

MỘT MÔ HÌNH ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH CHÙM QUANG

NGUYỄN HỒNG QUỐC^{1,*}

DƯƠNG PHƯỚC ĐẠT², NGUYỄN CHÍ CÔNG³

¹Khoa Tin học, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

²Trường Du lịch, Đại học Huế

³Trường Cao đẳng nghề Du lịch Huế

*Email: nguyenhongquoc@dhsphue.edu.vn

Tóm tắt: Chuyển mạch chùm quang được xem như công nghệ hiện tại đáp ứng được nhu cầu băng thông và đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng khác nhau trong mạng Internet toàn quang của thế hệ tiếp theo. Tuy nhiên do hạn chế về mặt công nghệ hiện tại, ở các nút chuyển mạch lõi không có bộ đệm quang vì vậy việc đảm bảo truyền thông đa dạng dịch vụ trong mạng chuyển mạch chùm quang khó khăn hơn so với mạng điện tử truyền thống. Hiện nay đã có một số mô hình được công bố và có thể chia thành 2 hướng tiếp cận chính đó là đảm bảo chất lượng dịch vụ tại nút biên và nút lõi mạng chuyển mạch chùm quang. Tuy nhiên các mô hình này tồn tại một số nhược điểm đó là việc phân chia băng thông cho các ứng dụng khác nhau chưa linh hoạt và thích nghi với tình trạng mạng hiện tại cũng như đảm bảo chất lượng một cách tốt nhất cho các dịch vụ cho các ứng dụng ưu tiên. Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một mô hình với phương pháp dự đoán dựa trên tính toán tải lưu lượng đến cũng như đang chiếm giữ của các chùm để phân bổ kênh bước sóng linh hoạt cho các ứng dụng khác nhau truyền trong mạng chuyển mạch chùm quang. Bên cạnh đó mô hình kết hợp phương pháp phân đoạn và truyền lại chùm nhằm giảm xác suất mất chùm, giảm độ trễ truyền thông và đảm bảo được chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng này. Các phân tích và đánh giá hiệu quả của mô hình dựa trên mô phỏng sẽ khẳng định ưu điểm của mô hình được đề xuất.

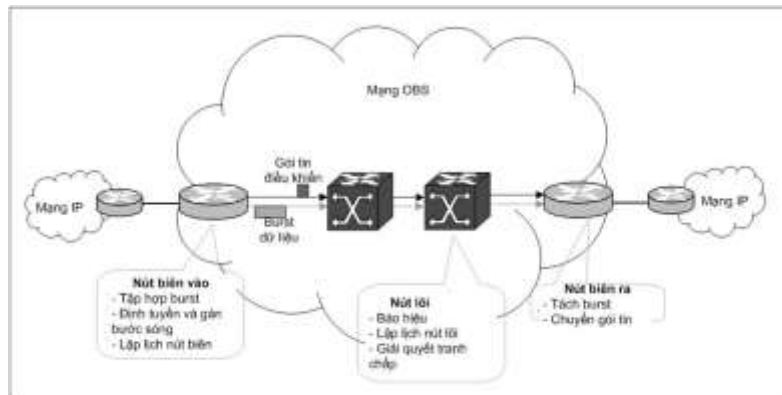
Từ khóa: Đảm bảo chất lượng dịch vụ, Mạng OBS, phân đoạn chùm, truyền lại chùm

1. GIỚI THIỆU

Sự phát triển nhanh chóng của Internet cộng 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 là 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 3 đề xuất về mạng chuyển mạch quang đó là mạng chuyển mạch kênh quang [12], mạng chuyển mạch gói quang [12] và mạng chuyển mạch chùm quang (OBS) [16].

Trong đó chuyển mạch chùm quang được xem như công nghệ hứa hẹn cho mạng Internet toàn quang của thế hệ tiếp theo.

Kiến trúc mạng OBS bao gồm các nút chuyển mạch chùm quang (nút OBS) kết nối với nhau bởi các sợi quang hỗ trợ đa bước sóng. Như được mô tả trong Hình 1.1 có hai kiểu nút OBS: nút biên và nút lõi.



Hình 1. Kiến trúc mạng OBS và chức năng của các nút mạng

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 (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 2 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.

Đặc trưng của mạng OBS là gói điều khiển BHP (*Burst Header Packet*) tách rời với phần dữ liệu của nó (*chùm*) về mặt không gian và thời gian, tức là gói điều khiển sẽ được gửi đi trước trên một kênh điều khiển, tách rời với kênh dữ liệu và thực hiện đặt trước kênh bước sóng cho chùm của nó tại các nút lõi mạng. Với cách truyền tải dữ liệu như vậy, rõ ràng mạng OBS không cần đến các bộ đệm quang để lưu tạm thời các chùm dữ liệu trong khi chờ đợi việc xử lý các gói điều khiển BHP của chúng tại các nút trung gian (nút lõi) và cũng không yêu cầu các chuyển mạch tốc độ nano giây. Tuy nhiên do thiếu bộ đệm quang tại các nút chuyển mạch lõi vì vậy việc đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng trong mạng chuyển mạch chùm quang khó khăn hơn so với mạng điện tử truyền thống. Do đó vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ trên mạng chuyển mạch chùm quang rất cần được quan tâm và nghiên cứu.

