# Một số vấn đề về quản lý mạng trong mạng viễn thông thế hệ tiếp theo

**ThS. Nguyễn Gia Bắc**

*Viện Chiến lược, Học viện Chiến lược Khoa học và Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ*

**Mạng viễn thông thế hệ tiếp theo như 5G và 6G hứa hẹn mang lại những tiến bộ vượt bậc về tốc độ và khả năng kết nối. Tuy nhiên, những công nghệ mới này cũng đặt ra những thách thức quản lý mạng chưa từng có. Khi hàng tỷ thiết bị thông minh được kết nối cùng lúc, từ điện thoại đến xe hơi tự lái, từ robot y tế đến hệ thống nhà thông minh, hệ thống quản lý mạng phải xử lý khối lượng dữ liệu khổng lồ trong thời gian thực. Điều này tạo ra bốn vấn đề cốt lõi: i) khan hiếm sóng vô tuyến, băng thông; ii) tiêu thụ năng lượng tăng vọt; iii) yêu cầu hiệu suất mạng cực cao; iv) nguy cơ bảo mật phức tạp hơn. Quản lý mạng trong mạng viễn thông thế hệ tiếp theo cần phải đáp ứng được các yêu cầu giải quyết được các thách thức này.**

**Quản lý băng thông đòi hỏi sự phát triển các công nghệ mới để theo dõi, đo lường và kiểm soát lưu lượng thời gian thực.** Ảnh: ST.

## Quản lý tài nguyên

Quản lý tài nguyên là một trong những thách thức lớn trong mạng viễn thông, bao gồm việc phân bổ phổ tần, băng thông, và năng lượng. Với sự bùng nổ của Internet vạn vật (IoT) công nghệ 5G và 6G, nhu cầu về tài nguyên tăng lên đáng kể, tạo ra áp lực lên các hệ thống hạ tầng.

### *Tài nguyên phổ tần*

Phổ tần là tài nguyên có giới hạn và đang trở nên ngày càng khan hiếm, được kiểm soát chặt chẽ bởi các cơ quan quản lý như Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU) và các cơ quan quản lý tần số của các quốc gia. Dải tần vô tuyến theo ITU quy định chỉ có khoảng giới hạn từ 3 kHz đến 3000 GHz, đã được phân bổ cho nhiều mục đích khác nhau bao gồm phát thanh, truyền hình, quân sự, hàng không, vệ tinh và viễn thông.

**Các vấn đề trong quản lý mạng viễn thông.** Nguồn: TG.

Sự gia tăng nhu cầu sử dụng băng thông rộng và các dịch vụ không dây đã làm tăng áp lực lên phổ tần vốn đã giới hạn. Việc phân bổ không hiệu quả dẫn đến tình trạng lãng phí phổ tần khi một số dải tần không được sử dụng hết tiềm năng, trong khi các dải tần khác bị quá tải gây nghẽn mạng. Các nhà cung cấp dịch vụ phải tranh giành các dải tần có hiệu suất cao, đặc biệt là dải tần số dưới 6 GHz do khả năng truyền tải tín hiệu tốt hơn qua khoảng cách xa và qua vật cản.

Các công nghệ mới như 5G và IoT tạo ra nhu cầu lớn hơn về phổ tần. Mạng 5G cần thêm nhiều băng thông để đạt tốc độ truyền tải dữ liệu cao và độ trễ thấp, sử dụng cả dải tần dưới 6 GHz và tần số mmWave (trên 24 GHz). Việc triển khai 5G quy mô lớn đòi hỏi tái phân bổ phổ tần từ các dịch vụ cũ như mạng 2G và 3G. Các ứng dụng IoT từ nhà thông minh đến xe tự lái đều đòi hỏi phổ tần để kết nối, với hàng trăm

**Mạng viễn thông thế hệ tiếp theo như 5G và 6G hứa hẹn mang lại những tiến bộ vượt bậc về tốc độ và khả năng kết nối.** Ảnh: ST.

**Quản lý băng thông trở thành yếu tố then chốt nhằm cân bằng tải, đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS) cho từng loại ứng dụng.** Ảnh: ST.

nghìn thiết bị cần truyền tín hiệu trong khu vực nhỏ, gây tắc nghẽn phổ tần nếu không có giải pháp quản lý hiệu quả.

