

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



LƯU VĂN DƯƠNG

**CÔNG NGHỆ CHUYỂN MẠCH QUANG CHO CÁC
TRUNG TÂM DỮ LIỆU**

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ
(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI – 2022

Luận văn được hoàn thành tại:

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Cao Hồng Sơn

Phản biện 1:TS. Nguyễn Chiến Chinh.....

Phản biện 2:PGS.TS. Lê Trung Thành.....

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ
tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: ..8... giờ ..30.. ngày ...2.. tháng ..7... năm2022.....

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

Chúng ta đang sống trong thời đại 4.0, các lĩnh vực trong cuộc sống đang dần chuyển mình để theo kịp với thời đại số hiện nay như: Công nghệ thông tin, Y học, Xây dựng, vv.... và trong lĩnh vực Điện tử- Viễn thông điều này cũng không thể thiếu được.

Xu thế phát triển mạng hiện nay trên thế giới và ở Việt Nam là xây dựng mạng truyền tải quang (OTN) cho mạng thế hệ kế tiếp (NGN) dựa trên công nghệ ghép kênh phân chia theo bước sóng (WDM). Những nỗ lực phi thường về công nghệ truyền dẫn quang trong đó tập trung vào việc nghiên cứu các vấn đề công nghệ mạng WDM trên thế giới hiện nay đang dần đáp ứng được nhu cầu phát triển tất yếu của mạng. Có nhiều vấn đề cần phải giải quyết trong mạng OTN nhằm ngày càng hoàn thiện đặc tính mạng. Trong các vấn đề đó, chuyển mạch quang trong mạng OTN được coi là những hướng đi hấp dẫn nhất và rất có ý nghĩa.

Một mặt, kỹ thuật này cho phép xây dựng được mạng truyền dẫn quang linh hoạt và bảo đảm thông suốt các lưu lượng thông tin lớn. Mặt khác nó cho phép nâng cao tính thông minh cho lớp quang trong khi vẫn đơn giản hoá được rất nhiều cấu trúc mạng. Điều đó có tác động lớn tới việc xây dựng, khai thác và bảo dưỡng mạng rất có hiệu quả về sau.

Việt Nam đã và đang trở thành điểm đến đầu tư hấp dẫn của các doanh nghiệp nước ngoài, trong đó có các hãng công nghệ lớn trên thế giới. Cùng với đó là nhu cầu đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin sâu rộng vào tất cả các lĩnh vực, nên nhu cầu sử dụng các dịch vụ về trung tâm dữ liệu (DC) sẽ rất lớn. Và ngày 11/4/2017, tại Hà Nội Trung tâm dữ liệu của VNPT chính thức được nhận chứng chỉ Uptime Tier III do Uptime Institute - đơn vị chuyên đánh giá các DC uy tín nhất trên thế giới của Mỹ chứng nhận.

Việc sử dụng công nghệ quang cho quá trình chuyển mạch trong môi trường DC để giải quyết những vấn đề tồn tại của chuyển mạch điện tử là khá hấp dẫn. Giúp cho việc điều khiển linh hoạt, nhanh chóng và dễ dàng hơn, khả năng mở rộng của kiến trúc chuyển mạch gói quang (OPS) quy mô lớn sẽ cho phép làm phẳng topo trung tâm dữ liệu bên trong. Nó sẽ cải thiện hiệu suất DC về độ trễ đầu cuối- đầu cuối và tiêu thụ điện năng, cho phép băng thông lớn hơn, chia sẻ tài nguyên hiệu quả hơn giữa các máy chủ và tránh những chuyển đổi quang-điện-quang tốn kém và phức tạp.

Do đó đề tài: “*Công nghệ chuyển mạch quang cho các trung tâm dữ liệu (DC)*” sẽ giúp tìm ra được giải pháp phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả các công nghệ chuyển mạch cho các trung tâm dữ liệu hiện nay.

Luận văn gồm 3 chương và trình bày các vấn đề sau:

Chương 1: Tổng quan về trung tâm dữ liệu (DC)

Chương 2: Các kiến trúc chuyển mạch quang cho các trung tâm dữ liệu

Chương 3: Nút chuyển mạch quang đề xuất cho mạng trung tâm dữ liệu

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ TRUNG TÂM DỮ LIỆU

1.1. Giới thiệu chung

Trong vài năm qua, các ứng dụng tập trung vào dữ liệu như phát trực tuyến video độ nét cao, mạng xã hội, điện toán đám mây kết hợp với sự phổ biến rộng rãi của các thiết bị di động như điện thoại thông minh hay máy tính bảng đã góp phần vào sự phát triển nhanh chóng của lưu lượng truy cập vào Internet. Trung tâm dữ liệu đã tạo thành một thiết lập quan trọng của Internet ngày nay và đã cung cấp vô số các dịch vụ từ mạng xã hội đến các phép tính khoa học quy mô lớn.

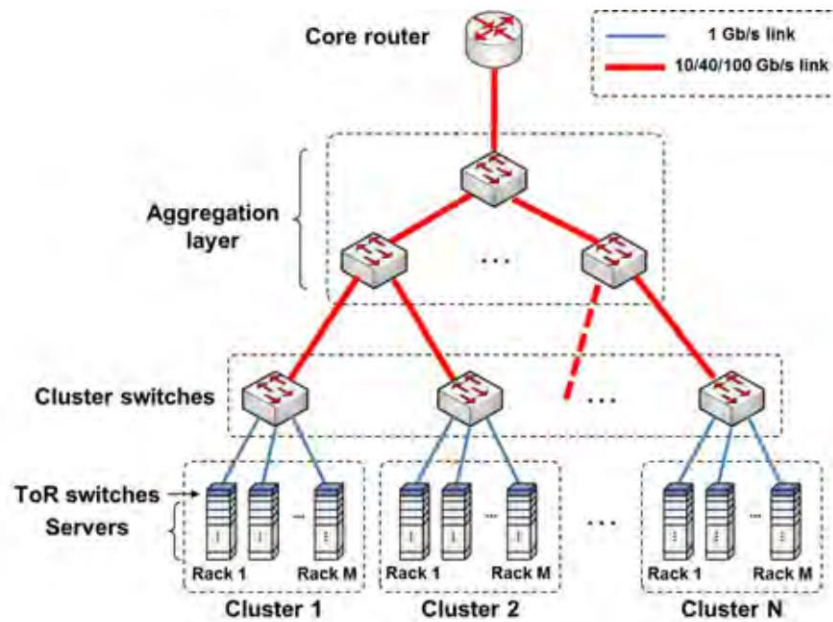
Mặt khác, công nghệ quang học có khả năng cung cấp băng thông truyền thông lớn đang được sử dụng sâu rộng trong truyền thông toàn cầu hiện nay phải đối mặt với việc trao đổi dữ liệu đang ngày càng gia tăng theo thời gian. Toàn bộ thế giới được kết nối bằng cáp quang xuyên lục địa và liên kết quang học với dung lượng tổng hợp lên đến 1 tỷ bit/s. Hơn nữa, việc triển khai công nghệ cáp quang đến tận nhà (FTTH) trong mạng truy cập đang ngày càng tăng lên đã mở rộng tốc độ truy cập dữ liệu lên đến hàng Gb/s – đã trả lời cho nhu cầu kết nối tốc độ cao của người dùng. Hay nói cách khác, công nghệ quang học đang đóng vai trò quan trọng trong hệ thống các dịch vụ mới nổi có sẵn cho người dùng: đó là các trung tâm dữ liệu.

Một trung tâm dữ liệu (DC) thực tế bao gồm các thiết bị như: máy chủ (máy chủ web, máy chủ ứng dụng và máy chủ cơ sở dữ liệu), thiết bị chuyển mạch và các thiết bị lưu trữ dự liệu – tất cả được kết nối với nhau bằng một mạng kết nối phức tạp. Các tài nguyên phần cứng và phần mềm khổng lồ có sẵn trong cơ sở dữ liệu này cho phép có thể cung cấp nhiều dịch vụ cùng lúc. Nhìn chung, có thể nói rằng các trung tâm dữ liệu quản lý, xử lý và trao đổi các dữ liệu và thông tin số.

“Trung tâm dữ liệu có thể được định nghĩa là siêu trung tâm tài nguyên máy tính và lưu trữ giao tiếp rộng rãi với nhau để phục vụ nhu cầu ngày càng cao của khách hàng” – theo Habib và các cộng sự, 2012.

1.2. Cấu trúc của trung tâm dữ liệu

Một trung tâm dữ liệu quy mô lớn có thể chứa hàng trăm nghìn máy chủ. Vì vậy có thể hình dung cấu trúc nội bộ của trung tâm dữ liệu được mô tả như kiểu kiến trúc sơ đồ hình cây như trên hình 1.1.



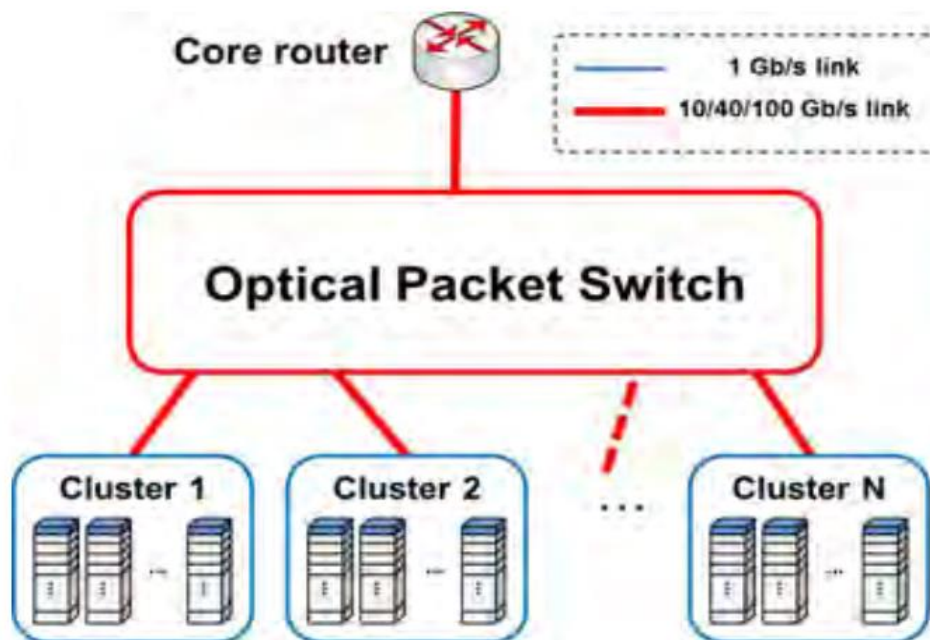
Hình 1. 1: Sơ đồ cấu trúc “hình cây” của trung tâm dữ liệu

Trong mô hình cấu trúc trên hình 1.1 thì máy chủ được phân thành các nhánh (các giá) và các nhánh nhóm lại với nhau tạo thành cụm. Các máy chủ trong cùng một nhánh được kết nối với nhau bằng thiết bị chuyển mạch đầu giá (TOR), trong khi kết nối giữa các nhánh và giữa các cụm ở phân cấp bậc thứ 2 của trung tâm dữ liệu. Tùy thuộc và kích thước của trung tâm dữ liệu thì các nhánh có thể xuất hiện nhiều hơn trong các cụm.

