

Truyền thông quang và xu thế tương lai

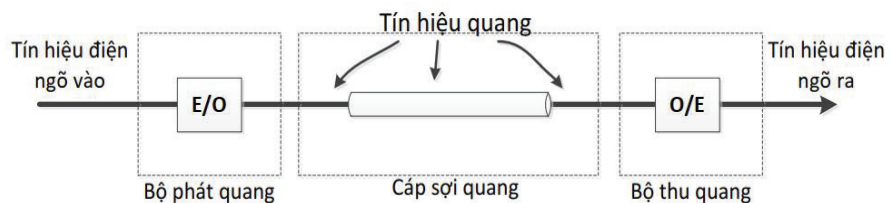
ThS Trương Đình Dũng, ThS Nguyễn Đức Bình
Trường Cao đẳng Kỹ thuật thông tin

Ngày nay, truyền thông quang đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong mạng truyền tải dữ liệu toàn cầu. Có thể nói, truyền thông quang đang mang lại khả năng trao đổi dữ liệu với tốc độ rất cao cho các loại hình dịch vụ khác nhau. Hiện nay, mạng cáp sợi quang đang truyền tải trên 99,99% lưu lượng internet toàn cầu cho các dịch vụ băng thông rộng như: Netflix, Youtube, Facebook... Bài viết giới thiệu tổng quan về truyền thông quang và xu thế phát triển của công nghệ này trong tương lai.

Truyền thông quang

Truyền thông quang hay truyền thông trên sợi quang là một phương thức dùng ánh sáng để truyền dẫn thông tin. Hệ thống truyền thông quang cơ bản bao gồm: một đầu phát dùng để mã hóa thông tin thành tín hiệu ánh sáng, kênh truyền (cáp sợi quang) dùng để truyền tín hiệu đến đích, đầu thu dùng để tái tạo lại thông tin từ tín hiệu nhận được [1]. Truyền thông quang sử dụng các bước sóng có phổ điện từ gần vùng hồng ngoại, phía trên vùng ánh sáng nhìn thấy và không thể nhìn thấy được bằng mắt.

Với những ưu điểm vượt trội so với các công nghệ khác, truyền thông quang đã và đang đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng hệ thống thông tin có khả năng cung cấp dung lượng cực lớn và tiết kiệm năng lượng, nhằm đáp ứng sự bùng nổ của nhu cầu lưu lượng hiện tại và tương lai. Từ những hệ thống truyền thông quang đơn giản tốc độ thấp, với sự hỗ trợ của những



Hình 1. Cấu trúc tổng quát hệ thống truyền thông quang.

tiến bộ mang tính đột phá về kỹ thuật và công nghệ trong thời gian qua, mạng truyền thông quang đã hình thành và phát triển với kiến trúc và chức năng ngày càng phức tạp hơn, dung lượng truyền tải liên tục được nâng cấp. Cấu trúc tổng quát của hệ thống truyền thông quang được thể hiện trong hình 1.

Cấu trúc tổng quát của một hệ thống truyền thông quang bao gồm:

Bộ phát quang E/O: có vai trò chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang. Các linh kiện điện tử phổ biến được sử dụng làm nguồn phát quang là LED và laser. Nguồn LED được sử dụng trong các hệ thống có tốc độ dữ liệu cỡ hàng trăm Megahertz (MHz), thấp hơn rất nhiều so với

tốc độ dữ liệu Gigahertz (GHz) của nguồn laser.

Bộ thu quang O/E: có vai trò chuyển đổi tín hiệu quang thu được thành tín hiệu điện gốc giống với tín hiệu ở phía phát, hay còn gọi là bộ tách sóng quang. Mục đích của bộ tách sóng quang là để chuyển đổi ánh sáng phát ra từ sợi quang trở thành tín hiệu điện.

Kênh truyền cáp sợi quang: là sợi cáp dài mỏng, có đường kính rất nhỏ (cỡ micromet - μm), cấu tạo bao gồm lõi là sợi thủy tinh hoặc plastic. Xung ánh sáng truyền qua lõi sợi quang theo nhiều hướng khác nhau bằng cơ chế phản xạ qua lớp sơn bọc ngoài. Sợi quang truyền tải dữ liệu bằng những xung ánh sáng, do đó ít bị ảnh hưởng bởi vấn

đề nhiễu điện từ, ít suy hao và thường được dùng cho kết nối khoảng cách xa.

Quá trình phát triển của công nghệ truyền thông quang cho đến nay có thể được chia thành 3 giai đoạn chính, bao gồm:

Giai đoạn thứ nhất: công nghệ ghép kênh theo thời gian TDM (Time Division Multiplexing). Trong giai đoạn này, các thiết bị điện và quang tốc độ cao cũng như các bộ khuếch đại quang là chìa khóa để hiện thực các hệ thống truyền dẫn quang đường trục tốc độ cao. Các hệ thống này thực hiện ghép kênh theo thời gian TDM lên một bước sóng quang và có khả năng hỗ trợ truyền tải với dung lượng 10 Gbps.

