

# PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA TẬP HỢP CHÙM VỚI LUỒNG ĐẾN SELF SIMILAR ĐẾN HIỆU NĂNG TRUYỀN THÔNG CỦA MẠNG OBS

## ANALYZING THE INFLUENCE OF BURST ASSEMBLY WITH SELF-SIMILAR ARRIVING TRAFFICS ON THE TRANSMISSION PERFORMANCE OF OBS NETWORKS

Võ Viết Minh Nhật, Lê Văn Hòa

Đại học Huế; Email: vominhnhathat@gmail.com, lvhoa3007@gmail.com

**Tóm tắt:** Mạng chuyển mạch chùm quang đang được xem là một mô hình thay thế phù hợp nhất đối với kiến trúc đường trục truyền thông hiện nay của Internet. Việc tích hợp các tầng Internet với mạng chuyển mạch chùm quang rõ ràng sẽ gây ra những tác động và phụ thuộc qua lại giữa chúng. Các nghiên cứu thực nghiệm đã chứng minh rằng các luồng trên mạng Internet có tính chất self-similar. Vì vậy việc tập hợp các luồng Internet này đến tại nút biên rõ ràng sẽ có những ảnh hưởng nhất định đến tính chất của luồng các chùm sinh ra và hiệu năng truyền thông của mạng chuyển mạch chùm quang. Dựa trên kết quả mô phỏng, bài viết này sẽ phân tích ảnh hưởng của các kỹ thuật tập hợp chùm với luồng đến self-similar đến hiệu năng truyền thông của mạng chuyển mạch chùm quang.

**Từ khóa:** Mạng chuyển mạch chùm quang; các kỹ thuật tập hợp chùm; luồng self-similar; hiệu năng truyền thông; phần mềm NS2.

### 1. Đặt vấn đề

Chuyển mạch chùm quang (*Optical Burst Switching - OBS*) được xem là một giải pháp thỏa hiệp cho truyền thông quang hiện nay, khi mà chuyển mạch kênh quang không cho phép khai thác tối đa khả năng băng thông của các sợi dẫn quang; trong khi chuyển mạch gói quang hiện vẫn chưa thể triển khai do công nghệ quang chưa đủ trưởng thành để sản xuất được các bộ đệm quang và các bộ chuyển mạch gói quang tốc nano giây. Một đặc trưng của mạng OBS là gói điều khiển và chùm dữ liệu của nó được truyền tách rời nhau về mặt không gian và thời gian. Tại nút OBS biên vào, các gói tin IP đến từ các mạng biên được tập hợp thành chùm quang; một gói điều khiển được hình thành và truyền đi trước (trên một kênh điều khiển dành riêng) để đặt trước tài nguyên và sau một khoảng thời gian bù đắp (*offsettime*) chùm quang tương ứng sẽ được gửi đi (trên một kênh dữ liệu) mà không cần chờ đợi một xác nhận nào về việc đặt trước tài nguyên có thành công hay không.

Việc tập hợp chùm có thể dựa trên ngưỡng độ dài (*length-based*) [1], ngưỡng thời gian (*timer-based*) hoặc lai (*hybrid*) [2]. Với loại tập hợp chùm đầu tiên, một giá trị ngưỡng về số lượng tối đa các gói tin có thể được tập hợp trong một chùm được thiết lập và khi độ dài hàng đợi tập hợp chùm đạt đến ngưỡng này thì một chùm được hình thành. Trong trường hợp dựa trên ngưỡng thời gian, một bộ định thời được sử dụng và sau từng khoảng thời gian bằng nhau, chùm được sinh ra. Việc kết hợp cả hai giá trị ngưỡng này tạo nên kỹ thuật lai.

Trong hầu hết các nghiên cứu trước đây, người ta đều giả thiết rằng các gói tin IP đến có phân phối Poisson. Tuy nhiên bài báo [3] đã chỉ ra rằng thực tế các luồng IP trên mạng Internet đều có phân phối self-similar. Các tác

**Abstract:** Optical burst switching networks are being considered to be an alternative model best suited for the transmission backbone architecture of the Internet today. The integration of the Internet layers with optical burst switching networks will obviously cause effects and dependencies between them. The experimental researches have proved that the traffics on the Internet have the properties of self-similar. Gathering these Internet traffics at ingress nodes will obviously have the significant influences on the properties of burst traffics generated and the communication performance of the optical burst switching networks. Based the simulation results, this article will analyze the influence of the techniques of burst assembly with self-similar arriving traffics on the transmission performance of the optical burst switching networks.

