

MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ CHO MẠNG LƯỚI RAĐA THỜI TIẾT Ở VIỆT NAM

Phùng Quang Tĩnh

Đài Khí tượng Cao không

Bài báo này, giới thiệu một vài thông tin cơ bản về radar thời tiết trên thế giới và ở Việt Nam. Trên cơ sở đó tác giả đề xuất một số ý kiến về việc lựa chọn công nghệ radar cho mạng lưới radar thời tiết ở Việt Nam trong thời gian tới.

1. Sơ lược về sự phát triển của radar thời tiết

Radar thời tiết là thiết bị dùng để quan trắc mây và các hiện tượng thời tiết liên quan đến mây, cho phép xác định cường độ mưa, lượng mưa và nơi xảy ra mưa phục vụ cho dự báo các hiện tượng thời tiết nguy hiểm và dự báo cực ngắn. Nhận thức được vai trò to lớn của radar thời tiết trong việc cảnh báo và giảm nhẹ thiên tai do các hiện tượng có nguồn gốc KTTV gây nên, nhiều quốc gia trên thế giới đã và đang phát triển mạng lưới radar thời tiết cả về số lượng và chất lượng.

Một radar thời tiết hiện đại bao gồm các hệ thống:

- Hệ thống anten
- Hệ thống phát
- Hệ thống thu

- Bộ xử lý tín hiệu

- Các phần mềm ứng dụng.

Phương trình mô tả mối quan hệ giữa tín hiệu phản hồi vô tuyến của mục tiêu với các thông số kỹ thuật radar và khoảng cách từ radar tới mục tiêu như sau:

$$Z \text{ (dBZ)} = X \text{ (dB)} + \text{MDS} - 10\lg C + 20\lg D \text{ (km)}$$

Trong đó:

X : Mức tín hiệu trên mức tạp âm

Z : Tín hiệu phản hồi từ mục tiêu

C : Hằng số radar – là tham số đặc trưng cho mỗi radar, được tính toán từ các thông số kỹ thuật của radar theo công thức sau:

$$C = \frac{P_t \times \tau \times G^2 \times \theta^2 \times L_r \times \pi^5 \times 10^{-19}}{2^{10} \times 1,08 (\ln 2) \times \lambda^2} \times |K|^2 \quad (1)$$

P_t : Công suất phát đỉnh xung

τ : Độ rộng xung phát xạ

G : Độ rộng cánh sóng ăng ten

λ : Bước sóng của radar

G : Hệ số khuếch đại ăng ten

L_r : Độ rộng dải thông

$|K|^2$: Hằng số điện môi của môi trường truyền sóng ($|K|^2 = 0,92$).

MDS : Độ nhạy máy thu của radar

R : Khoảng cách từ radar tới mục tiêu

Mối quan hệ giữa độ rộng cánh sóng với bước sóng và kích thước ăng ten:

$$\theta = \frac{70\lambda}{D} \quad (2)$$

D : Đường kính ăng ten

λ : Bước sóng

θ : Độ rộng cánh sóng ăng ten

Độ rộng cánh sóng ăng ten càng nhỏ thì khả năng phân biệt mục tiêu càng lớn, khi đó kích thước ăng ten phải lớn hoặc bước sóng làm việc phải nhỏ. Sóng dùng trong radar thời tiết là sóng siêu cao tần, lan truyền theo đường thẳng, sẽ bị che khuất nếu có vật chắn theo hướng lan truyền.

Sự phát triển của radar thời tiết sau hơn nửa thế kỷ qua theo các hướng sau:

Về tần số công tác: Cơ bản có 3 dải sóng được

sử dụng rộng rãi cho ra đa thời tiết (xem Bảng 1). Ra đa với bước sóng khác nhau có đặc trưng phản hồi vô tuyến khác nhau đối với các cấu trúc mây khác nhau.