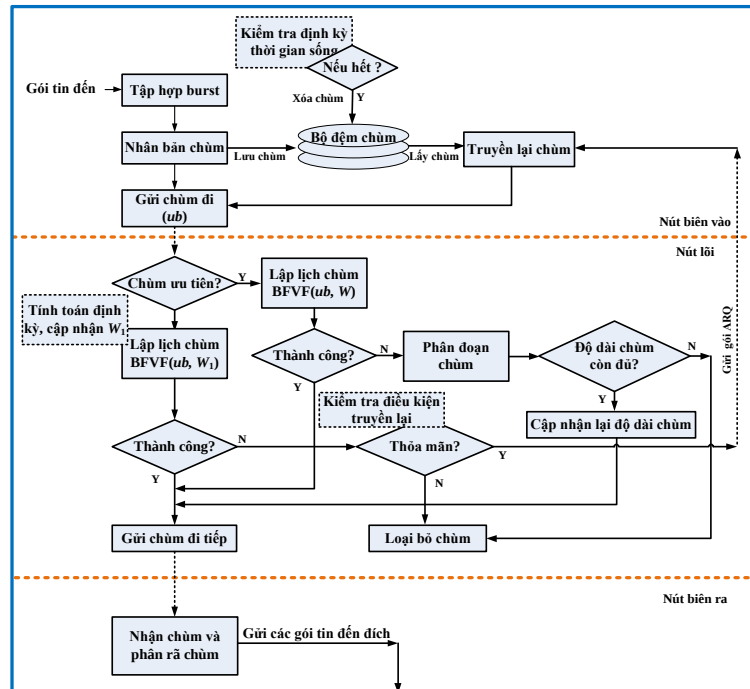
Hiện nay đã có một số mô hình, giải pháp đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng được công bố và có thể chia thành 2 nhóm tiếp cận chính đó là đảm bảo chất lượng dịch vụ bằng cách cải tiến các hoạt động tại các nút biên vào hoặc tại các nút lõi mạng. Với đảm bảo chất lượng dịch vụ tại nút biên có thể dựa trên thời gian *offset* OTD (*Offset time decision*) [1] và dựa trên kích thước chùm BLD (*Burst Length Differentiation*) [2] nhằm đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng ưu tiên truyền vào mạng. Với các giải pháp tại các nút lõi dựa trên việc lập lịch cho các chùm đến bằng việc phân phối kênh bước sóng tĩnh SWG (*Static Wavelength Grouping*) [10], phân phối kênh bước sóng động DWG (*Dynamic Wavelength Grouping*) [9] và phân phối kênh bước sóng dựa trên tải LLAC (*Load-Level Admission Control*) [16], hay giải thuật lập lịch ARP-SAC với ý tưởng chính đó là dành toàn bộ kênh bước sóng cho chùm ưu tiên đến lập lịch và dựa trên tính toán tốc độ chùm đến trung bình trong một cửa sổ thời gian quan sát để xác định số kênh bước sóng dành riêng cho chùm không ưu tiên. Ngoài ra một số giải pháp kết hợp thêm các phương pháp giải quyết sau tắc nghẽn như sử dụng đường trễ [13], phân đoạn chùm [23, 24] hay chuyển đổi bước sóng [6], truyền lại chùm [4, 8, 14, 16, 23, 26] hoặc kết hợp một trong những phương pháp trên. Tuy nhiên, các giải pháp này vẫn bộc lộ một số nhược điểm sau: đối với các giải pháp dựa trên thời gian *offset*, OTD sẽ làm tăng độ trễ các chùm ưu tiên, cũng như chưa có một chính sách rõ ràng để đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng này. Đối với các giải pháp tại các nút lõi dựa trên lập lịch SWG, DWG, LLAC đều không xét việc phân phối băng thông trong môi trường mạng mà ở đó lưu lượng chùm đến công ra thay đổi liên tục. Hơn nữa, việc cần lưu nhiều thông tin về trạng thái các kênh ra cũng đòi hỏi cần nhiều vùng nhớ được triển khai tại các nút để có thể áp dụng các giải thuật này. Bên cạnh đó các giải thuật lập lịch này đều đưa giải pháp ưu tiên tuyệt đối đối với các chùm ưu tiên, nên trong trường hợp lưu lượng chùm ưu tiên đến thấp, băng thông được phân bổ cho chúng không được sử dụng hết, gây lãng phí băng thông trong khi đó chùm không ưu tiên không được lập lịch. Ngoài ra, việc sử dụng phân đoạn bằng *tail dropping* cho các chùm đến trước trong khi gói điều khiển của chùm tương ứng đã gửi đi cũng sẽ gây nên việc chiếm dụng băng thông không đáng có của các chùm này ở những nút lõi tiếp theo trên đường đi từ nguồn đến đích của chùm đó. Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một giải pháp với việc phân bổ kênh bước sóng thích nghi theo tình trạng mạng hiện tại để lập lịch cho các chùm ưu tiên và không ưu tiên bên cạnh đó kết hợp phân đoạn và truyền lại chùm có kiểm soát nhằm khai thác tốt băng thông, giảm được xác suất mất chùm và đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng khác nhau truyền đồng thời trong mạng.