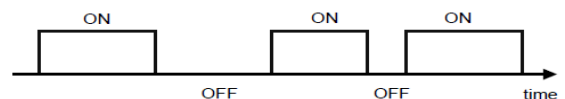
**Key words:** Optical burst switching networks; techniques of burst assembly; self-similar traffic; transmission performance; NS2.

giả trong [2] cũng đã được chứng minh được rằng tập hợp chùm có ảnh hưởng đến tính chất của luồng các chùm sinh ra bên trong mạng OBS. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ phân tích (dựa trên kết quả mô phỏng) hiệu năng của các kỹ thuật tập hợp chùm đến tính chất của các luồng sinh ra bên trong mạng OBS với luồng đến self-similar.

Cấu trúc còn lại của bài báo như sau: Phần 2 mô tả một số công trình nghiên cứu liên quan, qua đó chỉ ra các hạn chế mà các đề xuất trước đây chưa xem xét. Phần 3 sẽ trình bày mục tiêu, kịch bản mô phỏng và phân tích kết quả (về việc làm giảm giá trị tham số Hurst, tỉ lệ mất byte và thông lượng truyền thông). Phần kết luận và hướng phát triển sẽ được trình bày trong phần 5.

### 2. Một số công trình nghiên cứu liên quan:

Theo bài báo [3], các gói tin đến trên một kênh có thể được biểu diễn như là một quá trình ON/OFF (Hình 1), trong đó ON là khoảng băng thông bị chiếm dụng bởi gói tin đến và OFF là khoảng băng thông nhàn rỗi giữa 2 gói tin đến liên tiếp. Điểm khác biệt cơ bản giữa luồng Poisson và luồng self-similar là dựa trên sự phân bố dữ liệu ON/OFF, trong đó luồng đến Poisson có dữ liệu ON/OFF phân bố ngẫu nhiên, trong khi dữ liệu ON/OFF của luồng đến self-similar có phân bố Pareto.



Hình 1. Luồng các gói tin đến

Theo bài báo [4], mỗi luồng self-similar được đặc trưng bởi một tham số Hurst để đo độ tương tự ON/OFF (ký hiệu là  $H$ ), với  $H=(3-\alpha)/2$  trong đó  $\alpha$  là tham số về hình dạng của dữ liệu ON/OFF ( $1 \leq \alpha \leq 2$ ). Nếu  $1 \geq H > 0.5$ , luồng sẽ có tính chất “Long Range Dependent” (LRD)

hay LRD Pareto vì nó có những đặc điểm của phân phối Pareto, trong khi nếu  $H \leq 0.5$  luồng có tính chất “Short Range Dependent” (SRD) hay SRD Poisson vì có những đặc điểm của phân bố Poisson.

Theo bài báo [2], các gói tin IP đến tại các nút biên vào sau khi tập hợp chùm tạo thành các chùm quang thì tham số Hurst đều giảm. Việc giảm giá trị tham số Hurst phụ thuộc vào kỹ thuật tập hợp chùm được sử dụng và giá trị ngưỡng tương ứng. Các tác giả cũng đã tính tham số Hurst của luồng các chùm sinh ra đối với 2 kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian (100µs và 160µs) và lai. Kết quả cho thấy rằng kỹ thuật dựa trên ngưỡng thời gian làm giảm tham số Hurst nhiều hơn kỹ thuật lai.

Theo bài báo [5][6], với tiêu chí đầu vào là luồng self-similar ( $H=0.9$  và  $0.7$ ), cùng với 3 giá trị ngưỡng thời gian 20µs, 60µs và 100µs được sử dụng, kết quả mô phỏng cho thấy tập hợp chùm dựa trên ngưỡng làm giảm đáng kể giá trị tham số Hurst của luồng sau khi tập hợp, trong khi tập hợp chùm lai lại không tác động đáng kể đến việc giảm này. làm cho giá trị tham số Hurst. Điều này là do các giá trị ngưỡng tập hợp chùm được chọn, nhưng các tác giả trong [5][6] chưa đưa ra được các khuyến cáo về cách chọn các giá trị ngưỡng này.

