

MỘT GIẢI THUẬT LẬP LỊCH ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ TRONG MẠNG CHUYỂN MẠCH CHùm QUANG

NGUYỄN HỒNG QUỐC¹
NGUYỄN CHÍ CÔNG², PHẠM TRUNG ĐỨC³
¹Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế
²Trường Cao đẳng nghề Du lịch Huế
³Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

Tóm tắt: Mạng chuyển mạch chùm quang được xem như công nghệ đáp ứng được nhu cầu băng thông và đảm bảo chất lượng dịch vụ cho mạng Internet toàn quang của thế hệ tiếp theo. Tuy nhiên do thiếu bộ đệm quang tại các nút chuyển mạch lõi vì vậy việc đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các dịch vụ khác nhau trong mạng chuyển mạch chùm quang khó khăn hơn so với mạng điện tử truyền thống. Hiện nay đã có một số giải thuật lập lịch đã được công bố nhằm giải quyết được vấn đề này, tuy nhiên các giải thuật lập lịch thực hiện đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các chùm ưu tiên và không ưu tiên thông qua việc thiết lập cố định các kênh bước sóng ra mà không xem xét tải lưu lượng đến của các lớp dịch vụ. Trong nghiên cứu này chúng tôi đề xuất một giải thuật lập lịch với phương pháp dự đoán dựa trên tải lưu lượng đến của các chùm để phân bổ tài nguyên bước sóng hợp lý cho các lớp ưu tiên trong mạng OBS. Các phân tích và đánh giá hiệu quả của giải thuật lập lịch dựa trên mô phỏng sẽ khẳng định ưu điểm của mô hình được đề xuất này.

Từ khóa: Mạng OBS, giải thuật lập lịch, phân biệt dịch vụ, phân bổ tài nguyên, dự đoán tải lưu lượng.

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 công nghệ truyền thông phù hợp nhằm nâng cao khả năng vận chuyển của mạng thế hệ mới. Mạng sợi quang cùng với sự phát triển của công nghệ ghép kênh bước sóng (*Wavelength Division Multiplexing*), đã mang đến một giải pháp hoàn hảo đáp ứng được nhu cầu băng thông bùng nổ của Internet trong tương lai. Từ khi xuất hiện vào thập niên 90, mạng sợi quang đã trải qua nhiều thế hệ phát triển [1]: từ những mô hình định tuyến bước sóng (*Wavelength-Routed*) ban đầu dựa trên những đường quang (*lightpath*) đầu cuối dành riêng, cho đến các mô hình chuyển mạch gói quang (*Optical Packet Switching*) được đề xuất gần đây, với ý tưởng xuất phát từ các mô hình mạng chuyển mạch gói điện tử. Tuy nhiên với một số hạn chế về công nghệ, như chưa thể sản xuất các bộ đệm quang (tương tự bộ nhớ RAM trong môi trường điện tử) hay các chuyển mạch ở tốc độ nano giây [1] mô hình chuyển mạch gói quang chưa thể trở thành hiện

thực. Một giải pháp thỏa hiệp được đề xuất là chuyển mạch chùm quang (*Optical Burst Switching*) đã mở ra một hướng nghiên cứu mới và được xem là công nghệ hứa hẹn cho mạng Internet thế hệ tiếp theo.

Một đặc trưng tiêu biểu của mạng chuyển mạch chùm quang (mạng OBS) là phần điều khiển (*Burst Header Packet*) được tách rời với phần dữ liệu (*Data Burst*). Nói một cách khác, để thực hiện việc truyền một chùm vào trong mạng OBS, gói điều khiển BHP được tạo ra và được gửi đi trước một khoảng thời gian *offset* (*offset-time*). Thời gian *offset* này phải được tính toán đủ để đặt trước tài nguyên và cấu hình các chuyển mạch tại các nút trung gian dọc theo hành trình của chùm quang từ nguồn đến đích. Thêm vào đó, mạng OBS dành riêng một số kênh (bước sóng), được gọi là kênh điều khiển cho việc truyền gói điều khiển BHP, trong khi các kênh còn lại được dùng cho việc truyền chùm dữ liệu, nên được gọi là kênh dữ liệu. Như vậy việc truyền gói điều khiển BHP tách rời hoàn toàn với truyền dữ liệu về mặt không gian và về mặt thời gian. Với cách truyền dữ liệu như vậy, rõ ràng mạng OBS không cần đến các bộ đệm quang để lưu tạm các chùm dữ liệu trong khi chờ đợi việc xử lý chuyển mạch tại các nút lõi, cũng như không yêu cầu các chuyển mạch ở tốc độ nano giây. Tuy nhiên, cách truyền tải này cũng đặt ra áp lực là làm thế nào để một gói điều khiển BHP kịp lập lịch đặt trước tài nguyên và cấu hình chuyển mạch tại các nút lõi, đảm bảo việc truyền tải chùm quang theo sau; đó chính là nhiệm vụ của hoạt động lập lịch đặt trước tài nguyên tại các nút lõi mạng. Vì vậy vấn đề lập lịch rất cần được quan tâm và nghiên cứu nhằm tối đa hiệu suất băng thông, giảm mất mát dữ liệu, đảm bảo chất lượng cho các dịch vụ khác nhau và nâng cao hiệu suất hoạt động của mạng OBS.

