MÔ HÌNH NÚT CHUYỂN MẠCH GÓI TOÀN QUANG SỬ DỤNG KỸ THUẬT XỬ LÝ MÀO ĐẦU MPPM 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 mô hình kiến trúc nút chuyển mạch gói (OPS-*Optical Packet Switching*) toàn quang sử dụng khối xử lý mào đầu gói dựa trên kỹ thuật điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM-*Modified Pulse Position Modulation*), sử dụng cho các mạng trung tâm dữ liệu (DCN-*Data Center Network*). Hiệu năng của nút OPS toàn quang được phân tích thông qua tham số thời gian xử lý mào đầu của nút, tham số xác suất mất gói và thông qua tham số hiệu quả sử dụng mạng. Các kết quả tính toán số cho thấy thời gian xử lý mào đầu của nút giảm đáng kể và tham số hiệu năng nút dựa trên xác suất mất gói, cũng như hiệu quả sử dụng mạng được cải thiện so với trường hợp nút sử dụng giải pháp xử lý mào đầu điện và xử lý mào đầu điều chế vị trí xung (PPM- *Pulse Position Modulation*).

***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, xử lý mào đầu gói quang dựa trên MPPM.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

Tốc độ tăng trưởng khổng lồ của lưu lượng IP và dữ liệu lớn kết nối giữa các trung tâm dữ liệu (DC-*Data Center*) cũng như các môi trường tính toán hiệu năng cao (HPC-*High Performance Computing*), đòi hỏi nhu cầu siêu cao về dung lượng liên kết và tốc độ chuyển mạch gói tại các nút mạng. Để đáp ứng những nhu cầu cực cao đặc biệt là tốc độ chuyển tiếp và định tuyến gói, nhiều công nghệ đã được thiết lập, chẳng hạn như công nghệ chuyển mạch quang cực nhanh và công nghệ chuyển mạch gói quang đã cung cấp các giải pháp đầy đủ, không chỉ bằng cách truyền tải các luồng dữ liệu tốc độ bit cực cao, mà còn đạt được thông lượng kết nối chéo cực lớn Pb/s, tiết kiệm chi phí và năng lượng [1].

Trong các mạng trung tâm dữ liệu hiện nay, các thiết bị chuyển mạch điện tử chưa đáp ứng được các nhu cầu về băng thông nhiều hơn, mức tiêu thụ điện năng thấp và độ trễ nhỏ [2]. Các thiết bị chuyển mạch kênh quang (OCS-*Optical Channel Switching*) có thể tăng băng thông đáng kể nhưng không phù hợp với lưu lượng thay đổi. Các DCN được đề xuất mới nhất sử dụng công nghệ chuyển mạch gói quang (OPS) có khả năng đạt được thông lượng cao, mềm dẻo phù hợp với các dịch vụ có tính bùng nổ. Đặc biệt, giải quyết được hiện tượng thắt nút cổ chai, gia tăng được thông lượng chuyển mạch. Tuy nhiên trong các công trình này đã đưa ra các mô hình kiến trúc chuyển mạch gói quang sử dụng các bộ xử lý mào đầu điện tử, do đó làm tăng thời gian xử lý gói tại các nút chuyển mạch.

Trong bài báo này, đã đề xuất một mô hình kiến trúc chuyển mạch gói toàn quang sử dụng kỹ thuật xử lý mào đầu gói quang dựa trên MPPM, 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 PPM, do đó làm giảm đáng kể thời gian trễ truyền các gói dịch vụ đồng thời làm tăng thông lượng chuyển mạch. Thông qua mô hình giải tích đã tiến hành khảo sát và đưa ra các kết quả liên quan tới các tham số hiệu năng hiệu quả sử dụng mạng (U) và xác suất mất gói (PLP-*Packet Loss Probability*) cũng như thời gian xử lý mào đầu gói (T_{HP}).

Phần còn lại của bài báo được bố cục như sau. Kiến trúc nút chuyển mạch gói quang toàn quang đề xuất được giới thiệu trong phần hai. Trong phần ba, sẽ tiến hành xây dựng công thức phân tích hiệu năng nút chuyển mạch gói quang toàn quang về hiệu quả sử dụng mạng và xác suất mất gói cũng như thời gian xử lý mào đầu gói. Các kết quả tính toán số và các đánh giá về các kết quả này sẽ được trình bày trong phần thứ tư. Cuối cùng, phần thứ năm là phần kết luận của bài báo.