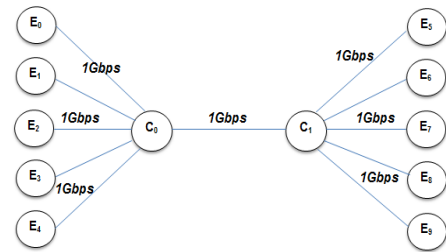
Trong bài báo [4], thông qua mô hình phân tích Erlang-B, các tác giả cũng đã chứng minh được rằng tỉ lệ mất chùm của luồng LRD Pareto là lớn hơn luồng SRD Poisson, với các trường hợp luồng đến self-similar  $H = 0.75$ ,  $H = 0.5$  và luồng Poisson truyền thống.

Tuy nhiên các đề xuất trên chưa xét đến trường hợp kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên độ dài, chưa xem xét đến tỉ lệ mất byte (được cho là chính xác hơn so với xem xét tỉ lệ mất chùm), chưa giải thích ảnh hưởng của việc chọn các giá trị ngưỡng tác động thế nào đến hiệu suất tập hợp chùm lai và thông lượng của các luồng chùm self-similar sinh ra tương ứng với các luồng self-similar đến có giá trị tham số Hurst khác nhau. Bài báo này sẽ cung cấp một cái nhìn tổng quát hơn về luồng chùm self-similar được sinh ra trong mạng OBS, với cả 3 kỹ thuật tập hợp chùm và tác động của nó đến hiệu năng mạng. Phân tích và so sánh lại dựa vào kết quả mô phỏng trên NS2-obs0.9a.

### 3. Các kịch bản mô phỏng và kết quả

Với mục tiêu của mô phỏng là (1) chứng minh nếu luồng IP đến là self-similar thì đặc điểm của luồng chùm sinh ra sau khi tập hợp chùm cũng là self-similar, nhưng có giá trị tham số Hurst nhỏ hơn; (2) so sánh tỉ lệ mất byte giữa các kỹ thuật tập hợp chùm khác nhau; và (3) so sánh thông lượng đối với các kỹ thuật tập hợp chùm khác nhau, nên chúng ta chỉ cần chọn mô hình mạng mô phỏng đơn giản là dumbbell, bao gồm 2 nút lõi ( $C_0$  và  $C_1$ ), 10 nút biên vào và ra ( $E_i$ ,  $i=0, \dots, 9$ ) kết nối với nhau bởi các sợi quang hỗ trợ 8 kênh bước sóng (với phân bố 2 kênh điều khiển và 6 kênh dữ liệu) có băng thông là 1GB/s (Hình 2).

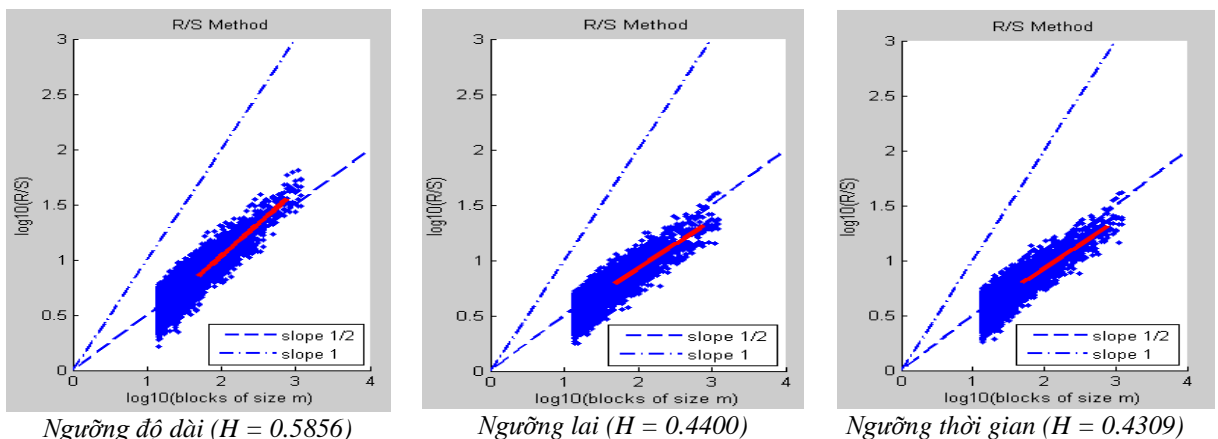
Các tham số khác bao gồm: Thời gian bù đắp (offsettime) là 10µs; Tốc độ các gói tin đến tại mỗi nút biên vào là 150000 bytes/s; Độ trễ đường truyền là 0.1ms; Ngưỡng thời gian và ngưỡng độ dài chùm được sử dụng trong các kỹ thuật tập hợp chùm là 80µs và 20000 bytes (cấp ngưỡng này phải được chọn sao cho, trong trường hợp tập hợp chùm lai, cơ hội đạt đến cả hai ngưỡng là tương đương nhau).



