

PHÂN TÍCH MÔ HÌNH KẾT HỢP GIỮA ĐỊNH TUYẾN LỆCH HƯỚNG VÀ ĐƯỜNG TRỄ QUANG FDL NHẪM GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ TẮC NGHẼN TRÊN MẠNG CHUYỂN MẠCH CHÙM QUANG OBS

ĐẶNG THANH CHUÔNG¹, VŨ DUY LỢI², VÕ VIỆT NHẬT QUANG³

¹*Khoa công nghệ thông tin, Trường Đại học Khoa học Huế*

²*Trung tâm CNTT, Văn phòng TW Đảng*

³*Khoa Du lịch, Đại học Huế*

Tóm tắt. Vấn đề tắc nghẽn trong mạng chuyển mạch chùm quang (OBS) đang thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà phát triển mạng thế hệ mới. Tắc nghẽn xuất hiện khi hai chùm quang đến từ hai cổng vào khác nhau cố gắng ra trên cùng một cổng ra, tại cùng một thời điểm. Các giải pháp được đề xuất cho đến nay là hoặc sử dụng đường trễ quang (FDL) để làm trễ chùm quang có độ ưu tiên thấp hơn, hoặc chuyển đổi bước sóng đối với một trong hai chùm quang dữ liệu tranh chấp, hoặc định tuyến chùm quang có độ ưu tiên thấp hơn đến một cổng ra khác để truyền đi trên một đường đi khác để đến đích. Kỹ thuật xử lý tranh chấp thứ ba này có tên gọi là kỹ thuật định tuyến lệch hướng. Việc kết hợp các phương pháp trên cũng có thể được thực hiện thông qua một mô hình hàng đợi, như mô hình Markov. Bài viết này sẽ phân tích một mô hình hàng đợi kết hợp giữa định tuyến lệch hướng với sử dụng đường trễ FDL khi giải quyết bài toán tắc nghẽn trên mạng OBS. Kết quả phân tích chỉ ra rằng xác suất tắc nghẽn được cải thiện đáng kể so với các mô hình đã được đề xuất trước đó.

Abstract. In Optical Burst Switching Network contention is one of the big problem. Contention occurs when more than one burst demand for same output wavelength channel in same time. The deflection routing, fiber delay line (FDL) and wavelength conversion are the methods used to resolve contention in OBS Networks. With deflection routing, contending bursts in send in another route rather than primary route towards it's destination. In this case of wavelength conversion if any contentions occur then one of the burst's wavelength have to be change from its current wavelength to another free wavelength channel. And, FDLs is usual used to provide an extra offset time for deflected burst since deflection route is commonly longer than primary one. This paper is propose a modeling analysis of deflection routing with FDLs using Queueing theory to resolving contention problem in OBS Network. Analysis results show that proposed model reduce blocking probability in comparison with models before.

Keywords: Blocking probability, OBS, Deflection routing, FDL.

1. GIỚI THIỆU

Kỹ thuật chuyển mạch chùm quang (*Optical Burst Switching - OBS*) trong mạng quang WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) được xem là công nghệ đầy triển vọng đối với mạng Internet thế hệ sau, bởi vì nó hứa hẹn nhiều lợi thế hấp dẫn như tốc độ nhanh và hiệu suất sử dụng băng thông cao hơn nhiều so với kỹ thuật chuyển mạch kênh quang [1]. Tại một nút biên vào trên mạng OBS, các dữ liệu vào (chẳng hạn các luồng dữ liệu IP) có cùng đích đến (và cùng lớp dịch vụ QoS) được tập hợp trong một chùm quang dữ liệu (*data burst*), được lập lịch (*scheduling*) và được gửi vào bên trong mạng OBS theo sau gói điều khiển BCP (*Burst Control Packet*) một khoảng thời gian *offset*. Khoảng thời gian *offset* này được tính toán sao cho gói điều khiển BCP có thể kịp đặt trước và cấu hình các tài nguyên tại các nút mà chùm quang dữ liệu sẽ đi qua. Bằng cách đó, mạng OBS loại bỏ được yêu cầu cần sử dụng các vùng đệm quang, một trong những hạn chế mà công nghệ quang hiện nay chưa thể vượt qua được. Tại các nút lõi bên trong mạng OBS, chùm quang đơn giản được chuyển mạch (*forward*) theo hướng đến nút đích như đã cấu hình. Khi đến nút biên ra, các luồng IP sẽ được khôi phục lại từ chùm quang dữ liệu này.

Như các mạng chuyển mạch gói khác, tắc nghẽn chùm có thể xuất hiện khi hai hoặc nhiều gói điều khiển cố gắng dành trước một kênh bước sóng tại cùng một thời điểm. Khi đó chỉ có một chùm được phục vụ và các chùm khác sẽ bị loại bỏ, gây ra mất chùm. Vì vậy vấn đề giải quyết tắc nghẽn chùm là rất quan trọng trong việc giảm bớt mất chùm trên toàn mạng OBS [2]. Tắc nghẽn chùm có thể được giải quyết bằng các phương pháp như: chuyển đổi bước sóng của chùm tranh chấp, sử dụng đường trễ quang FDL (*Fiber Delay Line*) để làm trễ chùm tranh chấp ở lõi ra hoặc định tuyến lệch hướng chùm tranh chấp đi theo một đường khác để đến đích [4]. Trong trường hợp không thể tránh khỏi tranh chấp, một hướng tiếp cận khác nhằm giảm thiểu dữ liệu mất mát là chia chùm thành các phân đoạn nhỏ (*segment*), và khi đó chỉ phân đoạn tranh chấp mới bị loại bỏ, thay vì loại bỏ toàn chùm.