Cấu trúc tiếp theo của bài viết như sau: Phần II mô tả giải pháp đảm bảo chất lượng dịch vụ đề xuất; Phần III mô phỏng, phân tích đánh giá kết quả và Phần IV là phần kết luận.

2. GIẢI PHÁP ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ ĐỀ XUẤT

Xét mạng chuyển mạch chùm quang mà tại đó các chùm đến được giả thiết thuộc về một trong hai lớp ưu tiên/không ưu tiên thấp và có hỗ trợ truyền lại. Tại nút biên vào chịu trách nhiệm nhận bản chùm hoàn thành và lưu một bản sao của nó trong bộ đệm cho mục đích truyền lại trong trường hợp chùm bị rơi hoặc đoạn chùm trên hành trình từ nguồn tới đích.

Nút lõi đóng vai trò phân bổ kênh bước sóng cho các chùm ưu tiên/không ưu tiên đến lập lịch và kiểm soát việc phân đoạn và truyền lại trong trường hợp chùm đến không thể lập lịch được. Cụ thể được chỉ ra ở Hình 2, một chùm sau khi được tập hợp xong sẽ được nhân bản và lưu vào bộ đệm để phục vụ cho việc truyền lại tại nút biên vào, chùm chính sẽ được gửi vào mạng lõi. Giả sử nút biên vào được trang bị một bộ đệm đủ lớn để lưu các bản sao của các chùm được hoàn thành, một chùm nhân bản sẽ bị xóa nếu thời gian sống của nó hết hạn.



Hình 2. Mô tả mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ đề xuất

Tại nút lõi mạng OBS mà tại đó các chùm đến được giả thiết như ở trên thuộc về một trong hai lớp ưu tiên ($ub(s^0, e^0)$) và không ưu tiên ($ub(s^1, e^1)$) trong đó $s^0(s^1)$ là thời gian bắt đầu và $e^0(e^1)$ thời gian kết thúc của chùm ưu tiên (không ưu tiên) đến chưa lập lịch. Giả sử tại cổng ra có W kênh bước sóng, một chùm ưu tiên đến có thể được lập lịch lên bất kỳ một trong W kênh bước sóng; trong khi một chùm không ưu tiên đến chỉ được lập lịch trên một trong W_1 kênh, với $W_1 \leq W$. Cách làm này nhằm để dành kênh bước sóng nhiều nhất cho các chùm ưu tiên. Rõ ràng việc điều chỉnh phân bổ băng thông kênh bước sóng chỉ được thực hiện đối với luồng các chùm không ưu tiên đến, trong đó kênh bước sóng được cấp phát cho luồng chùm này W_1 và sẽ được xác định qua một hàm tính các giá trị lưu lượng đến cũng như băng thông chiếm dụng hiện tại ở cổng ra của lớp chùm ưu tiên và không ưu tiên trong mỗi khe thời gian (Δt) xem xét.

Gọi $BW_0(BW_1)$ là băng thông chiếm dụng trên các kênh bước sóng ra của chùm ưu tiên (không ưu tiên) trong mỗi khe thời gian Δt :

$$BW_0 = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{j=1}^{|SB_k|} (e_{k,j}^0 - s_{k,j}^0)}{BW} \quad (1)$$

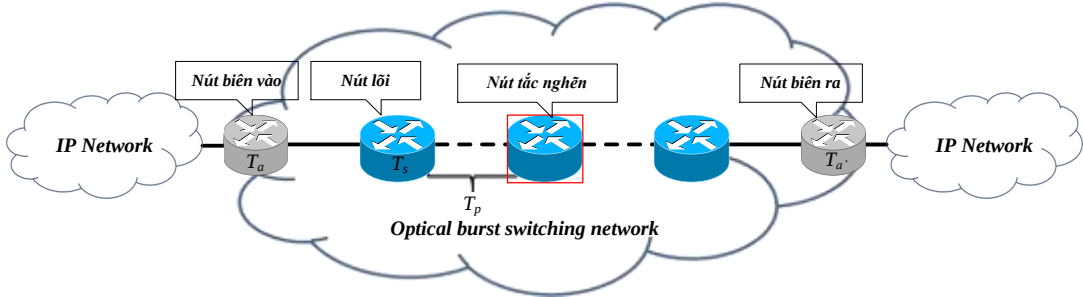
$$BW_1 = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{j=1}^{|SB_k|} (e_{k,j}^1 - s_{k,j}^1)}{BW} \quad (2)$$

Trong đó SB_k là số lượng chùm đã được lập lịch trên kênh k , $s_{k,j}^0(s_{k,j}^1)$ là thời gian bắt đầu của chùm ưu tiên (chùm không ưu tiên) và $e_{k,j}^0(e_{k,j}^1)$ là thời gian kết thúc của chùm ưu tiên (chùm không ưu tiên) j đã lập lịch trên kênh thứ k . BW là băng thông hiện tại tại cổng ra.

