

Phân tích và lựa chọn giải pháp kỹ thuật truyền dẫn trong mạng VSAT

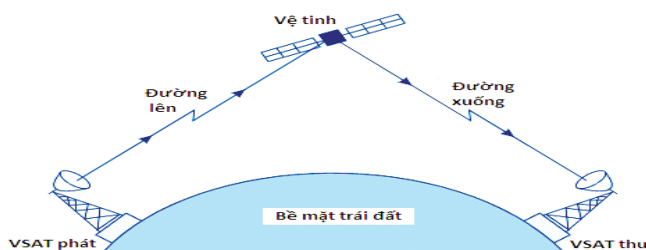
Trần Văn Khẩn, Hồ Thị Hạnh

Học viện Kỹ thuật quân sự

SCPC, MCPC, TDM/TDMA hay MF-TDMA là những công nghệ chính cho mạng vệ tinh VSAT (Very Small Aperture Terminal) trên thế giới hiện nay. Việc lựa chọn công nghệ nào cho phù hợp là vấn đề quan trọng hàng đầu quyết định sự phát triển mạng thông tin vệ tinh nói chung, mạng thông tin vệ tinh dung lượng nhỏ nói riêng. Bài báo phân tích các yêu cầu kỹ thuật trong vấn đề này và đưa ra những khuyến nghị phù hợp với cấu hình mạng trong các xu hướng ứng dụng hiện nay.

Đôi nét về mạng vệ tinh VSAT

Cùng với sự phát triển không ngừng của khoa học và công nghệ, hệ thống mạng thông tin vệ tinh ngày càng được hoàn thiện và không ngừng mở ra những tiện ích thiết thực phục vụ đời sống. Các trạm vệ tinh cỡ nhỏ, với kích thước anten từ 1,2 đến 1,8 m dần trở nên quen thuộc với tên gọi trạm VSAT (trạm vệ tinh có góc mở cực tiểu), được phát triển từ những năm 80 của thế kỷ trước bởi Công ty Telcom General (Mỹ). Hệ thống mạng VSAT ngày càng phục vụ đắc lực trong việc cung cấp dịch vụ thông tin và truyền thông trên toàn thế giới, với chức năng như thiết bị đầu cuối của mạng viễn thông (thoại, fax, Internet), của mạng quảng bá (truyền hình) hoặc với vai trò thiết bị chuyển đổi lưu lượng trong nội bộ mạng VSAT. Hệ thống này dần trở thành nhu cầu thiết yếu của cuộc sống, cung cấp hàng loạt loại hình dịch vụ cho mọi ngành nghề, từ phát thanh, truyền hình, thông tin di động đến y tế, giáo dục... và được dự báo sẽ trở nên vô cùng quan trọng trước xu thế Internet kết nối vạn vật đang chuẩn bị bùng nổ. Về mặt kỹ thuật, VSAT là một trạm mặt đất có khẩu độ rất nhỏ (dung lượng truyền dẫn nhỏ), khẳng định hiệu quả về đổi mới công nghệ trong lĩnh vực thông tin vệ tinh. Tuy kích thước đường kính đĩa anten thu/phát nhỏ, linh hoạt, nhưng các trạm mặt đất VSAT trong mạng trao đổi thông tin với nhau qua vệ tinh địa tĩnh rất hiệu quả (hình 1).



Hình 1. Kết nối kênh thông tin qua vệ tinh: Đường lên, đường xuống trong mạng VSAT.

