;

Thực hiện tính toán tải lưu lượng và cập nhật lại ngưỡng thời gian tập hợp chùm như sau:

- Gọi n_i là số lượng gói tin và l_j là độ dài của từng gói tin đến tại hàng đợi thứ i trong khoảng thời gian Δt . Tốc độ đến các gói tin được tính như sau:

$$\lambda_i = \frac{n_i}{\Delta t} \quad (1)$$

- Gọi μ_i là chiều dài trung bình các gói tin đến tại hàng đợi thứ i trong khoảng thời gian Δt :

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} l_j}{n_i} \quad (2)$$

- Tải lưu lượng các gói tin đến trong khoảng thời gian Δt được tính:

$$E_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i \times BW_i} \quad (3)$$

- ΔE là tỉ lệ tại lưu lượng hiện tại và trong khe thời gian trước đó được tính như sau:

$$\Delta E = \frac{E_i}{E_{bef}^i} \quad (4)$$

- ΔT là thời gian tập hợp chùm được điều chỉnh và được tính như sau:

+ Nếu $\Delta E > 1$:

$$\Delta T = -(T_b^i \times \Delta E) \quad (5)$$

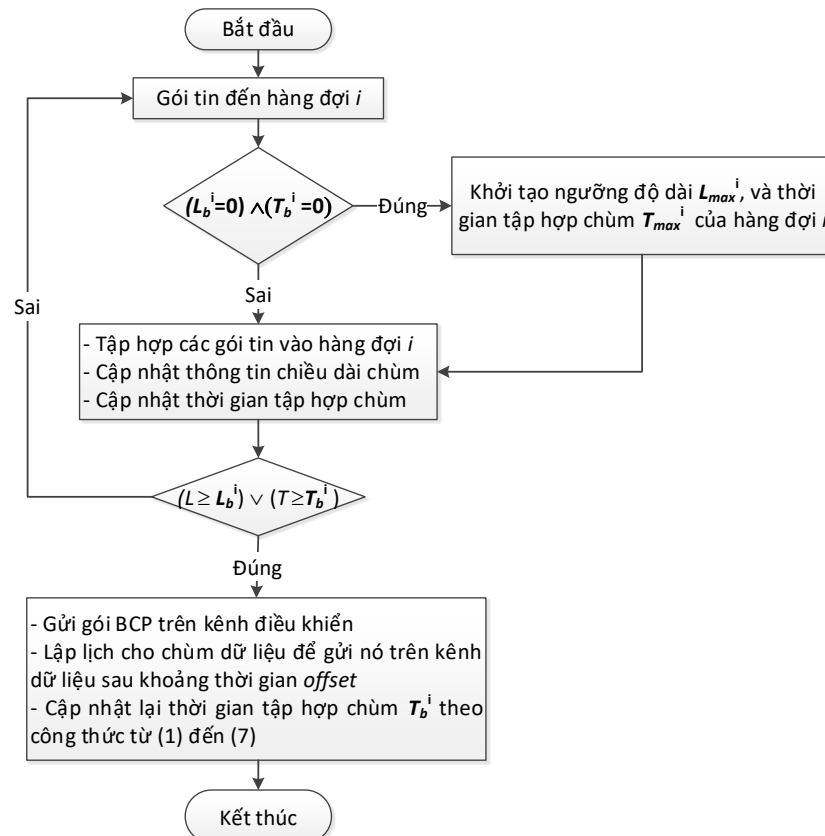
+ Nếu $\Delta E < 1$:

$$\Delta T = T_b^i \times \Delta E \quad (6)$$

- T_b là thời gian tập hợp chùm cho khe thời gian tiếp theo và được tính như sau:

$$T_b = T_b^i + \Delta T \quad (7)$$

Phương pháp tập hợp chùm được mô tả chi tiết bằng sơ đồ khối như sau:

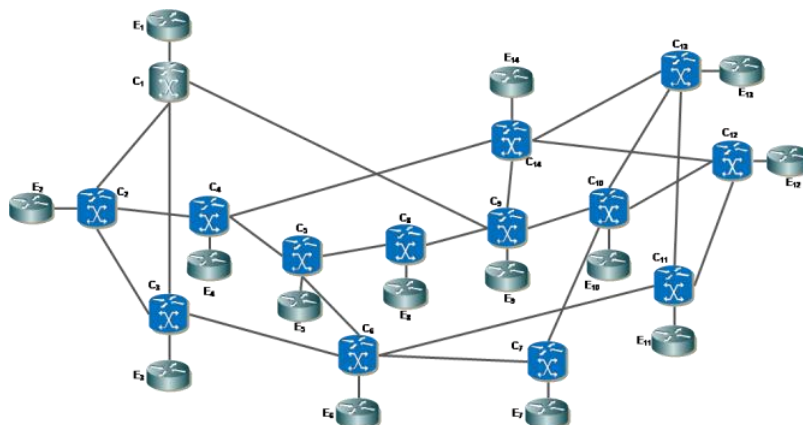


Độ phức tạp của phương pháp tập hợp chùm đề xuất:

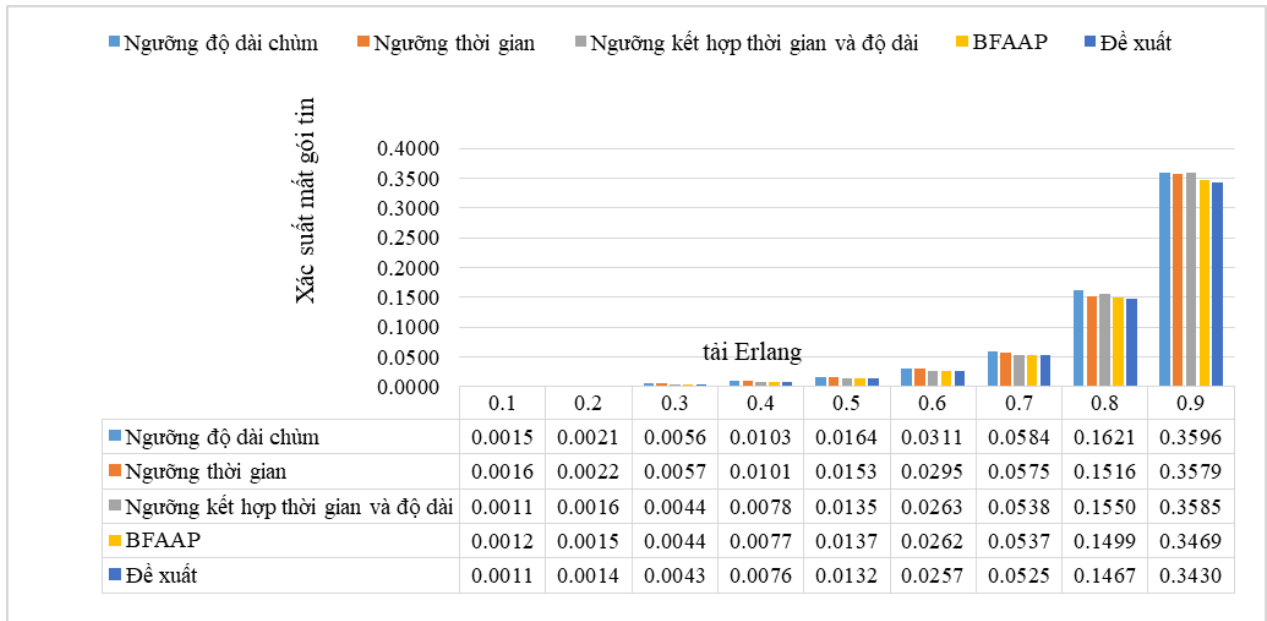
Phương pháp tập hợp chùm đề xuất gồm 7 bước độc lập và thực hiện tuần tự trên các hàng đợi tập hợp chùm nên độ phức tạp của phương pháp là $O(n)$.

4. MÔ PHỎNG VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Để chứng minh tính hiệu quả của phương pháp tập hợp chùm đề xuất bằng thực nghiệm chúng tôi thực hiện cài đặt mô phỏng phương pháp tập hợp chùm đề xuất và so sánh với các phương pháp tập hợp chùm đã được công bố trước đây dựa trên xác suất mất gói tin (các gói tin được chứa trong các chùm bị mất) và độ trễ trong thời gian tập hợp chùm. Môi trường mô phỏng là NS2 với gói mở rộng obs0.9a (Network Simulator, n.d.) và phần mềm C++, trên máy tính CPU Intel Core 2 CPU 2.4 GHz, 4G RAM. Mô hình mạng mô phỏng được thực hiện là mạng NSFNet. Mạng NSFNET gồm 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 8. Các luồng dữ liệu đến tại nút biên có phân phối Poisson. Mỗi liên kết có 6 kênh dữ liệu và 2 kênh điều khiển. Băng thông trên mỗi kênh là 10Gb/s. Mô phỏng được thực hiện với tải chuẩn hoá từ 0.1 đến 0.9.