Bảng 1. Các dải sóng chủ yếu sử dụng cho ra đa thời tiết (theo WMO No. 8, 2008)

Băng tần	Tần số	Độ dài bước sóng	Bước sóng tập trung	Suy giảm 1 chiều trong mưa
S	2.000-4.000MHz	1,5-7,5cm	10cm	$0,000343R^{0,97}$
C	4.000-8.000MHz	7,5-3,75cm	5 cm	$0,0018R^{1,05}$
X	8.000-12.000MHz	3,75-2,4cm	3 cm	$0,01R^{1,21}$

(Burrows và Attwood, 1949, suy giảm ở $t=18^{\circ}\text{C}$, R đo bằng mm/h)

Theo Bảng 1, sóng siêu cao tần băng sóng S (10 cm) suy giảm không đáng kể nhưng kích thước ăng ten rất lớn (với độ rộng cánh sóng 1o đường kính ăng ten khoảng 8.5 m), sẽ khó khăn khi vận chuyển, lắp đặt ở những nơi có địa hình phức tạp.

Ra đa băng sóng C có mức suy giảm trong mưa lớn gấp 5 lần so với băng sóng S, nhưng ít hơn khoảng 30 lần so với băng sóng X. Với cùng độ rộng cánh sóng 1o như ra đa băng sóng S, ra đa băng sóng C có ăng ten với đường kính $D = 4.2$ m và vòm che ăng ten có đường kính là 6.5 m.

Băng X mặc dù độ suy giảm lớn nhưng với kích thước ăng ten nhỏ, bán kính quan trắc giới hạn dưới 100 km có thể thích hợp cho các ra đa di động dùng để quan trắc mưa ở những lưu vực sông có địa hình phức tạp bị nhiều núi cao che chắn.

Về công nghệ chế tạo linh kiện: Mức độ tích hợp linh kiện tăng lên, sử dụng kỹ thuật số trong máy thu. Các hệ thống thu, phát được ghép nối với nhau bởi một số khối chức năng. Công nghệ vật liệu bán dẫn thay thế dần công nghệ đèn điện tử.

Về công nghệ điều khiển và xử lý thông tin: Càng về sau mức độ tự động hóa càng cao cho phép tự động lựa chọn các chế độ thu thập số liệu thích hợp. Các thông tin được số hóa. Cho phép giám sát chặt chẽ tình trạng kỹ thuật của ra đa, đưa ra những cảnh báo chính xác. Giúp cho người sử dụng thiết bị phát hiện lỗi kỹ thuật để khắc phục

nh nhanh chóng đưa ra đa trở lại hoạt động bình thường.

Về công nghệ thu thập số liệu: Phát triển theo xu hướng ngày càng đa chiều hơn. Từ chỗ chỉ quan trắc kích cỡ và độ đậm đặc của đám mây (Ra đa thường), tiến tới kết hợp quan trắc sự di chuyển và trạng thái pha của hạt trong mây, giáng thủy (Ra đa Doppler, lưỡng cực).

2. Một số ra đa thời tiết hiện đại ngày nay

Hiện nay có nhiều quốc gia trên thế giới chế tạo ra đa thời tiết, truyền thống có Nga, Mỹ, Đức; sau này có thêm Nhật Bản, Trung Quốc, Phần Lan v.v... Tuy nhiên có một điểm chung là công nghệ thu thập số liệu đều phát triển theo hướng đa chiều, tự động điều khiển từ xa, tự động giám sát kỹ thuật. Về công nghệ chế tạo linh kiện đều được bán dẫn hóa và có độ tích hợp cao, mỗi hệ thống của ra đa chỉ còn lại vài ba khối chức năng thay vì có sự tham gia của hàng trăm linh kiện và hàng chục khối chức năng như các ra đa thế hệ đầu.

Dưới đây xin đơn cử một số loại ra đa sử dụng công nghệ hiện đại có trên thị trường:

- Ra đa Doppler DWRS-2501C (EEC) băng sóng C, phân cực ngang. Máy phát sử dụng đèn Magnetron, bộ điều chế Solid-state. Máy thu kỹ thuật số, có khả năng nâng cấp lên lưỡng cực.

- Ra đa Doppler DWSR-8501S (EEC) băng sóng S, phân cực ngang. Máy phát sử dụng đèn Klystron, bộ điều chế Solid-state. Máy thu kỹ thuật số, có khả năng nâng cấp lên lưỡng cực.