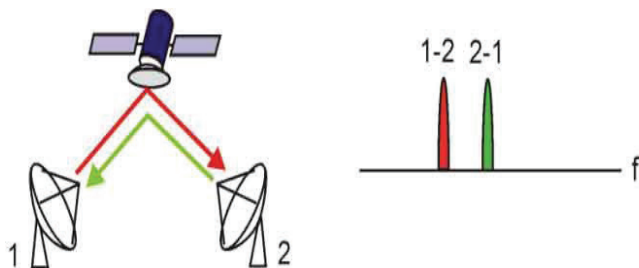
Vệ tinh địa tĩnh có ưu thế hơn hẳn so với các vệ tinh khác, cho phép thực hiện trao đổi thông tin một cách liên tục và ổn định. Tuy nhiên, thông tin qua vệ tinh địa tĩnh cũng có những hạn chế nhất định, để có được một vệ tinh địa tĩnh cần đảm bảo 3 điều kiện: i) Vệ tinh phải quay từ Đông sang Tây với vận tốc bằng vận tốc quay của trái đất; ii) Quỹ đạo phải là hình tròn; iii) Góc nghiêng của quỹ đạo vệ tinh (so với mặt phẳng xích đạo) phải bằng 0°. Chỉ có duy nhất một quỹ đạo địa tĩnh cách trái đất khoảng 36,785 km đáp ứng được các điều kiện này, nên quỹ đạo địa tĩnh là nguồn tài nguyên hữu hạn và việc sử dụng nó phải tuân theo các điều khoản được quốc tế quy định. Vì thế, vị trí và số lượng vệ tinh địa tĩnh của mỗi quốc gia sẽ do Liên minh Viễn thông quốc tế (ITU - International Telecommunication Union) phân bổ trong dải băng tần quy hoạch. Không chỉ số lượng vệ tinh địa tĩnh bị hạn chế, số lượng các bộ thu phát trên vệ tinh và băng tần của chúng cũng là một nguồn tài nguyên hữu hạn. Hiện nay, do nhu cầu về thông tin phát triển mạnh mẽ với nhiều loại hình dịch vụ đa dạng và phong phú nên yêu cầu về số lượng trạm mặt đất của mỗi quốc gia là rất lớn. Do đó, nguồn tài nguyên nêu trên cần được khai thác một cách có hiệu quả về mặt kỹ thuật cũng như kinh tế, hiểu đơn giản là vừa phải đảm bảo số lượng lớn nhất các trạm mặt đất trên một vệ tinh địa tĩnh cho mỗi loại hình dịch vụ, vừa phải đảm bảo tăng chất lượng dịch vụ theo yêu cầu ngày càng cao của con người. Việc chia sẻ và sử dụng chung nguồn tài nguyên như vậy được gọi là đa truy nhập, và cách thức để đạt được hiệu quả sử dụng tối ưu nguồn tài nguyên gọi là kỹ thuật đa truy nhập.

Hiện nay, các quốc gia đang sử dụng phổ biến các kỹ thuật truy nhập truyền dẫn cho mạng vệ tinh VSAT như: SCPC, MCPS, TDM/TDMA hay MF-TDMA. Việc lựa chọn công nghệ nào cho phù hợp là vấn đề cực kỳ quan trọng, quyết định sự phát triển mạng thông tin vệ tinh của từng quốc gia.

Phân tích các giải pháp truyền dẫn trong mạng VSAT

Truyền dẫn SCPC

SCPC (Single channel per carrier) là mô hình đơn giản cho một hệ thống thông tin vệ tinh. Công nghệ SCPC được sử dụng cho việc tổ chức một kênh “điểm - điểm” (point to point) qua vệ tinh chuyên dụng (hình 2).

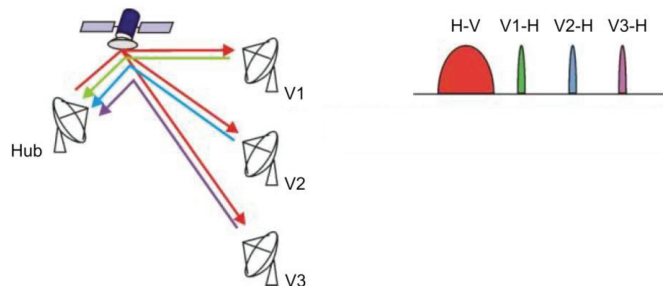


Hình 2. Kênh vệ tinh SCPC và các băng tần bị chiếm giữ.

