



Kết nối vệ tinh đang trở thành một thành phần không thể thiếu của kiến trúc mạng 5G riêng. Ảnh: ST.

5G kết nối vệ tinh: Khai thác sức mạnh của sự tích hợp công nghệ viễn thông di động - vệ tinh

“

Kết nối mạng linh hoạt và an toàn không chỉ là một lợi thế mà còn là nền tảng của doanh nghiệp hiện đại. Quan trọng hơn, kết nối này đóng vai trò hạ tầng nền tảng cho các công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (AI) và Internet vạn vật (IoT). Nếu không có khả năng kết nối linh hoạt và liên tục, doanh nghiệp sẽ phải đối mặt với rủi ro gián đoạn hoạt động, lỗ hỏng dữ liệu và ảnh hưởng đến vị thế trên thị trường.

”

Vệ tinh - mảnh ghép còn thiếu của 5G

Khi các doanh nghiệp đang nỗ lực triển khai mạng 5G riêng thông minh hơn và an toàn hơn, một số doanh nghiệp nhận thấy rằng chìa khóa để khai thác toàn bộ tiềm năng của tính di động có thể nằm ở việc kết nối vệ tinh. Sự hội tụ của mạng 5G riêng với cơ sở hạ tầng trên không gian thể hiện sự tái thiết lập khả năng phục hồi, tính linh hoạt của mạng và cách ưu tiên lưu lượng truy cập.

Mạng 5G riêng là một chủ đề nóng trong giới lãnh đạo công nghệ thông tin (CNTT) doanh nghiệp, nhưng chi phí và độ phức tạp đang khiến họ phải cân nhắc. Theo báo cáo thường niên “Tình trạng doanh nghiệp kết nối” của Ericsson, 52% doanh nghiệp cho biết chi phí triển khai và bảo trì là rào cản chính đối với việc triển khai, trong khi gần



Vệ tinh thế hệ tiếp theo được thiết kế để hoạt động như các tháp di động trong không gian. Ảnh: ST.

một nửa số người được hỏi nêu tên sự phức tạp liên quan đến việc nâng cấp phần cứng để hỗ trợ mạng và 41% lưu ý các vấn đề về cơ sở hạ tầng hiện có.

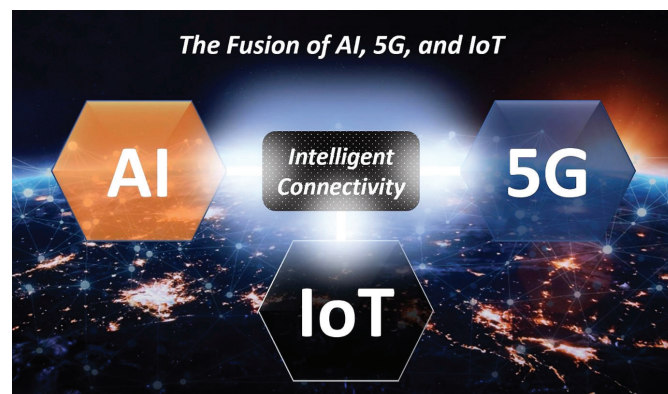
Bất chấp những trở ngại này, khi việc áp dụng AI ngày càng tăng, các nhà lãnh đạo đang nhận ra tầm quan trọng của độ trễ thấp, băng thông cao, khả năng mở rộng và bảo mật của 5G đối với hiệu suất AI. Đáng chú ý, theo dữ liệu từ cuộc khảo sát: 88% doanh nghiệp Hoa Kỳ coi 5G là “yếu tố quan trọng để tối ưu hóa việc sử dụng AI tại nơi làm việc”; 90% doanh nghiệp được khảo sát cho biết AI cải thiện an ninh nơi làm việc bằng cách tự động phát hiện các sự cố mạng; 89% những người ra quyết định về công nghệ được khảo sát cho biết AI đang giúp nâng cao kỹ năng của nhân viên quản lý mạng bằng cách tự động hóa phân tích và giảm bớt các tác vụ thủ công. Ngoài ra, 87% tin rằng 5G là cần thiết để đẩy nhanh các sáng kiến nghiên cứu và phát triển (R&D) trong tổ chức của họ và 54% hoàn toàn đồng ý rằng “mạng an toàn và hiệu suất cao” sẽ giúp định vị quốc gia của họ trở thành quốc gia đi đầu về công nghiệp và công nghệ đẳng cấp thế giới.