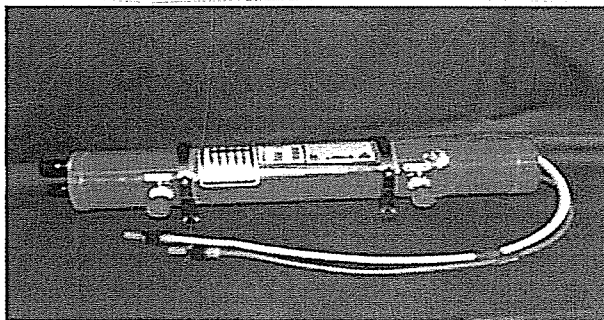
- Ra đa Doppler METEOR-1600S (GEMATRONIK) bằng sóng S, phân cực ngang. Máy phát sử dụng đèn Klystron, bộ điều chế Solid-state. Máy thu kỹ thuật số, có khả năng nâng cấp lên lưỡng cực.

- Ra đa di động METEOR-50DX (GEMATRONIK) bằng sóng X, lưỡng cực. Máy phát sử dụng đèn Magnetron, bộ điều chế Solid-state. Máy thu kỹ thuật số.

Đánh giá chung:

Hiện nay nói chung đa số các hãng vẫn chủ yếu sản xuất ra đa đơn cực có Doppler ở các băng sóng C và S. Sử dụng đèn phát là Magnetron hoặc Klystron. Các thông số kỹ thuật cơ bản như độ nhạy máy thu; độ rộng dải thông; dải động tín hiệu; công suất đỉnh xung; độ rộng xung phát; tần số lặp lại đều khá tương đồng với nhau và đều đạt tiêu chí của WMO.

Các ra đa đơn cực có khả năng nâng cấp thành



Hình:

3. Hiện trạng mạng lưới ra đa Việt Nam

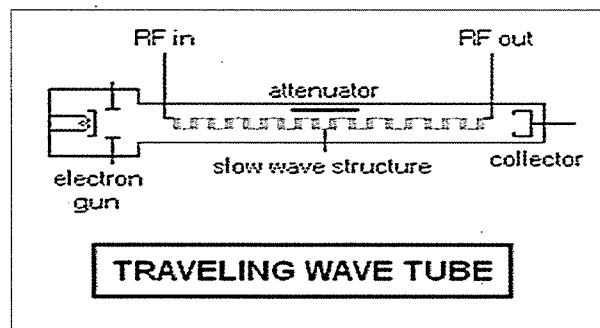
Hiện nay chúng ta có 7 trạm với 9 ra đa, gồm 3 loại như sau:

3 ra đa TRS-2730, băng sóng C, là những ra đa số hóa thế hệ đầu tiên do Pháp sản xuất từ năm 1977 và ngừng sản xuất năm 2001, các ra đa này đã hoạt động không dưới 10 năm. (Phù liên được lắp đặt năm 1998, Vinh và Việt Trì được lắp đặt năm 2000). Dùng máy thu tương tự, hệ thống phát dùng Magnetron và đèn điều chế điện tử Thyatron. Trạng thái kỹ thuật đang suy giảm ở mức báo động, đặc biệt là độ nhạy máy thu giảm từ -113 dBm xuống xấp xỉ -100 dBm (ngưỡng cho phép của WMO). Phụ tùng linh kiện dự trữ không còn và cũng không mua

lượng cực được chế tạo là chủ yếu, ra đa lưỡng cực chưa nhiều.

Công nghệ ra đa hiện đại ngày nay là ghép nối các modul chức năng với nhau. Các modul có thể dùng chung với nhau đối với các loại ra đa cùng băng sóng.

Một vài công nghệ mới nhất được giới thiệu nhưng chưa có sản phẩm ra đa. Ví dụ Nhật đã giới thiệu công nghệ nén xung và cộng công suất bằng vật liệu bán dẫn thay thế cho đèn Magnetron và Klystron truyền thống trong hệ thống phát, nhưng chưa thấy có tên sản phẩm. Thổ Nhĩ Kỳ giới thiệu một loại linh kiện có tên Travelling Wave Tubes (TWTs) công nghệ mới có khả năng tạo ra sóng siêu cao tần công suất đỉnh xung cỡ 8 Kw, độ rộng xung 50 ns sau đó dùng công nghệ nén xung để tạo ra xung có độ rộng cỡ 1.8 ns, công suất đỉnh khoảng 250 Kw. Tuy nhiên chưa đưa ra sản phẩm ra đa cụ thể.