Lúc này số bước sóng dành cho chùm không ưu tiên W_1 được xác định như sau:

$$W_1 = \left\lceil W \times \frac{BW_1}{BW_0 + BW_1} \right\rceil \quad (3)$$

Trong trường hợp không có kênh bước sóng khả dụng để lập lịch cho chùm đến, giải pháp đề xuất sẽ sử dụng kỹ thuật phân đoạn đối với chùm ưu tiên, bằng cách tính toán độ chồng lấp của chùm đến với các chùm đã được lập lịch trên các kênh, kênh có khoảng chồng lấp nhỏ nhất sẽ được chọn để lập lịch cho chùm đến sau khi đã cắt phần chồng lấp nhằm giảm số gói tin trong chùm bị loại bỏ. Trong trường hợp còn lại nếu chùm không ưu tiên không lập lịch được sẽ thực hiện tính toán thời gian sống còn lại của chùm cũng như tải mạng trên liên kết ra hiện tại để quyết định thực hiện truyền lại chùm hay không. Một chùm không ưu tiên sẽ được xem xét truyền lại nếu thời gian sống của nó là đủ cho việc truyền lại và tải mạng hiện tại ở cổng ra chưa đạt đến mức tắc nghẽn (Tải chuẩn hóa ≤ 0.7) [23].



Hình 3. Mô hình mạng xem xét với các độ trễ truyền thông

Xét một kết nối đầu cuối đi qua n chặng, giả sử thời gian xử lý tại nút biên lần lượt là T_a (thời gian cho tập hợp chùm) và $T_{a'}$ (thời gian phân rã chùm), thời gian chuyển mạch tại mỗi nút lõi là T_s và thời gian truyền chùm từ nguồn đến đích trong mạng OBS là T_p , độ trễ truyền thông đầu cuối tối đa của một chùm là: $T_{maxdelay} = 2 \times (T_a + (n - 1) \times T_s + T_p + T_{a'})$

Giả sử một chùm không lập lịch được (bị tắc nghẽn) tại nút m , $m < n$, điều kiện để truyền lại của chùm này là thời gian sống của nó, T_i phải nhỏ hơn tổng thời gian sống tối đa, $T_{maxdelay}$, với thời gian để truyền lại gói điều khiển ARQ từ nút tắc nghẽn m về nút nguồn, $T_{ARQ}: T_{ub} + T_{ARQ} < T_{maxdelay}$

$T_{ARQ} = m \times T_s + m \times T_p + T_r$, trong đó T_r là thời gian xử lý truyền lại tại nút biên.

Mô hình đề xuất được mô tả chi tiết dưới dạng thuật toán như sau, trong đó:

- $b_{ub}^{prio}(s_{ub}^{prio}, e_{ub}^{prio})$, chùm đến chưa lập lịch, trong đó s_{ub}^{prio} là thời điểm đến, e_{ub}^{prio} là thời điểm kết thúc và $prio \in \{0,1\}$, tương ứng nếu $prio = 0$ là ưu tiên, 1 không ưu tiên;
- W : Số kênh ra trên mỗi liên kết $W = \{1,2,\dots,w\}$;
- $T_a, T_s, T_p, T_i, T_r, T_{max\ delay}$;
- m : số nút mà chùm đã đi qua;

Thuật toán tại nút lõi:

INPUT

- $I = \{b_1^{prio}, b_2^{prio}, \dots, b_n^{prio}\}$ là tập n chùm đến trong khoảng thời gian xem xét, $prio \in \{0,1\}$;
- W : Số kênh ra trên mỗi liên kết $W=\{1,2,\dots,w\}$;
- SB_k tập các chùm đã được lập lịch trên kênh thứ k ($k \in W$);

OUTPUT

- Tập các chùm ưu tiên được lập lịch (I_0);
- Tập các chùm không ưu tiên được lập lịch (I_1);

PHƯƠNG PHÁP:

```

1   (Khởi tạo)  $\Delta t = 0.0001ms$ ;  $W_1 = \frac{W}{2}$ ;  $timedelay = 0$ ;
2   FOR EACH  $b_i^{prio} \in I$  DO
3       (Khởi tạo)  $sc = -1$ ;  $gap_{min} = \infty$ ;
4       IF ( $prio = 0$ ) THEN
5            $sc = BFVF(b_i^{prio}, W)$ ;
6       ELSE  $sc = BFVF(b_i^{prio}, W_1)$ ;
7       IF ( $sc \neq -1$ ) THEN
8            $SCHEDULE(b_i^{prio}, sc)$ ;
9       IF ( $prio = 0$ ) THEN
10           $I_L = I_L \cup \{b_i^{prio}\}$ ;
11        ELSE  $I_H = I_H \cup \{b_i^{prio}\}$ ;
12      ELSE
13           $drop_{min} = \infty$ ;