Phân bổ và quản lý phổ tần là một quá trình phức tạp do sự tham gia của nhiều bên liên quan và các yêu cầu kỹ thuật khắt khe. Các cơ quan quản lý phải cân nhắc giữa nhu cầu của nhiều lĩnh vực khác nhau, trong khi quy trình cấp phép hiện nay thường chậm và cứng nhắc, dẫn đến việc sử dụng phổ tần chưa hiệu quả. Một số dải tần bị "giữ chỗ" mà không được khai thác thực tế, trong khi các khoảng phổ chưa dùng hết - gọi là khoảng trắng - vẫn chưa được tận dụng tối ưu do rào cản công nghệ và pháp lý.

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về băng thông, mạng 5G đã chuyển sang sử dụng các băng tần cao hơn, đặc biệt là dải mmWave trên 24 GHz. Mặc dù cung cấp băng thông lớn, các tần số cao này có phạm vi phủ sóng ngắn và dễ bị suy hao bởi vật cản, đòi hỏi phải triển khai dày đặc hệ thống trạm gốc nhỏ nhằm đảm bảo chất lượng kết nối và vùng phủ sóng ổn định.

Sự phối hợp quốc tế trong việc quản lý phổ tần cũng là yếu tố then chốt. Các cơ quan như ITU có vai trò quan trọng trong việc thiết lập các tiêu chuẩn chung và tạo điều kiện cho sự chia sẻ phổ tần trên toàn cầu. Điều này giúp giảm thiểu sự chồng chéo và xung đột trong việc sử dụng phổ tần giữa các quốc gia.

Sự hạn chế của phổ tần là một thách thức lớn đối với mạng viễn thông hiện nay, đặc biệt khi nhu cầu sử dụng các dịch vụ băng thông rộng và các ứng dụng IoT tăng lên. Việc giải quyết vấn đề này đòi hỏi sự kết hợp giữa công nghệ tiên tiến và các quy định quản lý linh hoạt, cùng với sự hợp tác quốc tế để tối ưu hoá việc sử dụng phổ tần.

***Quản lý băng thông***

Băng thông trong mạng viễn thông được định nghĩa là lượng dữ liệu có thể truyền tải qua kênh truyền thông trong khoảng thời gian nhất định, được

đo bằng bit trên giây (bps). Đây là yếu tố quyết định tốc độ truy cập và chất lượng trải nghiệm các dịch vụ như gọi điện thoại, truyền hình trực tuyến, chơi game và ứng dụng đám mây. Tuy nhiên, băng thông không phải tài nguyên vô hạn và việc quản lý hiệu quả đang đối mặt với nhiều thách thức.

Sự phát triển mạnh mẽ của các dịch vụ trực tuyến và ứng dụng dữ liệu lớn như Netflix, YouTube, trò chơi trực tuyến hay hội nghị truyền hình đã làm gia tăng đáng kể nhu cầu băng thông. Các luồng video độ phân giải cao (HD, 4K) yêu cầu tốc độ truyền tải lên tới hàng chục Mbps, trong khi hàng tỷ thiết bị IoT kết nối cùng lúc cũng góp phần gây áp lực lên hạ tầng mạng, đòi hỏi hệ thống viễn thông phải đảm bảo băng thông lớn và độ trễ thấp.

Quản lý băng thông trở thành yếu tố then chốt nhằm cân bằng tải, đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS) cho từng loại ứng dụng. Việc phân bổ băng thông hợp lý giúp tránh tắc nghẽn trong các thời điểm cao điểm hoặc sự kiện lớn, đồng thời duy trì trải nghiệm ổn định cho người dùng. Tuy nhiên, sự khác biệt trong chính sách quản lý băng thông giữa các nhà cung cấp dịch vụ có thể tạo ra tình trạng bất bình đẳng trong truy cập Internet, ảnh hưởng đến quyền lợi của người dùng và hiệu quả sử dụng mạng.