Hiện nay có các giải thuật lập lịch có xét đến chất lượng dịch vụ đã được đề xuất gồm: G-LAUC-VF (*Generalized LAUC-VF*) [6], LA-FFVF (*Latest Available and First Fit Unused Channel with Void Filling*) [7], SWG (*Static Wavelength Grouping*) [2], DWG (*Dynamic Wavelength Grouping*) [3] và LLAC (*Load-Level Admission Control*) [4]. Với giải thuật LA-FFVF sử dụng các giải thuật lập lịch trực tiếp LAUC để lập lịch cho các chùm ưu tiên cao và sử dụng giải thuật FFUC-VF để lập lịch cho các chùm ưu tiên thấp nhằm giảm độ phức tạp giải thuật và tận dụng các khoảng trống được tạo ra trên các kênh để lập lịch cho các chùm đến. Các giải thuật SWG, DWG thực hiện đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các chùm ưu tiên và không ưu tiên thông qua việc thiết lập cố định các kênh bước sóng ra mà không xem xét tải lưu lượng đến của các lớp dịch vụ hay thông tin về tải lưu lượng để điều khiển chấp nhận lập lịch hay không của giải thuật LLAC được biết trước và không thay đổi. Bên cạnh đó các giải thuật này đều đưa giải pháp ưu tiên tuyệt đối đối với các chùm ưu tiên cao, nên trong trường hợp lưu lượng chùm ưu tiên cao đến thấp, tài nguyên được phân bổ cho chúng không được sử dụng hết, gây lãng phí băng thông trong khi đó chùm ưu tiên thấp không được lập lịch. Trong nghiên cứu, chúng tôi đề xuất một giải thuật lập lịch đảm bảo chất lượng dịch vụ với cách phân bổ tài nguyên bước sóng linh hoạt dựa trên tải lưu lượng đến của các lớp dịch vụ khác nhau.

Cấu trúc tiếp theo của bài viết như sau: mục II mô tả giải thuật lập lịch đề xuất; mục III mô phỏng đánh giá giải thuật lập lịch đề xuất và mục IV là phần kết luận.

2. GIẢI THUẬT LẬP LỊCH ĐỀ XUẤT

Xét một liên kết (cổng) ra của một nút lõi mạng OBS mà tại đó các chùm đến được giả thiết thuộc về một trong hai lớp ưu tiên cao và ưu tiên thấp. Giả sử cổng ra có W kênh bước sóng, một chùm ưu tiên cao đến có thể được lập lịch lên bất kỳ một trong W kênh bước sóng; trong khi một chùm ưu tiên thấp đến chỉ được lập lịch trên một trong W_L kênh, với $W_L \leq W$. Cách làm này nhằm để dành tài nguyên kênh bước sóng nhiều nhất cho các chùm ưu tiên cao. Rõ ràng việc điều chỉnh phân bổ băng thông kênh bước sóng chỉ được thực hiện đối với luồng các chùm ưu tiên thấp đến, trong đó kênh bước sóng được cấp phát cho luồng này (W_L) và sẽ được xác định qua một hàm tính các giá trị tải đến và sẽ thay đổi tương ứng theo lưu lượng tải của lớp ưu tiên cao và thấp. Theo đó, vấn đề đặt ra ở đây là cần tính toán lưu lượng tải các chùm (QoS cao và QoS thấp) đến trong mỗi khe thời gian quan sát (Δt) để thực hiện phân phối kênh bước sóng (giá trị W_L cho các chùm QoS thấp một cách hiệu quả nhất nhằm tránh gây lãng phí băng thông trên mỗi kênh cũng như giảm xác suất tắc nghẽn. Khi đó, số kênh bước sóng cấp phát cho các chùm QoS thấp $W_L (W_L \leq W)$ được xác định là phần nguyên cận trên của Công thức (1) như sau:

$$W_L = \left\lceil W \times \frac{\gamma_L}{\gamma_H + \gamma_L} \right\rceil \quad (1)$$

Với tải lưu lượng đến của các chùm QoS cao (γ_H) và chùm QoS thấp (γ_L) [2] được xác định dựa trên tốc độ chùm, độ dài chùm trung bình và băng thông hiện tại trên mỗi kênh bước sóng trong mỗi cửa sổ quan sát Δt và được tính toán như sau:

$$\gamma_L = \frac{\lambda_L}{\mu_L \times W} \quad (2)$$

$$\gamma_H = \frac{\lambda_H}{\mu_H \times W} \quad (3)$$

Trong đó $\lambda_L (\lambda_H)$ là tốc độ chùm đến, $\mu_L (\mu_H)$ là độ dài chùm trung bình của các chùm QoS thấp và cao đến trong mỗi cửa sổ quan sát. Được tính toán như sau:

$$\lambda_L = \frac{\text{Số lượng chùm đến QoS thấp}}{\Delta t} \quad (4)$$

$$\lambda_H = \frac{\text{Số lượng chùm đến QoS cao}}{\Delta t} \quad (5)$$

$$\mu_L = \frac{\text{Tổng độ dài chùm đến QoS thấp}}{\text{Số lượng chùm đến QoS thấp}} \quad (6)$$

$$\mu_H = \frac{\text{Tổng độ dài chùm đến QoS cao}}{\text{Số lượng chùm đến QoS cao}} \quad (7)$$

Với cách tiếp cận nêu trên, cho phép đảm bảo ưu tiên cho các chùm ưu tiên cao, phân

bổ linh hoạt hơn số lượng kênh bước sóng có thể sử dụng cho các chùm ưu tiên thấp và để đánh giá phân tích ở trên, trong bài báo này chúng tôi cũng đề xuất một giải thuật lập lịch dưới đây:

GIẢI THUẬT LẬP LỊCH ĐỀ XUẤT

Đầu vào:

- $I = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}, b_i(s_i, e_i, prio_i)$, tập n chùm đến trong khoảng thời gian mô phỏng;
- W : Số kênh ra trên mỗi liên kết $W = \{1, 2, \dots, w\}$;
- W_L : Số kênh dành riêng cho lớp QoS thấp;
- SB_k tập các chùm đã được lập lịch trên kênh thứ k ($k \in W$);

Đầu ra:

- Tập các chùm được lập lịch lớp QoS thấp (I_L);
- Tập các chùm được lập lịch lớp QoS cao (I_H);

PHƯƠNG PHÁP:

(Khởi tạo) $\Delta t = 0.0001ms$; $W_L = \frac{W}{2}$;

FOR EACH $b_i \in I$ DO

(Khởi tạo) $sc = -1$; $gap_{min} = \infty$;

IF ($prio_i = 0$) THEN

$Slchumden_H = Slchumden_H + 1$;

$Slgoiden_H = Slgoiden_H + (e_i - s_i)$;

$sc = BFVF(b_i, W)$;

ELSE

$Slchumden_L = Slchumden_L + 1$;

$Slgoiden_L = Slgoiden_L + (e_i - s_i)$;

$sc = BFVF(b_i, W_L)$;

IF ($sc \neq -1$) THEN

$SCHEDULE(b_i, sc)$;

IF ($prio_i = 0$) THEN

$I_L = I_L \cup \{b_i\}$;

ELSE

$I_H = I_H \cup \{b_i\}$;