```

```

16      IF ( $prio = 0$ ) THEN // thực hiện phân đoạn với chùm ưu tiên
17      FOR EACH  $k \in W$  DO
18          (Khởi tạo)  $e_{0,k} = 0$ ;  $s_{|SB_k|+1,k} = +\infty$ ;
19      FOR EACH  $j \in |SB_k|$  DO
20          IF ( $(s_i^{prio} > e_{j,k}) \wedge (s_i^{prio} < s_{j+1,k}) \wedge (e_i^{prio} < e_{j+1,k}) \wedge (e_i^{prio} - s_{j+1,k}) <$ 
21               $drop_{min}$ ) THEN
22               $Drop_{min} = e_i^{prio} - s_{j+1,k}$ ;  $sc = k$ ;  $DropType = 0$ ;
23              IF ( $(s_i^{prio} < e_{j,k}) \wedge (e_i^{prio} < e_{j,k}) \wedge (e_i^{prio} < s_{j+1,k}) \wedge (e_{j,k} - s_i^{prio}) <$ 
24                   $drop_{min}$ ) THEN
25                   $drop_{min} = e_{j,k} - s_i^{prio}$ ;  $sc = k$ ;  $DropType = 1$ ;
26      IF  $sc \neq -1$  THEN
27      IF  $DropType = 0$  THEN
28           $e_i^{prio} = e_i^{prio} - drop_{min}$ ;  $SCHEDULE(b_i^{prio}, sc)$ ;
29      ELSE
30           $s_i^{prio} = s_i^{prio} + drop_{min}$ ;  $SCHEDULE(b_i^{prio}, sc)$ ;
31      ELSE
32           $DROP(b_i^{prio})$ ;
33      ELSE // truyền lại với chùm không ưu tiên
34           $T_{ARQ} = m \times T_s + m \times T_p + T_r$ ;
35           $BW_{now} = \frac{\sum_{k=1}^W \sum_{j=1}^{|SB_k|} (e_{j,k} - s_j)}{BW}$ ;
36          IF ( $(T_i + T_{ARQ} < T_{maxdelay}) \wedge (BW_{now} < 0.7)$ ) THEN
37               $SendARQ(IDBurst, b_i^{prio}, T_{ARQ})$ ;
38          ELSE  $DROP(b_i^{prio})$ ;
39      IF ( $s_i^{prio} > \Delta t$ ) THEN // cập nhật lại số kênh dành riêng cho lớp chùm không ưu tiên
40           $BW_0 = \frac{\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^{|SB_k|} (e_{i,j}^0 - s_{i,j}^0)}{BW}$ ;
41           $BW_1 = \frac{\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^{|SB_k|} (e_{i,j}^1 - s_{i,j}^1)}{BW}$ ;
42           $W_1 = \left\lceil W \times \frac{BW_1}{BW_0 + BW_1} \right\rceil$ ;
43           $\Delta t = \Delta t + 0.0001ms$ ;
44      RETURN;

```

Đánh giá độ phức tạp giải thuật:

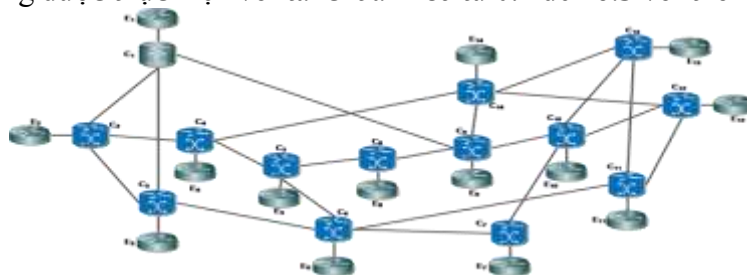
Tại nút lõi: Mô hình thực hiện 4 giai đoạn:

- **Giai đoạn 1** (Thực hiện từ dòng 1 đến dòng 15): Gọi giải thuật lập lịch BFVF [13] để lập lịch cho chùm đến trên các kênh ra tương ứng với từng lớp ưu tiên có độ phức tạp $O(W * \log(|SB_w|))$.
- **Giai đoạn 2** (Thực hiện từ dòng 16 đến dòng 36): Thực hiện tính toán độ chồng lắp giữa chùm đến và các chùm đã được lập lịch trên các kênh để thực hiện phân đoạn có độ phức tạp $O(W * \log(|SB_w|))$.
- **Giai đoạn 3** (Thực hiện từ dòng 37 đến dòng 43): Tính độ trễ và băng thông chiếm dụng cho việc truyền lại chùm không ưu tiên độ phức tạp $O(7)$.
- **Giai đoạn 4** (Thực hiện từ dòng 44 đến dòng 48): Tính băng thông chiếm dụng trên 2 lớp chùm ưu tiên và không ưu tiên và cập nhật lại số bước sóng dành riêng cho chùm không ưu tiên độ phức tạp $O(5)$.

Ở đây 4 giai đoạn thực hiện tuần tự vì vậy độ phức tạp của mô hình tại nút lõi là: $O(W * \log(|SB_w|) + O(W * \log(|SB_w|)) + O(7) + O(5))$. 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.

3. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ

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 các mô hình lập lịch, mô hình truyền lại kết phân đoạn chùm đảm bảo chất lượng dịch vụ đã công bố trước đây dựa trên xác suất mất gói tin trên các lớp ưu tiên và không ưu tiên (các gói tin được chứa trong các chùm bị mất), độ trễ truyền thông. Môi trường mô phỏng là NS2 với gói mở rộng obs0.9a [24] 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 5s.