II. MÔ HÌNH KIẾN TRÚC NÚT CHUYỂN MẠCH GÓI TOÀN QUANG

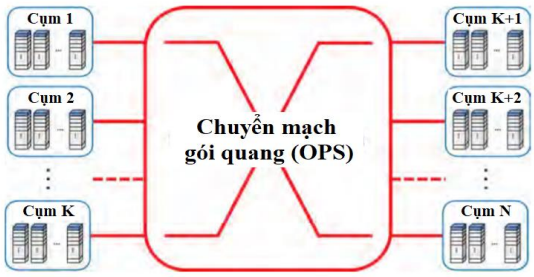
A. Hệ thống DCN sử dụng OPS

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 các DCN thường sử dụng sơ đồ hệ thống như trên hình 1[3].

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

Tác giả liên hệ: Cao Hồng Sơn
Email: sonch@ptit.edu.vn
Đến tòa soạn: 24/11/2020, chỉnh sửa: 28/12/2020, chấp nhận đăng: 15/3/2021.

nối các cụm với nhau bằng các cổng vào/ra tốc độ bít cao. Chuyển mạch hoạt động hoàn toàn trong miền quang.



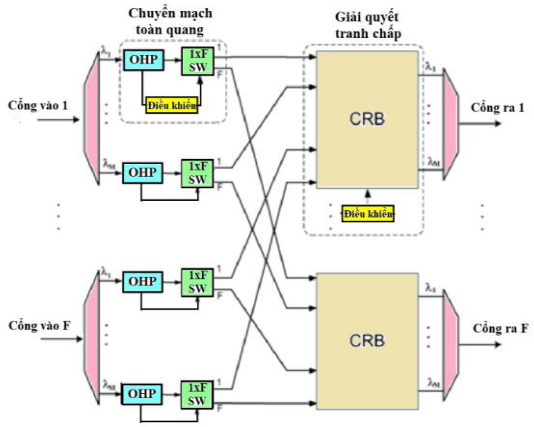
Hình 1. Sơ đồ hệ thống DCN sử dụng OPS

B. Kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang đề xuất

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 đề xuất đã sử dụng khối CRB cho mục đích này, đây cũng chính là tính mới so với các kiến trúc nút chuyển mạch gói quang đã được tác giả đề xuất trong [4] [5].

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 F có M bước sóng. Do đó, tổng số cổng vào/ cổng ra logic là (N=F×M). Mỗi mô-đun toàn quang (chuyển mạch toàn quang) có một đầu vào và F đầu ra khác nhau, được chuyển đến các khối giải quyết tranh chấp (CRB-*Contention Resolution Block*) ở đầu ra của kiến trúc OPS. Các khối CRB giải quyết tranh chấp của các gói đến từ các mô-đun quang khác nhau và xuất ra cùng một cổng ra.

Như trong hình 2, mỗi mô-đun chuyển mạch gói toàn quang bao gồm một bộ xử lý mào đầu gói quang (OHP-*Optical Header Processor*) dựa trên kỹ thuật điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM) [6], một khối chuyển mạch (1×F) và bộ điều khiển để điều khiển chuyển mạch các gói đến các khối CRB tương ứng 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 1xF SW để chuyển các gói đến cổng ra yêu cầu.

Mỗi khối CRB bao gồm M bộ chọn bước sóng (WS-*Wavelength Selector*) và M bộ chuyển đổi bước sóng cố định (FWC-*Fixed Wavelength Converter*) 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 gói ở bước sóng λ_1 của cổng vào F chuyển tiếp tới đầu ra 1. Trong trường hợp này, các gói được chọn đầu tiên bởi hai WS khác nhau và sau đó được chuyển đổi thành hai bước sóng khác nhau và tranh chấp được giải quyết [7].

III. HIỆU NĂNG CỦA NÚT CHUYỂN MẠCH TOÀN QUANG ĐỀ XUẤT

Trong phần này, thời gian xử lý mào đầu (T_{HP}) được tính toán trước. Sau đó, hiệu năng của nút được tính dựa trên xác suất mất gói (PLP) và hiệu quả sử dụng mạng (U).

A. Thời gian xử lí mào đầu, $\boldsymbol{T_{HP}}$

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 lí mào đầu xác định được thông tin điều khiển [8] ,[9].

Trong kiến trúc nút OPS sử dụng xử lí mào đầu gói dựa trên PPM, theo [10], [11] cấu trúc khối xử lý mào đầu bao gồm các khối chức năng con: khối tách định thời (CEM-*Clock Extraction Module*), khối tách địa chỉ mào đầu điều chế vị trí xung (PPM HEM-*PPM Header Extraction Module*), khối tạo bảng định tuyến PPM (PPRT-*PPM Routing Table*) và khối tương quan quang với các cổng AND quang. Do đó, thời gian xử lí mào đầu bao gồm thời gian yêu cầu để tách định thời (T_{CE}) và thời gian yêu cầu để nhận dạng mào đầu (T_{HR}). Thời gian nhận dạng mào đầu bao gồm thời gian chuyển đổi địa chỉ PPM ($T_{PPM-ACM}$) trong khối tách mào đầu và thời gian tương quan (T_{AND}) giữa địa chỉ mào đầu PPM và mẫu địa chỉ PPRT tiêu chuẩn.