ENDIF

IF ($timecho \geq \Delta t$) THEN

$$\lambda_L = \frac{Slchumden_L}{\Delta t}; \quad \lambda_H = \frac{Slchumden_H}{\Delta t};$$

$$\mu_L = \frac{Slgoiden_L}{Slchumden_L}; \quad \mu_H = \frac{Slgoiden_H}{Slchumden_H};$$

$$\gamma_L = \frac{\lambda_L}{\mu_L \times W};$$

$$\gamma_H = \frac{\lambda_H}{\mu_H \times W};$$

$$W_L = \left\lceil W \times \frac{\gamma_L}{\gamma_H + \gamma_L} \right\rceil;$$

$$Slchumden_H = 0; Slgoiden_H = 0;$$

$$Slchumden_L = 0; Slgoiden_L = 0;$$

$$\Delta t = \Delta t + 0.0001ms;$$

ENDIF**ENDFOR****RETURN**{ I_L, I_H };**FUCNTION** BFVF(ub, W):**INPUT**

- $ub(s_{ub}, e_{ub})$: chùm đến chưa lập lịch,
- 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 ($k \in W$);

OUTOUT

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

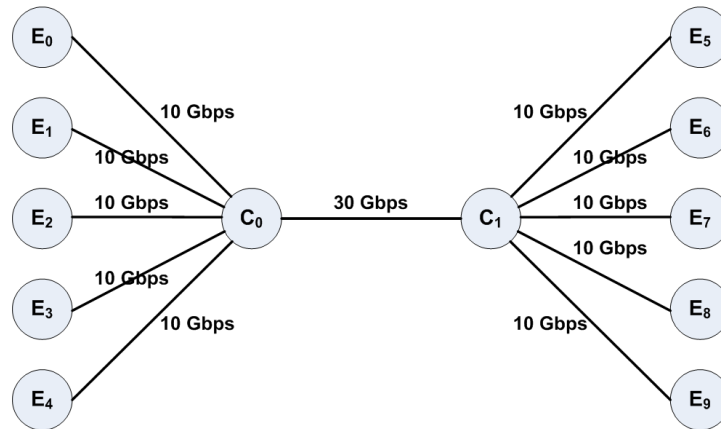
PHƯƠNG PHÁP: $best_utilisation = \infty; sc = -1;$ **FOR EACH** $k \in W$ **DO** $e_{0,k} = 0; s_{|SB_k|+1,k} = \langle \text{giá trị lớn} \rangle;$ **FOR EACH** $j \in |SB_k|$ **DO****IF**(($(s_{ub} \geq e_{j,k}) \wedge (s_{j+1,k} \geq e_{ub})) \wedge ((s_{j+1,k} - e_{j,k}) < best_utilisation)$))**THEN** $best_utilisation = s_{j+1,k} - e_{j,k};$ $sc = k;$ **ENDIF****ENDFOR****ENDFOR****RETURN** $sc;$

Độ phức tạp giải thuật: $O(N \times \log(N))$, với N là số chùm lớn nhất đã được lập lịch trên một kênh.

3. MÔ PHÒNG PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

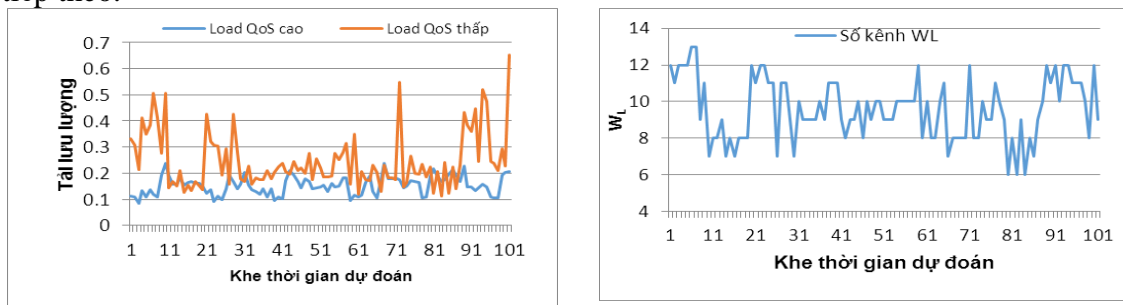
Để chứng minh tính hiệu quả của giải thuật đề xuất chúng tôi thực hiện cài đặt mô phỏng giải thuật lập lịch đề xuất để so sánh với các giải thuật đã được công bố, bao gồm SAC, DAC, LLAC. Môi trường mô phỏng sử dụng gói NS2-obs0.9a [8] và phần mềm C++, cài đặt trên máy tính CPU Intel Core i3 CPU 3.6 GHz, 4Gb RAM.