được vì Pháp đã ngừng sản xuất từ lâu, một số linh kiện phải tìm cơ sở tự sản xuất trong nước hoặc sửa chữa. Hiện nay Đài Khí tượng Cao không vẫn phối hợp với các Đài Khu vực duy trì hoạt động ổn định các ra đa này, cung cấp số liệu phục vụ dự báo, đối dự án thay thế ra đa mới.

2 Ra đa DWRS 2500C – ra đa Doppler băng sóng C, được lắp đặt vào năm 2000 (Ra đa Nha Trang) và năm 2004 (Ra đa Nhà Bè) dùng máy thu tương tự, hệ thống phát dùng đèn Magnetron, nguồn cao áp và điều chế đều dùng công nghệ bán dẫn Solid state thay thế cho đèn điện tử. Hiện nay đang hoạt động bình thường.

2 Ra đa DWSR 2501C – ra đa Doppler băng sóng

C, có khả năng nâng cấp thành ra đa lưỡng cực, dùng máy thu kỹ thuật số, là ra đa được phát triển từ 2500C lên vì vậy có hệ thống phát tương tự như ra đa 2500C – được lắp đặt tại Đông Hà năm 2009 và nâng cấp ra đa DWSR 93C Tam Kỳ lên năm 2009. Hiện chưa đưa vào hoạt động mạng lưới.

1 radar MRL-5 Phù Liên được lắp đặt năm 1987, hư hỏng từ lâu, vừa mới được nâng cấp đầu năm 2010 thành ra đa số hóa – là ra đa 2 băng sóng X và S, hiện chưa đưa vào khai thác.

4. Một số vấn đề về lựa chọn công nghệ cho mạng lưới radar thời tiết tại Việt nam

Việt Nam có ra đa thời tiết từ năm 1977 (MRL-2 của Liên Xô trước đây). Hiện có 7 trạm với 9 ra đa. Các ra đa số hóa đều có khả năng làm việc được ở chế độ điều khiển từ xa và cung cấp số liệu gần như tức thời cho các đơn vị dự báo. Tuy nhiên, về công nghệ chúng có thể chia làm 3 loại khác nhau:

Ra đa chỉ thu thập số liệu về phản hồi vô tuyến của mây: Các ra đa TRS-2730 ở Vinh, Việt Trì, Phù Liên và ra đa MRL-5 Phù Liên.

Các ra đa Đốp-lê DWSR 2500C ở Nha Trang, Nhà Bè và 2501C ở Tam Kỳ và Đông Hà.

Các ra đa trên trong những năm qua đã có những đóng góp tích cực cho công tác phòng tránh, giảm nhẹ thiên tai. Tuy nhiên chưa thực sự phát huy hết hiệu quả đầu tư, đặc biệt là các ra đa đốp-lê phía Nam.

Theo quy hoạch 16, đến năm 2020 Việt nam có 15 trạm ra đa thời tiết. Hiện tại chúng ta đã có 7 trạm, trong đó có 3 trạm ra đa TRS-2730 sẽ được thay thế bằng thể hệ ra đa mới. Như vậy chúng ta phải mua mới 11 ra đa.

Lựa chọn một mạng lưới ra đa thời tiết có hiệu quả phải kết hợp được các yếu tố:

- Thích hợp với việc giám sát các hiện tượng thời tiết ở Việt nam, phục vụ tốt cho công tác dự báo (lựa chọn băng tần, các thông số kỹ thuật cơ bản, số lượng ra đa và vị trí lắp đặt cần phải được nghiên cứu quy hoạch một cách khoa học).