Quản lý băng thông đòi hỏi sự phát triển các công nghệ mới để theo dõi, đo lường và kiểm soát lưu lượng thời gian thực. Các hệ thống quản lý băng thông hiện đại đang sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI) và học máy (ML) để dự đoán và điều chỉnh lưu lượng mạng thông minh hơn. Các thuật toán AI có thể học từ mô hình sử dụng của người dùng và tự động điều chỉnh băng thông dựa trên dự đoán lưu lượng mạng tương lai, giúp mạng phản ứng nhanh chóng và tối ưu hóa việc phân bổ băng thông.

***Quản lý năng lượng***

Ngành viễn thông đang đối mặt với thách thức lớn về tiêu thụ năng lượng, đặc biệt với sự phát triển của mạng 5G và các công nghệ mới. Hàng triệu thiết bị di động mới được kết nối hàng năm tạo áp lực lên hạ tầng viễn thông và đòi hỏi nguồn năng lượng lớn hơn. Việc mở rộng cơ sở hạ tầng mạng mới, đặc biệt là 5G với yêu cầu mật độ cao hơn và nhiều trạm phát sóng hơn, cùng với các trung tâm dữ liệu phải xử lý khối lượng dữ liệu khổng lồ đều đòi hỏi năng lượng lớn. Các dịch vụ yêu cầu băng thông lớn như phát video trực tuyến, trò chơi điện toán đám mây và IoT ngày càng phát triển, kéo theo nhu cầu năng lượng khổng lồ.

Chi phí năng lượng ngày càng tăng từ các trạm phát sóng, trung tâm dữ liệu và cơ sở hạ tầng mạng không chỉ ảnh hưởng đến lợi nhuận mà còn làm tăng áp lực về môi trường. Tiêu thụ năng lượng tác động đến môi trường thông qua việc phát thải khí nhà kính từ các nguồn năng lượng không tái tạo.

Mặc dù 5G mang lại hiệu suất cao hơn, việc triển khai yêu cầu nhiều trạm phát sóng nhỏ hơn do sử dụng tần số cao với phạm vi ngắn. Tần số cao không thể xuyên qua vật cản tốt, đòi hỏi bố trí nhiều trạm phát sóng ở các vị trí khác nhau, tăng đáng kể tổng tiêu thụ năng lượng.

Thách thức chính là thiếu các cơ chế tự động và thông minh để quản lý tiêu thụ năng lượng trong thời gian thực. Các hệ thống hiện tại chủ yếu dựa vào quy trình thủ công, thiếu linh hoạt và không hiệu quả trong việc đáp ứng nhanh chóng với sự thay đổi lưu lượng dữ liệu. Mạng lưới thường hoạt động ở mức công suất tối đa ngay cả khi không cần thiết, gây lãng phí năng lượng.

**Hiệu suất mạng**

Hiệu suất mạng (Network Performance) trong lĩnh vực viễn thông đề cập đến khả năng của hệ thống mạng cung cấp các dịch vụ với chất lượng ổn định, tốc độ cao và độ tin cậy cao. Hiệu suất mạng được đo lường qua các chỉ số bao gồm tốc độ truyền dữ liệu (throughput), độ trễ (latency), độ tin cậy (reliability) và tỷ lệ lỗi dữ liệu (packet loss), đóng vai trò cốt lõi trong việc đảm bảo trải nghiệm người dùng.

Tắc nghẽn mạng là vấn đề phổ biến nhất ảnh hưởng đến hiệu suất khi lưu lượng mạng vượt quá khả năng xử lý của hệ thống, làm chậm tốc độ truyền tải và tăng độ trễ. Các nhà cung cấp dịch vụ áp dụng quản lý lưu lượng và các kỹ thuật như định tuyến động (dynamic routing), chất lượng dịch vụ (Quality of Service) và phân chia mạng để giải quyết tắc nghẽn.

**Các yếu tố đo lường hiệu suất mạng.** Nguồn: TG.

Các hệ thống mạng hiện đại với sự phát triển của 5G và IoT trở nên phức tạp hơn, đòi hỏi cơ sở hạ tầng quản lý hiệu suất tiên tiến. Mạng 5G phải hỗ trợ hàng triệu thiết bị kết nối cùng lúc và yêu cầu độ trễ cực thấp dưới 1 ms cho các ứng dụng như xe tự lái, phẫu thuật từ xa - một mục tiêu khó đạt được. Hệ thống mạng bao gồm nhiều thành phần khác nhau cần được giám sát và quản lý hiệu quả. Lưu lượng dữ liệu đang tăng trưởng theo cấp số nhân, đặc biệt với sự gia tăng các dịch vụ video trực tuyến, mạng xã hội và ứng dụng di động, trong khi khả năng xử lý dữ liệu đôi khi không theo kịp, gây tắc nghẽn và giảm hiệu suất.