Trong kỹ thuật PPM, thời gian chuyển đổi địa chỉ PPM ($T_{PPM-ACM}$) trong khối tách mào đầu được tính theo biểu thức [10], [11]:

$$T_{PPM-ACM} = 2^N \times T_S = N \times T_b \quad (1)$$

trong đó, N là các bít địa chỉ mào đầu, T_S là chu kỳ khe PPM và T_b là chu kỳ bít truyền gói.

Thời gian nhận dạng mào đầu được xác định như sau:

$$T_{HR} = T_{PPM-ACM} + T_{AND} \quad (2)$$

Do đó, thời gian xử lý mào đầu trong kỹ thuật PPM sẽ được tính theo biểu thức:

$$T_{PPM-HP} = T_{CE} + T_{PPM-ACM} + T_{AND} \quad (3)$$

Đối với kỹ thuật MPPM cũng tương tự như kỹ thuật PPM, thời gian xử lí 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 lí mào đầu dựa trên kỹ thuật *MPPM*, $T_{MPPM-HR}$, được xác định [5]:

$$T_{MPPM-HR} = T_{MPPM-ACM} + T_{AND} = 2^{N-C} \times T_S + T_{AND} \quad (4)$$

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

$$T_{MPPM-HP} = T_{CE} + T_{MPPM-ACM} + T_{AND} = T_{CE} + 2^{N-C} \times T_S + T_{AND} \quad (5)$$

B. Xác suất mất gói, ***PLP***

Xác suất mất gói, *PLP*, là tham số quan trọng để đánh giá khả năng xử lí 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 [12], [13].

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 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 [12]:

$$Erl(\rho, m) = \frac{\rho^m/m!}{\sum_{i=0}^{m}(\rho^i/i!)} \quad (6)$$

Dựa trên mô hình này, cổng ra của nút OPS sẽ hoạt động như một hệ thống tổn 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 $\rho = \lambda_p\left((T_{HP} + T_{SW}) + T_{Packet} + T_{CRB}\right)$, trong đó T_{HP} là thời gian xử lí mào đầu, T_{SW} là thời gian chuyển mạch của các chuyển mạch toàn quang, T_{CRB} là thời gian xử lí tranh chấp gói, λ_p là tốc độ đến của gói. Do đó, xác suất mất gói (PLP) cho bởi:

$$PLP = \frac{\frac{1}{W!}[\lambda_p((T_{HP}+T_{SW})+T_{Packet}+T_{CRB})]}{\sum_{i=0}^{W}\frac{1}{i!}[\lambda_p((T_{HP}+T_{SW})+T_{Packet}+T_{CRB})]} \quad (7)$$

C. Hiệu quả sử dụng mạng, ***U***

Hiệu quả sử dụng mạng, *U*, dùng để đánh giá hiệu năng của mạng như là một hàm của thời gian xử lý mào đầu và chiều dài của gói. Nó cũng được xem là thông lượng của mạng khi xác suất mất gói bằng 0 [13]. Hiệu quả sử dụng mạng được định nghĩa như sau:

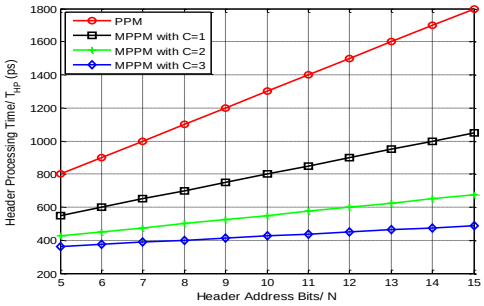
$$U = \frac{T_{Packet}}{T_{Packet}+T_{HP}} \quad (8)$$

IV. KẾT QUẢ KHẢO SÁT HIỆU NĂNG

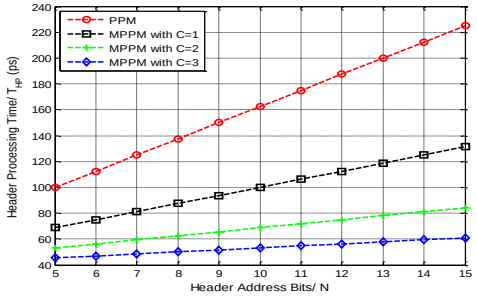
Trong phần này, các kết quả khảo sát hiệu năng sẽ được trình bày dựa trên các công thức giải tích trong phần III. Thời gian xử lý mào đầu được xem xét phụ thuộc vào số bit trong địa chỉ mào đầu và số bít trong trường kiểm tra cũng như tốc độ bít truyền gói. Đối với tham số hiệu năng xác suất mất gói của nút được xem xét phụ thuộc rất nhiều tham số như số bước sóng sử dụng, tốc độ bít truyền gói.