- Hiện đại hoá trang thiết bị để có thể tiếp

cận và phối hợp tốt với công nghệ tiên tiến của thế giới (lựa chọn công nghệ). Đây là lựa chọn khó khăn vì không thể chỉ có thiết bị hiện đại là giải quyết được bài toán dự báo. Cần phải đồng bộ giữa đầu tư mua sắm thiết bị với đào tạo nhân lực, thậm chí công tác đào tạo phải đi trước một bước. Đầu tư mua sắm kết hợp với đầu tư nghiên cứu. Lưu ý rằng với sự phát triển mạnh mẽ của KHCN hiện nay, mỗi thế hệ ra đa chỉ sau 5 đến 7 năm đã lạc hậu và cùng với nó, công nghệ xử lý số liệu cũng lạc hậu theo. Nếu chúng ta quan tâm đến các vấn đề trên không đúng mức thì sẽ khó theo kịp sự phát triển của cuộc cách mạng công nghệ hiện nay. Thực tế cho thấy các ra đa TRS-2730 ở miền Bắc lạc hậu rất nhiều so với các ra đa đốp-lê DWSR- 2500C ở phía Nam nhưng lại đang được khai thác có hiệu quả hơn. Lựa chọn công nghệ ảnh hưởng rất lớn đến công tác đảm bảo hoạt động cùng với khai thác có hiệu quả đầu tư. Việc lựa chọn thiết bị phải gắn liền với công tác đào tạo để làm sao đảm bảo nhanh chóng làm chủ thiết bị.

- Đảm bảo duy trì hoạt động liên tục, ổn định: Cung cấp đầy đủ số liệu và các số liệu này phải có độ tin cậy cần thiết (lựa chọn hãng cung cấp thiết bị, khả năng đáp ứng phụ tùng linh kiện nhanh).

+ Liên tục ở đây được hiểu là ra đa ít bị hư hỏng, hoặc nếu có hư hỏng phải chữa được nhanh.

+ Hoạt động ổn định được hiểu là ra đa phải cung cấp các sản phẩm quan trắc được chính xác. Có như vậy số liệu mới được tin cậy sử dụng.

Để đảm bảo được các yêu cầu trên, khi lựa chọn công nghệ cho mạng lưới ra đa cần phải quan tâm đến các vấn đề sau:

Hãng cung cấp thiết bị, số hãng tham gia vào mạng lưới. Với số lượng ra đa đến năm 2020 sẽ được lắp đặt khoảng 15 trạm, không nên có quá nhiều hãng tham gia nhưng cũng không nên chỉ sử dụng ra đa của một hãng. Ngay cả các nước sản xuất được ra đa như Mỹ, Đức cũng không dùng một loại ra đa. Các nước lớn như Úc, Trung quốc đều như vậy. Tuy nhiên đối với Việt Nam, với số lượng ra đa như trên, không nên có quá 3 hãng tham gia. Nếu có quá nhiều hãng rất khó cho khai thác sử

dụng và duy trì hoạt động.

Với xu hướng toàn cầu hóa càng ngày càng cao, hiện nay các hãng sản xuất ra đa thời tiết nói chung không có sự khác biệt nhau nhiều về phần cứng. Thậm chí cùng dùng chung các sản phẩm phần cứng (Ra đa MRL-7 GGO của Nga, Vaisala của Phần lan có hệ thống thu và hệ thống phát được thiết kế cùng một loại sản phẩm cơ bản như đèn Magnetron, khối nguồn Solid state, khối Solid state modulator, máy thu kỹ thuật số RVP8, khối điều khiển anten RCP8 đều do hãng SIGMET của Mỹ chế tạo...

Phụ tùng linh kiện dự phòng và thiết bị đo lường điện tử chuyên dụng: có phụ tùng để khi có hư hỏng là có thể thay thế ngay vì đội biết hỏng mới mua thì mất rất nhiều thời gian. Điều đó đồng nghĩa với ra đa ngừng hoạt động dài ngày.

