

CẢI THIỆN HIỆU NĂNG NÚT CHUYỂN MẠCH GÓI TOÀN QUANG CHO MẠNG TRUNG TÂM DỮ LIỆU

Cao Hồng Sơn

Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt—Trong bài báo đã đề xuất một giải pháp cải thiện hiệu năng nút chuyển mạch gói (OPS-*Optical Packet Switching*) toàn quang cho các mạng trung tâm dữ liệu (DCN-*Data Center Network*), sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng để giải quyết tranh chấp gói quang. Hiệu năng của nút OPS toàn quang được phân tích thông qua tham số xác suất mất gói (PLP-*Packet Loss Probability*). Các kết quả tính toán số cho thấy tham số hiệu năng nút dựa trên xác suất mất gói được cải thiện so với trường hợp nút không sử dụng giải pháp giải quyết xung đột gói quang hoặc chỉ sử dụng đơn lẻ một kỹ thuật.

Từ khóa— Mạng trung tâm dữ liệu (DCN), chuyển mạch gói quang (OPS), chuyển mạch gói quang đồng bộ với các gói kích cỡ cố định, giải quyết tranh chấp gói quang, đệm quang và chuyển đổi bước sóng.

I. GIỚI THIỆU

Trong những năm vừa qua, với sự gia tăng nhanh chóng trong việc sử dụng tính toán phân tích quy mô lớn (Dữ liệu lớn), cùng với trực quan hóa máy chủ mở rộng, cũng như các môi trường tính toán hiệu năng cao (HPC-*High Performance Computing*) [1], đòi hỏi nhu cầu rất cao đối với tốc độ chuyển mạch gói tại các nút mạng và băng thông phân chia không nghẽn trong mạng tập hợp và mạng lõi của các trung tâm dữ liệu, gây ra quá tải cho các mạng trung tâm dữ liệu truyền thống. Bên cạnh đó chi phí tiêu thụ điện năng ngày càng tăng trong các trung tâm dữ liệu là một mối quan tâm quan trọng khác với mức tiêu thụ năng lượng của trung tâm dữ liệu toàn cầu [2]. Các giải pháp chuyển mạch quang hiện đang được coi là một lựa chọn khả thi cho mạng trung tâm dữ liệu trong tương lai do có khả năng truyền tải các luồng dữ liệu tốc độ bit siêu cao, mà còn đạt được thông lượng chuyển mạch cực lớn, tiết kiệm chi phí và năng lượng [3].

Các DCN được đề xuất mới nhất sử dụng mô hình kiến trúc chuyển mạch gói toàn quang sử dụng kỹ thuật xử lý mào đầu gói quang dựa trên điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM- *Modified Pulse Position Modulation*), có khả năng làm giảm thời gian xử lý mào đầu hiệu quả hơn so với kỹ thuật xử lý mào đầu điện tử và kỹ thuật xử lý mào đầu

quang khác, do đó làm giảm đáng kể thời gian trễ truyền các gói dịch vụ đồng thời làm tăng thông lượng chuyển mạch [4]. Tuy nhiên, vấn đề quan trọng cần được giải quyết để cải thiện hiệu năng của OPS là vấn đề giải quyết tranh chấp gói. Cơ chế giải quyết tranh chấp là một phần không thể thiếu của bất kỳ cơ cấu chuyển mạch nào, trong đó xử lý các gói tranh chấp một tài nguyên mạng chung.

Trong bài báo này, đã đề xuất một giải pháp cải thiện hiệu năng nút OPS toàn quang có xử lý mào đầu gói quang dựa trên MPPM cho các mạng DCN, sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng để giải quyết tranh chấp gói quang. Đây cũng chính là đề xuất mới trên cơ sở của kiến trúc nút OPS toàn quang được đưa ra trong tham khảo [4] [5]. Thông qua mô hình giải tích đã tiến hành phân tích, khảo sát và đưa ra các kết quả liên quan tới tham số hiệu năng xác suất mất gói, PLP.