Trên cơ sở các kết quả khảo sát sẽ so sánh hiệu năng nút chuyển mạch gói toàn quang sử dụng lược đồ xử mào đầu đề xuất MPPM với các lược đồ xử lí mào đầu khác như lược đồ xử lí mào đầu điện (OOK-*On-Off Keying*), hay lược đồ xử lí PPM thông thường.

Đầu tiên sẽ phân tích các kết quả tính toán số dựa trên Đầu tiên sẽ phân tích các kết quả tính toán số cho thời gian xử lí mào đầu dựa trên biểu thức (3) và biểu thức (5). Kết quả đưa ra trên hình 3 và hình 4 biểu thị thời gian xử lí mào đầu phụ thuộc vào số bít địa chỉ mào đầu khi tốc độ bit truyền gói tương ứng bằng: R_b=10Gb/s và 80Gb/s, trong các trường hợp với trường điều khiển C=1 bit, C=2 bit hoặc C=3 bit.

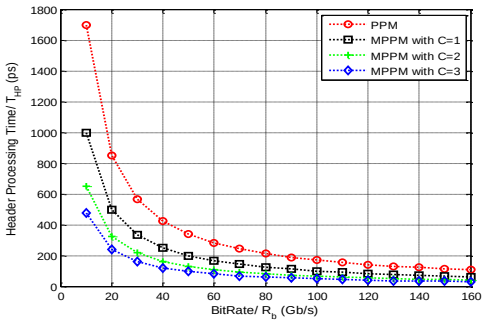


Hình 3. Thời gian xử lí mào đầu thay đổi theo số bit trong địa chỉ mào đầu khi C=1, C=2 hoặc C=3; T_b=100ps (R_b=10Gb/s); T_{CE}=200ps; T_{AND}=100ps.



Hình 4. Thời gian xử lí mào đầu thay đổi theo số bit trong địa chỉ mào đầu khi C=1, C=2 hoặc C=3; T_b=12,5ps (R_b=80Gb/s); T_{CE}=25ps; T_{AND}=12,5ps.

Kết quả đưa ra trên hình 5 biểu thị thời gian xử lý mào đầu phụ thuộc vào tốc độ bit truyền gói.



Hình 5. Thời gian xử lí mào đầu thay đổi theo tốc độ bit truyền gói khi N=14 và C=1, C=2 hoặc C=3.

Từ hình 3 và hình 4 cho thấy thời gian xử lí mào đầu dựa trên MPPM trong dải ps là rất nhỏ so với thời gian xử lí mào đầu điện OOK như đưa ra trong [14] là xấp xỉ 10 µs. Trong giải pháp xử mào đầu MPPM đề xuất có thời gian xử lí mào đầu so với thời gian xử lí mào đầu PPM khi chọn N=14 đã giảm tương ứng gần 2 lần khi C=1, gần 3 lần khi C=2 và gần 4 lần khi C=3. Cụ thể:

+ Tại T_b=100ps (R_b=10Gb/s) nhận được kết quả T_{PPM-HP}≈1700ps, $T_{MPPM-HP}$≈1000ps khi C=1, $T_{MPPM-HP}$≈650ps khi C=2 và $T_{MPPM-HP}$≈ 475ps khi C=3.

+ Tại T_b=12,5ps (R_b=80Gb/s) nhận được kết quả T_{PPM-HP}≈220ps, $T_{MPPM-HP}$ ≈120ps khi C=1, $T_{MPPM-HP}$≈ 89ps khi C=2 và $T_{MPPM-HP}$≈ 60ps khi C=3.

Nhìn vào hình 5 có thể thấy rõ:

+ Khi tốc bit truyền gói càng tăng thì thời gian xử lý mào đầu gói trong các giải pháp càng giảm.

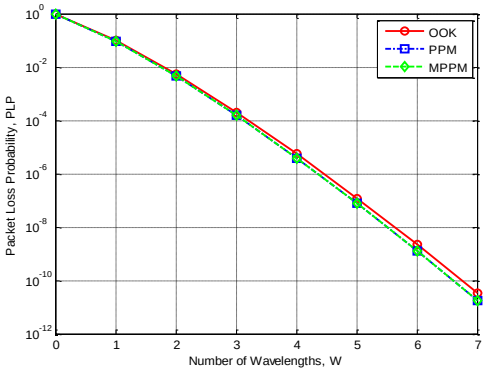
+ Khi trường bit địa chỉ mào đầu được chọn cố định thì thời gian xử lí mào đầu càng giảm khi trường bit địa chỉ điều khiển càng tăng (tương ứng khi các cổng đầu ra của nút càng lớn).