Mô hình kiến trúc này có hai ưu điểm, đó là nó có thể dễ dàng mở rộng và chịu được lỗi (một thiết bị TOR thường được kết nối với hai hoặc nhiều cụm máy chủ). Tuy nhiên, cấu trúc liên kết này cũng có một số nhược điểm đó là cần phải có số lượng các liên kết kết nối với nhau nhiều hơn. Hơn nữa, việc chuyển đổi quá trình là chuyển mạch gói điện tử trong khi các máy chủ và các liên kết chuyển mạch sang công nghệ chuyển mạch quang. Nguyên nhân chủ yếu là do bộ thu phát quang – điện (O – E) và điện – quang (E – O), năng lượng tiêu thụ bởi các loại chuyển mạch điện tử như bộ chuyển mạch, bộ đệm hay bộ nối tiếp/khử tốc độ cao. Điều này làm cho máy chủ đặt trong các nhánh khác nhau bị ảnh hưởng bởi độ trễ liên kết. Các gói chuyển mạch trong trung tâm dữ liệu trải qua nhiều chuyển đổi O – E và E – O, độ trễ bị ảnh hưởng bởi thời gian chuyển tiếp xử lý tại mỗi nút chuyển mạch. Hơn nữa, có một nút giao tiếp giữa các cấp độ khác nhau của mô hình kiến trúc trung tâm dữ liệu. Thông thường một giá chứa được tới 40 máy chủ, trong khi một bộ chuyển đổi TOR thường sử dụng được cho 48 cổng, do đó chỉ một phần băng thông chuyển mạch TOR có sẵn cho việc truyền thông giữa các rack, hạn chế khả năng của việc liên lạc băng thông giữa các nhánh hoặc các cụm khác nhau.

1.3. Viễn cảnh của trung tâm dữ liệu trong tương lai

Trong bối cảnh số lượng các trung tâm dữ liệu để duy trì các dịch vụ ngày càng gia tăng, kéo theo đó là yêu cầu tương tác mạnh mẽ giữa các máy chủ và khả năng tính toán cũng ngày càng tăng lên cùng với yêu cầu về kết nối nguồn phải hiệu quả hơn. Về mặt lý thuyết, việc tối giản bớt mạng nội bộ trung tâm dữ liệu, cung cấp băng thông hai chiều đầy đủ giữa các máy chủ sẽ giải quyết được các vấn đề vừa nêu ở trên. Các vấn đề về mô hình cấu trúc liên kết dạng sơ đồ cây của trung tâm dữ liệu hiện đang được sử dụng sẽ tối đa hoá việc chia sẻ tài nguyên cũng như hiệu suất làm việc của trung tâm dữ liệu. Việc có thể kết nối từng máy chủ với bất kỳ đối tượng nào khác cũng sẽ làm giảm thiểu độ trễ và giảm số lượng kết nối về mạng có dây cần thiết của các thiết bị.



Hình 1.2: Sơ đồ mô phỏng mạng nội bộ trung tâm dữ liệu sử dụng OPS ở lớp cụm

Với kiến trúc được mô tả như trên hình 1.2 sẽ dẫn đến được những cải tiến đáng kể về hiệu suất, băng thông liên lạc cũng như độ trễ và sẽ góp phần làm giảm các chi phí liên quan đến năng lượng của mạng trung tâm dữ liệu.

1.4. Chi phí của trung tâm dữ liệu

Bên cạnh chi phí xây dựng và các chi phí ban đầu cho việc mua và lắp đặt các phần cứng, phần mềm thì việc chạy hoạt động cho một trung tâm dữ liệu quy mô lớn chính là vấn đề tiêu tốn chủ yếu.

Trong một báo cáo gần đây chỉ ra rằng, các trung tâm dữ liệu ở Hoa Kỳ được ước tính đóng góp khoảng 1.5% tổng năng lượng tiêu thụ của cả nước trong năm 2006 với 61 tỷ kWh đã tiêu thụ tương đương với chi phí hơn 4.5 tỷ đô la. Và con số này được dự đoán là sẽ tăng

lên hơn 1000 tỷ kWh vào năm 2020. Mặc dù các ước tính này có thể không chính xác vì tốc độ tăng trưởng tiêu thụ điện của trung tâm dữ liệu đang chậm lại nhưng tổng công suất tiêu thụ trong các hệ thống này đại diện cho một phần của nhu cầu năng lượng trên thế giới (chiếm từ 1,1% đến 1,5%).

Ngay cả khi hệ thống mạng không có đóng góp nhiều về vấn đề năng lượng tiêu thụ nhưng với một hệ thống mạng hiệu quả hơn và tiến bộ hơn thì cũng sẽ là một “chìa khoá” trong việc giảm thiểu các chi phí liên quan đến năng lượng của trung tâm dữ liệu. Việc sử dụng công nghệ quang trong quá trình chuyển mạch có thể cung cấp các băng thông truyền tải cao hơn với độ trễ thấp hơn và đồng thời cũng làm giảm đáng kể mức tiêu thụ điện năng. Theo kết quả các nghiên cứu thì việc sử dụng chuyển mạch quang trong trung tâm dữ liệu sẽ giúp tiết kiệm hơn 150 triệu đô la.

Đây là một yêu cầu chính đáng của các nhà cung cấp trong việc sử dụng bộ chuyển mạch quang trong trung tâm dữ liệu để hạn chế sự tiêu tốn điện năng và từ đó cũng làm giảm bớt các chi phí mạng khác.

1.5. Các đặc điểm của một trung tâm dữ liệu

1.5.1. Các thành phần cốt lõi

Dù bất kể phân loại nào, hoạt động trung tâm dữ liệu hiệu quả sẽ đạt được thông qua việc đầu tư cân bằng vào cơ sở vật chất và trang thiết bị mà nó có. Ngoài ra, vì các trung tâm dữ liệu thường chứa dữ liệu và ứng dụng quan trọng trong kinh doanh của một tổ chức, nên điều cần thiết là cả cơ sở và thiết bị đều được bảo mật trước những kẻ xâm nhập và tấn công mạng.

Do vậy, các yếu tố chính của một trung tâm dữ liệu có thể được chia nhỏ như sau:

- Cơ sở vật chất – không gian được sử dụng dành cho các thiết bị CNTT
- Các thiết bị và phần mềm phục vụ cho các hoạt động CNTT và lưu trữ dữ liệu cũng như lưu trữ ứng dụng
- Thành phần hỗ trợ cơ sở hạ tầng – thiết bị góp phần duy trì một cách an toàn tính khả dụng cao nhất có thể.

1.5.2. Phân loại trung tâm dữ liệu

Dựa theo tiêu chuẩn TIA-942 về cơ sở hạ tầng của trung tâm dữ liệu, thì có thể phân loại thành 4 cấp bậc với cấp bậc 1 là mức độ thấp nhất và cấp bậc 4 là mức độ tốt nhất

- Cấp 1: Cơ sở hạ tầng với duy nhất một đường để cấp nguồn và làm mát, và không có các thành phần dự phòng. Thời gian hoạt động đạt 99,671% với 28,8 giờ downtime hằng năm.

- Cấp 2: Có tất cả các tính năng của trung tâm dữ liệu cấp 1 nhưng được bổ sung thêm một số các thành phần dự phòng khác. Thời gian hoạt động đạt 99,741% với 22 giờ downtime hằng năm.

- Cấp 3: Là cơ sở hạ tầng có thể bảo trì đồng thời nhiều đường dẫn phân phối điện và làm mát. Thời gian hoạt động đạt 99,98% với 1,6 giờ downtime hằng năm.

- Cấp 4: Đáp ứng được tất cả các yêu cầu của trung tâm cấp 3, bên cạnh đó các trung tâm dữ liệu cấp 4 còn có nhiều hệ thống được độc lập về mặt hoạt động vật lý như các thành phần dự phòng và các đường dẫn phân phối. Thời gian hoạt động đạt 99,995% với 0,4 giờ downtime hằng năm.

Ngoài ra dựa vào quy mô hoạt động của trung tâm dữ liệu, cũng như căn cứ vào lưu lượng sử dụng thì có thể phân loại trung tâm dữ liệu thành một số dạng sau:

- Trung tâm dữ liệu quy mô nhỏ
- Trung tâm dữ liệu đám mây
- Trung tâm dữ liệu doanh nghiệp

1.5.3. Năng lượng tiêu thụ trong trung tâm dữ liệu

Theo một báo cáo khảo sát gần đây, nhu cầu lượng điện tiêu thụ toàn cầu trong hệ thống trung tâm dữ liệu dự kiến sẽ tăng gấp ba lần từ 340 tỷ kWh đến 1000 tỷ kWh. Các nghiên cứu cũng cho thấy rằng trong hệ thống trung tâm dữ liệu, khoảng 40%, 37% và 23% năng lượng được tiêu thụ trong máy chủ, trong bộ lưu trữ và trong thiết bị mạng tương ứng. Đó là lí do tại sao tiết kiệm điện năng tiêu thụ của các phần tử mạng có tác động tích cực đến mức tiêu thụ điện năng tổng thể của các trang web trung tâm dữ liệu

1.5.4. Tính năng lưu lượng của trung tâm dữ liệu

Các trung tâm dữ liệu cung cấp nhiều loại dịch vụ và nhìn chung có ba loại có thể được xác định đó là: trung tâm dữ liệu tư nhân, trung tâm dữ liệu trong trường đại học và trung tâm dữ liệu điện toán đám mây. Một vài đặc điểm chung của tất cả lưu lượng truy cập trong các hệ thống này ví dụ như là: kích thước gói trung bình, trong khi đó sẽ có một vài đặc điểm khá khác nhau theo chức năng của môi trường như: các ứng dụng hoặc các luồng lưu lượng. Ở đây, có thể hiểu luồng lưu lượng là một kết nối được thiết lập giữa hai máy chủ với nhau.