Bài báo được cấu trúc như sau. Phần một là phần giới thiệu. Tiếp theo, phần hai là kiến trúc nút chuyển mạch gói quang toàn quang đề xuất. Trong phần ba, sẽ tiến hành phân tích hiệu năng nút chuyển mạch gói quang toàn quang về xác suất mất gói. Phần thứ tư là các kết quả khảo sát hiệu năng nút chuyển mạch gói quang toàn quang trên cơ sở của các tính toán số. Cuối cùng, phần thứ năm là phần kết luận của bài báo.

II. KIẾN TRÚC NÚT CHUYỂN MẠCH GÓI TOÀN QUANG

A. Các kỹ thuật giải quyết tranh chấp gói quang

1- Đệm quang

Bộ đệm quang lưu tạm thời một số gói quang tranh chấp cho đến một khe thời gian nhất định sau đó. Do chưa có các bộ nhớ quang, lựa chọn thiết thực duy nhất hiện nay là sử dụng đường dây trễ quang (FDL- *Fiber Delay Line*). Cụ thể, các gói quang tranh chấp được lưu tạm thời bằng cách đi qua một đoạn sợi được gắn với nút chuyển mạch, như Hình 1a.

Chuyển mạch quang với bộ đệm về cơ bản có thể được phân loại theo vị trí của các bộ đệm như chuyển mạch đệm đầu ra, chuyển mạch đệm đầu vào và chuyển mạch đệm quay vòng. Đệm đầu vào có hiệu năng kém nhất do nghẽn đầu hàng (HOL- *Head Of Line*); cụ thể, một gói không nằm ở đầu hàng đệm có thể bị nghẽn ngay cả khi cổng đầu ra yêu cầu của nó có sẵn. Đệm đầu ra đạt được hiệu năng tốt hơn; tuy nhiên, độ phức tạp của chuyển mạch tăng lên rất

Tác giả liên hệ: Cao Hồng Sơn,

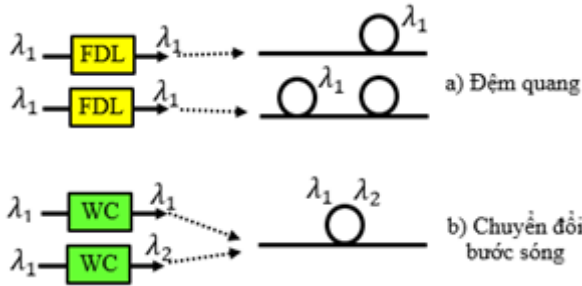
Email: sonch@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 9/2022, chỉnh sửa: 10/2022, chấp nhận đăng: 11/2022.

nhieu khi yêu cầu chuyển mạch tốc độ cao (tải đầu vào lớn). Để giải quyết các vấn đề, sử dụng đệm quay vòng, trong đó toàn bộ các cổng ra chuyển mạch sẽ chia sẻ một nhóm các bộ đệm, được thiết lập để nối vòng lại đến phía đầu vào của chuyển mạch [5].

2- Chuyển đổi bước sóng

Chuyển đổi bước sóng là công nghệ chuyển đổi gói quang từ một bước sóng này sang một bước sóng rồi khác, đã được nghiên cứu rộng rãi trong những năm gần đây. Bằng cách sử dụng chuyển đổi bước sóng, các tranh chấp có thể được giải quyết bằng cách chuyển các gói tranh chấp sang các bước sóng rồi khác trong liên kết đầu ra, như Hình 1b. Bộ chuyển đổi bước sóng có thể có hai loại, thứ nhất là bộ chuyển đổi bước sóng đầy đủ (FRWC- *Full Range Wavelength Converters*) và thứ hai là bộ chuyển đổi bước sóng giới hạn (LRWC- *Limited Range Wavelength Converters*). FRWC có khả năng chuyển đổi bất kỳ bước sóng nào sang bất kỳ bước sóng rồi khác [5].



Hình 1. Giải quyết tranh chấp gói quang: a) Đệm quang; b) Chuyển đổi bước sóng.