Các con số này không chỉ làm nổi bật lợi ích của AI đối với môi trường kinh doanh hiện đại mà còn cho thấy mối quan hệ cùng có lợi giữa 5G và AI. Vì 5G cung cấp kết nối tốc độ cao liên tục cần thiết cho

việc chia sẻ dữ liệu dựa trên AI, công nghệ AI có khả năng tự động tối ưu hóa mạng diện rộng không dây 5G (5G WWAN) và mạng di động riêng (PCN) 5G. Xuyên suốt các báo cáo này, một thông điệp rõ ràng được gửi gắm: Bất kể quy mô hay lĩnh vực hoạt động, các doanh nghiệp ngày càng nhận thấy rằng giải pháp WAN không dây đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng khả năng phục hồi, thúc đẩy các mục tiêu phát triển bền vững và củng cố hệ thống an ninh tổng thể của họ.

Phiên bản 17 của tiêu chuẩn 3GPP 5G định nghĩa các giao thức tích hợp mạng phi mặt đất (Non-Terrestrial Network - NTN) vào hệ thống truyền thông 5G, mở đường cho mạng 5G toàn cầu, không đồng nhất, có thể cung cấp các dịch vụ kỹ thuật số sinh lợi - chẳng hạn như hoạt động tự động, bản sao kỹ thuật số và giám sát hiệu suất theo thời gian thực - cho bất kỳ doanh nghiệp nào, ở bất kỳ đâu.

Vệ tinh định nghĩa bằng phần mềm thế hệ tiếp theo được thiết kế để hoạt động như các tháp di động trong không gian, với các chùm tia có thể được định hình và điều khiển theo nhu cầu, cho phép cung cấp băng thông đúng lúc, đúng nơi và được điều chỉnh để đáp ứng các yêu cầu dịch vụ cụ thể. Hệ thống mặt đất 5G NTN cung cấp xử lý hậu cần cho tháp di động, định tuyến lưu lượng từ vệ tinh trên quỹ đạo đến mạng lõi 5G để hỗ trợ việc cung cấp dịch vụ kỹ thuật số liền mạch đến mọi địa điểm.



Mạng 5G riêng tối ưu hóa hiệu suất của các công cụ và ứng dụng AI và IoT. Ảnh: ST.