Có thể thấy được không cần thiết phải kết nối tất cả các máy chủ của một trung tâm dữ liệu với nhau trong một mạng “phẳng”. Tuy nhiên, ngay cả khi kết nối các cụm của WSC bằng gói quang thì cần một số lượng rất lớn bắt buộc phải có của công tắc cổng đầu vào và cổng đầu ra. Nhưng với những đặc điểm kết nối như vậy thì việc sử dụng một cấu hình chuyển đổi có tốc độ cao như gói quang lại là điều cần thiết. Và đó đều không phải là những thách thức duy nhất trong việc triển khai mạng quang cho trung tâm dữ liệu.

1.5.5. Độ trễ của trung tâm dữ liệu

Một mạng trung tâm dữ liệu thực tế bị ảnh hưởng nhiều bởi độ trễ do những lần xử lý và chuyển tiếp bắt buộc tại mỗi nút định tuyến của mạng. Sự chậm trễ này phụ thuộc vào mục tiêu khoảng cách vật lý giữa các gói. Độ trễ liên lạc giữa các nhánh có thể lên đến 100μ , trong khi đó phải thêm vài trăm μ s để giao tiếp giữa các cụm.

Bên cạnh lợi thế sẵn có về tốc độ liên lạc bởi việc sử dụng tín hiệu quang so với các thiết bị điện tử thì kiến trúc và công nghệ chuyển mạch quang học đóng một vai trò quan trọng trong việc lựa chọn sử dụng cho trung tâm dữ liệu trong bối cảnh này. Ví dụ cụ thể như tính năng chuyển đổi cấu hình cao của công nghệ chuyển mạch điện tử vi quang học dựa trên hệ thống MEMS không phù hợp với chuyển mạch trong trung tâm dữ liệu.

1.6: Kết luận chương 1

Trong chương này đã giới thiệu một cách tổng quan nhất về các mạng trung tâm dữ liệu. Ngoài ra, còn trình bày về các cấu trúc cơ bản của trung tâm dữ liệu và viễn cảnh của trung tâm dữ liệu trong tương lai. Bên cạnh đó còn phân tích cụ thể về chi phí của trung tâm dữ liệu. Phần cuối của chương đề cập đến các đặc điểm của một trung tâm dữ liệu, bao gồm: Các thành phần cốt lõi; Phân loại trung tâm dữ liệu; Năng lượng tiêu thụ trong trung tâm dữ liệu; Tính năng lưu lượng của trung tâm dữ liệu; Độ trễ của trung tâm dữ liệu.

CHƯƠNG II: CHUYỂN MẠCH QUANG CHO TRUNG TÂM DỮ LIỆU

2.1. Tổng quan về quang học trong trung tâm dữ liệu

2.1.1. Giới thiệu chung về quang học trong trung tâm dữ liệu

Trong các trung tâm dữ liệu hiện tại, công nghệ quang học chỉ được sử dụng cho các kết nối điểm nối điểm giữa các máy chủ và các thiết bị chuyển mạch đầu giá (TOR) và giữa các thiết bị chuyển mạch TOR và chuyển mạch cụm. Đặc biệt, các liên kết quang cự li ngắn dựa trên các sợi đa mode (MMF) hiệu quả về chi phí. Máy chủ và chuyển mạch TOR được kết nối với nhau bằng các bộ thu phát dạng rút cắm (SFP) có tốc độ 1Gb/s. Do yêu cầu khoảng cách ngắn, công suất thấp và không tốn kém nên sự lựa chọn về công nghệ quang học được sử dụng, chủ yếu là do chi phí thấp và sự tiết kiệm điện năng tiêu thụ của các thiết bị. Trong trung tâm dữ liệu, với khoảng cách xa hơn 300m ở tốc độ 10Gb/s phải sử dụng các bộ thu phát đắt hơn và công suất cao hơn dựa trên laser phản hồi phân tán (DFB). Các bộ thu phát dựa trên DFB có thể được sử dụng để tăng băng thông kết nối và tiếp cận với chi phí năng lượng cao hơn.

Về cơ bản, một bộ thu phát WDM hoạt động với nhiều cặp bộ thu – phát trên các kênh WDM khác nhau được chứa trong cùng một sợi quang. Điều này sẽ dẫn đến một lợi thế to lớn trong việc mở rộng quy mô băng thông của hệ thống mạng. Khi SMF được triển khai, số

lượng các kênh bước sóng hoặc tốc độ dữ liệu trên mỗi kênh sẽ được tăng lên và băng thông cũng được tăng cường đáng kể. Để tăng băng thông mạng trong một hệ thống dựa trên MMF thì cần phải tăng số lượng kết nối và chi phí lắp đặt.

Chúng ta hoàn toàn có thể mong đợi rằng mạng nội bộ trung tâm dữ liệu sẽ cùng phát triển theo được với các mạng viễn thông. Các mạng đường dài và mạng nội thị cũng đã được phát triển từ các mạng truyền thống thành mạng toàn quang. Nguyên nhân có được sự phát triển này là do sự phát triển nhanh chóng theo yêu cầu của các mạng đó. Và trong một mạng không rõ ràng thì các tín hiệu quang phải trải qua quá trình chuyển đổi quang - điện - quang (O – E – O) tại mỗi nút định tuyến. Điều này có nghĩa là để liên tục tăng băng thông và khoảng cách truyền thì chi phí vận hành, bảo trì sẽ phải cao hơn kèm theo sự tiêu thụ điện năng rất lớn từ các dịch vụ như tản nhiệt. Nhưng ngược lại với điều này thì các mạng quang, trong đó có sử dụng kết nối chéo quang học và bộ ghép kênh xen/rẽ quang có thể cấu hình lại (ROADM) cung cấp băng thông lớn hơn mà công suất tiêu thụ và các chi phí vận hành lại ít hơn

2.1.2. Những yêu cầu và thách thức

a) Những yêu cầu với quang học trong trung tâm dữ liệu

Lợi thế của việc sử dụng mạng quang ảnh hưởng tới mô hình kiến trúc của trung tâm dữ liệu hiện đang được thảo luận rất nhiều. Trong đó, lợi thế “làm phẳng” kiến trúc trung tâm dữ liệu bằng cách sử dụng chuyển mạch gói quang OPS có khả năng kết nối quang học với số lượng lớn các máy chủ sẽ giải quyết các vấn đề trong việc mang lại một lợi ích rõ ràng cho mạng quang.

b) Thách thức của quang học trong trung tâm dữ liệu

Về nguyên tắc, một mạng kết nối toàn diện giữa các máy chủ của trung tâm dữ liệu là giải pháp tốt nhất để tối đa hoá việc chia sẻ tài nguyên và làm giảm thiểu độ trễ của hệ thống. Tuy nhiên, để kết nối được tất cả các máy chủ của trung tâm dữ liệu sẽ yêu cầu một OPS tập trung với hàng trăm nghìn cổng – Đây không phải là một giải pháp thực tế. Trên thực tế thì các yêu cầu về băng thông của kiến trúc trung tâm dữ liệu khác với mức độ chức năng của các phân cấp. Do đó, để có thể thiết kế một mạng nội bộ trung tâm dữ liệu hiệu quả và tiết kiệm chi phí thì cần phải biết rõ về các đặc điểm về lưu lượng trong trung tâm dữ liệu

2.1.3. Thiếu bộ nhớ quang học

Sử dụng chuyển mạch gói quang để chuyển đổi các gói trong miền quang học là rất rõ ràng thì việc tránh khỏi chuyển đổi O – E – O là điều rất khó khăn. Nếu như chuyển mạch điện tử sử dụng bộ đệm đầu vào và đầu ra để thực hiện xử lý lưu trữ và chuyển tiếp cần thiết

tại mỗi nút chuyển mạch thì điều này lại không thể triển khai được trong miền quang học vì lí do đơn giản là không có bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM).

Có hai cách tiếp cận thường được sử dụng để khắc phục tình trạng thiếu RAM trong miền quang học:

- Cách tiếp cận đầu tiên là dựa trên việc sử dụng đường truyền trễ sợi quang trên bộ đệm để lưu trữ tín hiệu trong miền quang học.
- Cách thứ hai là tiếp cận giới hạn quá trình đệm ở các cạnh của mạng chuyển mạch.

2.1.4. Tích hợp quang tử

Công nghệ tích hợp quang tử cho phép có thể kết hợp nhiều chức năng quang tử trên cùng một chip. Những ưu điểm chính của việc chế tạo mạch tích hợp quang tử (PIC) so với việc sử dụng quang rời rạc là: giảm diện tích hệ thống, giảm tiêu thụ điện năng, giảm tổn thất các mối nối sợi và giảm được các chi phí đóng gói vì nhiều thành phần có thể được đồng chế tạo trên một thiết bị duy nhất.

Những yêu cầu và thử thách đã nói bên trên thể hiện động lực để thực hiện luận văn này – là nghiên cứu và triển khai kiến trúc chuyển mạch gói quang OPS cho mạng nội bộ trung tâm dữ liệu. Không chỉ là khả năng xử lý một lượng lớn cổng đầu vào/đầu ra (>1000) mà còn phải có độ trễ hệ thống thấp ($<1\mu s$) là những điều mong muốn OPS có thể làm được.

2.2. Tổng quan về kiến trúc chuyển mạch quang

Các kiến trúc chuyển mạch quang (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 2.1a.



Hình 2. 1: Sơ đồ hệ thống DCN sử dụng OPS

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.

2.2.1. Các kiến trúc chuyển mạch quang

Tuỳ thuộc vào kỹ thuật chuyển mạch: các thông tin được trao đổi dưới dạng thời gian thực (chuyển mạch kênh) hoặc dưới dạng ghép kênh thông kê (chuyển mạch gói).