Phương pháp định tuyến lệch hướng đang thu hút nhiều quan tâm của các nhà nghiên cứu và phát triển mạng OBS, bởi những ưu điểm như không cần thêm chi phí trang bị các thiết bị phần cứng và tận dụng miền quang phổ nhân sẵn có. Tuy nhiên, khi lưu lượng mạng tăng, định tuyến lệch hướng có thể làm giảm hiệu suất và tính ổn định của mạng. Đã có nhiều phương pháp định tuyến lệch hướng được đề nghị, như định tuyến lệch hướng sử dụng *offset* bổ sung [3], định tuyến đường đi ngắn nhất [4], hay định tuyến tại nút liền kề trước nút tranh chấp [3]. Trong tất cả các phương pháp định tuyến lệch hướng, chỉ có một chùm tiếp tục đi theo tuyến ngắn nhất (tuyến chính) đã xác định trước đó, các chùm tắc nghẽn sẽ được định tuyến lệch hướng sang tuyến mới (tuyến lệch hướng). Tuy nhiên khi cả tuyến lệch hướng mới cũng không sẵn có thì chùm đó sẽ bị hủy.

Mặc dù các kết quả nghiên cứu đã chứng tỏ rằng định tuyến lệch hướng có thể làm giảm đáng kể việc mất chùm, tuy nhiên nó cũng làm tăng độ trễ đầu-cuối (*end-to-end*) bởi vì lộ trình lệch hướng thường dài hơn lộ trình ban đầu. Vì vậy, người ta thường kết hợp định tuyến lệch hướng với các phương pháp khác, như truyền lại, sử dụng đường trễ FDL, chuyển đổi bước sóng, hay kết hợp các phương pháp này. Để phân tích và đánh giá việc kết hợp định tuyến lệch hướng với các phương pháp khác, mô hình lý thuyết hàng đợi đã được sử dụng để lựa chọn phương án tối ưu [3]. Mục tiêu của bài báo là nghiên cứu vấn đề ứng dụng mô hình hàng đợi Markov để phân tích và đánh giá các hướng giải quyết tắc nghẽn trong mạng OBS dựa trên phương pháp chính là định tuyến lệch hướng, kết hợp với việc sử dụng đường trễ

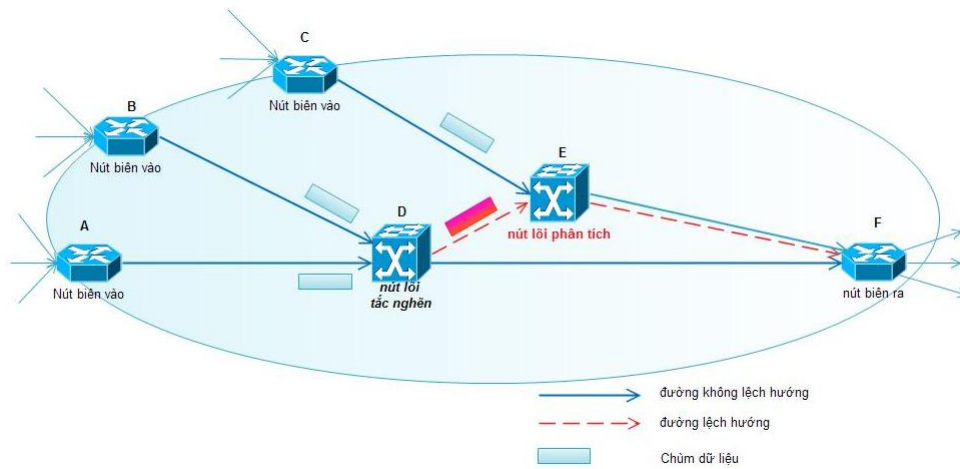
quang FDL.

Nội dung tiếp theo của bài viết bao gồm: phần 2 giới thiệu mô hình hàng đợi để phân tích định tuyến lệch hướng kết hợp với sử dụng đường trễ FDL, phần 3 phân tích kết quả của mô hình đề xuất và so sánh với một số mô hình khác, và cuối cùng là phần kết luận .

2. MÔ HÌNH HÀNG ĐỢI PHÂN TÍCH SỰ KẾT HỢP ĐỊNH TUYẾN LỆCH HƯỚNG VỚI SỬ DỤNG ĐƯỜNG TRỄ QUANG FDL

2.1. Một số nghiên cứu liên quan

Xét mô hình mạng OBS như mô tả ở Hình 1, với việc phân tích mô hình mạng hàng đợi áp dụng cho định tuyến lệch hướng ở nút lõi E.



Hình 1. Mô hình mạng OBS được xem xét

Xét luồng dữ liệu truyền giữa cặp nút A-F. Đặt H là số hop từ nút A đến nút F, δ là thời gian xử lý tối đa của gói điều khiển tại mỗi hop. Tổng thời gian trễ của gói điều khiển dọc theo đường đi không lớn hơn giá trị $\Delta = H * \delta$, vì vậy thời gian offset có giá trị tối thiểu là $T = \Delta$. Trong hình 1, đường đi ban đầu giữa A và F là A-D-F và $T = 2 * \delta$. Nếu gói điều khiển không thành công việc đặt trước băng thông tại một hop nào đó (ví dụ, tại hop D-F), gói điều khiển sẽ không thể đến nút F. Kết quả là chùm đến nút D sẽ bị loại bỏ (rơi). Trong trường hợp này, định tuyến lệch hướng có thể được sử dụng tại nút bị tắc nghẽn (nút D).