Hình 2 là mô hình kênh vệ tinh sử dụng truyền dẫn SCPC cho cả đường inbound (đường truyền dẫn từ VSAT đến trạm trung tâm - Hub) và outbound (đường truyền dẫn từ Hub về VSAT) của vệ tinh. Ưu điểm nổi bật của kênh SCPC là đảm bảo tốc độ và sự sẵn sàng làm việc cao vì băng tần luôn được dành sẵn, còn hạn chế là hiệu quả thấp trong việc khai thác dung lượng vệ tinh, bởi khi băng thông đã được phân bổ cho “1” và “2” thì những trạm khác không truy nhập được theo khoảng băng thông đó. Vì vậy, các nhà cung cấp sẽ phải thuê thêm các kênh vệ tinh, sao cho chiều rộng băng thông tối thiểu nhất để giảm thiểu chi phí. Đối với các tín hiệu băng thông hẹp, các thiết bị truy nhập phải tuân thủ các yêu cầu khắt khe nên nó khá đắt đỏ. Một mạng lưới SCPC sẽ có hiệu quả nếu tất cả các điểm đến làm việc đều và liên tục. Tuy nhiên, hiếm khi đáp ứng được yêu cầu đó vì truy nhập của một thiết bị do khách hàng sử dụng có thể bất đầu và kết thúc bất cứ lúc nào, khi đó sử dụng mạng SCPC sẽ gây lãng phí tài nguyên.

Truyền dẫn MCPC

Khác với mô hình truyền dẫn SCPC, MCPC (Multiple channel per carrier) là kỹ thuật truyền dẫn sử dụng công nghệ truyền dẫn MCPC cho đường outbound và SCPC cho đường inbound (hình 3). MCPC là mô hình đa kênh trên một sóng mang. Trong một mạng MCPC, trạm trung tâm (Hub) được sử dụng để truyền cho tất cả các trạm thuê bao trên một sóng mang duy nhất, việc tách dữ liệu đến các trạm thuê bao khác nhau được thực hiện theo khe thời gian (không phải bằng sự khác biệt về tần số).

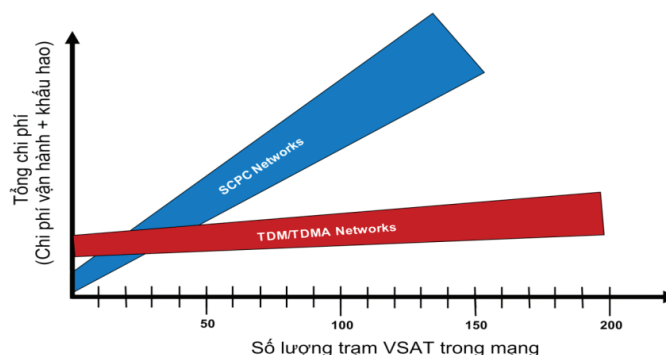


Hình 3. Truyền qua vệ tinh MCPC/SCPC và băng tần phân bổ tại vệ tinh riêng kênh SCPC.

Hệ thống MCPC sử dụng hiệu quả hơn các băng tần được truyền từ Hub đến các VSAT do Hub có thể tự động điều chỉnh theo nhu cầu cụ thể của trạm VSAT. Đặc điểm chung của cấu trúc mạng này là mỗi VSAT phát về Hub trên một dải băng tần duy nhất và không chia sẻ cho các trạm VSAT khác, dung lượng được cấp phát tương ứng với yêu cầu gửi lên, nhưng khi không có nhu cầu liên lạc, sóng mang vẫn truyền và chiếm băng thông vệ tinh khiến những băng tần đang được sử dụng không phát huy được tối đa hiệu quả. Đây là công nghệ truyền dẫn được sử dụng trong một số trường hợp chuyên biệt như sử dụng cho một số lượng nhỏ các trạm VSAT có yêu cầu lưu lượng trao đổi thông tin lớn.