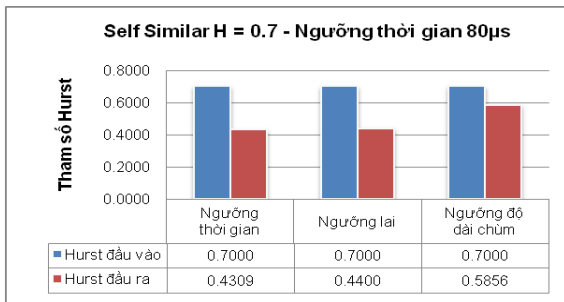
Hình 2. Mô hình mạng mô phỏng

#### 3.1. Đặc điểm của luồng sau khi tập hợp chùm

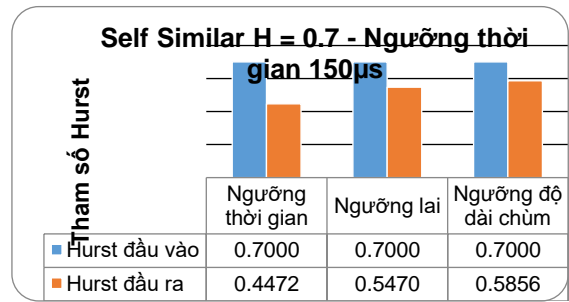
Với luồng IP đến là self-similar  $H=0.7$ , xem xét luồng của 6000 chùm sinh ra đầu tiên, trong thời gian mô phỏng 1 giây, phương pháp R/S [7] chứng minh được rằng luồng các chùm sinh ra tương ứng với 3 kỹ thuật tập hợp chùm khác nhau (dựa trên ngưỡng thời gian, ngưỡng độ dài chùm và lai) đều là self-similar (Hình 3). Kết quả tính toán cũng cho thấy rằng tính chất self-similar của luồng chùm sinh ra giảm so với luồng IP self-similar đến như trong Hình 4.



Hình 3. Biểu đồ tính tham số Hurst với luồng đến Self-Similar  $H = 0.7$ .



(a) với ngưỡng thời gian 80µs

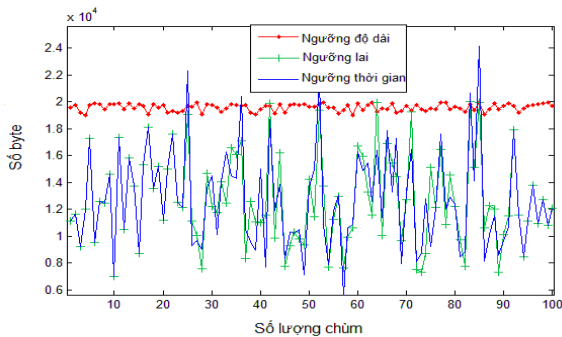


(b) với ngưỡng thời gian 150µs

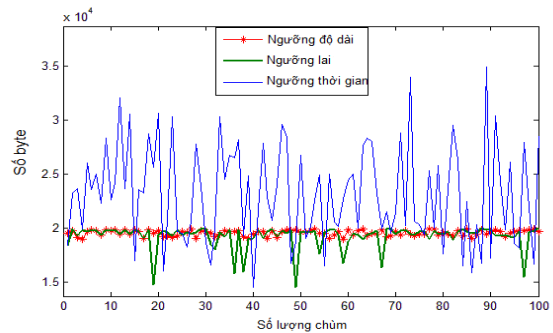
**Hình 4.** So sánh giá trị tham số Hurst của luồng các chùm sinh ra (với ngưỡng thời gian 80µs và 150µs) tương ứng với các kỹ thuật tập hợp chùm khác nhau