Hình 8. Mô hình mạng mô phỏng NSFNET (Network Simulator, n.d.).

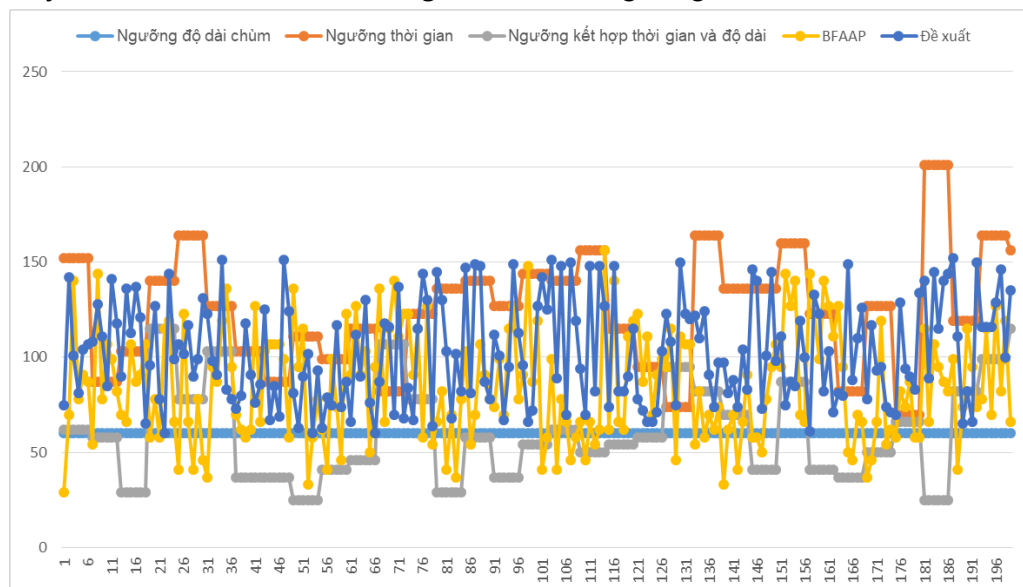
Mục tiêu mô phỏng bao gồm:

Hình 9. So sánh xác suất mất gói tin trên các phương pháp tập hợp chùm theo độ dài, thời gian, kết hợp thời gian và độ dài, BFAAP và phương pháp đề xuất thích nghi theo lưu lượng đến.

- So sánh xác suất mất gói tin với các phương pháp tập hợp chùm đã được công bố và phương pháp tập hợp chùm đề xuất.

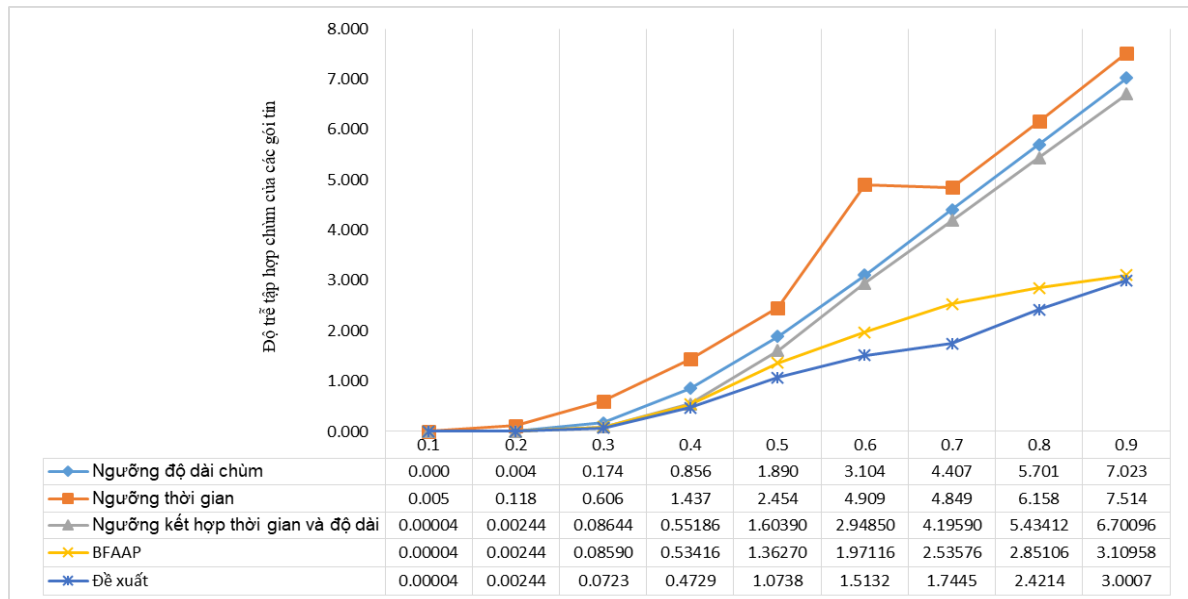
- So sánh độ trễ với các độ dài chùm sinh ra trên các phương pháp tập hợp chùm đã được công bố và phương pháp tập hợp chùm đề xuất.