Truyền dẫn TDM/TDMA

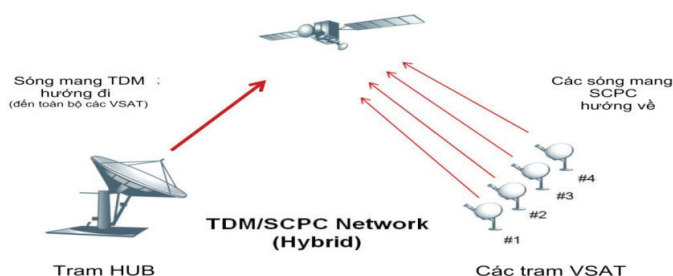
TDM/TDMA (Time division multiplexer/Time division multiple access) là công nghệ có nhiều ưu điểm nổi bật so với 2 công nghệ truyền thống SCPC và MCPC, đáp ứng hiệu quả yêu cầu về số lượng người dùng ngày càng tăng lên như hiện nay. Mạng TDM/TDMA (sóng mang DVB-RCS2) đang được triển khai rộng rãi hiện nay không chỉ nhờ tính hiệu quả khi sử dụng tài nguyên, mà còn nhờ thông lượng và kết nối khả thi cho hầu hết cấu hình và băng tần vệ tinh (băng tần C, Ku, X, Ka...). Hệ thống này có thể tạo được kênh với một tốc độ đảm bảo, nhưng mức độ sẵn sàng kết nối của nó thấp hơn so với



Hình 4. So sánh mối quan hệ về chi phí đảm bảo với phát triển số lượng các trạm VSAT đối với TDM/TDMA và SCPC.

SCPC. Trạm Hub TDM/TDMA cần một anten 7-12 m, yêu cầu công suất, hiệu suất máy phát và máy tính kiểm soát cao, đáng tin cậy. Tuy nhiên, tổng mức đầu tư cho một hệ thống các thiết bị như vậy là rất lớn, vì vậy mạng TDM/TDMA chỉ có hiệu quả nếu có từ vài chục đến hàng ngàn trạm VSAT (hình 4).

Dựa vào đồ thị phân tích, so sánh chi phí giữa 2 công nghệ TDM/TDMA và SCPC cho thấy, với số trạm khoảng từ 20 đến 50 trạm, việc lựa chọn mạng SCPC sẽ hiệu quả hơn, nhưng nếu số lượng trạm VSAT lớn hơn 50, thì mạng TDM/TDMA lại cho thấy ưu thế vượt trội. Như vậy, đối với một mạng có số lượng trạm VSAT lớn thì nên lựa chọn công nghệ TDM/TDMA, ngược lại trong mạng có số lượng trạm VSAT ít thì công nghệ SCPC là lựa chọn tối ưu. Mặc dù vậy, với xu thế ngày càng tăng của lưu lượng IP, nhiều mạng SCPC cũ đã phải chuyển đổi thành TDM/TDMA. Trên thực tế, một số mạng SCPC lại chỉ chuyển đổi một phần (halfway), qua đó một sóng mang DVB-S2 TDM được sử dụng để kết nối hướng đi, còn các kết nối kiểu SCPC được sử dụng cho chiều về (hình 5).



Hình 5. Mạng SCPC lai với TDM/TDMA (TDM/SCPC).

Truyền dẫn MF-TDMA

Với sự phát triển không ngừng của khoa học và công nghệ, thời gian gần đây nhiều công nghệ truyền dẫn mới, tiên tiến đã được nghiên cứu thành công bởi các hãng: Gilat (Israel), ViaSat (Mỹ), NDSatcom (Đức), Advantech (Mỹ), Thales Alenia (Pháp - Ý)... trong đó phải kể đến công nghệ MF-TDMA (Multi-frequency/Time division multiple access) đang được ưu tiên ứng dụng hiện nay.