3- Định tuyến lệch hướng

Định tuyến lệch hướng là làm lệch hướng các gói quang tranh chấp đến các tuyến đầu ra khác hơn tuyến định trước ban đầu. Bằng cách sử dụng dung lượng rồi trên các tuyến ít tải hơn, định tuyến lệch hướng giúp giảm kích thước bộ đệm và số lượng của các cổng quang. Những hạn chế chính bao gồm một số gói có thể phải đi qua các tuyến khá dài trước khi cuối cùng đến đích với một chất lượng tín hiệu bị suy giảm và làm tăng thời gian trễ; phần quản lý và điều khiển lưu lượng mạng cũng có thể trở nên phức tạp hơn. Ngoài ra, hiệu quả của kỹ thuật này phụ thuộc rất nhiều vào kiến trúc mạng [5].

Do đó, giải pháp giải quyết tranh chấp gói quang sử dụng cho nút chuyển mạch gói toàn quang đề xuất cho các mạng trung tâm dữ liệu là sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng.

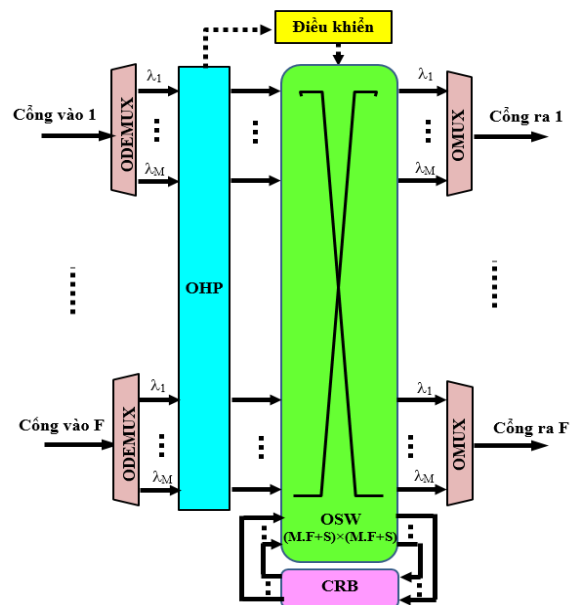
B. Kiến trúc nút OPS toàn quang đề xuất

Các kiến trúc OPS có khả năng kết nối hàng nghìn cổng vào-ra trong khi có thể điều khiển theo thang thời gian nano giây. Trong đó, thông tin trao đổi nội bộ và nội cụm vẫn được điều khiển bởi các chuyển mạch điện tử, trong khi giao tiếp giữa các cụm được xử lý bởi một OPS. OPS thực hiện kết nối các cụm với nhau bằng các cổng vào/ra tốc độ bit cao. Chuyển mạch hoạt động hoàn toàn trong miền quang [4].

Kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang đề xuất như hình 2. Kiến trúc chuyển mạch gói toàn quang này có khả năng mở rộng dễ dàng, đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật của trung tâm dữ liệu quy mô lớn. Do dữ liệu liên kết trong mạng DC qui mô lớn đòi hỏi tốc độ rất cao, để tránh xảy ra

hiện tượng tranh chấp gói quang trong nút OPS đòi hỏi phải có các giải pháp xử lý tranh chấp gói quang. Trong kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang có xử lý mào đầu gói quang dựa trên MPPM đề xuất đã sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng (khối giải quyết tranh chấp, CRB-*Contention Resolution Block*) cho mục đích này. Trong đó, kết hợp tính tối ưu về mặt chi phí của kỹ thuật đệm quang và tính dễ thực hiện, trễ nhỏ, có thể tích hợp trong mạch quang của kỹ thuật chuyển đổi bước sóng.

Trong kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang đề xuất có F cổng (sợi) vào và F cổng ra. Mỗi cổng vào/ cổng ra có M bước sóng. Khối CRB được gọi chung là khối đệm (kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng) có S cổng vào, S cổng ra. Mỗi đầu vào ra có các bộ tách bước sóng quang (ODEMUX- *Optical DeMultiplexer*) và ghép bước sóng quang (OMUX- *Optical Multiplexer*), bộ xử lý mào đầu toàn quang (OHP-*Optical Header Processor*) dựa trên MPPM [6], bộ điều khiển để điều khiển chuyển mạch các gói đến khối CRB khi có tranh chấp và đưa ra các cổng ra yêu cầu.



Hình 2. Kiến trúc chuyển mạch gói quang đề xuất.