Tiếp theo chúng ta sẽ so sánh xác suất mất gói, *PLP* của nút OPS toàn quang khi sử dụng các giải pháp xử lý mào đầu khác nhau.

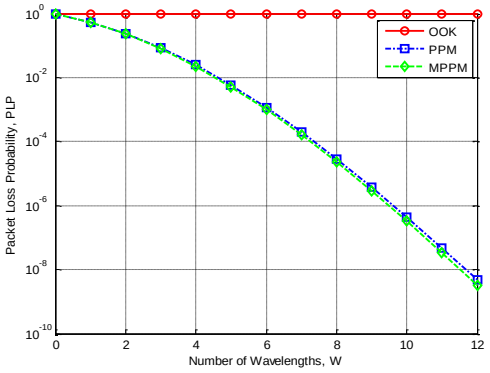
Hình 6 và hình 7 chỉ ra quan hệ xác suất mất gói theo số bước sóng với chiều dài gói khác nhau tại một nút OPS. *PLP* được tính như theo công thức (7) trong trường hợp tốc độ bit truyền gói R_b= 10Gb/s và 80Gb/s. Thời gian xử lí mào đầu điện OOK như đưa ra trong [14] là xấp xỉ 10 µs. Thời gian $T_{SW} = 100ps$, $T_{CRB} = 200ps$, thời gian xử lí mào đầu T_{PPM-HP}≈ 1000ps và $T_{MPPM-HP}$≈ 400ps khi R_b=10Gb/s. Thời gian $T_{SW} = 12{,}5ps$, $T_{CRB} = 25ps$, thời gian xử lí mào đầu T_{PPM-HP}≈ 120ps và $T_{MPPM-HP}$≈ 50ps khi R_b=80Gb/s. Rõ ràng là, xử lí mào đầu dựa trên MPPM giúp làm giảm xác suất mất gói, *PLP* so với xử lí mào đầu điện tử và xử lí mào đầu dựa trên PPM, đặc biệt khi chiều dài gói ngắn và tốc độ gói đến các nút mạng lớn.

Từ hình 6 và hình 7 cho xác suất mất gói, *PLP* đối với giải pháp xử lí mào đầu dựa trên PPM và MPPM là nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất mất gói đối với giải pháp xử lí mào đầu điện, đặc biệt khi chiều dài gói, T_{Packet} < 1µs và tốc độ đến của gói >10^6 gói/s. Tuy nhiên, khi T_{Packet}> 1µs thì xác suất mất gói trong cả ba giải pháp xử lí mào đầu là tương đối giống nhau vì khi đó T_{Packet} dài hơn rất nhiều so với so với T_{HP}.

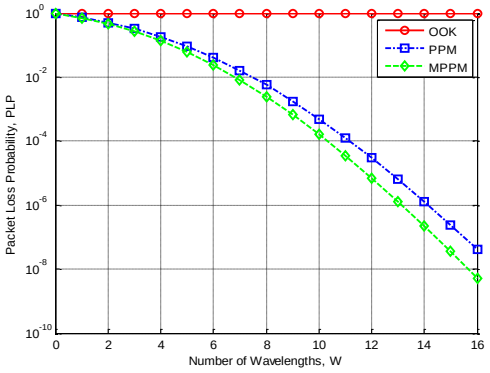
Khi chiều dài gói nhỏ hơn 1ns, thì xác suất mất gói của giải pháp xử lý mào đầu MPPM nhỏ hơn rất nhiều so với xác suất mất gói của giải pháp xử lí PPM, đặc biệt khi tốc độ gói đến lớn. Hơn nữa, khi tốc bit truyền gói càng tăng thì xác suất mất gói của nút OPS toàn quang càng giảm, cũng như khi số bước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



(a)



(b)



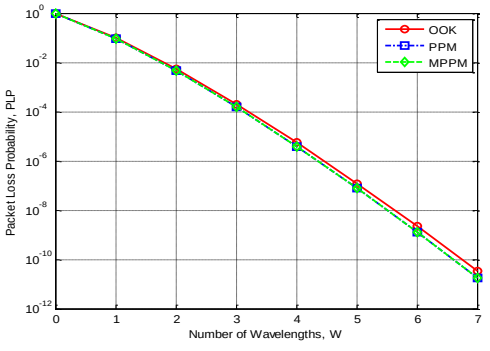
(c)