Lộ trình lệch hướng tại D để đi đến nút đích F có thể là D-E-F (chùm được định tuyến lại từ D qua E đến F). Rõ ràng lộ trình lệch hướng dài hơn lộ trình ban đầu, vì vậy thời gian offset ban đầu sẽ không đủ để có thể xử lý việc dữ trữ tài nguyên. Đặt h là số hop được thêm vào so với lộ trình ban đầu để lệch hướng. Như vậy chúng ta cần bổ sung thêm $offset_{ex} = h * \delta$ (offset mở rộng) cho thời gian offset để đủ khi lệch hướng. Với thời gian $offset_{ex}$, gói điều khiển có đủ thời gian để đặt trước băng thông trên đường đi từ E đến F.

Việc bù thêm thời gian $offset_{ex}$ có thể được thực hiện bằng cách tính toán lại thời gian $offset$ dựa trên độ dài dự kiến của đường lệch hướng (thường là theo đường đi dài nhất) [4] hoặc là sử dụng các đường trễ FDL trên các nút dọc theo đường lệch hướng [5] (chẳng hạn nút E trong ví dụ trên). Trong trường hợp đầu tiên có thể làm lãng phí băng thông và sinh

ra độ trễ không cần thiết đối với các chùm. Vì vậy việc cung cấp các FDL dọc theo đường đi và làm đệm cho các chùm thường là lựa chọn tối ưu hơn. Đã có một số mô hình đề xuất đánh giá tính hiệu quả của việc sử dụng các FDL tại nút lõi [3]-[5]. Trong [3] đề xuất mô hình 2 giai đoạn sử dụng một số FDL để làm trễ chùm lệch hướng phù hợp với thời gian $offset_{ex}$, đồng thời các FDL còn lại làm đệm cho cả chùm không lệch hướng và chùm lệch hướng không thành công ở giai đoạn trước đó. Hạn chế của mô hình này là tại giai đoạn 2, các chùm lệch hướng và không lệch hướng cùng chia sẻ tất cả các bước sóng sẵn có, điều này có thể làm giảm hiệu suất với các chùm lệch hướng. Mô hình trong [5] được đề xuất với 3 giai đoạn nhằm khắc phục hạn chế này bằng cách dành riêng một số bước sóng nhất định cho các chùm lệch hướng (tại giai đoạn 2), và ngay khi chùm lệch hướng cũng không được phục vụ trong giai đoạn này, nó lại tiếp tục được chuyển sang giai đoạn 3 để sử dụng chung các bước sóng còn lại với các chùm không lệch hướng. Tuy nhiên, trong mô hình này, khi có sự tranh chấp bước sóng tại giai đoạn 3, các chùm lệch hướng (hay không lệch hướng) có thể bị rơi một cách ngẫu nhiên. Vấn đề này sẽ được khắc phục trong mô hình cải tiến mà chúng tôi đề xuất.

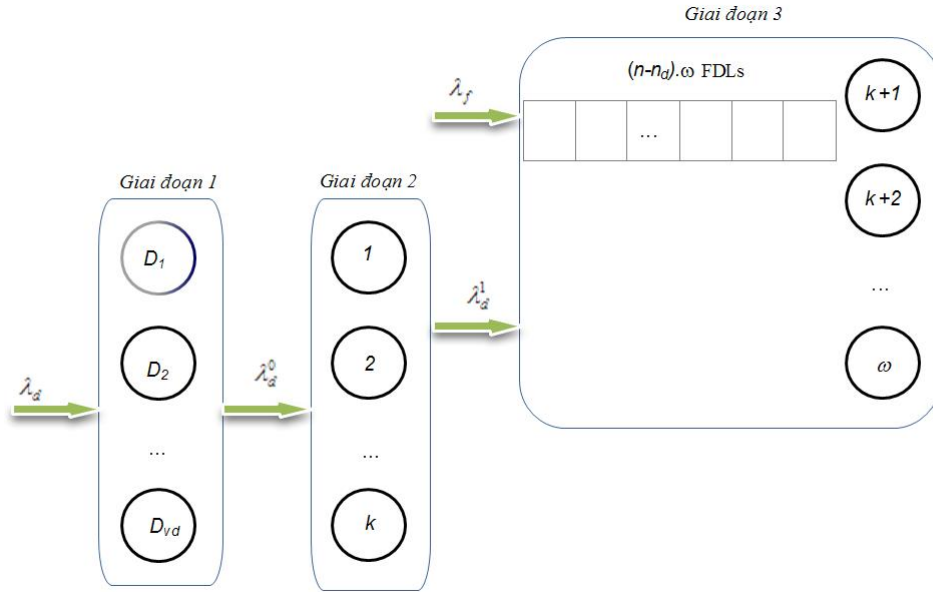
2.2. Mô hình đề xuất

Trong bài viết này, chúng tôi đề xuất một mô hình phân tích (hình 2) cải tiến các mô hình trong [4] và [5]. Thay vì chỉ sử dụng một đường trễ FDL cho việc bù thời gian $offset_{ex}$ tại giai đoạn 1, chúng tôi sử dụng nhiều đường trễ nhằm giảm xác suất tắc nghẽn tại đây. Thêm vào đó, chúng tôi bổ sung một số đường trễ khác được sử dụng để làm vùng đệm đối với các chùm tranh chấp (tại giai đoạn 3) nhằm làm giảm sự mất chùm. Như vậy, các đường trễ được chia thành 2 nhóm, nhóm cho các chùm lệch hướng và nhóm cho các chùm không lệch hướng. Chúng ta sẽ xem xét tính hiệu quả của đường trễ FDL trong việc giảm xác suất tắc nghẽn trên các giai đoạn. Tương tự như [4] và [5], các ký hiệu được định nghĩa như sau:

- ω là số bước sóng trên mỗi kết nối sợi quang ra, tương ứng một tập $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\omega\}$,
- độ dài chùm được phân bố theo hàm mũ với trung bình $L = 1/\mu$; với μ là tốc độ trung bình phục vụ chùm,
- h là số hop mở rộng trung bình đối với các chùm được lệch hướng,
- δ là thời gian xử lý tối đa đối với gói điều khiển tại mỗi hop,
- n là số đường trễ FDL với ω bước sóng sẽ sử dụng, trong đó n_d là số đường trễ được dành cho các chùm lệch hướng (ở giai đoạn 1) để cung cấp offset mở rộng đối với các chùm lệch hướng, $offset_{ex} = \delta.h$, và $(n - n_d)$ là số đường trễ được dành cho các chùm không lệch hướng (ở giai đoạn 3),
- các chùm được lệch hướng và không lệch hướng đến theo phân bố Poisson với tốc độ trung bình lần lượt là γ_d và γ_f ; lưu lượng tải đến trung bình do đó là $A = a_1 + a_2$, trong đó $a_1 = \gamma_f/\mu$ là lưu lượng tải vào trung bình chùm không lệch hướng và $a_2 = \gamma_d/\mu$ là lưu lượng tải vào trung bình của chùm được lệch hướng.

Mô hình phân tích dựa trên mô hình hàng đợi Markovain $M/M/c/c$ [6], gồm 3 giai đoạn tại mỗi nút OBS (hình 2). Giai đoạn đầu tiên tương ứng với n_d đường trễ FDL cung cấp thời gian $offset_{ex}$ cho các chùm được lệch hướng. Giai đoạn thứ 2 tương ứng với k bước sóng (trong số ω bước sóng, $k < \omega$) trên kết nối sợi quang ra được cấp phát chỉ cho các chùm lệch hướng. Giai đoạn thứ 3 ứng với số bước sóng còn lại trên kết nối ra ($\omega - k$), được chia sẻ bởi các chùm không lệch hướng và các chùm lệch hướng không thành công từ giai đoạn 2 và $(n - n_d)$ đường trễ FDL dành cho các chùm không lệch hướng. Tại giai đoạn này, các chùm được lệch hướng từ giai đoạn 2 được cho quyền ưu tiên cao hơn so với các chùm không lệch hướng, nên

khi có sự tranh chấp bước sóng, chùm lệch hướng sẽ được ưu tiên ra cổng ra, trong khi chùm không lệch hướng được làm trễ trong các đường trễ FDL dành cho chúng.



Hình 2. Mô hình đề xuất cho mỗi nút OBS

Trong giai đoạn đầu tiên, mô hình hàng đợi $M/M/v_d/v_d$ cho các chùm lệch hướng được đưa vào trong n_d đường trễ FDL, trong đó $v_d = \omega \cdot n_d$. Như mô tả trong Hình 2, D_i , với $i = 1, 2, \dots, v_d$, xác định đường trễ FDL “ảo” thứ i được thiết kế cho các chùm lệch hướng. Xác suất tắc nghẽn khi tất cả các đường trễ FDL “ảo” đều bận (PB_1) được tính bằng công thức tổn thất của Erlang (Erlang’s loss formula) [6] như sau:

$$PB_1 = \frac{a_2^{v_d}/v_d!}{\sum_{k=0}^{v_d} a_2^k/k!} \quad (2.1)$$

Như vậy, tốc độ trung bình của các chùm sau giai đoạn 1 (γ_d^0) sẽ là:

$$\gamma_d^0 = \gamma_d(1 - PB_1) \quad (2.2)$$

Tại giai đoạn thứ 2, có k bước sóng trên kết nối sợi quang ra được cấp phát dành riêng cho các chùm được lệch hướng. Giai đoạn này ứng với mô hình hàng đợi $M/M/k/k$, xác suất để k bước sóng cùng bận (PB_2) cũng được tính bởi công thức mất Erlang’s [6]:

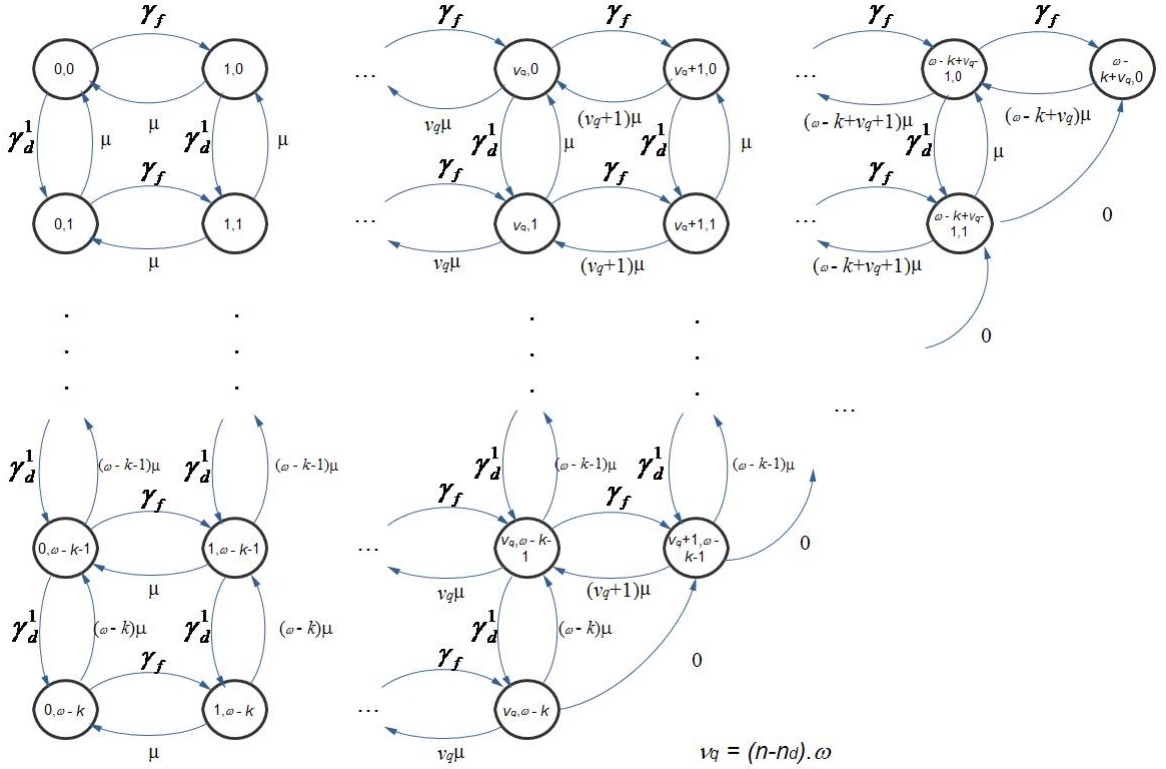
$$PB_2 = \frac{(\gamma_d^0/\mu)^k/k!}{\sum_{m=0}^k (\gamma_d^0/\mu)^m/m!} \quad (2.3)$$