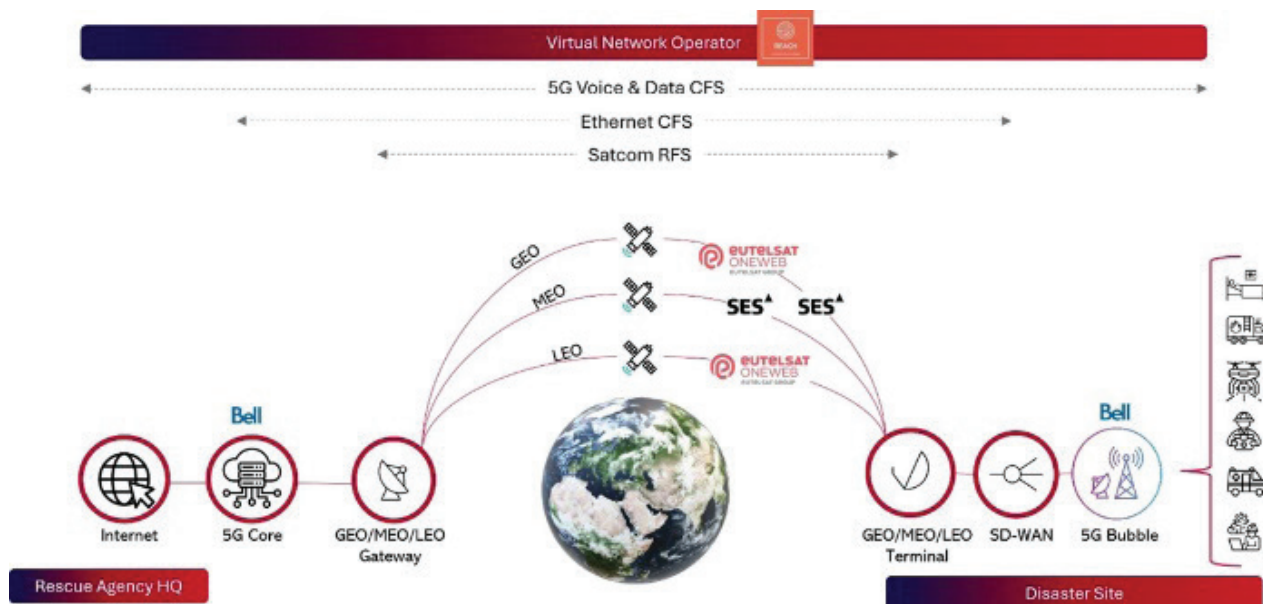
Sự phân chia giữa những gì được thực hiện trên vệ tinh và những gì được thực hiện trên mặt đất dựa trên quỹ đạo và thiết kế mạng. Khi kết hợp lại, chúng tạo nên mảnh ghép còn thiếu trong bức tranh kiếm tiền từ 5G. Việc hợp tác với các nhà khai thác vệ tinh đã đầu tư vào tài sản mặt đất và không gian thể hệ tiếp theo - bao gồm hệ thống mặt đất theo tiêu chuẩn được xây dựng có mục đích với tính linh hoạt và khả năng mở rộng cần thiết để hỗ trợ các dịch vụ 5G - mở ra cánh cửa cho các nhà khai thác mặt đất mở rộng phạm vi hoạt động của doanh nghiệp và bắt đầu thấy được lợi nhuận thực sự từ khoản đầu tư 5G của họ.

Vì mạng 5G riêng được dành riêng cho một tổ chức hoặc doanh nghiệp cụ thể nên chúng mang lại độ tin cậy, độ trễ và bảo mật cao hơn so với mạng công cộng, giúp tối ưu hóa hiệu suất của các công cụ và ứng dụng AI và IoT. Do đó, kết nối vệ tinh là chìa khóa để thúc đẩy hơn nữa sự đổi mới trong kinh doanh dựa trên công nghệ 5G. Vệ tinh đóng vai trò kết nối các mạng lưới này khi chúng hoạt động ở vùng biên hoặc ngoài phạm vi phủ sóng mặt đất. Nó hoạt động như một liên kết mở rộng - về cơ bản là một đoạn cáp quang trên bầu trời.

Đồng thời, việc bổ sung kết nối vệ tinh vào môi trường 5G riêng là một phần của quá trình chuyển đổi lớn hơn trong mạng doanh nghiệp. Khi các ứng dụng ngày càng nhạy cảm với độ trễ và chuyển sang nền tảng đám mây, mô hình quy hoạch mạng truyền thống - tập trung, tĩnh và được xây dựng xung quanh cơ sở hạ tầng cố định - không còn phù hợp nữa. Thay vào đó, mạng di động doanh nghiệp đang trở nên thích ứng hơn với nhu cầu khối lượng công việc, điều kiện môi trường và các ưu tiên kinh doanh.

Vệ tinh đang chuyển đổi mạng 5G riêng tư như thế nào?