AI và ML đang trở thành giải pháp cốt lõi trong tối ưu hóa hiệu suất mạng. Các thuật toán ML có thể phân tích dữ liệu mạng, xác định các điểm nghẽn, tối ưu hóa đường định tuyến và phân bổ tài nguyên hiệu quả hơn, dẫn đến hiệu suất mạng nhanh hơn và đáng tin cậy hơn. Bên cạnh đó, sự phổ biến của các công nghệ hỗ trợ như Mạng định nghĩa bằng phần mềm (SDN) tách biệt tầng điều khiển khỏi tầng dữ liệu, cho phép quản lý tập trung và phân bổ tài nguyên linh hoạt. Ảo hóa chức năng mạng (NFV) chuyển các chức năng mạng từ phần cứng sang máy ảo, giảm chi phí và tăng khả năng mở rộng. Edge Computing đưa khả năng tính toán gần người dùng cuối, giảm đáng kể độ trễ và cải thiện tốc độ xử lý cho mạng 5G. Cuối cùng, các cơ chế chất lượng dịch vụ (QoS) ưu tiên lưu lượng theo mức độ quan trọng, đảm bảo băng thông phù hợp cho từng ứng dụng. Sự kết hợp đồng bộ của các công nghệ này sẽ tạo nên một hệ thống mạng viễn thông thế hệ mới thông minh, tự thích ứng và có khả năng đáp ứng yêu cầu hiệu suất cực cao.

### Bảo mật mạng

Bảo mật là một trong những yếu tố quan trọng nhất trong mạng viễn thông, đặc biệt trong bối cảnh sự gia tăng của các mối đe dọa không gian mạng và những vụ tấn công quy mô lớn. Với sự mở rộng của công nghệ IoT và mạng 5G, số lượng thiết bị kết nối vào mạng viễn thông đang tăng lên nhanh chóng. Các thiết bị IoT thường có bảo mật yếu, thiếu khả năng tự vệ, tạo ra nhiều lỗ hổng để tấn công. Do nhiều thiết bị IoT có tài nguyên phần cứng hạn chế, chúng không được trang bị các biện pháp bảo mật mạnh mẽ, làm tăng nguy cơ bị tấn công, lộ dữ liệu hoặc trở thành một phần của mạng botnet. Các hacker có thể tấn công mạng viễn thông thông qua các thiết bị IoT để xâm nhập vào hạ tầng mạng chính, gây ra các cuộc tấn công như từ chối dịch vụ (DDoS) hoặc lừa đảo thông tin.

Với sự phát triển của ảo hoá mạng và mạng dựa trên đám mây, các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông phải đối mặt với những thách thức mới về bảo mật. Ảo hoá mang lại lợi ích về linh hoạt và chi phí, nhưng cũng mở ra những lỗ hổng mới. Hacker có thể tấn công vào tầng ảo hoá để xâm nhập hoặc chiếm quyền điều khiển mạng. Môi trường đám mây, nơi nhiều nhà cung cấp dịch vụ chia sẻ tài nguyên, cũng cần có các biện pháp bảo mật nghiêm ngặt để ngăn ngừa việc xâm nhập hoặc đánh cắp dữ liệu từ bên ngoài.

Ngoài việc bảo vệ dữ liệu số, các cơ sở hạ tầng vật lý như trạm phát sóng, cáp quang, hay hệ thống trung tâm dữ liệu cũng phải được bảo vệ khỏi các cuộc tấn công vật lý.

Do vậy, trong thiết kế hạ tầng mạng viễn thông thế hệ mới, việc xử lý và lưu trữ dữ liệu người dùng cần phải tuân thủ các tiêu chuẩn bảo mật nghiêm ngặt hơn. Các phương thức bảo mật cần được nâng cao để bảo vệ thông tin người dùng và đảm bảo tính toàn vẹn của dữ liệu ✍