Các chùm được lệch hướng lại bị tắc nghẽn trong giai đoạn 2 sẽ không bị loại bỏ, mà chúng được gửi đến giai đoạn 3 với tốc độ trung bình là γ_d^1 :

$$\gamma_d^1 = PB_2 \cdot \gamma_d^0 \quad (2.4)$$

Trong giai đoạn 3, tất cả các chùm lệch hướng và không lệch hướng đều cùng chia sẻ sử dụng $(\omega - k)$ bước sóng còn lại. Với giả thiết các chùm lệch hướng có độ ưu tiên cao hơn, các chùm không lệch hướng có thể được làm trễ trong các đường trễ FDL dành cho chúng khi có sự tranh chấp giữa 2 loại chùm này. Ở đây, để đơn giản chúng tôi giả thiết, tải a_1 bao gồm cả tải các chùm không lệch hướng đi đến và cả tải của các chùm tranh chấp trước đó đi ra từ $(n - n_d)$ đường trễ FDL. Không giống như lưu lượng không lệch hướng, các chùm đã lệch hướng sẽ không sử dụng các đường trễ FDL trong giai đoạn này khi không có bước sóng khả dụng dành cho chúng.

Giai đoạn thứ 3 như vậy tương ứng với mô hình lưu lượng đa chiều (multidimensional) với tốc độ trung bình các chùm không lệch hướng và lệch hướng đến là γ_f và γ_d^1 . Lược đồ chuyển trạng thái trong giai đoạn 3 được chỉ ra trong hình 3. Mỗi trạng thái trong mô hình ở giai đoạn 3 ở trên ứng với cặp (i, j) ; với $0 \leq i \leq (\omega - k) + (n - n_d)\omega$, và $0 \leq j \leq \omega - k$ tương ứng là số chùm không lệch hướng và lệch hướng.



Hình 3. Lược đồ chuyển trạng thái ở giai đoạn 3.

Số trạng thái trong chuỗi Markov được tính như sau [4]:

$$n_s = \frac{(2(n - n_d)\omega + \omega - k + 2)(\omega - k + 1)}{2} \quad (2.5)$$

Theo lược đồ chuyển trạng thái đối với mô hình đa chiều [6], π_{ij} chỉ ra xác suất trạng thái ổn định mà hệ thống đạt được trong trạng thái (i, j) . Với giả thiết tốc độ phục vụ của các

chùm lệch hướng và không lệch hướng ở giai đoạn này là như nhau, bằng μ , khi đó ta có hệ các hàm ở trạng thái ổn định [4][5]:

$$[\gamma_f + \gamma_d^1 + (i+j)\mu]\pi_{ij} = \gamma_f\pi_{i-1,j} + \gamma_d^1\pi_{i,j-1} + (i+1)\mu\pi_{i+1,j} + (j+1)\mu\pi_{i,j+1} \quad (2.6)$$

trong đó $0 \leq i \leq \omega - k - 1 + (n - n_d)\omega - 1, 0 \leq j \leq \omega - k - 1, 0 \leq i + j \leq \omega - k - 1 + (n - n_d)\omega - 1$.

$$(i+j)\mu\pi_{ij} = \gamma_f\pi_{i-1,j} + \gamma_d^1\pi_{i,j-1} \quad (2.7)$$

trong đó $0 \leq i \leq \omega - k + (n - n_d)\omega - 1, j \leq \omega - k - i, \pi_{ij} = 0$, với $i, j < 0$.