Hình 6. Xác suất mất gói, PLP thay đổi theo số bước sóng W sử dụng

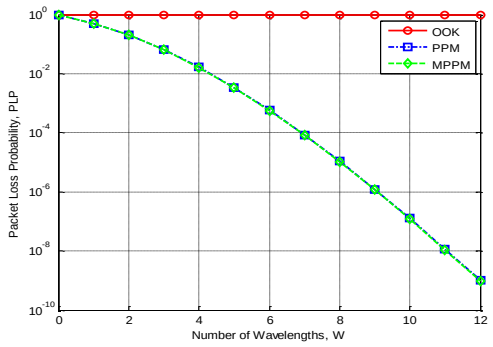
(a) Khi R_b=10Gb/s, $\lambda_p = 10^3$ gói/s, T_{Packet}=0,1ms;

(b) Khi R_b=10Gb/s, $\lambda_p = 10^6$ gói/s, T_{Packet}=0,1µs;

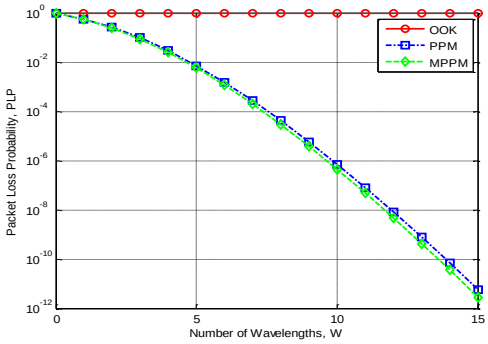
(c) Khi R_b=10Gb/s, $\lambda_p = 10^8$ gói/s, T_{Packet}=1ns.



(a)



(b)



(c)

Hình 7. Xác suất mất gói, PLP thay đổi theo số bước sóng W sử dụng

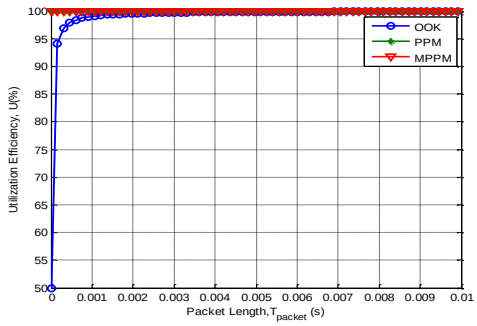
(a) Khi R_b=80Gb/s, $\lambda_p = 10^3$ gói/s, T_{Packet}=0,1ms;

(b) Khi R_b=80Gb/s, $\lambda_p = 10^6$ gói/s, T_{Packet}=0,1μs;

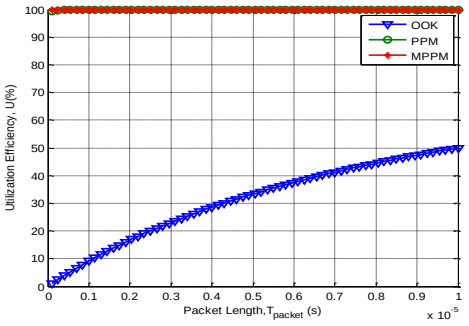
(c) Khi R_b=80Gb/s, $\lambda_p = 10^8$ gói/s, T_{Packet}=1ns.

Tiếp theo sẽ phân tích các kết quả tính toán số dựa trên hiệu quả sử dụng mạng, U dựa trên biểu thức (8). Các kết quả đưa ra trên hình 8 và hình 9 biểu thị hiệu quả sử dụng mạng phụ thuộc chiều dài gói tương ứng trong trường hợp tốc độ bit truyền gói R_b= 10Gb/s và 80Gb/s. Thời gian xử lí mào đầu điện OOK như đưa ra trong [14] là xấp xỉ 10 μs.

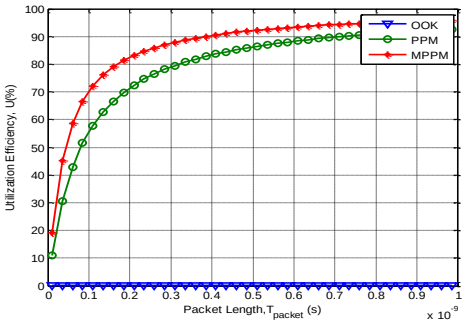
Từ hình 8, hình 9 và hình 10 cho thấy hiệu quả sử dụng mạng đối với giải pháp xử lí mào đầu dựa trên PPM và MPPM là lớn hơn rất nhiều so với hiệu quả sử dụng mạng đối với giải pháp xử lí mào đầu điện, đặc biệt khi chiều dài gói, T_{Packet} < 1ms. Tuy nhiên, khi T_{Packet}> 1ms thì hiệu quả sử dụng mạng trong cả ba giải pháp xử lí mào đầu là tương đối giống nhau và xấp xỉ bằng 100% vì khi đó T_{Packet} dài hơn rất nhiều so với so với T_{HP}. Khi chiều dài gói nhỏ hơn 1μs, thì hiệu quả sử dụng mạng của giải pháp xử lý mào đầu MPPM cao hơn nhiều so với hiệu quả sử dụng mạng của giải pháp xử lí PPM. Điều này có thể thấy rất rõ khi chiều dài gói nhỏ hơn 0,1μs. Nhìn vào hình 10 thấy rõ là khi tốc độ bit truyền của gói càng lớn thì hiệu quả sử dụng mạng của giải pháp xử lý mào đầu PPM và MPPM sẽ càng lớn, đặc biệt khi chiều dài gói, T_{Packet} < 1ms.