Các mô-đun chuyển mạch gói quang hoạt động như sau. Bộ xử lý mào đầu toàn quang sẽ tách mào đầu ra khỏi tải trọng gói và được xử lý để tách địa chỉ mào đầu và điều khiển các chuyển mạch trong khối chuyển mạch quang (OSW- *Optical SWitch*) để chuyển các gói đến cổng ra yêu cầu hoặc chuyển các gói đến bộ đệm khi xảy ra tranh chấp.

Mỗi khối CRB bao gồm S bộ chuyển đổi bước sóng đầy đủ (FRWC) và bộ đệm quang FDL và nó hoạt động như sau. Xét một gói đến ở bước sóng λ_1 của cổng vào 1 chuyển tới cổng đầu ra 1. Đồng thời một hoặc nhiều gói hơn ở bước sóng λ_1 của các cổng vào ($2 \div F$) chuyển tiếp tới đầu ra 1. Trong trường hợp này, các gói tranh chấp sẽ được chuyển đến khối CRB được đưa qua các FRWC khác nhau và sau đó được chuyển đổi thành các bước sóng khác nhau, hoặc các gói tranh chấp được đưa qua các FDL có trễ khác nhau, hoặc đồng thời đưa qua cả các FRWC và FDL. Sau đó các gói này sẽ được đưa vào khối OSW và tranh chấp được giải quyết.

III. PHÂN TÍCH HIỆU NĂNG CỦA NÚT CHUYÊN MẠCH GÓI QUANG

Trong phần này, hiệu năng của nút được tính dựa trên xác suất mất gói, PLP.

Xác suất mất gói, PLP , là tham số quan trọng để đánh giá khả năng xử lý của nút OPS. Xác suất mất gói, được định nghĩa là xác suất các gói vào bị mất khi không có một bước sóng đầu ra phục vụ cho gói.

Sau đây sẽ đưa ra một mô hình phân tích cho một cổng ra P của nút OPS. Để phân tích, xét kịch bản sau:

- Quá trình đến của các mào đầu gói (trong các gói đến) tương ứng với các gói có đích đến cổng ra P tại nút OPS là quá trình Poisson với tốc độ λ_p ; tốc độ đến này là tốc độ tổng trên tất cả các cổng vào.

- Các bước sóng đầu ra dành cho gói đã cho phải có thời gian rỗi lớn hơn chiều dài các gói; tối thiểu bước sóng phải phục vụ trong khoảng thời gian bằng độ dài gói cộng với thời gian cấu hình chuyển mạch, để cho phép thiết lập cơ cấu chuyển mạch quang để thiết lập một kết nối từ một cổng vào đến một cổng ra. Do đó, thời gian phục vụ hiệu quả của một gói là lượng thời gian để một bước sóng đầu ra phục vụ cho gói.

Sử dụng công thức Erlang B để thu được xác suất mất gói với chiều dài gói thay đổi theo phân bố hàm số mũ M . Công thức Erlang B cho hệ thống m -server với cường độ lưu lượng ρ được xác định như sau [7]:

$$Erl(\rho, m) = \frac{\rho^m / m!}{\sum_{i=0}^m (\rho^i / i!)} \quad (1)$$

Dựa trên mô hình này, công ra của nút OPS sẽ hoạt động như một hệ thống tồn thất Erlang nhiều server $M/M/W/W$, trong đó W là số bước sóng của cổng.

Cường độ lưu lượng ρ của hàng đợi là tích của tốc độ đến của gói và tổng thời gian xử lý gói tại nút, $\rho = \lambda_p((T_{HP} + T_{SW}) + T_{Packet} + T_{CRB})$, trong đó T_{HP} là thời gian xử lý mào đầu, T_{SW} là thời gian chuyển mạch của các chuyên mạch toàn quang, T_{CRB} là thời gian xử lý tranh chấp gói, λ_p là tốc độ đến của gói. Do đó, xác suất mất gói, PLP cho bởi:

$$PLP = \frac{\frac{1}{W!} [\lambda_p((T_{HP} + T_{SW}) + T_{Packet} + T_{CRB})]^W}{\sum_{i=0}^W \frac{1}{i!} [\lambda_p((T_{HP} + T_{SW}) + T_{Packet} + T_{CRB})]^i} \quad (2)$$

Thời gian xử lý mào đầu, T_{HP} được định nghĩa là khoảng thời gian từ khi gói đến một nút cho đến khi bộ xử lý mào đầu xác định được thông tin điều khiển [8].