Từ (5) và (6), xác suất mà ở đó i chùm không lệch hướng và j chùm lệch hướng chia sẻ với nhau trên $(\omega - k)$ bước sóng π_{ij} là:

$$\pi_{ij} = \frac{a_1^i}{i!} \cdot \frac{a_{23}^j}{j!} \cdot \pi_{00} \quad (2.8)$$

trong đó π_{00} được tính như sau [6]:

$$\pi_{00} = \left[\sum_{j=0}^{(\omega-k)} \sum_{i=0}^{(\omega-k-j)+v_q} \frac{a_{23}^j}{j!} \cdot \frac{a_1^i}{i!} \right]^{-1}, \text{ ở đây } v_q = (n - n_d)\omega \quad (2.9)$$

Theo các luật chuyển trạng thái được định nghĩa trong [6] ứng với lược đồ trạng thái ở Hình 3, sử dụng [5] và công thức (8), xác suất tắc nghẽn PB_3 ở giai đoạn 3 được tính dựa trên xác suất tắc nghẽn trong trường hợp đầu tiên khi cả chùm lệch hướng và không lệch hướng cùng chia sẻ $(\omega - k)$ bước sóng, và trường hợp thứ hai xảy ra sau khi các chùm không lệch hướng buộc phải sử dụng các FDL "ảo" còn lại dành cho chúng để làm trễ, cho kết quả như sau:

$$PB_3 = \sum_{i=0}^{(\omega-k)} \frac{a_{23}^i}{i!} \frac{a_1^{(\omega-k-i)+v_q}}{(\omega-k-i+v_q)!} \cdot \pi_{00}, \text{ ở đây } v_q = (n - n_d)\omega \quad (2.10)$$

Khi đó, xác suất tắc nghẽn trung bình đối với chùm không lệch hướng (PB_{3nd}) và lệch hướng (PB_{3d}) ở giai đoạn 3 là:

$$PB_{3nd} = \frac{a_1 PB_3}{a_3}, \quad PB_{3d} = \frac{a_{23} PB_3}{a_3} \quad (2.11)$$

ở đây, $a_3 = a_1 + a_{23}$, là tổng lưu lượng xảy đến ở giai đoạn 3.

Xác suất tắc nghẽn chùm trung bình (PB) đối với mô hình 3 giai đoạn ở trên được tính theo chỉ số [4-6] và từ (2.12), cho đến kết quả cuối cùng như sau:

$$PB = \frac{a_1 PB_{3nd} + a_2 [PB_1 + (1 - PB_1) PB_2 PB_{3d}]}{A} \quad (2.12)$$

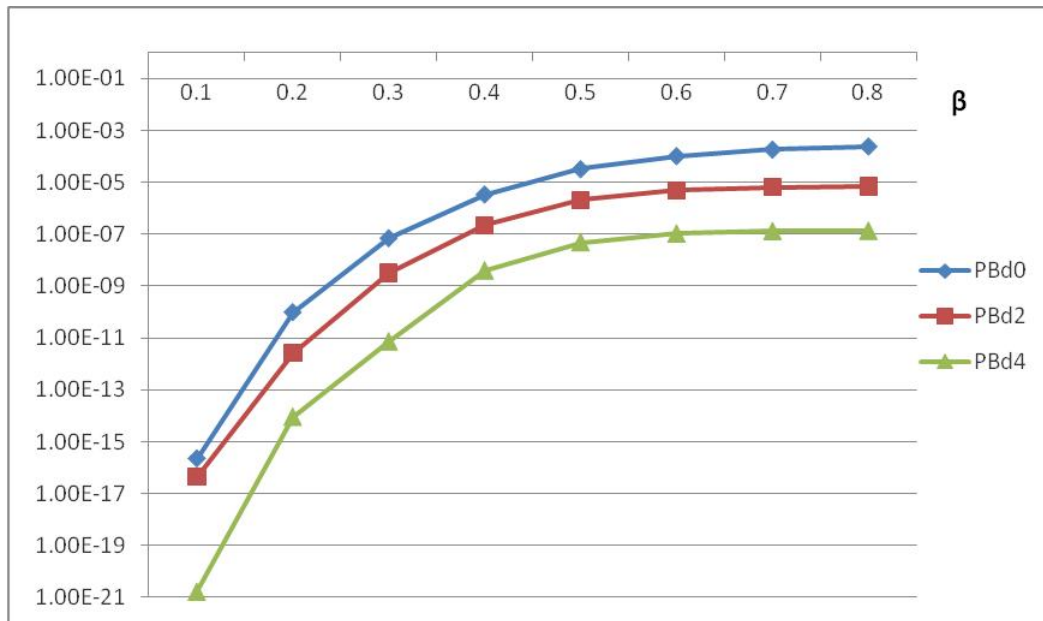
Tách rời xác suất tắc nghẽn với chùm không lệch hướng (PB_{nd}) và xác suất tắc nghẽn trung bình với chùm lệch hướng (PB_d) trong công thức trên, ta có:

$$PB_{nd} = \frac{a_1 PB_{3nd}}{A}, \quad PB_d = \frac{a_2 [PB_1 + (1 - PB_1) PB_2 PB_{3d}]}{A} \quad (2.13)$$

3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Trên cơ sở mô hình phân tích đã được đề xuất, chúng tôi tiến hành tính toán dựa trên các công thức đã được xây dựng (viết bằng ngôn ngữ C++) nhằm xem xét về mặt đồ họa sự phụ thuộc của xác suất tắc nghẽn chòm lệch hướng (PB_d) như là một hàm của tải vào được chuẩn hóa trên bước sóng và lưu lượng tải mạng (A). Gọi β/ω là hệ số lưu lượng tải mạng so với số bước sóng sử dụng tại mỗi cổng ra, β được xét trong khoảng 0.1 đến 0.8 (Erl). Các thông số được lựa chọn trong phân tích bao gồm: tải lưu lượng các chòm không lệch hướng $a_1 = 0.7A$, và các chòm lệch hướng $a_2 = 0.3A$ đến nút lõi đang xét, một cách tương ứng; độ dài chòm được phân bố theo hàm mũ với trung bình $L = 1/\mu = 48(\mu s)$; số hop mở rộng $h = 1$, $\delta = 0.1L$, số FDL được sử dụng $n = 2$, với $n_d = 1$ (số FDL dành cho các chòm lệch hướng và không lệch hướng là bằng nhau và bằng 1), số bước sóng trên kết nối sợi quang ra là $\omega = 16$, xét với các giá trị số bước sóng dành riêng cho các chòm lệch hướng lần lượt với các trường hợp $k = 0, 2, 4$. Xác suất tắc nghẽn với chòm lệch hướng so với hệ số lưu lượng β thu được (tương ứng là $PB_{d0}, PB_{d2}, PB_{d4}$) là:

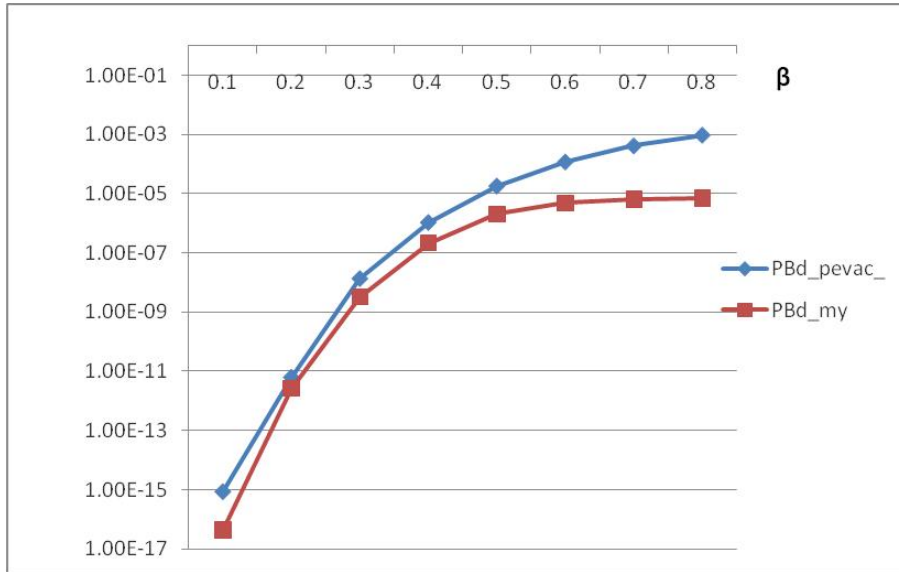
Hình 4 chỉ ra rằng xác suất tắc nghẽn chòm được lệch hướng (PB_d) sẽ giảm khi k tăng. Điều này là hiển nhiên bởi vì khi tài nguyên được dành nhiều hơn tại cổng ra, xác suất tắc nghẽn của các chòm lệch hướng sẽ giảm. Tuy nhiên, việc tăng các bước sóng dành riêng chỉ phát huy hiệu quả khi lưu lượng mạng thấp. Khi lưu lượng mạng tăng cao, việc tăng các bước sóng dành riêng đồng nghĩa với giảm số lượng bước sóng dành cho các chòm không lệch hướng. Điều này sẽ gây ra nhiều lệch hướng hơn và do đó xác suất tắc nghẽn tăng lên.



Hình 4. Xác suất tắc nghẽn với chòm lệch hướng so với lưu lượng β , khi $k = 0, 2, 4$.

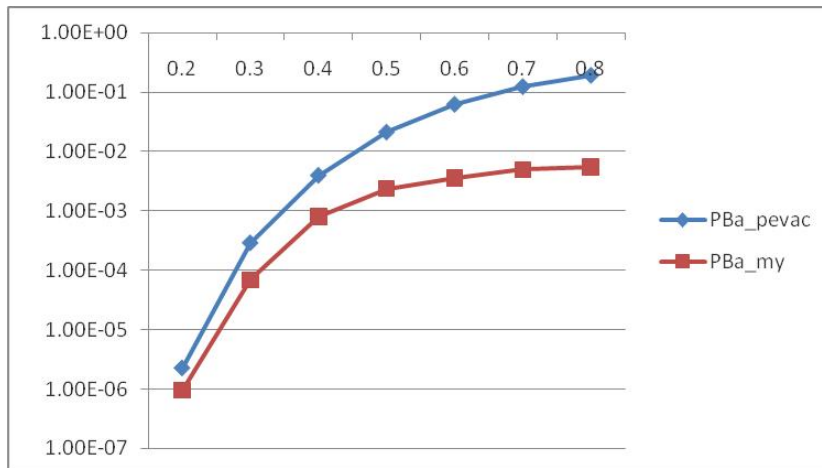
Hình 5 chỉ ra sự so sánh giữa giá trị xác suất tắc nghẽn (PB_{d-my}) của mô hình chúng tôi đề xuất với mô hình của Pevac ($PB_{d-pevac}$) đề xuất trong [5]. Rõ ràng, khi có sử dụng các bộ đệm FDL, xác suất tắc nghẽn chòm trung bình được cải thiện đáng kể, đặc biệt khi lưu lượng mạng tăng cao. Tương tự, khi so sánh tổng xác suất tắc nghẽn (PB_{a-my}) của mô hình chúng

tôi so với mô hình của Pevac (PB_{a_pevac}), kết quả trong Hình 6 cũng đã chỉ ra hiệu quả của sự cải tiến này.