(a)



(b)



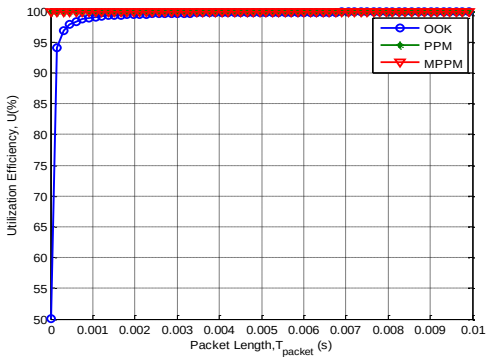
(c)

Hình 8. Hiệu quả sử dụng mạng phụ thuộc vào chiều dài gói khi R_b=10Gb/s

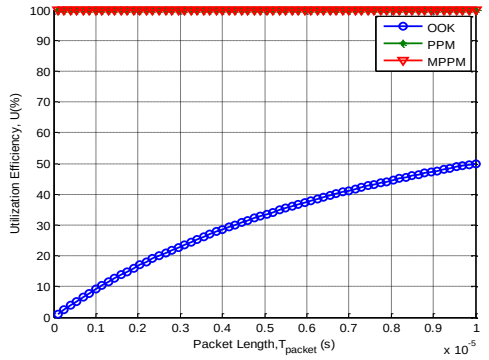
(a) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 800ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 425ps và T_{Packet}<10ms;

(b) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 800ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 425ps và T_{Packet}<10μs;

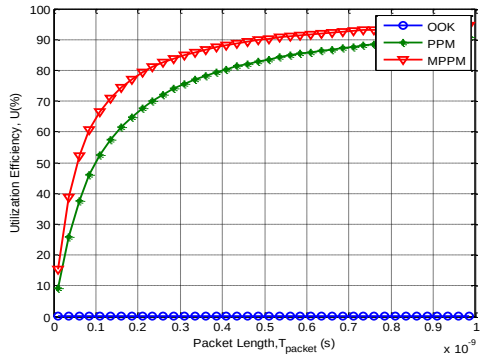
(c) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 800ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 425ps và T_{Packet}<0,01μs.



(a)



(b)



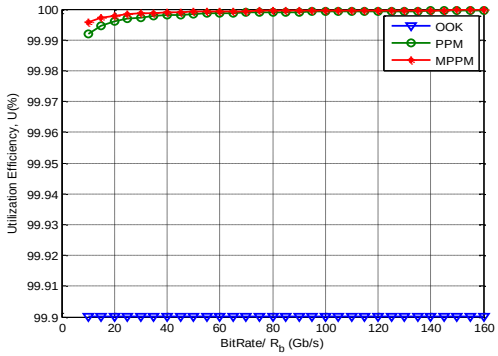
(c)

Hình 9. Hiệu quả sử dụng mạng phụ thuộc vào chiều dài gói khi R_b=80Gb/s

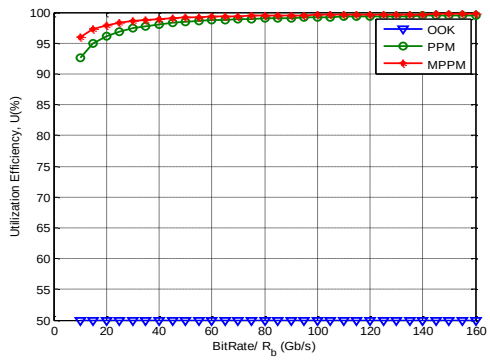
(a) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 100ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 55ps và T_{Packet}<10ms;

(b) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 100ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 55ps và T_{Packet}<10µs;

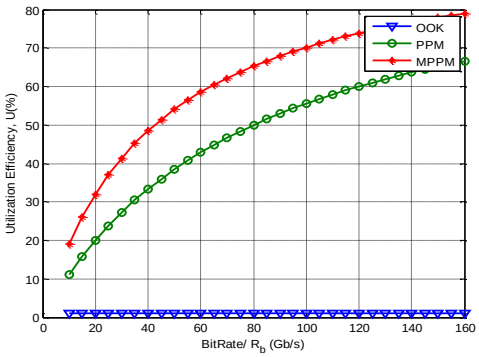
(c) N=5, C=2, T_{PPM-HP}≈ 100ps, $T_{MPPM-HP}$≈ 55ps và T_{Packet}<0,01µs.