Giai đoạn thứ hai: công nghệ khuếch đại quang kết hợp với công nghệ ghép kênh theo bước sóng quang WDM (Wave Division Multiplexing), cho phép thực hiện truyền đồng thời các tín hiệu quang với nhiều bước sóng khác nhau trên cùng một sợi quang. Do đó, công nghệ WDM cho phép xây dựng những hệ thống truyền tải thông tin quang có dung lượng lớn hơn nhiều so với hệ thống thông tin quang đơn bước sóng. Hệ thống truyền thông quang WDM thực hiện ghép 40 bước sóng ở tốc độ 40 Gbps/bước sóng đã được triển khai trong một số mạng lõi và dung lượng truyền dẫn có thể lên tới 1,6 Tbps. Công nghệ ghép kênh theo bước sóng

WDM hiện đang được triển khai và trong tương lai gần vẫn sẽ là công nghệ truyền dẫn nền tảng cho mạng quang.

Giai đoạn thứ ba: sự chuyển đổi từ các bộ thu tách sóng trực tiếp sang các bộ thu kỹ thuật số. Một số kỹ thuật được áp dụng như điều chế pha trực giao, ghép kênh phân cực để tăng hiệu suất phổ của hệ thống, thiết kế các bộ khuếch đại sợi quang trộn cho phép thực hiện khuếch đại trực tiếp tín hiệu quang mà không phải thông qua quá trình biến đổi về tín hiệu điện.

Xu thế phát triển truyền thông quang trong tương lai

Trong hệ thống thông tin hiện nay, truyền thông quang đóng vai trò rất quan trọng, giúp đảm bảo truyền tải dung lượng lớn trên khoảng cách xa và tiết kiệm chi phí đầu tư. Trên mạng truyền dữ liệu toàn cầu, truyền thông quang đã xuất hiện ở hầu hết các cấu hình mạng, các tổ chức mạng khác nhau, từ vi mô đến vĩ mô. Một cách tổng quát, có thể chia mạng truyền thông quang thành 3 vùng lớn: i) kết nối giữa các quốc gia hoặc các thành phố lớn trong một quốc gia, được gọi là mạng long-haul; ii) kết nối giữa các trạm trong một thành phố hoặc một tỉnh, gọi là mạng metro; iii) kết nối giữa các trạm của nhà cung cấp dịch vụ mạng đến các điểm kết nối với khách hàng, gọi là mạng truy cập. Hiện nay, tất cả các mạng long-haul và metro đều

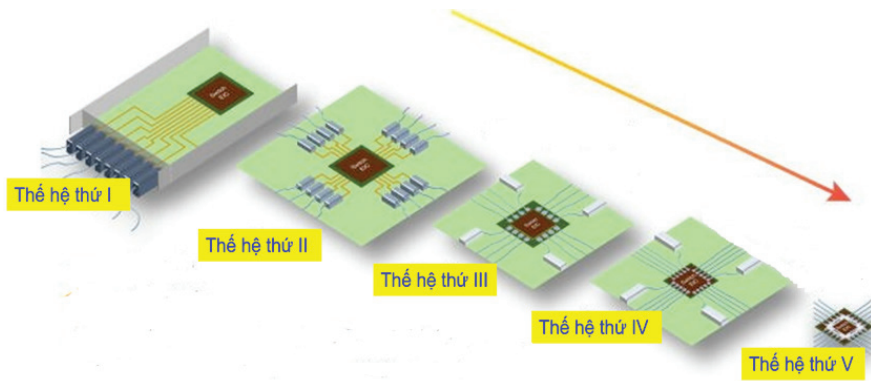
sử dụng kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng WDM [2].

Để đáp ứng yêu cầu ngày càng cao về khả năng lưu trữ và truyền tải thông tin trong tương lai, các công nghệ mới hỗ trợ hệ thống truyền thông quang tốc độ cao đang được hướng đến. Một trong các công nghệ đầy hứa hẹn và hấp dẫn là quang học tích hợp, ví dụ như quang học kết hợp dữ liệu gói CPO (Co-packaged Optic). Việc tích hợp các linh kiện quang, điện tử vào một con chip duy nhất là mục tiêu của quang tích hợp, cũng là vấn đề cốt lõi của các doanh nghiệp trong tương lai. Ngoài ra, sự kết hợp các hệ thống vô tuyến và truyền thông quang cũng rất được quan tâm, ví dụ như công nghệ truyền sóng vô tuyến qua sợi quang Radio over Fiber (RoF) giúp gia tăng khoảng cách truyền dẫn lên rất nhiều lần với độ suy hao thấp.

