

# TÍNH TOÁN VÀ HIỂN THỊ MẠCH MÁU TRONG MÁY SIÊU ÂM DOPPLER MÀU

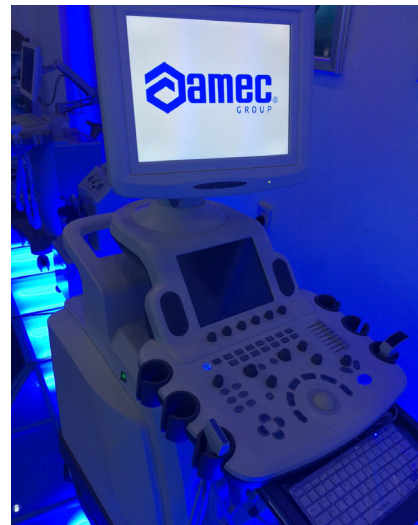
**NGUYỄN QUỐC PHONG,  
NGUYỄN MINH KHẢI**

Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC

Bằng việc áp dụng các công thức toán học và các kỹ năng lập trình, thiết kế mạch, các nhà khoa học thuộc Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC đã làm chủ được công nghệ tính toán chỉ thị Doppler màu trong thiết kế chế tạo máy siêu âm Doppler màu, phục vụ chẩn đoán trong y tế.

## Doppler màu - Công nghệ đột phá trong chẩn đoán hình ảnh

Hiệu ứng Doppler là một hiệu ứng vật lý, trong đó tần số và bước sóng của các sóng âm hay các sóng nói chung bị thay đổi khi nguồn phát sóng chuyển động tương đối với vị trí quan sát. Doppler liên tục là kỹ thuật mà sóng siêu âm được phát và thu liên tục, do hai cặp tinh thể, một tinh thể phát và một tinh thể thu sóng siêu âm. Trong chẩn đoán, Doppler xung là kỹ thuật trong đó việc phát và nhận sóng siêu âm được thực hiện xen kẽ nhau. Ưu điểm của kỹ thuật này là khả năng cung cấp dữ liệu Doppler được lựa chọn từ các phần tử nhỏ dọc theo các tia siêu âm. Một xung siêu âm được truyền tới các mô sau một khoảng thời gian  $X$ , sau đó phản xạ trở lại



Máy siêu âm màu của AMEC

bởi hồng cầu di chuyển. Sóng phản xạ này truyền trở lại bộ thu phát cũng sau khoảng thời gian  $X$  nhưng tần số bị dịch đi. Tổng thời gian truyền nhận là  $2X$ . Nhược điểm lớn nhất của Doppler xung là không đo được chính xác vận tốc các dòng máu có tốc độ cao, ví dụ như trong các bệnh về van và tim bẩm sinh. Doppler màu với việc tạo ảnh dòng chảy theo màu là một trong những đột phá công nghệ to lớn của chẩn đoán hình ảnh. Bằng việc cung cấp ảnh màu chuyển động có vùng theo dõi mạch máu động đã cho phép tìm ra các tia hẹp và mạch bất thường bị bỏ sót trước đây như rò van tim, tắc mạch. Máy siêu âm Doppler màu hiển thị đồng thời ảnh siêu âm B-mode các bộ phận trong cơ thể và dữ liệu Doppler mạch máu như vận tốc và hướng theo

thời gian thực. Do vậy, nó đã trở thành thiết bị chẩn đoán thiết yếu và được ứng dụng rất hiệu quả trong ngành y tế. Với máy siêu âm Doppler màu, để làm chủ được công nghệ đòi hỏi kỹ năng thiết kế mạch đo lường điều khiển và kỹ năng lập trình áp dụng các công thức tính toán xử lý nhanh, ổn định, hiệu quả. Trong đó, quan trọng nhất là xác định được công thức tiêu biểu để tính toán và chỉ thị mạch máu trong máy siêu âm Doppler màu.

### Tính toán và hiển thị mạch máu trong máy siêu âm Doppler màu

Máy siêu âm Doppler màu bao gồm các khối cơ bản như: khối xử lý trung tâm và giao diện, khối điều khiển và truyền nhận tạo hình chùm tia, khối các đầu dò và mạch ghép nối. Chùm tia siêu âm được điều khiển phát ra từ đầu dò, đồng thời đầu dò cũng nhận tín hiệu siêu âm phản xạ về để các mạch điện tử xử lý. Tín hiệu nhận được từ đầu dò được chia thành ba mục tiêu sau: một dùng để xây dựng thang xám ảnh B-mode; một dùng để tính toán thông tin dòng chảy từ dữ liệu Doppler bằng cách sử dụng bộ phân tích tự tương quan; một dùng cho các đo lường Doppler truyền thống. Dưới đây xin đi sâu vào các công thức được sử dụng trong tính toán và hiển thị mạch máu.

Tần số siêu âm tại một thời điểm được định nghĩa theo pha như sau:  $f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{\delta\phi}{\delta t}$

Với trường hợp Doppler liên tục, tín hiệu Doppler sau khi lấy mẫu có thể được kết hợp thành  $v_D(t) = A \exp[-i(2\pi f_0 \delta_D t + \text{constant})]$

và có tần số tức thời:

$$f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{\delta\phi}{\delta t} = \frac{1}{2\pi} \frac{\delta(2\pi f_0 \delta_D t + \text{constant})}{\delta t} = \delta_D f_0$$