Mạng 5G riêng khác với dịch vụ di động công cộng ở chỗ phổ tần và cơ sở hạ tầng được sở hữu và vận hành bởi chính các doanh nghiệp chứ không phải bởi các nhà mạng di động, đồng nghĩa với việc doanh nghiệp có thể kiểm soát tốt hơn, độ trễ thấp hơn và độ tin cậy cao hơn. Trong khi cơ sở hạ tầng mặt đất là xương sống của các mạng này, kết nối vệ tinh đang trở thành một thành phần không thể thiếu của kiến trúc mạng riêng, mở rộng phạm vi phủ sóng, tăng cường khả năng phục hồi và cho phép định tuyến lưu lượng thông minh trong các triển khai 5G riêng.



SD-WAN có thể cho phép định tuyến lưu lượng thông minh trên các mạng và quỹ đạo dựa trên yêu cầu ứng dụng. Ảnh: ST.

Trong kịch bản 5G riêng, doanh nghiệp có thể đảm bảo kết nối lan tỏa bằng cách tích hợp vệ tinh vào mạng diện rộng không dây (WWAN) và tận dụng mạng được định nghĩa bằng phần mềm để định tuyến lưu lượng một cách thông minh dựa trên điều kiện mạng. Ví dụ, dữ liệu tốc độ cao cần thiết cho AI có thể được truyền qua mạng 5G mặt đất, trong khi lưu lượng ít nhạy cảm với độ trễ hơn sẽ được định tuyến qua liên kết vệ tinh, hoặc toàn bộ lưu lượng sẽ tự động được chuyển sang mạng vệ tinh nếu mạng mặt đất bị lỗi vì bất kỳ lý do gì.

Việc kết hợp công nghệ đó với mô hình dịch vụ được quản lý, chẳng hạn như mô hình do nhiều nhà tích hợp, nhà điều hành mạng di động và nhà cung cấp dịch vụ siêu quy mô cung cấp có thể góp phần giải quyết các thách thức về giá trị và độ phức tạp của mạng 5G riêng tư và khai thác toàn bộ giá trị của các công nghệ tiên tiến dành cho người dùng là doanh nghiệp. Hệ quả tức thời và có tác động lớn nhất là khả năng mở rộng vùng phủ sóng 5G riêng đến những khu vực vốn được coi là không khả thi cho việc triển khai cáp quang hoặc sóng viba trên mặt đất. Các mỏ xa xôi, giàn khoan dầu ngoài khơi, vùng đất nông nghiệp rộng lớn, vùng bị thiên tai và tàu biển giờ đây có thể tận dụng 5G riêng nhờ kết nối vệ tinh.

Có rất ít ví dụ minh họa cụ thể sự tích hợp giữa viễn thông và vệ tinh, trong đó mạng mặt đất và vệ tinh được kết hợp để tạo ra một mạng liền mạch, linh hoạt và toàn diện cũng như cách thức hoạt động của nó. Tháng 6/2025, Kratos và một số công ty hàng đầu trong lĩnh vực vệ tinh và viễn thông đã chứng minh được mô hình này áp dụng cho lực lượng ứng phó khẩn cấp. Buổi trình diễn được tổ chức tại sự kiện DTW Ignite ở Copenhagen, một hội nghị thượng đỉnh toàn cầu thường niên do TM Forum (một tổ chức toàn cầu thúc đẩy chuyển đổi kinh doanh số).

Buổi trình diễn này là nỗ lực chứng minh khái niệm, giải quyết các thách thức của ngành bằng cách sử dụng các phương pháp và tiêu chuẩn của TM Forum. Với tên gọi "Satcom with an Edge", dự án được xây

dựng để chứng minh cách SD-WAN có thể cho phép định tuyến lưu lượng thông minh trên các mạng và quỹ đạo dựa trên yêu cầu ứng dụng. Dự án cũng cho thấy cách sử dụng API mở của TM Forum trên các môi trường mặt đất và vệ tinh để cung cấp dịch vụ đầu cuối được tách biệt khỏi công nghệ mạng cơ bản. Đối với lực lượng ứng cứu khẩn cấp, điều này có nghĩa là họ có thể kết nối với nhau và với các dịch vụ đám mây quan trọng để cứu nạn và tái thiết.