Trong kiến trúc nút OPS đề xuất sử dụng xử lý mào đầu gói dựa trên kỹ thuật MPPM, thời gian xử lý này bao gồm thời gian yêu cầu để tách định thời và thời gian yêu cầu để nhận dạng mào đầu. Thời gian nhận dạng mào đầu bao gồm thời gian chuyển đổi địa chỉ MPPM (trong khối tách mào đầu) và thời gian tương quan giữa địa chỉ mào đầu MPPM và mẫu địa chỉ MPP-SRT (chỉ duy nhất một cổng AND hoạt động). Do cả hai nhiệm vụ chuyển đổi địa chỉ MPPM trong khối tách mào đầu và nhiệm vụ lựa chọn bảng định tuyến con MPPM và tạo các mẫu địa chỉ trong bảng định tuyến con này được thực hiện đồng thời, nên thời gian chuyển đổi địa chỉ MPPM trong khối tách mào đầu thực chất chính là bằng thời gian chọn bảng con và thời gian tạo các mẫu địa chỉ trong bảng định tuyến con MPPM. Vì vậy, thời gian nhận dạng mào đầu do xử lý mào đầu dựa trên kỹ thuật MPPM, $T_{MPPM-HR}$, được xác định [9]:

$$\begin{aligned} T_{MPPM-HR} &= T_{MPPM-ACM} + T_{AND} \\ &= 2^{N-C} \times T_S + T_{AND} \end{aligned} \quad (3)$$

Do đó, biểu thức tính cho thời gian xử lý mào đầu, $T_{MPPM-HP}$, được viết dưới dạng:

$$\begin{aligned} T_{MPPM-HP} &= T_{CE} + T_{MPPM-ACM} + T_{AND} \\ &= T_{CE} + 2^{N-C} \times T_S + T_{AND} \end{aligned} \quad (4)$$

IV. KẾT QUẢ KHẢO SÁT HIỆU NĂNG

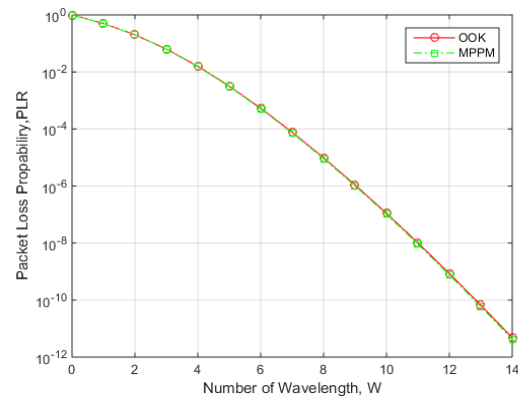
Trong phần này, các kết quả khảo sát hiệu năng sẽ được trình bày dựa trên các công thức giải tích trong phần III. Tham số hiệu năng xác suất mất gói của nút được xem xét phụ thuộc rất nhiều tham số như số bước sóng sử dụng, số cổng vào ra của khối CRB, tốc độ bit truyền gói.

Trên cơ sở các kết quả khảo sát sẽ so sánh hiệu năng nút chuyên mạch gói toàn quang sử dụng lược đồ xử lý mào đầu đề xuất MPPM với lược đồ xử lý mào đầu điện dựa trên khóa tắt-mở (OOK-On-Off Keying) trong cùng một điều kiện giải quyết tranh chấp gói quang, sử dụng 4 FRWC.