Thiết bị đo lường chuyên dụng để kiểm tra xác định hư hỏng khi sửa chữa và điều chỉnh chế độ làm việc sau khi sửa chữa xong. Thiếu thiết bị đo lường thì không thể xác định nhanh chóng và chính xác nơi hư hỏng. Hơn nữa, chúng ta sẽ không phát hiện và không đánh giá được mức độ sai lệch của các tham số kỹ thuật để khắc phục. Và vì vậy số liệu thu thập được sẽ có sai số, ảnh hưởng đến kết quả dự báo. Đặc biệt là dự báo định lượng. Các dự án ra đa gần đây ít quan tâm đến các vấn đề này.

Thông thường đối với một trạm ra đa phải được trang bị các thiết bị đo lường tối thiểu sau (theo yêu cầu của WMO):

Máy phát tín hiệu chuẩn	1 cái
Máy đo công suất siêu cao tần	1 cái
Máy đo tần số siêu cao	1 cái
Máy hiện sóng	1 cái
Đồng hồ vạn năng	1 cái

Hàng năm, các máy đo trên phải được kiểm tra và hiệu chuẩn.

Các trạm Tam Kỳ, Nha Trang, Phú Liễn, khi mới lắp đặt đều được trang bị đầy đủ các thiết bị trên. Hiện tại sau hơn 10 năm sử dụng hư hỏng đã gần hết. Trạm Nhà Bè và mới đây là trạm Đông Hà, không được trang bị thiết bị đo lường. Tại Đài KTCK

cũng chỉ còn lại một số thiết bị thu hồi từ các trạm để phục vụ cho công tác sửa chữa lâu nay. Vì vậy các dự án mua ra đa sắp tới cần phải bố trí kinh phí mua sắm các thiết bị đo lường kèm theo.

Nguồn nhân lực đảm bảo hoạt động mạng lưới và khai thác có hiệu quả số liệu ra đa. Ra đa không thể không hư hỏng khi hoạt động liên tục 24/24 giờ trong ngày. Kinh nghiệm và thực tế các nước có sử dụng ra đa cho thấy tại các trạm ra đa đều có biên chế 1 kỹ sư điện tử đảm bảo các công việc sửa chữa nhỏ. Khắc phục nhanh các sự cố có thể. Có như vậy mới đảm bảo cho ra đa hoạt động liên tục. Cơ quan quản lý trung ương phải có cán bộ chuyên môn được đào tạo chuyên sâu cho mỗi loại ra đa thì mới đảm bảo được yêu cầu đặt ra. Hiện tại các trạm Ra đa đều không có kỹ sư điện tử, cán bộ ở trung ương thì tự đào tạo là chính, không theo kịp với tốc độ hiện đại hóa thiết bị và sự tăng nhanh số lượng thiết bị trong mạng lưới. Vì vậy công tác sửa chữa kiểm tra đảm bảo cho mạng lưới ra đa hoạt động liên tục gặp rất nhiều khó khăn.

4. Thay lời kết

Để có một mạng lưới ra đa thời tiết phục vụ tốt cho công tác dự báo nhằm giảm nhẹ thiên tai do các hiện tượng thời tiết gây ra là điều trăn trở của rất nhiều người đã và đang hoạt động trong công tác KTTV, và đang được cấp trên quan tâm. Mua ra đa gì, hãng nào, đào tạo và tổ chức hoạt động sao, ... là một bài toán tổng hợp. Trong bài viết này, ngoài những vấn đề đã nêu, chúng tôi lưu ý một điều của muôn thủa là con người vẫn quyết định và vì vậy, công tác đào tạo phải có một vị trí xứng đáng trong dự án đầu tư phát triển mạng lưới ra đa thời tiết. Đội ngũ cán bộ KHKV có trình độ có thể khắc phục được những khiếm khuyết của thiết bị, nhưng điều ngược lại không xảy ra. Phải có biện pháp thu hút nguồn nhân lực, tổ chức đào tạo để thế hệ ra đa tiếp theo, chúng ta có thể tự viết được các phần mềm điều khiển và xử lý số liệu ra đa, có khả năng tự nâng cấp theo kịp với công nghệ tiên tiến của thế giới. Đây là hướng phát triển có tiềm năng vì chúng ta không phải mua công nghệ. Có như vậy bộ môn ra đa mới cơ hội phát triển và có những đóng góp xứng đáng vào công cuộc phòng chống thiên tai.