Qua kết quả mô phỏng được thể hiện như ở hình 9 khi so sánh xác suất mất gói tin trên các phương pháp tập hợp chùm theo ngưỡng độ dài, thời gian, kết hợp ngưỡng thời gian và ngưỡng độ dài, BFAAP và phương pháp đề xuất thích nghi theo lưu lượng đến cho ở các tải 0.1, 0.2, 0.3, tập hợp chùm theo ngưỡng độ dài là tốt hơn, trong khi tại vị trí 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 phương pháp tập hợp chùm theo ngưỡng thời gian tốt hơn ngưỡng độ dài và ngưỡng kết hợp cho kết quả tốt hơn 2 phương pháp với ngưỡng cố định. Vì vậy vấn đề quan trọng được đặt ra ở đây là làm thế nào để chọn một giá trị ngưỡng thời gian hoặc ngưỡng độ dài chùm tối ưu để giảm số lượng gói tin bị mất, giảm độ trễ trong quá trình truyền thông. Bên cạnh đó phương pháp tập hợp chùm đề xuất có xác suất mất gói tin bởi vì không đưa ra một ngưỡng tập hợp chùm cố định mà phụ thuộc vào tải lưu lượng đến của các gói tin trong hàng đợi tập hợp chùm để xác định một ngưỡng tập hợp chùm tối ưu cho các chùm tiếp theo vì vậy các chùm được sinh ra thích nghi theo tình trạng các gói tin đến.



Hình 10. Thống kê độ dài chùm với phương pháp tập hợp theo ngưỡng độ dài, ngưỡng thời gian, kết hợp, BFAAP và phương pháp đề xuất thích nghi theo lưu lượng đến.

Bên cạnh đó một thống kê độ dài 200 chùm thể hiện ở hình 10 với 5 phương pháp tập hợp chùm khác nhau cho thấy độ dài các chùm sinh ra từ phương pháp tập hợp chùm đề xuất biến thiên dựa vào tải lưu lượng đến trên các hàng đợi tập hợp chùm trong khi phương pháp tập hợp chùm theo ngưỡng độ dài là một giá trị cố định, trong khi theo ngưỡng thời gian tùy thuộc vào tốc độ đến mà chùm sinh ra là quá dài hoặc quá ngắn.



Hình 11. So sánh độ trễ của các gói tin với phương pháp tập hợp chùm theo độ dài, thời gian, kết hợp thời gian và độ dài, BFAAP và phương pháp đề xuất thích nghi theo lưu lượng đến.

Một so sánh kết quả cũng được thể hiện ở hình 11 khi so sánh độ trễ của các gói tin phải chờ đợi trong thời gian tập hợp chùm tại các nút biên vào trên các hàng đợi cho thấy với 2 phương pháp tập hợp chùm thích nghi theo tốc độ đến BFAAP và phương pháp tập hợp chùm đề xuất thích nghi theo tải lưu lượng có độ trễ các gói tin chờ đợi trong hàng đợi tập hợp chùm thấp nhất. Bởi vì 2 phương pháp này đã dựa vào tốc độ cũng như tải lưu lượng để quyết định ngưỡng thời gian chờ tập hợp chùm phù hợp nhất, điều này đã góp phần làm giảm được độ trễ truyền thông, tăng hiệu suất mạng và phương pháp đề xuất có kết quả tốt nhất. Điều này khẳng định ý nghĩa của phương pháp đề xuất đến hiệu quả hoạt động của mạng chuyển mạch chùm quang.