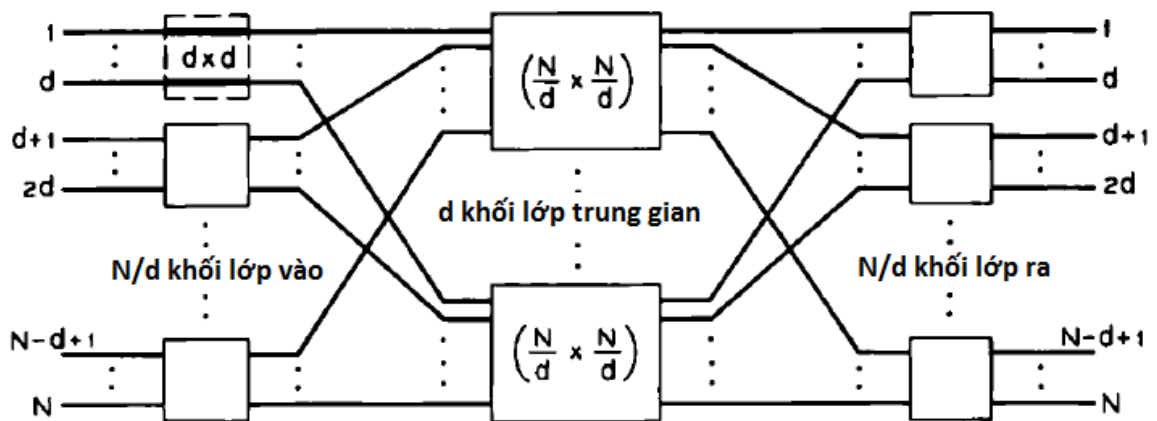
Chuyển mạch kênh: sử dụng để thiết lập cho thông tin giữa 2 điểm. Dữ liệu được truyền trên cùng một tuyến và thông tin truyền đi trong thời gian thực.

Chuyển mạch gói: thực hiện truyền các gói số liệu độc lập. Mỗi gói đi từ một cổng tới một cổng khác theo một đường nào đó. Các gói không thể gửi tới nút kế tiếp khi chưa thực hiện thành công tại nút trước đó.

Sau đây sẽ giới thiệu hai kiến trúc chuyển mạch gói quang tiêu biểu là chuyển mạch điều khiển tập trung (kiến trúc Benes) và chuyển mạch điều khiển phân tán (kiến trúc Spanke).

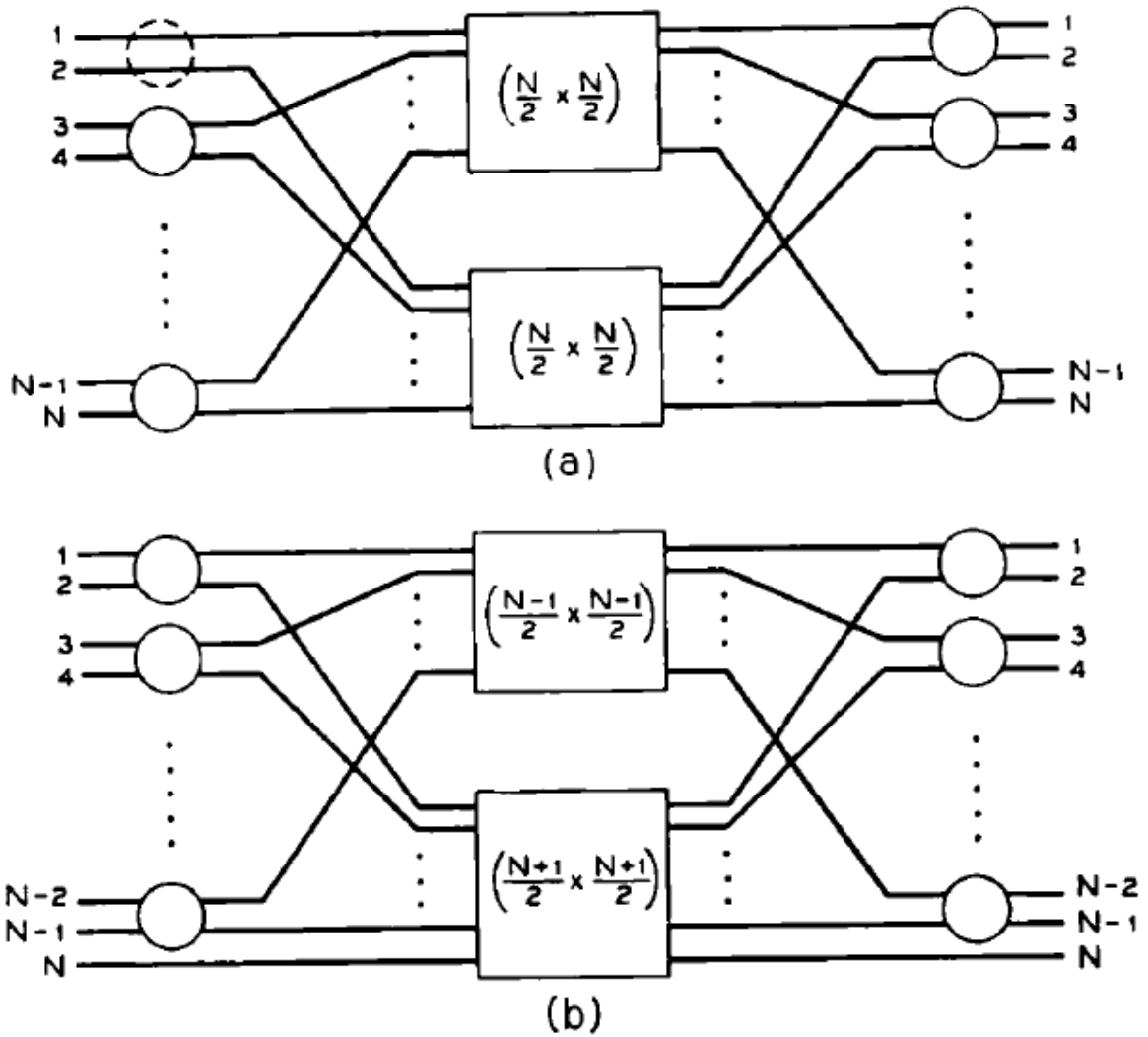
2.2.2. Kiến trúc Benes

Kiến trúc Benes là một mạng chuyển mạch có khả năng tái định hình liên quan N đầu vào và N đầu ra, ký hiệu là $(N \times N)$.



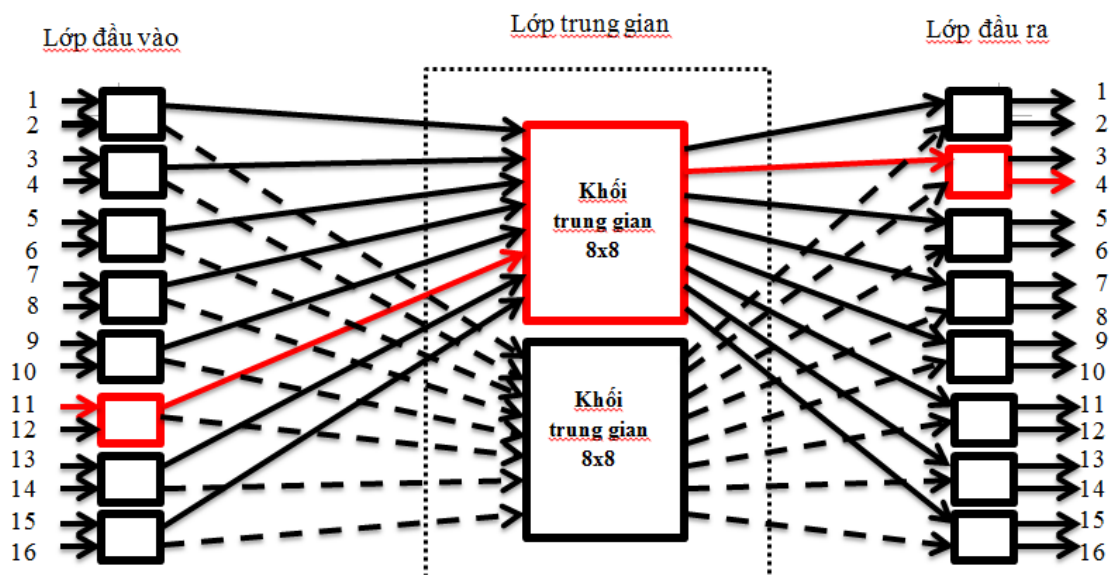
Hình 2. 2: Mô hình tổng quát chuyển mạch tái định hình với N đầu vào theo base- d

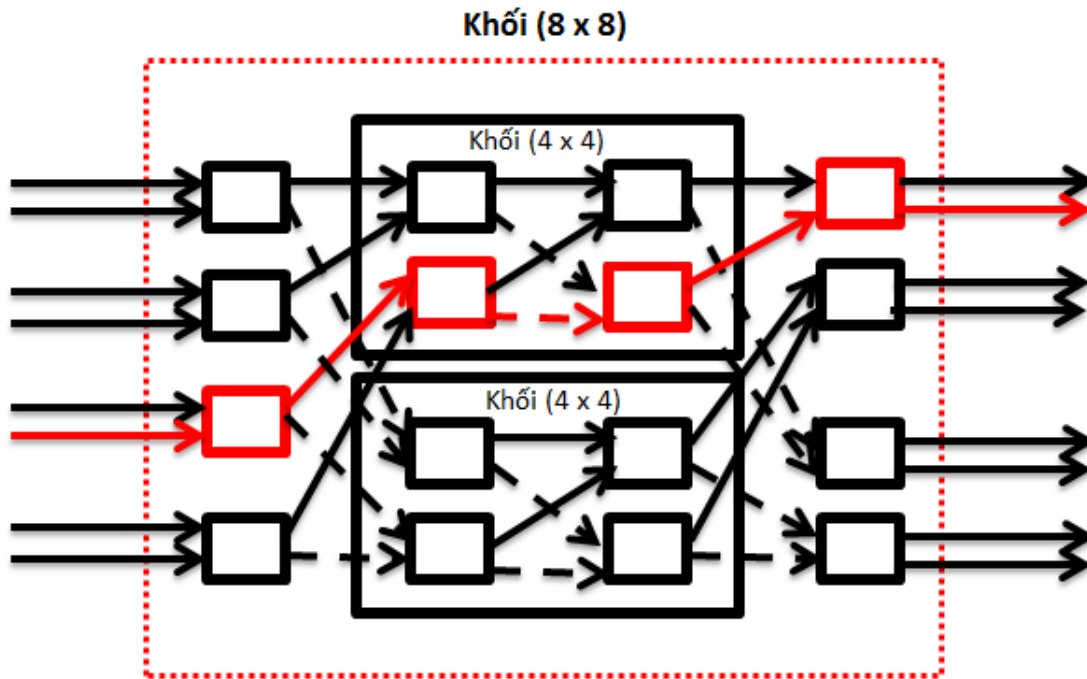
Đây là mô hình hiệu quả nhất (hay sử dụng ít số lượng các thành phần chuyển mạch 2 trạng thái nhất) và nó có thể được điều khiển một cách đơn giản hơn so với các base- n khác. Nó gồm các mạng (2×2) ở lớp đầu vào và đầu ra với số lượng tổng cộng là $(N-1)$ dù N chẵn hay lẻ. Hai mạng $(N/2 \times N/2)$ ở lớp giữa nếu N chẵn hay 1 mạng $[(N-1)/2 \times (N-1)/2]$ và 1 mạng $[(N+1)/2 \times (N+1)/2]$ nếu N lẻ như mô tả trên hình 2.3.