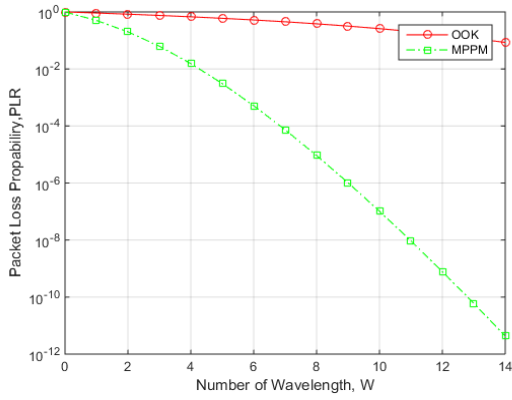
Hình 3 chỉ ra quan hệ xác suất mất gói theo số bước sóng với chiều dài gói khác nhau tại một nút OPS. PLP được tính như theo công thức (2) trong trường hợp tốc độ bit truyền gói $R_b = 10\text{Gb/s}$. Thời gian xử lý mào đầu điện OOK như đưa ra trong [10] là xấp xỉ $10\ \mu\text{s}$. Thời gian $T_{SW} = 100\text{ps}$, thời gian xử lý mào đầu $T_{MPPM-HP} \approx 400\text{ps}$ khi $R_b = 10\text{Gb/s}$. Rõ ràng là, xử lý mào đầu dựa trên MPPM giúp làm giảm xác suất mất gói, PLP so với xử lý mào đầu điện tử, đặc biệt khi chiều dài gói ngắn và tốc độ gói đến các nút mạng lớn.

Từ hình 3 cho xác suất mất gói, PLP đối với giải pháp xử lý mào đầu dựa trên MPPM là nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất mất gói đối với giải pháp xử lý mào đầu điện, đặc biệt khi chiều dài gói, $T_{Packet} < 1\ \mu\text{s}$ và tốc độ đến của gói $> 10^6$ gói/s. Tuy nhiên, khi $T_{Packet} > 1\ \mu\text{s}$ thì xác suất mất gói trong cả hai giải pháp xử lý mào đầu là tương đối giống nhau vì khi đó T_{Packet} dài hơn rất nhiều so với so với T_{HP} .

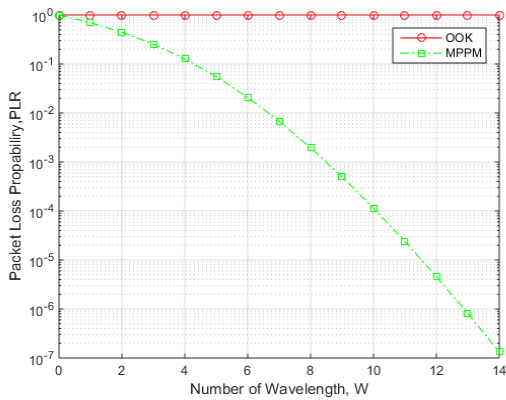
Khi chiều dài gói nhỏ hơn 1ns , thì xác suất mất gói của giải pháp xử lý mào đầu MPPM nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất mất gói của giải pháp xử lý điện, đặc biệt khi tốc độ gói đến lớn. Hơn nữa, khi số bước sóng sử dụng W trên cổng ra càng tăng sẽ làm giảm xác suất mất gói của mạng OPS.



(a)



(b)

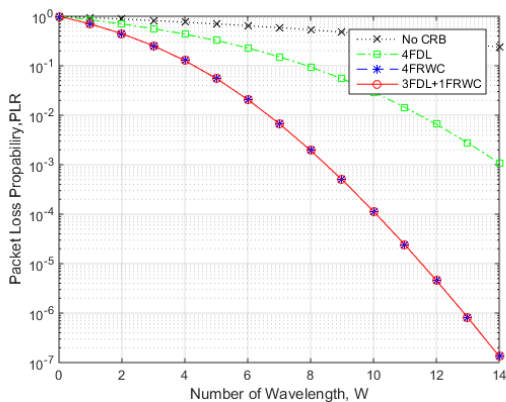


(c)

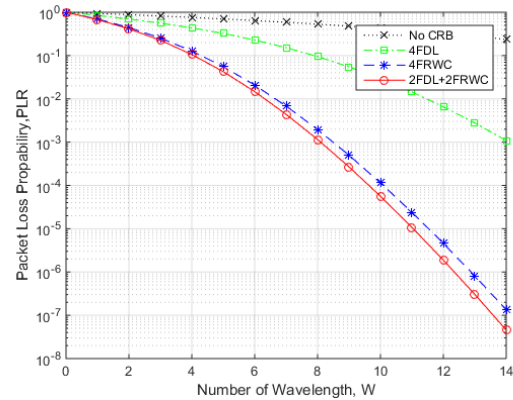
Hình 3. Xác suất mất gói, PLP thay đổi theo số bước sóng W sử dụng