5. KẾT LUẬN

Tập hợp chùm là một hoạt động quan trọng trên mạng chuyển mạch chùm quang và có ảnh hưởng đáng kể đối với việc truyền thông qua mạng. Trong nghiên cứu này chúng tôi đã đề xuất một phương pháp tập hợp chùm thích nghi trên mạng chuyển mạch chùm quang. Các phân tích và kết quả mô phỏng cho thấy phương pháp tập hợp chùm đề xuất có xác suất mất gói tin và độ trễ các gói tin thấp hơn so với các phương pháp đã được công bố. Hơn nữa phương pháp tập hợp chùm đề xuất theo hướng tiếp cận thích nghi theo tải lưu lượng là một chiến lược linh hoạt để đảm bảo hiệu suất mạng và sử dụng tài nguyên một cách hiệu quả trong môi trường biến động. Điều này giúp nâng cao khả năng đáp ứng của mạng trước các thách thức và yêu cầu ngày càng đa dạng.

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aparna, K., Venkatachalam, S., & Babu, G. (2010). WDM optical network. *Wireless Communication*, 2(5), 120–125.
- Azodolmolky, S., Tzanakaki, A., & Tomkos, I. (2007). A simulation study of adaptive burst assembly algorithms in optical burst switched networks with self-similar traffic sources. *Annals of Telecommunications*, 62(5–6), 584–603.
- Fu, M., & Le, Z. (2009). Design of assembly control algorithm based on burst-size feedback for optical burst switching network. *Chinese Optics Letters*, 7(5), 377–379.
- Janicki, K., Mrozicki, P., & Wiatr, P. (2009). Management platform for next generation optical networks.
- Kantarci, B., & Oktug, S. (2007). Adaptive threshold-based burst assembly in OBS networks. In *Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering* (pp. 1419–1422).
- Kantarci, B., Oktug, S. F., & Atmaca, T. (2007). Performance of OBS techniques under self-similar traffic based on various burst assembly techniques. *Computer Communications*, 30(2), 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2006.08.035>
- Network Simulator. (n.d.). Retrieved from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

- Venkatesh, T., Sujatha, T. L., & Murthy, C. S. R. (2007). A novel burst assembly algorithm for optical burst switched networks based on learning automata. In *Proceedings of Optical Network Design and Modeling* (Vol. 4534, pp. 368–377).
- Verma, S., Chaskar, H., & Ravikanth, R. (2000). Optical burst switching: A viable solution for terabit IP backbone. *IEEE Network*, 14(6), 48–53.
- Vo, V. M. N., Le, V. H., & Nguyen, H. S. (2017). A model of optimal burst assembly for delay reduction at ingress OBS nodes. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 25(5), 3970–3982.
- Xu, J. H., Qiao, C. M., Li, J. K., & Xu, G. (2003). Efficient channel scheduling algorithms in optical burst switched networks. In *Proceedings of IEEE INFOCOM 2003* (pp. 2268–2278).
- Zeghid, M., et al. (2021). Modified optical burst switching (OBS) based edge node architecture using real-time scheduling techniques. *IEEE Access*, 9, 167305–167321.

An adaptive burst assembly method on optical burst switching networks

Nguyen Van Hung, Nguyen Minh Quan, Nguyen Thi Thuy Trang, Ho Thi Kim Thoa,
Nguyen Hong Quoc

University of Education, Hue University

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 11 March 2024

Received in revised form: 28 March 2024

Accepted: 29 March 2024

Published: 20 February 2026

Keywords:

Burst assembly;

Flow rate;

Optical burst switching networks.

Corresponding author:

Nguyen Hong Quoc

E-mail address:

nguyenhongquoc@dhsphue.edu.vn

ABSTRACT

Burst assembly is a significant activity in optical burst switching networks. The key parameter in burst assembly is the criterion for deciding whether to create bursts and send bursts into the network. There are two basic burst assembly methods: timer-based and threshold-based. In the timer-based method, a burst is generated and sent into the network at regular time intervals, regardless of the length of the bursts. The burst length will change depending on the arrival speed of packets within equal time intervals. In the threshold-based method, a limit on the maximum number of packets contained in each burst or on the burst size in bytes, in the case of variable-sized incoming packets, is used as a condition for burst generation. Therefore, the sizes of bursts are dissimilar. The important issue is how to choose an optimal threshold for optimal burst assembly to reduce the number of lost bursts if contention occurs as well as increase the efficiency of OBS network bandwidth usage. In this study, we propose an adaptive burst assembly method based on the incoming packet flow rate at edge nodes to enhance the network's efficiency and reduce the probability of burst loss across the whole network.