Hình 2. 3: Mô hình base-2 với a) N chẵn, b) N lẻ

Ta có thể tiếp tục sử dụng kiến trúc base-2 cho lớp giữa như ví dụ cụ thể về một mô hình (16x16) trong hình 2.4. Ở đây, các mạng chuyển mạch con trung gian ở giữa cũng được phân chia theo mô hình base-2.



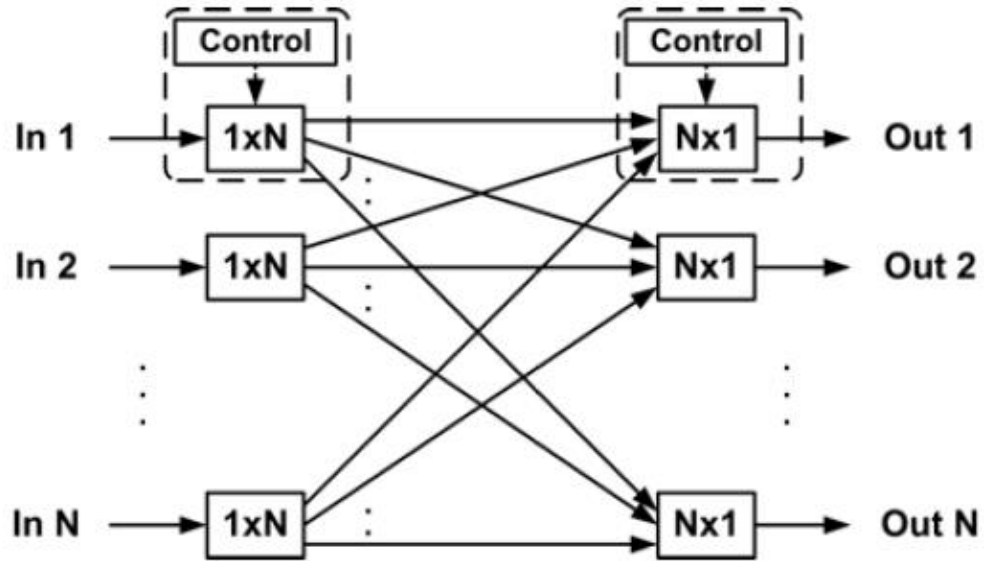


Hình 2. 4: a) Mô hình chuyển mạch quang (16x16) theo base-2,
b) Mạng con (8x8) thuộc lớp trung gian

Qua tính toán của tài liệu, thời gian điều khiển của hệ thống này phụ thuộc vào $N \cdot \log_2 N$ khi sử dụng giải thuật điều khiển looping. Với sự phức tạp của mô hình trung tâm dữ liệu hiện tại, trễ xử lý này là quá lớn và không thể chấp nhận được.

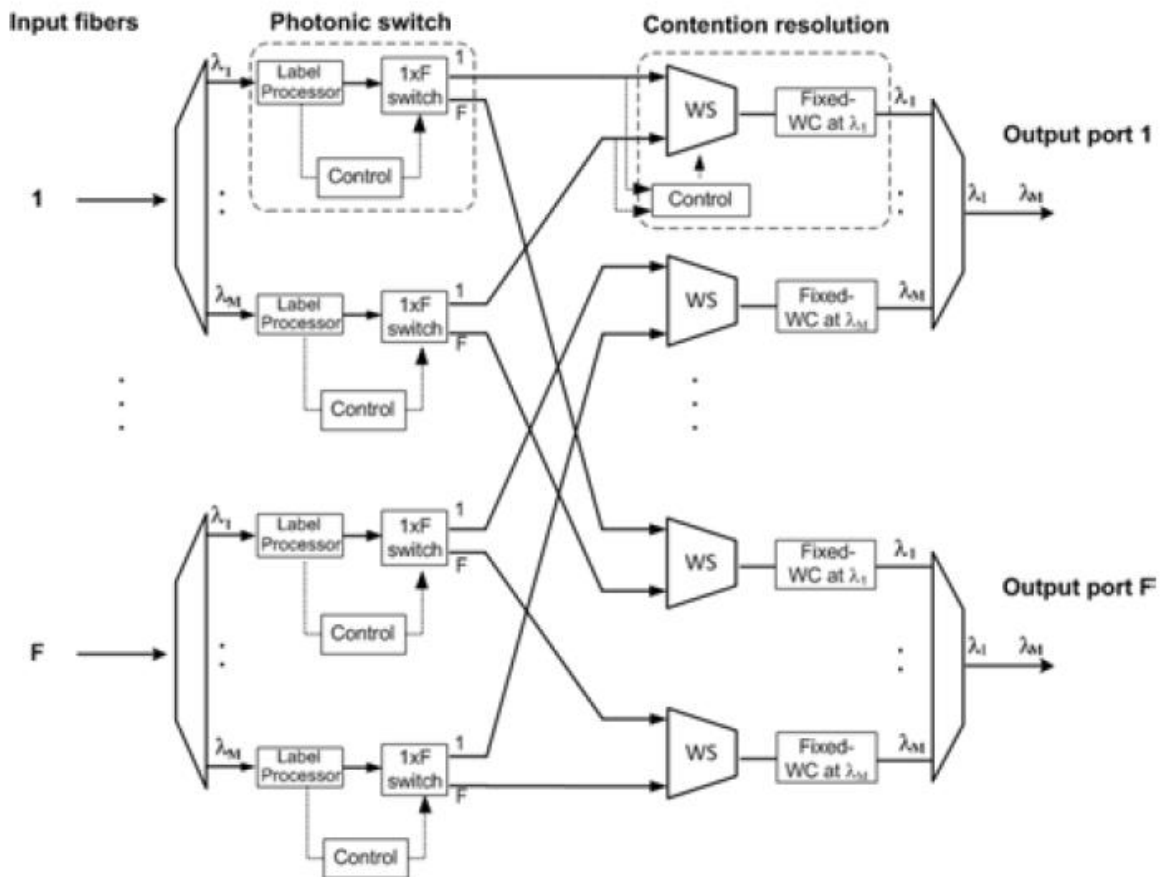
2.2.3. Kiến trúc Spanke

Kiến trúc chuyển mạch của Spanke là một kiến trúc hoàn toàn không nghẽn như hình 2.6. Nó sử dụng thành phần cơ bản là các bộ tách chủ động ($1 \times N$) và các bộ ghép chủ động ($N \times 1$). Theo mô hình lý tưởng của Spanke, những thành phần cơ bản này sẽ hoạt động độc lập, hệ thống hoàn toàn không nghẽn và kết nối giữa các đầu vào/đầu ra là điểm-điểm do những thành phần này tự cấu hình, điều khiển. Không cần thiết phải có sự thiết lập/tái cấu trúc ma trận chuyển mạch. Các đầu vào có thể tự chuyển dữ liệu tới bất kì đầu ra nào cần thiết bằng các bộ tách ($1 \times N$), các bộ ghép ($N \times 1$) có thể nhận dữ liệu từ nhiều đầu vào cùng một lúc và lựa chọn tín hiệu nào sẽ được chuyển tiếp tới đầu ra.



Hình 2. 5: Kiến trúc chuyển mạch Spanke sử dụng các bộ tách ($1 \times N$) và các bộ ghép ($N \times 1$) có khả năng tự điều khiển

Có thể giảm sự phức tạp của thiết kế thực tế bằng cách sử dụng kỹ thuật WDM vào mô hình Spanke, như đưa ra trên hình 2.7.



Hình 2. 6: Kiến trúc Spanke kết hợp công nghệ WDM

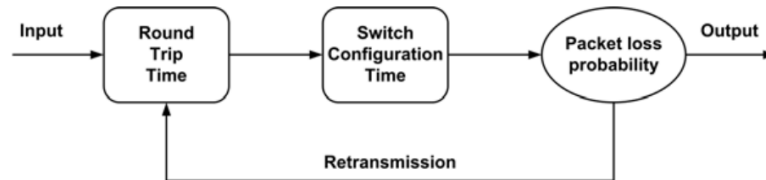
Chuyển mạch quang này sẽ có F đầu vào (đầu ra) quang và F bộ ghép kênh (phân kênh) WDM tại mỗi đầu vào (đầu ra) để phân chia (kết hợp) các kênh bước sóng λ_1 đến λ_M . Vậy ta

có mỗi chuyển mạch logic F.M x F.M (F sợi quang, mỗi sợi mang M kênh bước sóng. Kiến trúc này vẫn chưa đảm bảo xây dựng được kết nối điểm điểm giữa tất cả F.M đầu vào/đầu ra logic. Tuy nhiên, các gói sẽ được đưa đến đúng sợi quang cần thiết, tức là tới đúng cụm máy của sever đích trong Trung tâm dữ liệu. Ở đây, các chuyển mạch đầu giá sẽ đảm nhiệm việc chuyển tiếp gói tin tới đúng sever cần thiết.