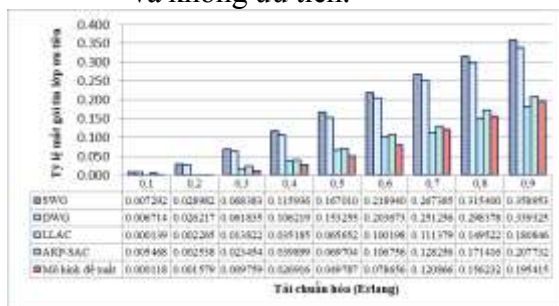
Hình 4. Mô hình mạng mô phỏng NSFNET

Các mục tiêu mô phỏng bao gồm:

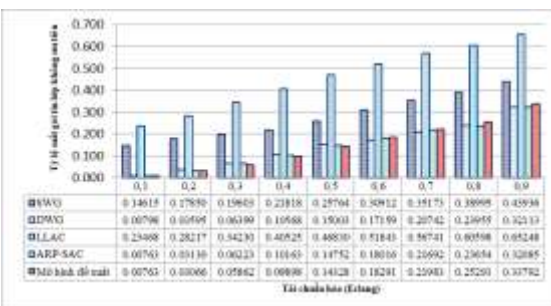
1. So sánh hiệu quả của mô hình đề xuất với các mô hình đã công bố trước đây dựa trên tỉ lệ mất gói ưu tiên, và không ưu tiên và của cả ưu tiên cao và không ưu tiên, trong đó tỉ lệ mất gói được tính như sau:

Tỉ lệ mất gói tin = số gói tin bị loại bỏ / tổng số gói tin đến.

- So sánh sự biến thiên số bước sóng dành riêng được phân bổ cho lớp chùm không ưu tiên dựa trên sự thay đổi theo lưu lượng đến của 2 lớp chùm ưu tiên và không ưu tiên.



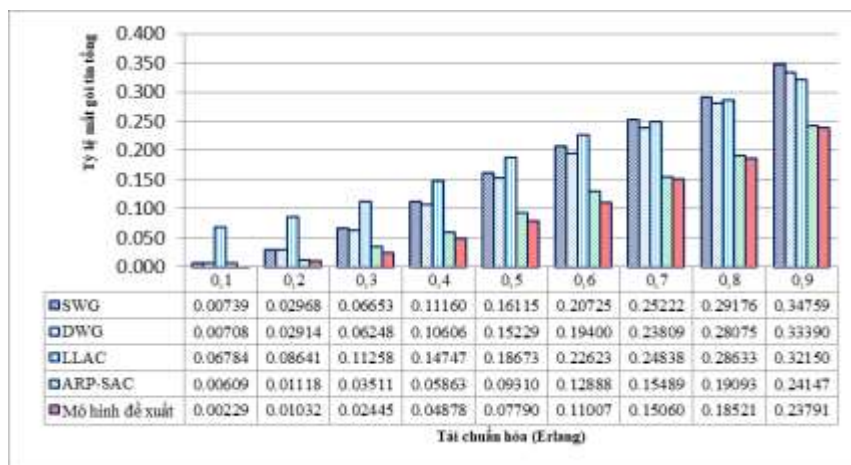
Hình 5. So sánh tỷ lệ mất gói tin trên lớp chùm ưu tiên giữa các mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ SWG, DWG, LLAC, ARP-SAC và mô hình đề xuất



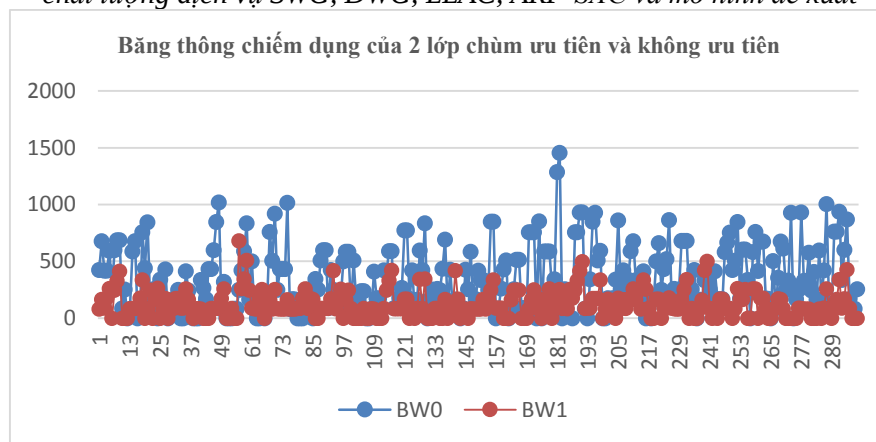
Hình 6. So sánh tỷ lệ mất gói tin trên lớp chùm không ưu tiên giữa các mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ SWG, DWG, LLAC, ARP-SAC và mô hình đề xuất