Mô hình mạng mô phỏng bao gồm 2 nút lõi (C_1 và C_2), trong đó mỗi nút lõi kết nối với 5 nút biên ($E_i, i = 1, \dots, 10$) như mô tả ở Hình 1. Giả sử các luồng dữ liệu đến tại các nút biên có phân phối Poisson và các chùm sinh ra có kích thước thay đổi. Mỗi liên kết có 16 kênh dữ liệu và 4 kênh điều khiển. Băng thông của mỗi kênh từ nút biên đến các nút lõi là 10Gb/s, băng thông giữa 2 nút lõi là 30Gb/s. Mô phỏng được thực hiện với tải lưu lượng thay đổi từ 0.1 đến 0.9 trong thời gian 10 giây với khe thời gian dự đoán 100 μ s.



Hình 1. Mô hình mạng mô phỏng Dumbell

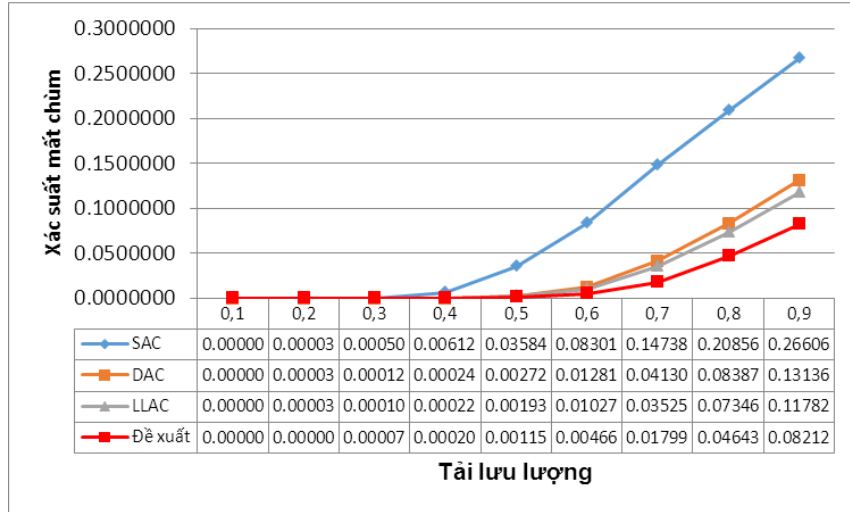
Một kết quả thống kê trong 100 khe thời gian dự đoán được thể hiện ở Hình 2a, Hình 2b cho thấy khi tải lưu lượng giữa 2 lớp ưu tiên cao và thấp thay đổi giải thuật lập lịch sẽ điều chỉnh giá trị W_L phù hợp để đáp ứng được tình trạng các chùm đến cho thời điểm tiếp theo.



Hình 2. (a) Tải lưu lượng của lớp ưu tiên và không ưu tiên, (b) số kênh W_L tương ứng.

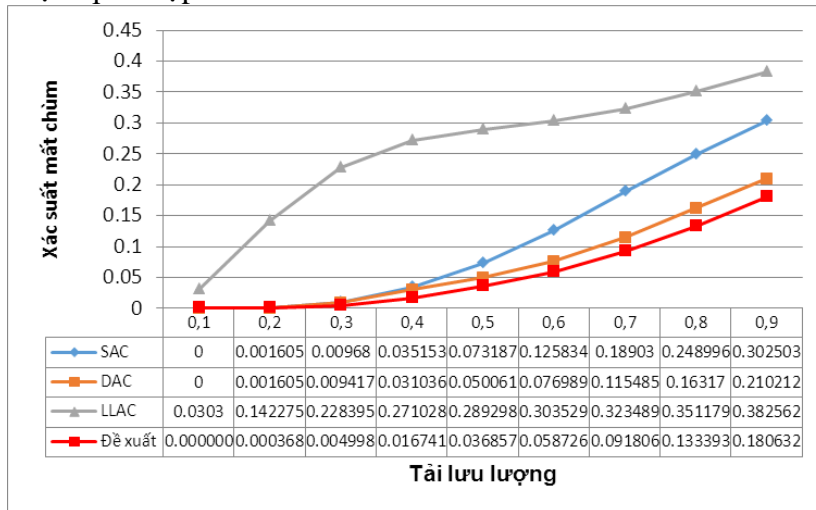
Qua kết quả mô phỏng được thể hiện ở Hình 3, khi so sánh xác suất mất chùm ưu tiên cao của các giải thuật cho thấy, giải thuật đề xuất có xác suất mất chùm thấp nhất điều