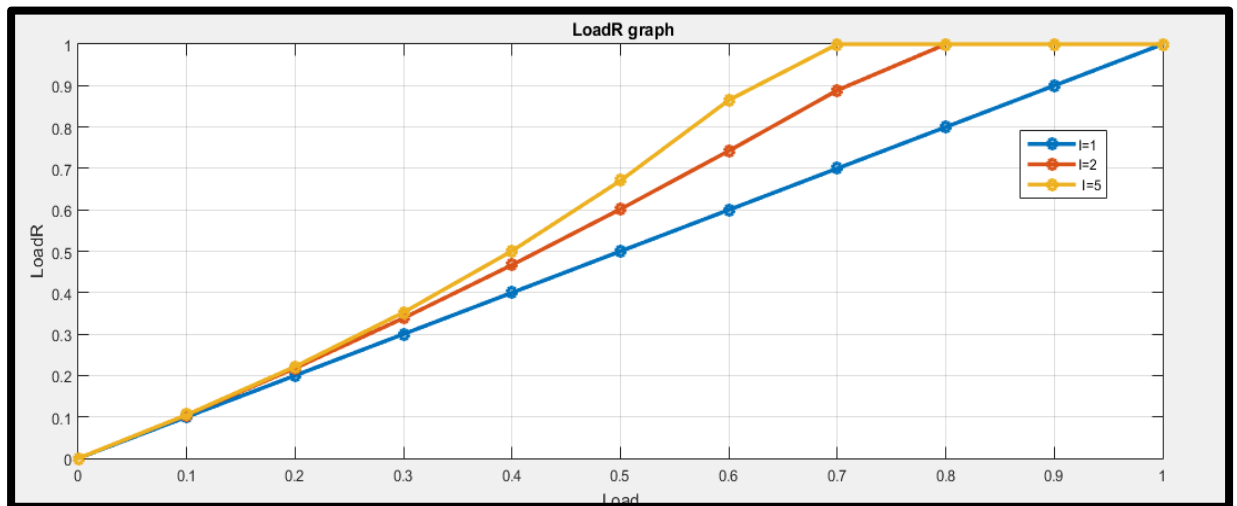
2.3. Khảo sát hiệu năng

2.3.1. Mô hình dây chuyền

Thực hiện mô hình hóa hệ thống trong hình 2.1 thành một mô hình dây chuyền đơn giản để có thể tính toán trễ và thông lượng của hệ thống khi các kiến trúc chuyển mạch khác nhau được sử dụng. Chuyển mạch Benes và Spanke sẽ là hai đại diện tương phản của điều khiển tập trung và điều khiển phân tán. Hình 2.8 mô tả mô hình dây chuyền đơn giản được sử dụng để khảo sát hiệu năng trễ và thông lượng của các kiến trúc chuyển mạch quang.



Hình 2. 7: Sơ đồ mô hình dây chuyền sử dụng để nghiên cứu độ trễ và thông lượng của hệ thống chuyển mạch quang



Hình 2. 8: Thể hiện sự biến đổi của load_R theo load với sự ảnh hưởng của những lần truyền trước (I) trên hệ thống với 4 cổng vào/ra.

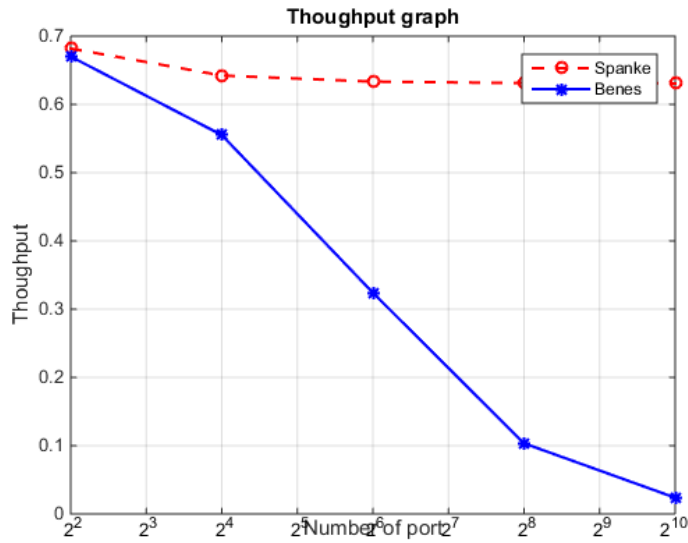
Hình 2.9 cho thấy hoạt động của load_R như một hàm của tải, xem xét số lần lặp khác nhau (I) trong phương trình 2.4 đối với một hệ thống có bốn cổng đầu vào/đầu ra. Có thể thấy rằng khi số lần ảnh hưởng tăng lớn hơn 3, sự thay đổi về load_R là không đáng kể, load_R sẽ bằng 1 khi load tăng giá trị đến 0.8. Dưới điều kiện dữ liệu như vậy, bộ đệm của 1 hệ thống

thực sẽ nhanh chóng bị làm đầy và việc tràn bộ đệm sẽ không thể tránh được. Tuy nhiên mô hình này của chúng ta sẽ không xét đến khía cạnh này và coi dung lượng bộ đệm là vô cùng.

2.3.2. Thông lượng

Tính toán thông lượng (tức là tỉ lệ băng thông hiệu dụng trên tổng băng thông) là khá đơn giản khi ta đã tính toán được tải thực. Thông lượng của hệ thống bằng 1 tại mỗi khe thời gian có ít nhất 1 gói được gửi tới đầu ra của hệ thống. Tuy nhiên thông lượng sẽ bị giới hạn bởi thời gian cấu hình t_{switch} do không có gói nào được gửi trong khoảng thời gian này. Thông lượng hệ thống được xác định dựa vào biểu thức sau:

$$\text{Throughput} = \frac{RTT}{RTT + t_{\text{Switch}}} \sum_{k=1}^N C_N^k \left(\frac{\text{load}_R}{N} \right)^k \left(1 - \frac{\text{load}_R}{N} \right)^{N-k} \quad (2.6)$$



Hình 2. 9: Thông lượng trung bình hệ thống thay đổi theo số cổng đầu vào trong 2 kiến trúc chuyển mạch quang Spanke và Benes

Hình 2.10 so sánh thông lượng trung bình tính toán từ công thức 2.6 của 2 kiến trúc đang xét với $\text{load}_R=1$. Ta thấy thông lượng trong trường hợp sử dụng kiến trúc Benes phụ thuộc rất nhiều vào số lượng cổng và giảm rất nhanh khi kích thước ma trận chuyển mạch tăng. Còn thông lượng khi sử dụng kiến trúc Spanke hầu như giữ nguyên không đổi. Tuy ta có thể thấy một sự giảm nhẹ đối với những ma trận chuyển mạch lớn, nhưng hiện tượng này có thể giải thích bằng việc ngẫu nhiên xác suất tranh chấp sẽ tăng lên khi số lượng cổng tăng, dẫn đến thông lượng giảm chứ không phải do ảnh hưởng từ kiến trúc.

2.3.3. Trễ

Việc tính toán trễ sẽ phức tạp hơn do mô hình phân tích không tính toán đến dung lượng bộ đệm, trong khi đây là một yếu tố tác động rất nhiều đến trễ hệ thống. Tuy nhiên, phần này sẽ đưa ra một mô hình đơn giản để có thể tính toán tổng quát và so sánh trễ khi sử dụng các kiến trúc chuyển mạch khác nhau cho cho OPS. Ta sử dụng xác suất truyền lại tối

đa ($P_{Retrmax}$) và đặt $load = 1$ để tính toán đường bao trên của trễ hệ thống trung bình ($latencyUB$). Vậy, $latencyUB$ hiệu dụng có thể được tính toán như sau:

$$latency\ UB = \frac{RTT + t_{switch}}{1 - P_{RetrMax}} \quad (2.7)$$

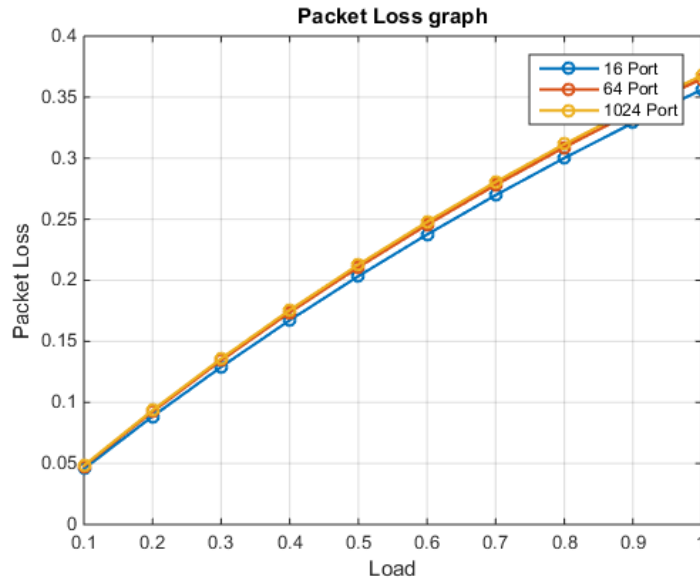
Trong phần sau, ta sử dụng phần mềm Optisystem mô phỏng hai kiến trúc chuyển mạch quang Benes và Spanke để tính toán thông số trễ, so sánh với công thức 2.7 vừa đưa ra.

2.3.4 Mất gói trong hệ thống không có đệm

Hệ thống phân tích dùng ở trên đây không thể tính toán được độ mất gói của hệ thống do đã đặt dung lượng bộ đệm là vô hạn. Vậy, để tính toán tỉ lệ mất gói tại CRB, ta sẽ loại bỏ hoàn toàn quá trình truyền lại, tức là đặt dung lượng bộ đệm bằng 0.

Ta có công thức tính toán tỷ lệ mất gói trong hệ thống sử dụng chuyển mạch Spanke kết hợp WDM như sau:

$$Packetloss = \frac{\sum_{k=2}^M C_M^k \left(\frac{load_R}{F}\right)^k \left(1 - \frac{load_R}{F}\right)^{M-k} (k-1)}{M \frac{load_R}{F}} \quad (2.8)$$



Hình 2. 10: Tỷ lệ mất gói thay đổi theo tải và số cổng trong mô hình kiến trúc chuyển mạch Spanke kết hợp WDM

Hình 2.36 biểu thị tỷ lệ mất gói phụ thuộc theo tải của mô hình kiến trúc Spanke kết hợp WDM với $F=4, 8, 32$ và giả thiết $M=F$, nghĩa là tương ứng chuyển mạch có 16, 64 và 1024 cổng vào/ra logic. Từ hình 2.36 có thể thấy rõ khi tải đầu vào tăng thì tỷ lệ mất gói càng tăng và khi số lượng cổng vào/ra tăng lên thì tỷ lệ mất gói tăng. Tuy nhiên khi số lượng cổng vào/ra tăng với số lượng lớn hơn 64 thì tỷ lệ mất gói tăng không đáng kể.