Qua kết quả mô phỏng được thể hiện ở Hình 5 khi so sánh tỉ lệ mất gói tin đối với lưu lượng các chùm ưu tiên của các mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ SWG, DWG, LLAC, ARP-SAC cho thấy, giải thuật chấp nhận lập lịch SWG, DWG có xác suất mất gói cao nhất, bởi vì 2 giải thuật này thiết lập kênh bước sóng dành riêng cho chùm ưu tiên và không ưu tiên với giá trị cố định nên không phân phối được tài nguyên bước sóng hợp lý trong môi trường mạng mà ở đó lưu lượng chùm đến cổng ra thay đổi liên tục. Bên cạnh đó giải thuật LLAC có xác suất mất gói ưu thấp hơn so với SWG, DWG, ARP-SAC, điều này có thể giải thích, do giải thuật LLAC dành toàn bộ kênh bước sóng ở cổng ra cho lưu lượng chùm ưu tiên, tuy nhiên điều này lại không công bằng cho lưu lượng chùm không ưu tiên, như kết quả chỉ ra ở Hình 6 khi so sánh xác suất mất gói tin đối với lưu lượng chùm không ưu tiên thì giải thuật LLAC có xác suất là cao nhất. Ngoài ra với mô hình đề xuất có xác suất mất gói ưu tiên thấp nhất điều này cho thấy với cách dành toàn bộ kênh bước sóng cho lưu lượng chùm ưu tiên đến. Bên cạnh đó trong một số trường hợp không còn kênh bước sóng khả dụng để lập lịch cho chùm ưu tiên, mô hình đề xuất sẽ thực hiện phân đoạn chùm nhằm giảm số lượng dữ liệu bị mất và qua kết quả được chỉ ra ở Hình 5 này cũng khẳng định mô hình đề xuất đã giải quyết được vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ tốt hơn cho lớp ưu tiên cao.

Một kết quả được thể hiện ở Hình 7 khi so sánh xác suất mất gói tin tổng trên 2 lớp lưu lượng đến ưu tiên và không ưu tiên cho thấy mô hình đề xuất có xác suất trên 2 lớp thấp nhất. Điều này có được do mô hình đề xuất cung cấp kênh bước sóng dành riêng W_1 một cách linh động cho lưu lượng chùm không ưu tiên bằng cách dự đoán dựa trên băng thông chiếm dụng của các chùm trên mỗi lớp sau đó quyết định phân phối tài nguyên kênh bước sóng hợp lý đã tận dụng được tài nguyên tốt hơn và thích nghi với tình trạng mạng ở mỗi thời điểm. Bên cạnh đó trong một số trường hợp không còn kênh bước sóng khả dụng mô hình sẽ thực hiện truyền lại chùm không ưu nhằm giảm độ trễ truyền thông và tăng lưu lượng gửi vào.



Hình 7. So sánh tỷ lệ mất gói tin trên lớp chòm ưu tiên/không ưu tiên giữa các mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ SWG, DWG, LLAC, ARP-SAC và mô hình đề xuất



Hình 8. Bảng thông chiếm dụng của lưu lượng chòm ưu tiên và không ưu tiên đến trong 300 khe thời gian quan sát



Hình 9. Số kênh bước sóng dành riêng cho lưu lượng chòm không ưu tiên thay đổi trong 300 khe thời gian quan sát