Khi so sánh 3 kỹ thuật tập hợp chùm, tham số Hurst tương ứng với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian có giá trị thấp nhất, trong khi tham số Hurst tương ứng với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài có giá trị cao nhất. Để tìm hiểu điều này, chúng tôi xem xét phân bố kích thước của các chùm sinh ra đối với cả 3 kỹ thuật tập hợp chùm.

Như mô tả trong Hình 5a, các chùm sinh ra tương ứng với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian và lai có kích thước thay đổi với biên độ khá ngẫu nhiên, trong khi với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài các chùm sinh ra có kích thước gần như bằng nhau. Điều này giải thích tại sao tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài làm giảm không đáng kể tính chất self-similar.



(a) với ngưỡng thời gian 80µs



(b) với ngưỡng thời gian 150µs

**Hình 5.** Phân bố độ dài chùm đối với 100 chùm sinh ra đầu tiên

Riêng đối với tập hợp chùm lai, tính chất self-similar của luồng các chùm sinh ra phụ thuộc vào việc chọn ngưỡng. Như mô tả trong Hình 5a, do ngưỡng thời gian được chọn thấp (80µs) nên khi thực hiện kỹ thuật tập hợp chùm lai, ngưỡng thời gian luôn đạt đến trước với tần suất cao hơn nhiều so với ngưỡng độ dài; do vậy tính self-similar của luồng các chùm được sinh ra bởi kỹ thuật tập hợp chùm lai là gần với luồng các chùm được sinh ra bởi kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian. Tuy nhiên, khi tăng ngưỡng thời gian lên, chẳng hạn là 150µs như trong Hình 5b, tính chất self-similar của luồng các chùm được sinh ra bởi tập hợp chùm lai sẽ gần giống hơn đối với luồng các chùm được sinh ra bởi tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài, bởi vì tần suất đạt đến ngưỡng độ dài cao hơn so với ngưỡng thời gian. Điều này được thể hiện rõ ở Hình 5b, trong đó các chùm sinh ra bởi tập hợp chùm lai có độ dài gần bằng nhau (như với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài). Tuy nhiên, cho dù tăng hay giảm ngưỡng thời gian hay ngưỡng độ dài thì giá trị tham số

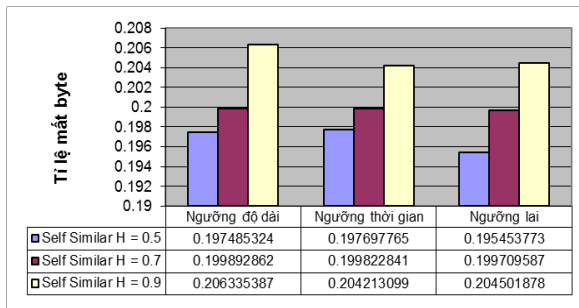
Hurst của tập hợp chùm lai luôn dao động trong khoảng  $[H_{\text{Ngưỡng thời gian}}, H_{\text{Ngưỡng độ dài}}]$ .