2.4 Kết luận chương 2

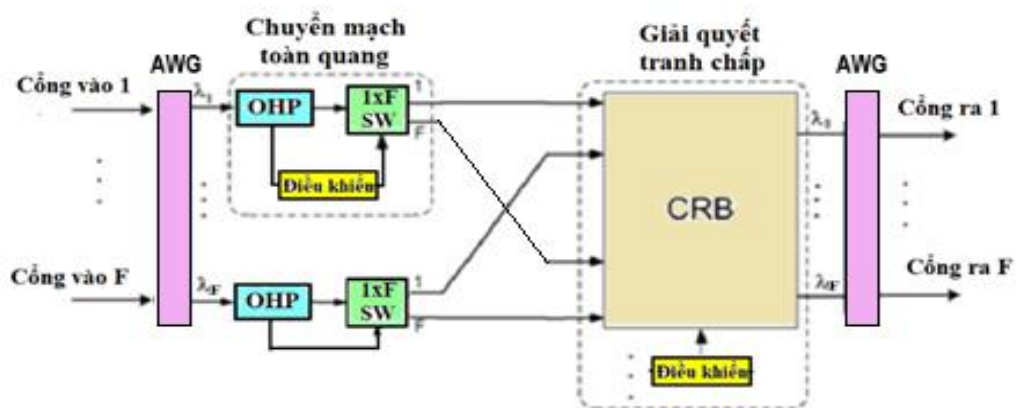
Trong chương này đã trình bày cụ thể các vấn đề liên quan đến ứng dụng quang học trong các mạng trung tâm dữ liệu. Ngoài ra, trong chương 2 còn phân tích cụ thể về các kiến trúc chuyển mạch quang cho trung tâm dữ liệu, bao gồm 2 loại kiến trúc chuyển mạch quang cơ bản là kiến trúc chuyển mạch quang Bennes và Spanke. Phần cuối của chương là phần khảo sát đánh giá hiệu năng của các hệ thống trung tâm dữ liệu sử dụng chuyển mạch quang Bennes và Spanke trên cơ sở mô hình giải tích và phần mềm mô phỏng OptiSystem thông qua các tham số hiệu năng như thông lượng hệ thống, trễ hệ thống trung bình và tỷ lệ mất gói.

CHƯƠNG 3: NÚT CHUYỂN MẠCH QUANG ĐỀ XUẤT CHO MẠNG TRUNG TÂM DỮ LIỆU

Nội dung của chương 3 trình bày những đóng góp của Học viên trong việc xây dựng mô hình kiến trúc nút chuyển mạch quang dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây (AWG). Trong chương 3 phân tích cụ thể hoạt động của nút chuyển mạch gói quang. Trên cơ sở của mô hình cấu trúc nút chuyển mạch quang dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây (AWG) đề xuất, 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 của nút chuyển mạch.

3.1 Mô hình kiến trúc nút chuyển mạch quang đề xuất cho DC

Mô hình kiến trúc của nút chuyển mạch quang dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây được đưa ra trong hình 3.1. Về cơ bản mô hình kiến trúc nút chuyển mạch quang dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây cũng giống như trong nút sử dụng Kiến trúc Spanke kết hợp công nghệ WDM.

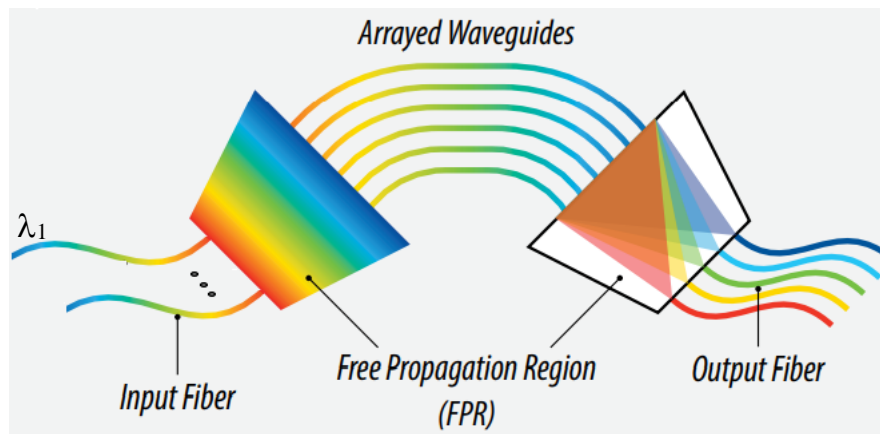


Hình 3. 1: Kiến trúc nút chuyển mạch quang dựa trên AWG

Kiến trúc nút chuyển mạch 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. Trong kiến trúc có F cổng (sợi) vào và F cổng ra được kết nối trực tiếp với mỗi cụm của mạng DC. Mỗi cổng vào/ cổng ra F có F

bước sóng. Do đó, tổng số cổng vào/ cổng ra logic là ($N=F \times F$). Tương ứng với cổng vào ra có 2 cách tử ống dẫn sóng dây với kích cỡ $F \times F$.

Cấu trúc AWG gồm ba thành phần chính có trong hình 3.1: các sợi vào ra, vùng truyền tự do (FPR) và các ống dẫn sóng dây như trên hình 3.2. Khi một đầu vào có sóng ánh sáng với nhiều bước sóng khác nhau đi vào FPR. Trong FPR, sóng ánh sáng không còn bị giữ trong một sợi quang và được phân kỳ và đi đến một dãy ống dẫn sóng. Sau đó, ánh sáng này được thu bởi ống dẫn sóng dây truyền nó về phía đầu ra. Các ống dẫn sóng riêng lẻ có độ dài khác nhau với các ống dẫn bên trong ngắn hơn các ống dẫn bên ngoài. Chênh lệch độ dài của các ống dẫn sóng liên kế bằng bội số nguyên của bước sóng trung tâm. Do đó, các bước sóng từ các ống dẫn sóng được dẫn riêng rẽ đến đầu ra ở các pha khác nhau. Các tia sáng giao thoa cộng hưởng và hội tụ tại một tiêu điểm duy nhất ở đầu ra của bộ FPR đầu ra. Mỗi cổng ra AWG sẽ nhận được tương ứng một bước sóng riêng rẽ.



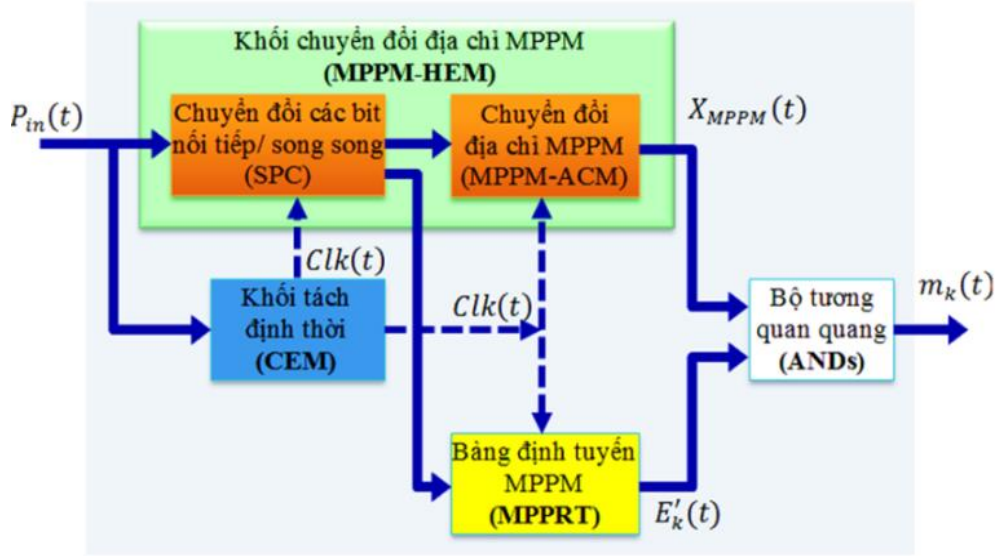
Hình 3. 2: Kiến trúc nút chuyển mạch quang dựa trên AWG

3.2 Hoạt động của nút chuyển mạch gói quang

Tín hiệu quang (các gói) từ các cụm có F bước sóng được đưa đến các cổng vào của nút chuyển mạch và đưa vào AWG đầu vào để tách thành các bước sóng riêng. Các gói quang với bước sóng riêng tương ứng được đưa vào khối chuyển mạch toàn quang, để thực hiện tách mào đầu quang nhờ khối xử lý mào quang (OHP) để lấy ra thông tin điều khiển và đưa đến khối chuyển mạch $1 \times F$ ($1 \times F$ SW) để đảm bảo gói được đưa đến đúng cổng ra mong muốn.

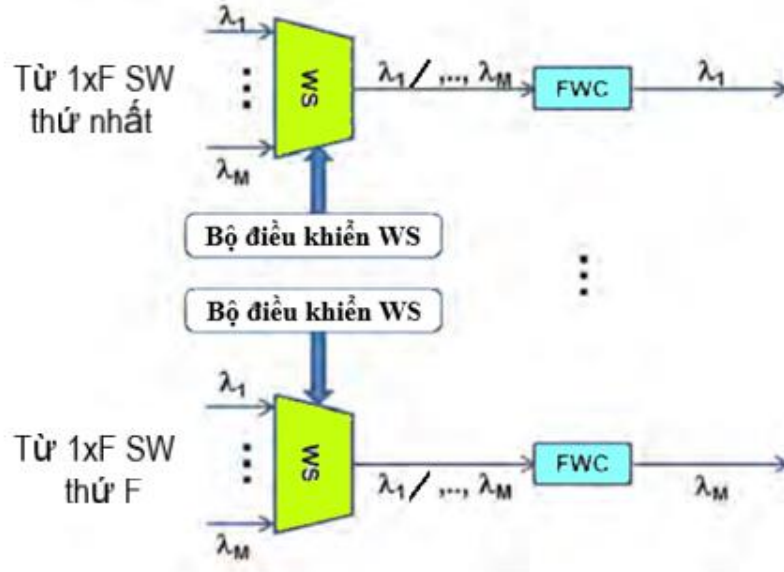
Các gói đầu ra từ các khối chuyển mạch $1 \times F$ được đưa đến khối giải quyết tranh chấp (CRB) và đưa ra các cổng ra yêu cầu.

Mô hình cấu trúc của khối xử lý mào đầu toàn quang dựa trên MPPM như hình 3.3. Khối MPPM-HP bao gồm các khối chức năng con: khối tách định thời (CEM), khối tách địa chỉ mào đầu điều chế vị trí xung sửa đổi (MPPM-HEM), khối tạo bảng định tuyến con MPPM (MPP-SRT) và khối tương quan quang với các cổng AND quang.



Hình 3. 3: Mô hình cấu trúc của khối OHP

Mô hình cấu trúc khối giải quyết tranh chấp như đưa ra trong hình 3.4.



Hình 3. 4: Cấu trúc khối giải quyết tranh chấp

Tại CRB, khi các gói được đưa vào bộ chọn bước sóng (WS), bộ điều khiển WS sẽ quyết định gói nào được chuyển tiếp đến bộ chuyển đổi bước sóng cố định (FWC) trong trường hợp có nhiều gói ở đầu vào của nó. Gói đã chọn sau đó được chuyển đổi sang bước sóng phù hợp và chuyển tiếp đến cổng đích của nó.