- (a) Khi $R_b=10\text{Gb/s}$, $\lambda_p = 10^3$ gói/s, $T_{\text{packet}}=1\text{ms}$;
- (b) Khi $R_b=10\text{Gb/s}$, $\lambda_p = 10^6$ gói/s, $T_{\text{packet}}=1\mu\text{s}$;
- (c) Khi $R_b=10\text{Gb/s}$, $\lambda_p = 10^9$ gói/s, $T_{\text{packet}}=1\text{ns}$;

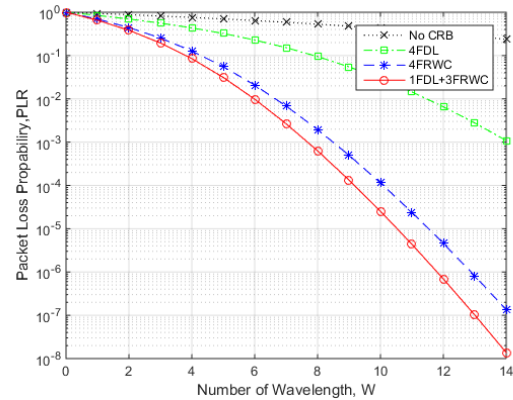
Tiếp theo chúng ta sẽ so sánh xác suất mất gói, PLP của nút OPS toàn quang có xử lý mào đầu MPPM, sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng để giải quyết tranh chấp gói quang. Hình 4 chỉ ra quan hệ PLP theo số bước sóng với sử dụng kết hợp FDL và FRWC tại một nút OPS.



(a)



(b)



(c)

Hình 4. Xác suất mất gói, PLP thay đổi theo số bước sóng W sử dụng

- (a) Khi sử dụng kết 1FDL và 3FRWC;
- (b) Khi sử dụng kết 2FDL và 2FRWC;
- (c) Khi sử dụng kết 3FDL và 1FRWC;

PLP được tính như theo công thức (2) trong trường hợp tốc độ bit truyền gói $R_b=10\text{Gb/s}$. Thời gian $T_{SW}=100\text{ps}$, thời gian xử lý mào đầu $T_{MPPM-HP}\approx 400\text{ps}$; $\lambda_p=10^9$ gói/s, $T_{\text{packet}}=1\text{ns}$; Rõ ràng là, khi sử dụng kết hợp FDL và FRWC tại một nút OPS giúp làm giảm xác suất mất gói, PLP so với khi không sử dụng CRB hoặc khi chỉ sử dụng đơn lẻ một kỹ thuật.

Từ hình 4 cho xác suất mất gói, PLP đối với giải pháp sử dụng kết hợp 1FDL và 3FRWC là nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất mất gói đối với giải pháp kết hợp khác.