### 3.2. Hiệu năng dựa vào tỉ lệ mất byte

Tỉ lệ mất byte là một trong những yếu tố để đo lường hiệu năng của một mạng truyền thông và được xác định bởi công thức sau:

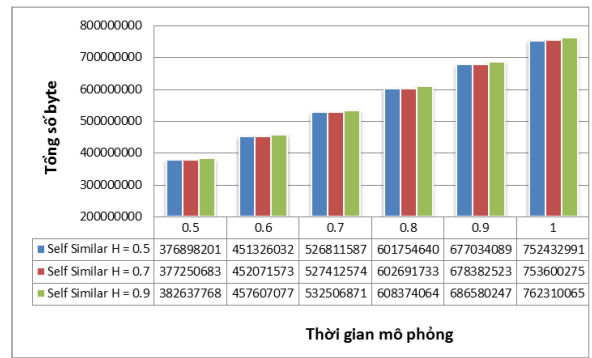
$$\text{Tỉ lệ mất byte} = \text{Số byte rơi} / \text{Tổng số byte gửi}$$

Chúng tôi tiến hành mô phỏng để so sánh tỉ lệ mất byte của 3 trường hợp luồng IP đến self-similar H=0.5, 0.7 và 0.9, với cả 3 kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng độ dài, ngưỡng thời gian và lai. Kết quả mô phỏng trong Hình 6 cho thấy rằng, đối với cả 3 kỹ thuật tập hợp chùm, tỉ lệ mất byte của luồng đến self-similar H=0.5 là thấp nhất, trong khi tỉ lệ mất byte với luồng đến H=0.9 là cao nhất. Để giải thích cho điều này chúng tôi xem xét mật độ các luồng IP đến tương ứng với các tham số Hurst khác nhau.



**Hình 6.** Tỉ lệ mất byte theo ngưỡng độ dài, ngưỡng thời gian và ngưỡng lai

Như mô tả trong Hình 7, khi luồng đến có tham số Hurst càng lớn thì lượng (mật độ) bytes gửi vào mạng càng lớn và rõ ràng điều này sẽ tăng khả năng xảy ra tắc nghẽn, làm cho các chùm sinh ra có thể bị loại bỏ cao hơn. Tuy nhiên, độ chênh lệch về tổng số bytes được gửi vào trong mạng đối với các tham số Hurst khác nhau là không đáng kể (khoảng 0.6%).

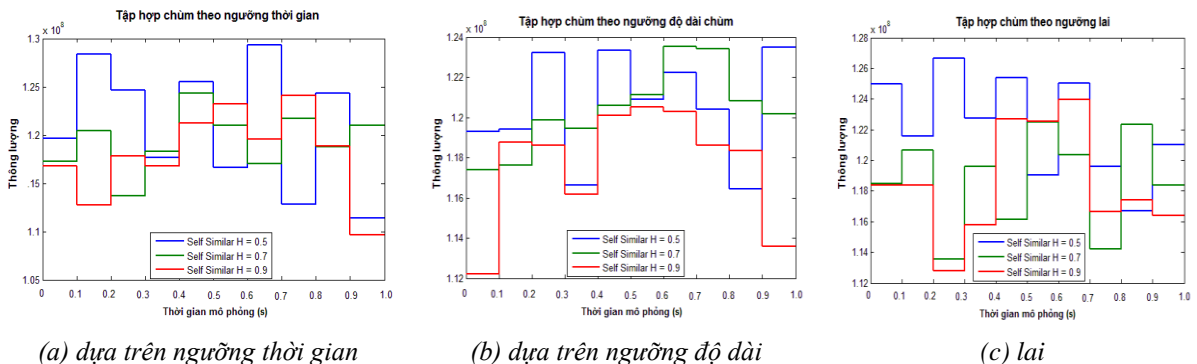


**Hình 7.** Tổng số byte gửi vào mạng biến động theo giá trị tham số Hurst

Rõ ràng chúng ta không thể quyết định được chọn luồng IP nào để có tỉ lệ mất byte thấp nhất vì tính chất self-similar của các luồng IP đến là tùy thuộc vào tình trạng các mạng truy cập. Điều mà chúng ta có thể điều chỉnh duy nhất là sử dụng kỹ thuật tập hợp chùm nào là phù hợp để tối thiểu lượng dữ liệu bị mất do tắc nghẽn. Như mô tả trong Hình 6, kỹ thuật dựa trên ngưỡng lai cho tỉ lệ mất byte thấp nhất.

**3.3. Hiệu năng dựa vào thông lượng mạng**

Thông lượng được xác định bằng số lượng byte gửi đến đích thành công trong khoảng thời gian 1s. Với cách tính thông lượng trung bình trong từng khoảng 0.1s (của thời gian mô phỏng 1s), đồ thị Hình 8 mô tả tình trạng thông lượng tương ứng với các kỹ thuật tập hợp chùm và tham số Hurst khác nhau.