Truyền dẫn MF-TDMA là phương pháp cho phép số lượng lớn trạm mặt đất sử dụng đồng thời một vệ tinh bằng cách chèn các tần số giống nhau vào những khe thời gian khác nhau để tránh chồng chéo cả về tần số và thời gian sử dụng. Giải pháp MF-TDMA là sự kết hợp của 2 giải pháp FDMA (bao gồm cả SCPC và MCPC) và TDMA nên mức độ phức tạp cao, nhưng lại khai thác được một cách hiệu quả ưu điểm của cả 2 giải pháp nêu trên, giúp tối ưu hóa nguồn tài nguyên so với các giải pháp truyền thống. Ưu điểm của MF-TDMA là hiệu năng sử dụng băng thông cao, trạm Hub có cấu trúc nhỏ gọn,

tiêu thụ ít điện năng (mỗi bộ điều giải ở Hub sẽ quản lý nhiều kết nối từ các trạm VSAT, tùy hệ thống có thể từ 20-25 link/bộ hoặc cao hơn), khả năng mở rộng và dự phòng thiết bị của Hub rất linh hoạt. Trong truyền hình kỹ thuật số, MF-TDMA sử dụng chuẩn DVB cho truyền dẫn IP nên tận dụng được tối đa các thiết bị của công nghệ DVB trước đây, giúp giảm đáng kể giá thành triển khai công nghệ mới này. Đặc biệt, công nghệ MF-TDMA có tính bảo mật cao do sóng mang VSAT trong MF-TDMA liên tục thay đổi tần số trong nhiều dải băng tần khác nhau và được phát trong các khoảng thời gian gián đoạn nên các chương trình gián điệp rất khó nắm bắt và thu trộm thông tin.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm nổi bật thì giải pháp MF-TDMA cũng có nhược điểm như: Do truy nhập vệ tinh theo khe thời gian nên việc sử dụng MF-TDMA có tốc độ truyền dẫn nhỏ cho trạm VSAT công suất thấp không hiệu quả, gây lãng phí băng thông vệ tinh cũng như hiệu suất của bộ điều giải ở Hub. Anten và bộ khuếch đại công suất (HPA) của trạm đầu cuối lớn hơn do cần truyền với tốc độ cao, nếu mạng sử dụng nhiều trạm cơ động có kích thước anten nhỏ thì sẽ cần HPA cao, dẫn đến giá thành đầu tư hệ thống cũng bị tăng theo.

Tóm lại, từ việc phân tích các ưu, nhược điểm và khuyến nghị về từng giải pháp truyền dẫn trong mạng VSAT như trên có thể thấy rằng, với những mạng chỉ có từ 20-50 trạm VSAT thì nên sử dụng kỹ thuật SCPC hoặc MCPC. Khi mỗi trạm cần liên lạc với nhiều trạm nhưng lượng thông tin truyền tải ít thì sử dụng kỹ thuật SCPC sẽ không gây lãng phí băng tần, nếu lượng thông tin lớn thì phải sử dụng kỹ thuật MCPC mới đảm bảo được yêu cầu đặt ra. Với những mạng có từ 50 trạm trở lên thì kỹ thuật TDM/TDMA lại cho thấy ưu thế vượt trội. Mặc dù có những hạn chế, nhưng nếu xét về mặt tổng thể thì MF-TDMA là giải pháp phù hợp hơn cả cho kỹ thuật truyền dẫn truy nhập trong mạng VSAT. Ở Việt Nam, công nghệ này đang được ứng dụng trong mạng VSAT thành phần của Bộ Quốc phòng và Bộ Công an nhằm bảo đảm thông tin liên lạc cố định và cơ động kịp thời phục vụ công tác chỉ huy, chỉ đạo, hiệp đồng tác chiến trong đảm bảo an ninh, toàn vẹn lãnh thổ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. G. Maral, John Wiley, Sons Ltd (2003), *VSAT Networks*, 2nd Edition.
2. Gerard Maral Michel Bousquet, McGraw-Hill (2009), *Satellite Communications Systems*, 5th Edition.
3. G.D. Gordon, W.L. Morgan (1993), *Principles of Communication Satellites*, John Wiley.
4. EMC Satcom Technologies Vollsveien 21 N-1366 Lysaker, Norway, *TDMA vs. SCPC/SatLink® Technical Note*, Doc # 200660, 15/2015.
5. Эволюция сетей спутниковой связи VSAT: от SCPC к TDM/MF-TDMA, <http://www.satcomservice.ru>.