Một giải pháp khác đến từ Globalstar (Mỹ), công ty kết hợp tài sản vệ tinh với phổ tần mặt đất và nền tảng mạng truy cập vô tuyến phân tán (RAN). Chiến lược 5G riêng của Globalstar được thúc đẩy bởi sự kết hợp giữa phổ tần Band 53 (băng tần 2,4 GHz do Globalstar độc quyền sử dụng) và hệ thống RAN của phòng thí nghiệm XCOM. Công nghệ MIMO phân tán này cho phép ăng ten và sóng vô tuyến được trải rộng trong một vùng phủ sóng, với bộ xử lý trung tâm loại bỏ nhiễu và chuyển đổi nhiễu thành dung lượng bổ sung. Với hệ thống này, các thiết bị kết nối với nhiều băng tần cùng lúc, tạo thành một siêu cell giúp loại bỏ tình trạng chuyển giao và biến nhiễu thành dung lượng có thể sử dụng.

Kiểm soát phần mềm là yếu tố cho phép các liên kết vệ tinh đóng vai trò nổi bật hơn trong việc quản lý lưu lượng 5G riêng. Doanh nghiệp có thể xác định các chính sách định tuyến ưu tiên dữ liệu thời gian thực hoặc dữ liệu quan trọng trên các mạng mặt đất có độ trễ thấp, đồng thời chuyển tải lưu lượng ít nhạy cảm hơn qua vệ tinh. Mô hình này đặc biệt phù hợp ở những vùng xa xôi, nơi chỉ có một phần vùng phủ sóng mặt đất, nhưng độ tin cậy của mạng vẫn còn là một thách thức. Mặc dù hầu hết các triển khai vẫn đang trong giai đoạn thử nghiệm, công nghệ này hiện đang phát triển nhanh chóng.

Trong khi Globalstar tập trung vào việc tích hợp cơ sở hạ tầng mặt đất và vệ tinh, SES (công ty giải pháp không gian toàn cầu có trụ sở tại Luxembourg) đang phát triển các giải pháp dựa trên hệ thống vệ tinh đa quỹ đạo. Công ty đã hợp tác với công ty phần mềm AI Quvia để cùng phát triển một nền tảng điều phối kết

nối giữa các vệ tinh GEO (quỹ đạo trái đất địa tĩnh) và MEO (quỹ đạo trái đất trung bình), cũng như các liên kết mặt đất. Hệ thống này cho phép định tuyến lưu lượng một cách linh hoạt dựa trên độ trễ, nhu cầu thông lượng hoặc các quy tắc kinh doanh do người dùng xác định.

Trường hợp phục hồi kết nối mạng sau thảm họa cho Đài Loan như một ví dụ về cách vệ tinh đang đảm nhận vai trò chiến lược trong mạng 5G riêng, chuyển từ phương án dự phòng sang phương án đường trục trong môi trường quan trọng. Với sự hợp tác giữa các công ty SES, Microsoft và Pegatron, các cơ quan quản lý tình trạng khẩn cấp của Đài Loan đã triển khai mạng 5G di động, sử dụng vệ tinh được thiết kế để phục hồi sau thảm họa khi cơ sở hạ tầng mặt đất gặp sự cố do thiên tai hoặc các gián đoạn khác, hệ thống có thể khôi phục thông tin liên lạc an toàn, thông lượng cao chỉ trong vài giờ. Kiến trúc mạng này kết hợp trạm gốc Open RAN của Pegatron, lõi 5G của Microsoft và thiết bị đầu cuối vệ tinh O3b MEO của SES. Trong các thử nghiệm thực địa, nó cung cấp các liên kết đối xứng 50 Mbps với độ trễ dưới 185 ms - đủ cho video Microsoft Teams thời gian thực, nguồn cấp dữ liệu giám sát 4K và các công cụ điều phối dựa trên đám mây.