**Hình 8.** Thông lượng trung bình đối với các kỹ thuật tập hợp chùm

Dựa trên kết quả mô phỏng trong Hình 8(a), (b) và (c), đối với cả 3 kỹ thuật tập hợp chùm, chúng ta thấy rằng thông lượng của luồng IP đến với H=0.5 luôn đạt mức cao, trong khi của luồng IP đến với H=0.9 luôn đạt mức thấp nhất. Tuy nhiên xét trung bình, sự chênh lệch về thông lượng giữa các luồng các chùm sinh ra tương ứng với các luồng IP đến khác nhau là không đáng kể (khoảng 1.5%).

Tóm lại, đối với các trường hợp luồng IP đến H=0.5, 0.7 và 0.9, tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian luôn cho kết quả tốt nhất, bao gồm giảm tính chất self-similar của luồng các chùm sinh ra, giảm tỉ lệ mất byte và tăng mức độ khai thác băng thông đường truyền. Tuy nhiên, nếu chọn được cặp ngưỡng độ dài chùm và ngưỡng thời

gian phù hợp, tập hợp chùm lai sẽ cho kết quả tương đương với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian.

**4. Kết luận**

Mạng OBS được đánh giá là cơ sở hạ tầng truyền thông tương lai và là nền tảng hỗ trợ cho mạng Internet thế hệ mới. Để làm được điều này, các hoạt động bên trong mạng OBS đều phải tính đến tính chất của các luồng dữ liệu đến từ các tầng trên. Qua kết quả thống kê, người ta đã chứng minh được rằng các luồng gói tin IP trên mạng Internet là self-similar và điều các nhà quản trị mạng luôn mong muốn là làm sao phải giảm tính chất này. Thông qua kết quả mô phỏng, bài viết đã chứng minh được rằng các kỹ thuật tập hợp chùm tại nút biên

mạng OBS có thể làm giảm tính chất self-similar của các luồng IP đến, trong đó kỹ thuật tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian cho kết quả tốt nhất. Kết quả mô phỏng cũng đã chỉ ra rằng, ngoài việc làm giảm tính chất self-similar, tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian còn làm giảm tỉ lệ mất byte và tăng thông lượng đường truyền. Nếu chúng ta chọn được cặp ngưỡng độ dài chùm và ngưỡng thời gian phù hợp, tập hợp chùm dựa trên ngưỡng lại có thể cho kết quả tương đương với tập hợp chùm dựa trên ngưỡng thời gian.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] An Ge et al., *On optical Burst Switching and Self-similar Traffic*, IEEE, Comm, March 2000, pp. 68-100.
- [2] Se-yoon Oh et al., *A Data Burst Assembly Algorithm in Optical Burst Switching Networks*, ETRI Journal, Vol. 24, No. 4 (2002), pp. 311-322.
- [3] M. Taqqu et al., *Proof of a Fundamental Result in Self-Similar Traffic Modeling*, ACM, Computer Communication Review, Apr. 1997, pp. 5-23.
- [4] M.H.S. Morsy et al., Shalaby, *Upper and Lower Bounds of Burst Loss Probability for a Core Node in an Optical Burst Switched Network with Pareto distributed arrivals*, 17<sup>th</sup> International Conference on Telecoms (2010), pp.1-6.
- [5] B. Kantarci et al., *Performance of OBS techniques under self-similar traffic based on various burst assembly techniques*, ELSEVIER, Computer Communications, Vol. 30 (2007), pp. 315–325.
- [6] B. Kantarci et al., *Analyzing the effects of burst assembly in optical burst switching under self-similar traffic*, Advanced Industrial Conference on Telecommunications (AICT 2005), pp. 109-114.
- [7] M. Gospodinov et al., *The graphical methods for estimating Hurst parameter of self-similar network traffic*, in: Proc. International Conference on Computer Systems and Technologies (2005), pp. 1–6.

(BBT nhận bài: 07/01/2014, phản biện xong: 06/02/2014)