này cho thấy với cách dự đoán theo tải đến của các chòm trên mỗi lớp sau đó quyết định phân phối tài nguyên kênh bước sóng hợp lý tận dụng được tài nguyên tốt hơn và qua kết quả này cũng khẳng định giải thuật đề xuất đã giải quyết được vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ tốt nhất cho lớp ưu tiên cao.



Hình 3. Xác suất mất chòm lớp ưu tiên

Bên cạnh đó một kết quả được thể hiện ở Hình 4, xác suất mất chòm lớp ưu tiên thấp của giải thuật đề xuất giảm so với các giải thuật được công bố trước đó, qua đó cho thấy với cách dự đoán dựa trên tải lưu lượng để phân phối tài nguyên kênh bước sóng cho mỗi lớp dịch vụ là phù hợp.



Hình 4. Xác suất mất chòm hai lớp ưu tiên cao và thấp

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một giải thuật lập lịch đảm bảo chất lượng dịch vụ với kênh bước sóng dành riêng cho chùm ưu tiên thấp thích nghi dựa trên tải lưu lượng đến trong mỗi khe thời gian quan sát. Dựa trên các phân tích và kết quả mô phỏng, giải thuật lập lịch đề xuất đã thể hiện được các ưu điểm thông qua tỉ lệ mất chùm tổng thể thấp, tỉ lệ mất chùm đối với luồng QoS thấp và lượng thông tin cần lưu trữ ít hơn so với các giải thuật lập lịch đã công bố và quan trọng nhất có được hiệu quả hơn về tỷ lệ mất chùm ưu tiên thấp hơn so với các giải thuật đã công bố trước đây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Qiao and M. Yoo (1999). Optical Burst Switching (OBS) - A New Paradigm for an Optical Internet, *J. High Speed Networks*, vol. 8, no. 716, pp. 69–84.
- [2] P. Reviriego, J. A. Hernández, and J. Aracil (2009). Assembly admission control based on random packet selection at border nodes in Optical Burst-Switched networks, *Photonic Netw. Commun.*, vol. 18, no. 1, pp. 39–48, Aug. 2009.
- [3] Q. Zhang, V. M. Vokkarane, J. P. Jue, and B. Chen (2004). Absolute QoS differentiation in optical burst-switched networks, *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 22, no. 9, pp. 1781–1795.
- [4] I. M. Moraes and 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, pp. 137–147.
- [5] 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.
- [6] Yang, Mei, S. Q. Zheng, and Dominique Verchere (2001). A QoS supporting scheduling algorithm for optical burst switching DWDM networks. *Global Telecommunications Conference*, 2001. GLOBECOM'01. IEEE. Vol. 1. IEEE.
- [7] Garg, Amit Kumar (2012). A novel hybrid approach for efficient network utilization of OBS. *International Journal of Software Engineering and Its Applications 6.1* (2012): 47-60.
- [8] Pham Trung Duc, Vo Viet Minh Nhat, <https://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

Title: A SCHEDULING ALGORITHM ASSURANCE QUALITY SERVICE IN OPTICAL BURST SWITCHING NETWORKS

Abstract: Optical burst switching (OBS) is considered as a promising technology for the next generation of optical Internet and ensure the quality of service for the next generation optical Internet. However, due to the lack of optical buffers at the core switches, it is more difficult to secure the quality of service for different services in a Optical Burst Switching Networks than traditional electronic networks. There are already a number of scheduling algorithms available to address this problem, but scheduling algorithms ensure quality of service for priority and non-priority clusters through fixed the wavelength channel out without considering the

incoming traffic of the service layer. In this study, we propose a scheduling algorithm with predictive method based on incoming load traffic of clusters to allocate reasonable wavelength resources for priority classes in the OBS network. Analyzing and evaluating the effectiveness of simulation based scheduling algorithms will confirm the advantages of this proposed model.

Keywords: OBS networks, scheduling algorithm, service differentiation, resource allocation, load traffic prediction.