Phương pháp này chứng minh rằng vệ tinh MEO, khi được tích hợp với điện toán biên và cơ sở hạ tầng 5G tiêu chuẩn, có thể hỗ trợ các trường hợp sử dụng đòi hỏi khắt khe hơn so với đường trục truyền thống.

Định nghĩa lại kết nối vệ tinh cho 5G riêng

Mặc dù triển vọng kỹ thuật rất rõ ràng, việc triển khai trên quy mô lớn đòi hỏi sự hài hòa trong việc sử dụng phổ tần và hỗ trợ thiết bị. Ví dụ, Band 53 của Globalstar được hỗ trợ bởi chipset của Qualcomm và GCT, nhưng vẫn đang trong giai đoạn phát triển, điều này có thể đặt ra thách thức cho các doanh nghiệp đang triển khai hệ thống 5G riêng hướng đến tương lai.

Sự trưởng thành của hệ sinh thái thiết bị chỉ là một trong những yếu tố then chốt trong việc áp dụng rộng rãi hơn 5G riêng được tăng cường bằng vệ tinh. Việc thiếu chuẩn hóa về khả năng tương tác mạng có thể

làm tăng chi phí và độ phức tạp, khiến nhiều bên triển khai tiềm năng phải cân nhắc. SES đang nỗ lực vượt qua thách thức đó bằng cách cung cấp một loạt các tầng dịch vụ, từ dịch vụ vệ tinh backhaul cơ bản đến các phân đoạn mạng độc lập hoàn toàn. Tính mô đun này cho phép các doanh nghiệp thử nghiệm kết nối tăng cường vệ tinh mà không cần cam kết tích hợp toàn diện ngay từ đầu.

Về phần mình, Hiệp hội GSM đang nỗ lực thúc đẩy việc tích hợp vệ tinh vào hệ sinh thái 5G với các thông số kỹ thuật được thống nhất chung. Đối với 5G riêng, điều đó có nghĩa là tạo điều kiện cho các lựa chọn mạng tốt nhất cho doanh nghiệp. Vấn đề là phải cung cấp được kết nối tối ưu nhất. Mạng riêng đòi hỏi một số mức hiệu suất nhất định và các doanh nghiệp mong muốn chúng được đảm bảo. Đó là lý do tại sao cần kết hợp cả mạng vệ tinh và mạng mặt đất.

Vai trò ngày càng phát triển của vệ tinh trong mạng 5G riêng đang thay đổi cách các doanh nghiệp nghĩ về kết nối không phải như một tiện ích truyền dẫn hay dự phòng, mà là một nguồn lực năng động và thích ứng, trở thành nền tảng cho cách thiết kế mạng riêng thế hệ tiếp theo. Việc bổ sung kết nối vệ tinh vào môi trường 5G riêng là một phần của quá trình chuyển đổi lớn hơn trong mạng doanh nghiệp. Khi các ứng dụng ngày càng nhạy cảm với độ trễ và chuyển sang nền tảng đám mây, mô hình quy hoạch mạng truyền thống - tập trung, tĩnh và được xây dựng xung quanh cơ sở hạ tầng cố định - không còn phù hợp nữa. Thay vào đó, mạng di động doanh nghiệp đang trở nên thích ứng hơn với nhu cầu khối lượng công việc, điều kiện môi trường và các ưu tiên kinh doanh. Sự hội tụ của mạng 5G riêng với cơ sở hạ tầng trên không gian thể hiện sự tái thiết lập khả năng phục hồi, tính linh hoạt của mạng và cách ưu tiên lưu lượng.

Nguyễn Bắc Uyên