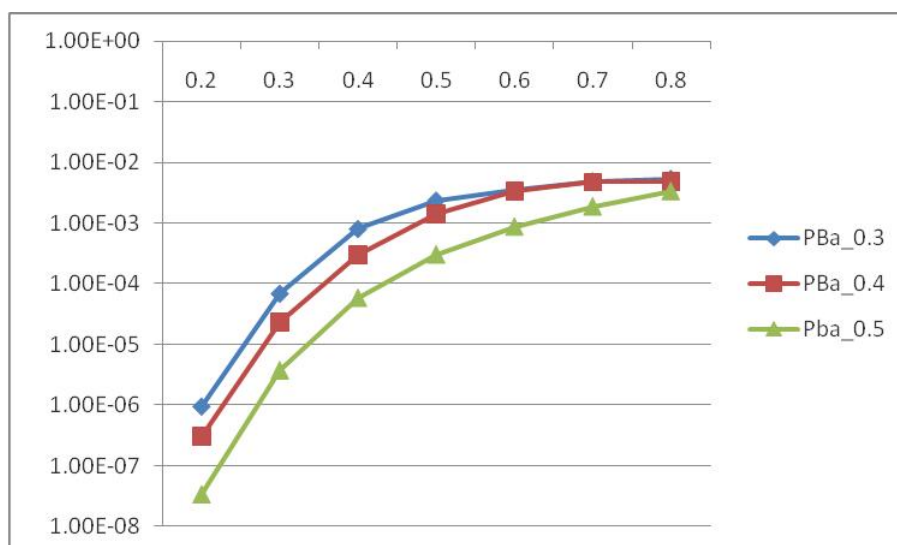


Hình 5. Xác suất tắc nghẽn chùm trung bình PBd_my và PBd_pevac so với hệ số lưu lượng β

Khi lưu lượng lệch hướng tăng cao, việc đưa thêm các đường trễ FDL làm giảm xác suất tắc nghẽn. Như được chỉ ra trong Hình 7, tổng xác suất tắc nghẽn trung bình với lưu lượng lệch hướng vào tương ứng là $a_2 = 0.3A$ ($PB_{a_0.3}$), $a_2 = 0.4A$ ($PB_{a_0.4}$) và $a_2 = 0.5A$ ($PB_{a_0.5}$). Kết quả cho thấy khi lưu lượng lệch hướng tăng cao, tổng xác suất tắc nghẽn sẽ giảm đi, điều này là nhờ có sự cải thiện việc rơi chùm từ các chùm không lệch hướng. Tuy nhiên, kết quả cũng chỉ cho thấy tính hiệu quả khi lưu lượng β là vừa phải.



Hình 6. Tổng xác suất tắc nghẽn chùm trung bình PBa_my và PBa_pevac so với hệ số lưu lượng β



Hình 7. Tổng xác suất tắc nghẽn chòm trung bình $PB_{a-0.3}$, $PB_{a-0.4}$, và $PB_{a-0.5}$ so với hệ số lưu lượng β

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một mô hình mạng hàng đợi để phân tích và đánh giá việc sử dụng định tuyến lệch hướng có sự hỗ trợ của các đường trễ quang FDL. Định tuyến lệch hướng thường thực hiện tốt trong các mạng OBS với lưu lượng vừa phải. Khi lưu lượng cao, định tuyến lệch hướng lại làm tăng độ trễ đầu-cuối do lộ trình lệch hướng thường dài hơn lộ trình ban đầu. Điều này có thể làm giảm hiệu suất hoạt động của mạng. Trong các trường hợp như vậy, việc sử dụng thêm các đường trễ FDL là thực sự cần thiết. Việc phân tích mô hình ban đầu rất quan trọng, và một trong các phương pháp đó là sử dụng mô hình hàng đợi Markov. Bài báo đã đề xuất một mô hình được cải tiến từ một số mô hình trước đó. Kết quả phân tích cho thấy mô hình đề xuất cho xác suất tắc nghẽn với các chòm lệch hướng, cũng như tổng xác suất tắc nghẽn của tất cả các chòm tại mỗi nút là tối ưu hơn so với một số mô hình trước đó.

Một vấn đề mà mô hình chưa đề cập đến đó là số lượng tối ưu các đường trễ FDL cần thiết được sử dụng tại một nút OBS, bởi chi phí trang bị FDL là đáng kể. Đây được xem là hướng nghiên cứu tiếp theo của bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Chen, C. Qiao, and X. Yu, Optical Burst switching: a new area in optical networking research, *IEEE Network* 18 (3) (May-June 2004) 16–23.
- [2] Son-Hong Ngo, Xiaohong Jiang, and Susumu Horiguchi, Hybrid Deflection and Retransmission Routing Schemes for OBS Networks, Workshop on High Performance Switching and Routing, 2006.
- [3] T. Venkatesh, C. Siva Ram Murthy, *An Analytical Approach to Optical Burst Switched Networks*, Springer ISBN 978-1-4419-1509-2, Chennai, India, August 2009.

- [4] Hsu C. F., Liu T. L., Huang N. F., Performance analysis of deflection routing in optical burst-switched networks, *Proceedings of IEEE INFOCOM*, 2002 (846–852).
- [5] R.Bojovc, D.Pevac, I. Petrovic, An Approach to Resolving Contention in an Optical Burst Switched WDM Network, ISSN 1392 – 1215, *Electronics And Electrical Engineering* **3** (83) (2008).
- [6] H. Akimaru, K. Kawashima, *Teletraffic: Theory and Applications*, Berlin: Springer-Verlag, Germany Pb, 1993. (71–104).
- [7] Mrinal Nandi, A. K. Turuk, Analysis of Wavelength Conversion and Deflection Routing in Optical Burst Switched Network, *1st International Conference on Advances in Computing*, Chikhli, India, 21-22 February 2008.
- [8] Thomas G. Robertazzi, *Computer Networks and Systems Queueing Theory and Performance Evaluation*, Third Edition, Springer.
- [9] Brijesh Singh Tiwari, Mathematical Modeling of OBS Network Protocol Alongwith Performance Analysis of Contention Resolution Algorithm, July 2009.

Nhận bài ngày 09 - 6 - 2010

Nhận lại sau sửa ngày 07 - 04 - 2011