Quang học kết hợp dữ liệu gói CPO

Trong tổ chức mạng của các nhà mạng lớn hiện nay, truyền thông quang đã xuất hiện từ những kết nối trong các trung tâm dữ liệu, thậm chí từ các vi mạch, cho đến các liên kết cự ly siêu dài.

Qua các kết quả khảo sát, tốc độ dữ liệu liên kết đã tăng nhanh trong thời gian vừa qua và tiếp tục trong thời gian tới. Ngoài ra để giải quyết bài toán về chi phí, các giải pháp kỹ thuật về hợp



Hình 2. Các thế hệ quang tích hợp.

chuyển mạch dữ liệu trên cơ sở quang học kết hợp dữ liệu gói CPO đang được tiến hành nghiên cứu. Việc tích hợp quang học lên các vi mạch là xu thế chung để giải quyết các vấn đề về tốc độ xử lý. Cùng với đó là việc tích hợp chuyển mạch IP/gói vào các vi mạch này sẽ làm cho năng lực hệ thống tăng lên rất nhiều lần. Thế hệ vi mạch sau này là sự tích hợp mật độ cao các linh kiện quang, điện tử. Đồng thời với đó là sự tăng nhanh tốc độ xử lý dữ liệu của chip IC trung tâm.

Với năng lực hiện tại, giải pháp chuyển mạch phổ biến nhất trong các trung tâm dữ liệu cho phép khả năng truyền dẫn 12,8 Tbps. Mục tiêu trong tương lai của các tổ chức lớn như IBM, Facebook, Amazon, Apple, Microsoft... là triển khai các thiết bị chuyển mạch quang trong các trung tâm dữ liệu cho thông lượng 51,2 Tbps vào năm 2023 và 102,4 Tbps vào năm 2025 [3].

Truyền thông quang kết hợp

Các hệ thống thông tin vô tuyến băng rộng hiện đang phát

triển rất mạnh mẽ. Yêu cầu về khả năng truyền tải các dịch vụ băng rộng tích hợp khiến cho dung lượng truyền dẫn của các hệ thống thông tin vô tuyến ngày càng tăng. Điều này dẫn tới yêu cầu gia tăng một số lượng lớn các trạm gốc và các điểm truy cập vô tuyến để đạt được vùng phủ sóng rộng theo yêu cầu của hệ thống. Để giảm chi phí lắp đặt và bảo dưỡng các hệ thống đó thì khối lượng vô tuyến phải được đơn giản tới mức tối thiểu. Điều này có thể được thực hiện bằng cách kết hợp các chức năng xử lý tín hiệu vào trạm đầu cuối tập trung nhờ công nghệ truyền tín hiệu vô tuyến qua sợi quang RoF [4]. Đây là giải pháp đặc biệt quan trọng cho các mạng không dây tốc độ cao thế hệ sau này, với khả năng truyền dẫn ở khoảng cách xa và suy hao thấp.

Ngoài ra, kỹ thuật FSO (Free Space Optical) hay mạng quang không dây cũng đang được nghiên cứu và triển khai [5]. Giống với thông tin sợi quang, hệ thống mạng quang không dây sử

dụng laser để truyền dữ liệu. Đây là công nghệ truyền thông băng thông rộng tầm nhìn thẳng, có khả năng truyền tải dung lượng lớn, dễ dàng lắp đặt, di chuyển hoặc thiết lập lại cấu hình mạng khi cần.

Công nghệ quang kết hợp CPO hay các hệ thống truyền thông quang kết hợp RoF và FSO với những ưu điểm và tính ứng dụng cao của chúng đang trở thành những lĩnh vực nghiên cứu tiềm năng, là mục tiêu phát triển hệ thống truyền thông quang trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. Headley, G. Agrawal (2005), *Raman Amplification in Fiber Optical Communication Systems*, Academic press.
- [2] P.J. Winzer (2012), "Optical networking beyond WDM", *IEEE Photonics Journal*, **4**(2), pp.647-651.
- [3] C. Minkenberg, et al. (2021), "Co-packaged datacenter optics: opportunities and challenges", *IET optoelectronics*, **15**(2), pp.77-91.
- [4] B.G. Kim, et al. (2018), "RoF-based mobile fronthaul networks implemented by using DML and EML for 5G wireless communication systems", *Journal of Lightwave Technology*, **36**(14), pp.2874-2881.
- [5] B. Bag, et al. (2018), "Performance analysis of hybrid FSO systems using FSO/RF-FSO link adaptation", *IEEE Photonics Journal*, **10**(3), pp.1-17.