Như vậy, trên cơ sở phân tích về tham số hiệu năng PLR nút chuyển mạch toàn quang của hai giải pháp xử lý mào đầu ở trên và dựa trên các loại dịch vụ sử dụng trên mạng hiện nay xin được đề xuất với lưu lượng truyền trên mạng OPS toàn chủ yếu là các dịch vụ gói có độ dài gói lớn với $T_{\text{packet}} > 1\text{ms}$ khuyến nghị sử dụng giải pháp xử lý mào đầu điện hoặc MPPM, với lưu lượng truyền trên mạng OPS chủ yếu là các dịch vụ gói có độ dài gói nhỏ với $T_{\text{packet}} < 10\mu\text{s}$ khuyến nghị sử dụng MPPM. Trong trường hợp cần hiệu năng nút chuyển mạch gói quang tốt nhất cần sử dụng giải pháp sử dụng kết hợp FDL và FRWC để giải quyết tranh chấp gói quang.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một giải pháp cải thiện hiệu năng nút chuyển mạch gói toàn quang cho các mạng trung tâm dữ liệu, sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng để giải quyết tranh chấp gói quang. Mô hình giải tích cho phân tích tham số hiệu năng của nút đề xuất được xây dựng. Các kết quả khảo sát hiệu năng chứng tỏ rằng với kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang đề xuất đã góp phần cải thiện hiệu năng của nút. Cụ thể làm giảm được xác suất mất gói khi truyền các gói quang. Các kết quả cho thấy mô hình kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang có xử lý mào đầu gói quang dựa trên MPPM, sử dụng kết hợp kỹ thuật đệm quang và chuyển đổi bước sóng để giải quyết tranh chấp gói quang là giải pháp hiệu quả để áp dụng triển khai trong các mạng trung tâm dữ liệu qui mô lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Torsten Hoefler, Ariel Hendel, Duncan Roweth, "The Convergence of Hyperscale Data Center and High-Performance Computing Networks", Computer, pp. 29-37, vol. 55, 2022.
- [2] Wang, Jingyan & Basu, Sohini & McArdle, Conor & Barry, Liam, "Large-scale Hybrid Electronic/Optical Switching Networks for Datacenters and HPC Systems", 10.1109/CloudNet. 2015. 7335288, 2015.
- [3] Efthymios N. Lallas, "A survey on key roles of optical switching and labeling technologies on big data traffic of Data Centers and HPC environments," AIMS Electronics and Electrical Engineering, vol. 3, Issue. 3, pp. 233-256, 2019.
- [4] Cao Hồng Sơn, "Mô hình nút chuyển mạch gói toàn quang sử dụng kỹ thuật xử lý mào đầu MPPM cho mạng trung tâm dữ liệu", Tạp chí khoa học công nghệ thông tin và truyền thông, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, số 01 (CS.01)), trang 49-55, 2021.
- [5] Cao Hồng Sơn, "Nghiên cứu nút chuyển mạch gói quang trong các mạng trung tâm dữ liệu", Đề tài NCKH Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, mã số 02-2021-HV-VT1, 2021.
- [6] Son H.Cao, Hong M.Nguyen, and Quy Q.Ho "Improving Performance of All-Optical Packet Switching Network with a Modified Pulse Position Modulation Routing Table", International Journal of Electronics and Data Communications, Vol.3, No.3, pp.90-99, 11-2015.
- [7] Teng, Jing, and George N. Rouskas, "A Detailed Analysis and Performance Comparison of Wavelength Reservation Schemes for Optical Burst Switched Networks", Photonic Network Communications, vol 9, no.3, pp. 311-335, 2005.
- [8] Barakat, Neil, and Thomas E. Darcie, "The control-plane stability constraint in optical burst switching networks", IEEE communications letters, vol.11, no.3, pp. 267-269, 2007.
- [9] Son H.Cao, "Multi-wavelength All-Optical Packet Switching Node Using Modified Pulse Position Modulation Header Processing", Tạp chí khoa học và công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội số 43, trang 3-7, 12-2017.
- [10] Pagaria, Lalit Kumar, T. Venkatesh, and C. Siva Ram Murthy, "Modeling the impact of control plane losses on the performance of optical burst switched core node", IEEE Communications Letters, vol.14, no.11, pp. 1071-1073, 2010.

IMPROVING PERFORMANCE OF ALL-OPTICAL PACKET SWITCHING NODE IN DATA CENTER NETWORKS

Abstract – In the paper we propose a performance improvement solution of all-optical packet switching node (OPS) in data center networks (DCNs), using a combination of techniques optical buffering and wavelength conversion to resolve optical packet contention. The performance of the all-optical OPS node is analyzed through the packet loss probability parameter. The numerical calculation results show that the node performance parameter based on the probability of packet loss is improved compared with the case where the node does not use the solution of optical packet contention or uses only a single technique.

Key words - Data Center Network (DCN), Optical Packet Switching (OPS), Synchronous Optical Packet Switching with Fixed Size Packets, optical packet contention resolution, optical buffering and wavelength conversion.



Cao Hồng Sơn

Nhận học vị Tiến sĩ năm 2017

Hiện công tác tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Lĩnh vực nghiên cứu: Chuyển mạch quang, Mạng truyền thông quang, Mạng chuyển mạch gói quang.