(a)



(b)



(c)

Hình 10. Hiệu quả sử dụng mạng thay đổi theo tốc độ bit truyền gói khi

(a) N=5, C=2, và T_{Packet} =10ms;

(b) N=5, C=2 và T_{Packet}=10µs;

(c) N=5, C=2 và T_{Packet}=0,1µs.

Như vậy, trên cơ sở phân tích về tham số hiệu quả sử dụng mạng của ba 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_{Packet}> 1ms khuyến nghị sử dụng giải pháp xử lý mào đầu PPM, với lưu lượng truyền trên mạng OPS chủ yếu là các dịch vụ gói có độ dài gói khá nhỏ với 0,1µs <T_{Packet}< 10µs khuyến nghị sử dụng PPM/MPPM, với lưu lượng truyền trên mạng OPS chủ yếu là các dịch vụ gói có độ dài gói nhỏ với T_{Packet}< 0,1µs khuyến nghị sử dụng MPPM.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất mô hình kiến trúc nút chuyển mạch gói toàn quang sử dụng khối xử lý mào đầu gói dựa trên kỹ thuật điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM), sử dụng cho các mạng trung tâm dữ liệu (DCN). Các mô hình giải tích cho các 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 trễ truyền gói qua mạng, nâng cao được hiệu quả sử dụng mạng và giảm được xác suất mất gói khi truyền các gói quang. Các kết quả cho thấy mô hình kiến trúc nút chuyển mạch gói (OPS) toàn quang sử dụng khối xử lý mào đầu gói dựa trên kỹ thuật điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM) 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] 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.

[2] C. Chaintoutis, A. Bogris and D. Syvridis, "P-Torus: Torus-based Optical Packet Switching Architecture for intra-Data Centre Networks," Photonics in Switching and Computing (PSC), pp. 1-3, 2018.

[3] N. Calabretta, R. P. Centelles, S. Di Lucente and H. J. S. Dorren, "On the performance of a large-scale optical packet switch under realistic data center traffic," in IEEE/OSA

Journal of Optical Communications and Networking, vol. 5, no. 6, pp. 565-573, June 2013.
[4] Cao Hong Son, Nguyen Minh Hong, "All-optical packet switching node based on the modified pulse position modulation header processor", Tạp chí Nghiên cứu Khoa học Công nghệ quân sự - Vol. 2, No. 38, 2015.
[5] 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.
[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] R. Pueyo Centelles, S. Di Lucente, H. J. S. Dorren and N. Calabretta, "Performance Assessment of the Optical Packet Switch Architecture With Highly Distributed Control Under Data Center Traffic", 17th European Conference on Networks and Optical Communications, Vilanova i la Geltru, pp. 1-6, 2012.
[8] Ghassemlooy, Zabih, Hoa Le-Minh, and Wai Pang Ng., "Investigation of header extraction based on the symmetric Mach-Zehnder switch and pulse position modulation for all-optical packet-switched networks", Proc. 14th Iranian Conference on Electrical Engineering, 2006.
[9] 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.
[10] Chiang, Ming-Feng, et al., "1xM Packet Switched router based on the PPM header address for all-optical WDM networks", The Mediterranean Journal of Electronics and Communications, vol.6, no.3, pp.78-85, 2010.
[11] Le-Minh, Hoa, et al., "All-optical router with pulse-position modulation header processing in high-speed photonic packet switching networks", IET Communications, vol.3, no.3, pp. 465-476, 2009.
[12] 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.
[13] Yoo, Myungsik, Chunming Qiao, and Sudhir Dixit, "QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks", IEEE Journal on selected areas in communications, vol.18, no.10, pp. 2062-2071, 2000.
[14] 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.

A MODEL OF ALL-OPTICAL PACKET SWITCHING NODE USING MPPM HEADER PROCESSING TECHNIQUE IN DATA CENTER NETWORKS

Abstract – In the paper we propose an architectural model of all-optical packet switching node (OPS) using a packet-header processing unit based on modified pulse position modulation (MPPM) technique in data center networks (DCNs). The performance of the all-optical OPS node is estimated in terms of the node overhead processing time, the packet loss probability, and the network utilization efficiency. The numerical results show that the node overhead processing time is significantly reduced and the node performance parameters such as the probability of packet loss, as well as the efficiency of network usage, are improved compared to the case of the node using electronic overhead processing and pulse position modulation (PPM) overhead processing.

Key words - Data Center Network (DCN), Optical Packet Switching (OPS), Synchronous Optical Packet Switching with Fixed Size Packets, MPPM-based fiber packet header processing.

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.