Một kết quả thống kê trong 300 khe thời gian dự đoán được thể hiện ở Hình 8, Hình 9 cho thấy khi băng thông chiếm dụng giữa 2 lớp ưu tiên và không ưu tiên thay đổi mô hình đề xuất sẽ điều chỉnh giá trị W_1 phù hợp để đáp ứng được tình trạng các chùm đến cho thời điểm tiếp theo và điều này một lần nữa khẳng định mô hình đề xuất đã linh hoạt trong việc phân phối kênh bước sóng cho chùm ưu tiên nhằm tạo sự công bằng giữa các lớp dịch vụ truyền trong mạng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này chúng tôi đề xuất một mô hình đảm bảo chất lượng dịch vụ với phương pháp dự đoán dựa trên tính toán băng thông chiếm dụng của các lưu lượng chùm ưu tiên và không ưu tiên đến trong mỗi khe thời gian định trước để phân bổ kênh bước sóng linh hoạt cho các ứng dụng khác nhau truyền trong mạng chuyển mạch chùm quang. Bên cạnh đó mô hình kết hợp phương pháp phân đoạn và truyền lại chùm nhằm giảm xác suất mất chùm, giảm độ trễ truyền thông và đảm bảo được chất lượng dịch vụ cho các ứng dụng này. Dựa trên các phân tích và kết quả mô phỏng, mô hình đề xuất đã thể hiện được các ưu điểm thông qua tỉ lệ mất gói tin và linh động trong việc cấp phát kênh bước sóng cho lưu lượng chùm không ưu tiên đã khẳng định mô hình đề xuất đã giải quyết được vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ tốt hơn cho lớp ưu tiên cao và đảm bảo được công bằng cho các ứng dụng khác truyền trong mạng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Abdulsalam A. Yayah, Yahaya Coulibaly, Abdul Samad Ismail, George Rouskas (2014). Hybrid offset-time and burst assembly algorithm (H-OTBA) for delay sensitive applications over optical burst switching networks. *International Journal of Communication Networks*, Int. J. Commun. Syst.
- [2] Ahmed Nabih Zaki Rashed (2013). Offset Time Management For Fairness Improvement And Blocking Probability Reduction In Optical Burst Switched Networks. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, Volume 2, Issue 11, November 2013.
- [3] A. Mandloi, V. Mishra (2014). A segmentation based channel scheduling scheme for improving channel utilization in OBS networks. *Optik*, 125(10):2437–2441.
- [4] Agustí-Torra, Anna, Gregor V. Bochmann, 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, 2005.
- [5] B. Kantarci, S. Oktug (2007). *Adaptive threshold based burst assembly in OBS networks*. In Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, pages 1419–1422.
- [6] Harb, Hani AM, et al. (2017). *A study of the number of wavelengths impact in the optical burst switching core node*. 2017 4th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI). IEEE, 2017.
- [7] Hsu, Ching-Fang, Te-Lung Liu, 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, 2002.
- [8] 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.
 - [9] I. M. Moraes, R. P. Laufer, D. D. O. Cunha, O. C. M. B. Duarte (2009). *An efficient admission control mechanism for optical burst-switched networks*, Photonic Netw. Commun., vol. 18, no. 1, pp. 65–76, 2009, doi: 10.1007/s11107-008-0171-9.
 - [10] I. M. Moraes, O. C. M. B. Duarte (2010). Using the Network Load for Admission Control in OBS Networks: A Multilink Approach, *J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 2, no. 3, p. 137, Mar. 2010, doi: 10.1364/JOCN.2.000137.
 - [11] Jankuniene, R., P. Tervydis (2014). *The contention resolution in OBS network*. Elektronika ir Elektrotechnika 20.6: 144-149.
 - [12] K. Janicki, P. Mrozicki, P. Wiatr (2009). *Management platform for next generation optical networks*. 2009.07.
 - [13] M. F. Hayat, F. Z. Khan, 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.
 - [14] M. Nandi, A. K. Turuk, D. K. Puthal, 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.
 - [15] Q. Zhang, V. M. Vokkarane, Y. Wang, 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.
 - [16] Q. Zhang, V. M. Vokkarane, J. P. Jue, B. Chen (2004). Absolute QoS Differentiation in Optical Burst-Switched Networks, *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 22, no. 9, pp. 1781–1795, Nov. 2004, doi: 10.1109/JSAC.2004.836289.
 - [17] Rosberg, Zvi, et al. (2003). Performance analyses of optical burst-switching networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 21.7 (2003): 1187-1197.
 - [18] S. Riadi, A. Maach (2012). *A Controlled Retransmission Scheme for Optical Burst Switching over Star Networks*, no. May 2012.
 - [19] S. Verma, H. Chaskar, R. Ravikanth (2000). *Optical Burst Switching: A Viable Solution for Terabit IP Backbone*. IEEE Network, 14(6):48–53.
 - [20] T. Venkatesh, T. L. Sujatha, 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.
 - [21] Tai-Won Um, Hai L. Vu, Jun Kyun Choi, Won Ryu (2008). Priority-Based Duplicate Burst Transmission Mechanism in OBS Networks, *ETRI Journal*, Volume 30, Number 1, February 2008.
 - [22] V. M. Vokkarane, J. P. Jue (2005), *Segmentation-Based Non-Preemptive Scheduling Algorithms*, Department of Computer Science, The University of Texas at Dallas, Richardson.
 - [23] Vanitha, D. Veera, M. Sabrigiriraj (2015). *Mathematical modelling for retransmission based contention resolution in OBS networks*. 2015 IEEE

- International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC).
- [24] 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.
 - [25] X. Huang, V.M. Vokkarane, 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.
 - [26] X. Y. Zhang, K. Zhang (2014). *Study on pre-deflection routing in OBS network based on congestion avoidance*, Appl. Mech. Mater., vol. 556–562, pp. 5863–5868, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.556-562.5863.
 - [27] Zhang, Qiong, et al. (2011). *TCP over optical burst-switched networks with controlled burst retransmission*. Photonic Network Communications 22.3 (2011): 299-312.
 - [28] Network Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

Title: QUALITY OF SERVICE ASSURANCE MODEL IN OPTICAL BURST SWITCHED NETWORKS

Abstract: Optical burst switching is an existing technology that meets the bandwidth needs and ensures quality of service for various applications in the next generation all-optical Internet. due to current technological limitations, the core nodes do not have optical buffers, so ensuring diversified service communication in fiber-switched networks is more difficult than in traditional electronic networks. There are several models published and can be divided into 2 main approaches: quality assurance at the edge node and the core node of the OBS network. However, these models have some disadvantages: the division of bandwidth for different applications is not flexible and adaptable to the current network conditions as well as ensuring the best quality for services. service for priority applications. In this study we propose a model with prediction method based on calculating the incoming and occupied traffic load of the bursts to distribute wavelength channels flexibly for different applications transmitted in the OBS network. In addition, the model combines the burst segmentation and retransmission methods to reduce the probability of burst loss, reduce communication delay and ensure quality of service for these applications. The analysis and evaluation of the effectiveness of the model based on simulation will confirm the advantages of the proposed model.

Keywords: Quality of Service, Optical Burst Switched, Burst Segmentation, Retransmission Burst.