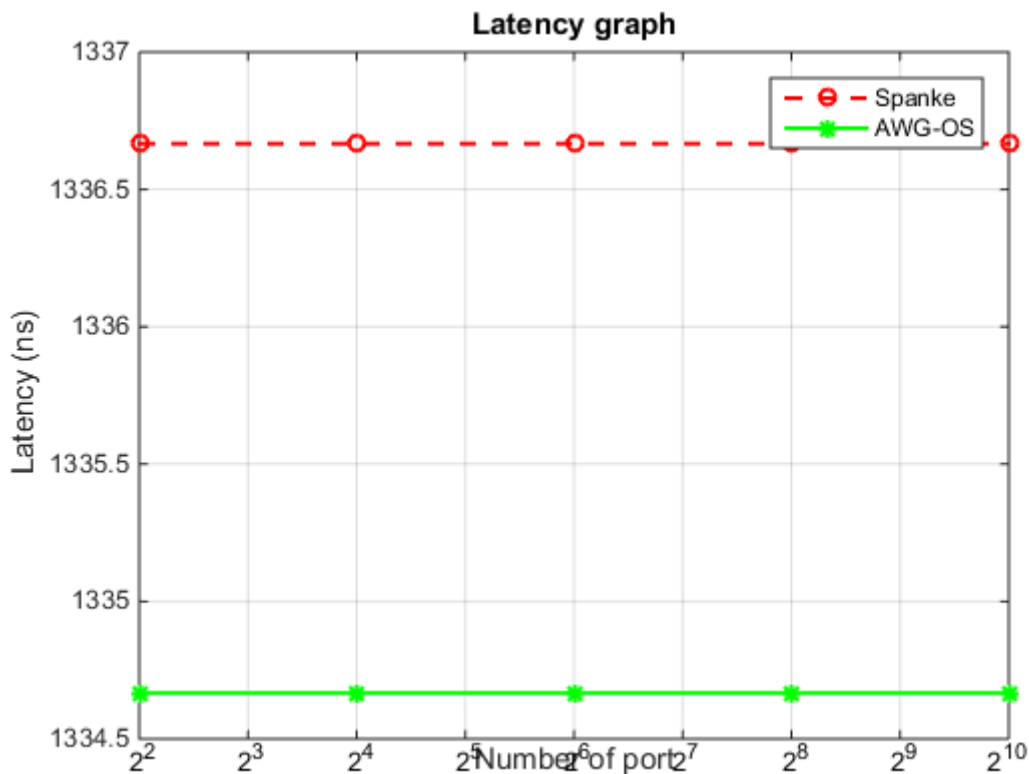
3.3 Đánh giá hiệu năng

Đánh giá hiệu năng của nút chuyển mạch quang sử dụng dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây (AWG) được thực hiện với một số tham số đã trình bày trong chương 2 là: thông lượng (Throughput), trễ (latencyUB) và mất gói trong hệ thống không có đệm (Packetloss).

Như đã phân tích trong mục 2.3.2: Thông lượng của chương 2, thông lượng trung bình trong trường hợp sử dụng kiến trúc Benes phụ thuộc rất nhiều vào số lượng cổng và giảm rất nhanh khi kích thước ma trận chuyển mạch tăng. Còn thông lượng khi sử dụng kiến trúc Spanke hầu như giữ nguyên không đổi chỉ giảm nhẹ đối với những ma trận chuyển mạch kích cỡ lớn. Tuy nhiên khi khảo sát thông lượng trung bình cho kiến trúc nút chuyển mạch đề xuất AWG-OS có thể thấy một sự cải thiện so với kiến trúc nút chuyển mạch Spanke.

Tiếp theo chúng ta sẽ so sánh thông số trễ của hệ thống khi sử dụng các nút chuyển mạch khác nhau.

Hình 3.6 chỉ ra quan hệ trễ của hệ thống (latencyUB) sử dụng nút chuyển mạch Spanke và nút chuyển mạch đề xuất (AWG-OS) theo số cổng vào ra của nút chuyển mạch quang. Trễ của hệ thống (latencyUB) được tính như theo công thức 2.7. Khảo sát trong trường hợp tốc độ bit truyền gói bằng 10Gb/s, tương ứng thời gian sống của một gói là 40 ns. Thời gian khứ hồi RTT (Round Trip Time) là 400ns. Thời gian tái cấu hình trung bình ở nút chuyển mạch là 500 ps. Rõ ràng là, khi sử dụng nút chuyển mạch AWG-OS giúp làm giảm trễ hệ thống.



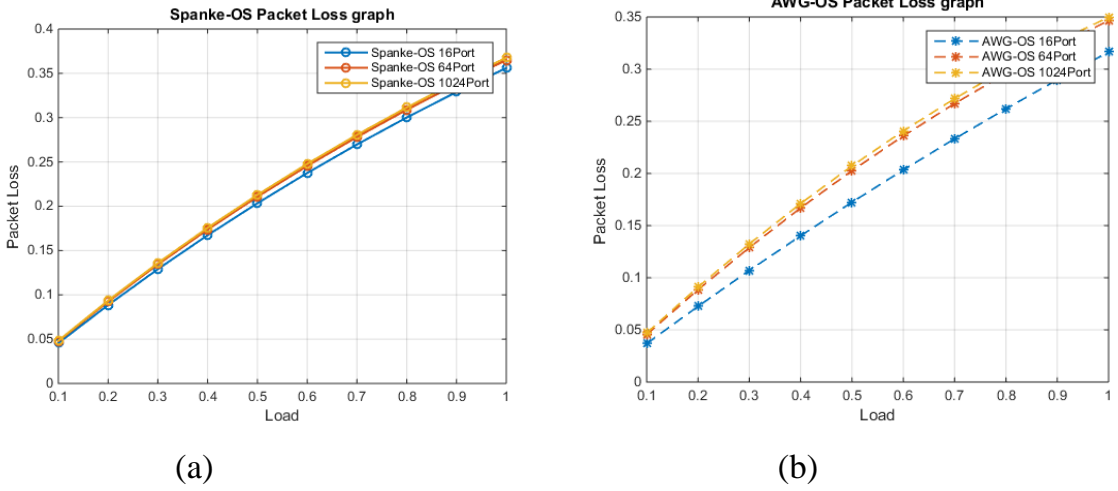
Hình 3. 5: Trễ của hệ thống sử dụng nút chuyển mạch Spanke và nút chuyển mạch đề xuất (AWG-OS).

Cuối cùng chúng ta sẽ đánh giá thông số mất gói trong hệ thống không có đệm (Packetloss) khi sử dụng các nút chuyển mạch khác nhau. Công thức tính toán tỷ lệ mất gói trong hệ thống chuyển mạch sử dụng AWG như công thức 3.1:

$$\text{Packetloss} = \frac{\sum_{k=2}^F C_F^k \left(\frac{\text{load}_R}{F}\right)^k \left(1 - \frac{\text{load}_R}{F}\right)^{M-k} (k-1)}{\frac{\text{load}_R}{F}} \quad (3.1)$$

Số cổng chuyển mạch logic được lấy bằng 16, 64 và 1024.

Hình 3.7a, hình 3.7b tương ứng đưa ra tỷ lệ mất gói thay đổi theo tải và số cổng trong mô hình sử dụng các kiến trúc nút chuyển mạch Spanke và AWG-OS. Nhìn vào hình 3.7a và hình 3.7b có thể thấy rõ là tỉ lệ mất gói trong kiến trúc chuyển mạch AWG đề xuất nhỏ hơn so với chuyển mạch Spanke kết hợp WDM và khi tải càng tăng tỉ lệ mất gói ở đầu ra các chuyển mạch đều tăng.



Hình 3. 6: (a) Trễ của hệ thống sử dụng nút chuyển mạch Spanke và (b) Trễ của hệ thống sử dụng nút chuyển mạch đề xuất (AWG-OS).

Tóm lại, trong hệ thống mạng trung tâm dữ liệu khi sử dụng nút chuyển mạch quang sử dụng cách tử ống dẫn sóng dây đã góp phần cải thiện được hiệu năng của mạng. Cụ thể làm giảm trễ truyền gói qua hệ thống mạng, nâng cao được thông lượng trung bình hệ thống mạng, giảm được tỉ lệ mất gói khi truyền trong hệ thống mạng.

3.4 Kết luận chương

Nội dung chương 3 đã trình bày cụ thể mô hình và hoạt động của kiến trúc nút chuyển mạch gói quang sử dụng cách tử ống dẫn sóng dây đề xuất. Phần cuối của chương là phần khảo sát đánh giá hiệu năng của nút chuyển mạch gói quang đề xuất sử dụng cho các mạng trung tâm dữ liệu toàn quang trong tương lai. Các kết quả tính toán số đã cho thấy với hệ thống chuyển mạch gói quang sử dụng AWG đề xuất đã cải thiện đáng kể hiệu năng so với các hệ thống chuyển mạch quang Benes và Spanke.

KẾT LUẬN

Với xu thế phát triển mạng hiện nay trên thế giới cũng như ở Việt Nam thì chuyển mạch quang là giải pháp thiết yếu giúp đáp ứng được nhu cầu sử dụng với điều kiện cao hơn. Giải pháp này cho phép xây dựng được một mạng truyền dẫn quang linh hoạt hơn và đảm bảo thông suốt được cái lưu lượng thông tin lớn hơn. Bên cạnh đó, nó cũng cho phép nâng cao tính thông minh cho lớp quang mà vẫn đơn giản hoá được rất nhiều kiến trúc mạng; điều này sẽ rất có hiệu quả cho việc khai thác và bảo dưỡng mạng về sau.

Vì vậy, trong luận văn này, học viên đã nghiên cứu đề tài “Công nghệ chuyển mạch quang cho các trung tâm dữ liệu” nhằm tìm ra được giải pháp phù hợp để nâng cao hiệu quả các công nghệ chuyển mạch cho các trung tâm dữ liệu hiện nay.

Qua quá trình nghiên cứu, học viên đã thu được một số kết quả sau:

1. Nghiên cứu tổng quan về vai trò và các đặc điểm trong kiến trúc mạng của trung tâm dữ liệu
2. Nghiên cứu về kiến trúc và hoạt động của công nghệ chuyển mạch quang cho trung tâm dữ liệu
3. Khảo sát và đánh giá hiệu năng của chuyển mạch quang trong các trung tâm dữ liệu.
4. Xây dựng mô hình kiến trúc chuyển mạch quang dựa trên cách tử ống dẫn sóng dây (AWG).
5. Khảo sát và đưa ra kết quả liên quan tới hiệu năng của nút chuyển mạch quang đề xuất sử dụng cho mạng trung tâm dữ liệu trong tương lai.