Trong trường hợp tổng quát, có nhiều tần số được bao hàm, do vậy cần phải tính gần đúng cho các trường hợp riêng biệt cần thiết cho ảnh siêu âm màu và tính tần số trung bình cho n mẫu. Nếu số mẫu n được lấy lập đi lập lại với cùng độ sâu thì mỗi mẫu có thể được chuyển thành một cặp  $I(nT_{PRF})$  và  $Q(nT_{PRF})$  thông qua phép xử lý cầu phương. Thành phần I/Q xác lập sự liên quan đến phép chiếu của biểu diễn pha hoặc vectơ tương ứng với biên độ và

góc. Với tập hợp mẫu trên, một đường bao  $A(nT_{PRF})$  được xác định từ căn bậc hai tổng các bình phương. Khi đó, pha tức thời sẽ là  $\phi(n) = \arctan[Q(n)/I(n)]$

Trường hợp liên tục, sự dịch pha được tính:  $\frac{d\phi}{dt} = \frac{I(t)dQ(t)/dt - Q(t)dI(t)/dt}{I^2(t) + Q^2(t)}$

và tần số tức thời gần đúng được tính:

$$\bar{f} \approx \frac{1}{2\pi T_{PRF}} \frac{\sum_{n=1}^N I(n)Q(n-1) - Q(n)I(n-1)}{\sum_{n=1}^N I^2(n) + Q^2(n)}$$

trong đó, chỉ số n tương ứng với từng pha riêng trong chuỗi thời gian.

Một phép ước lượng tần số trung bình đơn giản hơn đó là tính gần đúng tần số tức thời bằng cách thay đổi pha từ mẫu này sang mẫu khác như sau:

$$\bar{f} \approx \frac{\Delta\phi}{2\pi\Delta T} = \frac{1}{2\pi T_{PRF}} \sum_{n=1}^N \{\arctan[Q(n)/I(n)] - \arctan[Q(n-1)/I(n-1)]\}$$

Biểu diễn hình học của phép tính gần đúng trên là đường tiếp tuyến của các sai khác giữa các pha có thể được sử dụng để xác định tần số trung bình thông qua phép lấy gần đúng của tổng các tiếp tuyến này:

$$\bar{f} \approx \frac{1}{2\pi T_{PRF}} \arctan \left[ \frac{\sum_{n=1}^N I(n)Q(n-1) - Q(n)I(n-1)}{\sum_{n=1}^N I(n)Q(n-1) + Q(n)I(n-1)} \right] \quad (2.1)$$

Công thức (2.1) liên hệ tới sự tự tương quan thông qua một định nghĩa khác của tần số trung bình trong điều kiện phổ năng lượng P(f). Xét một hàm tương quan có liên quan đến công thức trên:

$$R(\tau) = v(\tau) * v^*(-\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} v(u) v^*(u-\tau) du \quad (2.2)$$

Hàm này lại có quan hệ với phổ năng lượng thông qua biến đổi Fourier

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} V(f) V^*(f) e^{i2\pi f\tau} df = \int_{-\infty}^{\infty} |V(f)|^2 e^{i2\pi f\tau} df$$

trong đó phổ năng lượng  $P(f) = |V(f)|^2$ . Tần số trung

bình có thể được xác định từ biến đổi Fourier:

$$\bar{f} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} fP(f)df}{\int_{-\infty}^{\infty} P(f)df} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} i2\pi fP(f)df}{i2\pi \int_{-\infty}^{\infty} P(f)df} = \frac{-i}{2\pi} \frac{dR(0)}{dt}$$

và giá trị gần đúng  $\bar{f} = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi}{dt} \approx \frac{\phi(T_{PRF})}{2\pi(T_{PRF})}$  (2.3)

trong đó  $f$  là pha của hàm tự tương quan vì  $R(\tau) = |R(\tau)| \exp[i\phi(\tau)]$

Như vậy, hàm tự tương quan theo định nghĩa bởi công thức (2.2) là tích phân của  $N$  chuyển đổi

$$R(T_{PRF}, t) = \int_{t-NT_{PRF}}^t v(t)v^*(t-T_{PRF})dt$$

Do vận tốc  $v(t) = I(t) + iQ(t)$ , phép tích phân trở thành:

$$R(T_{PRF}, t) = \int_{t-NT_{PRF}}^t [v_{REAL}(t, T_{PRF}) + iv_{IMAG}(t, T_{PRF})]dt$$
 (2.4)

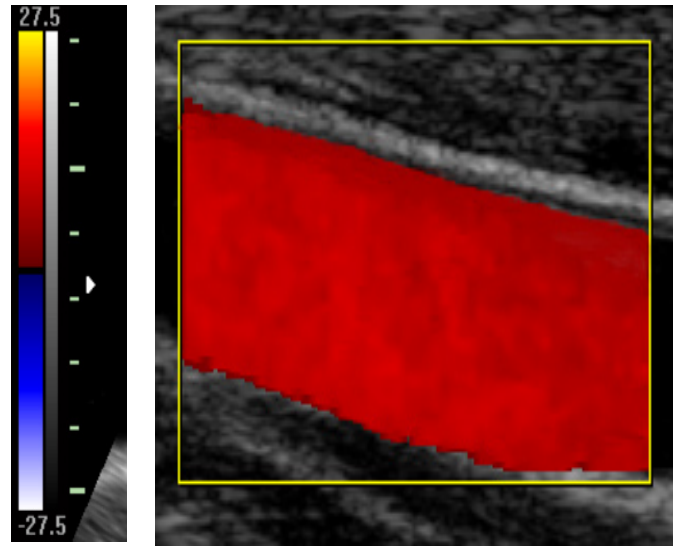
trong đó  $v_{REAL}(t, T_{PRF}) = I(t)I(t-T_{PRF}) + Q(t)Q(t-T_{PRF})$  (2.5)

$$v_{IMAG}(t, T_{PRF}) = I(t-T_{PRF})Q(t) - I(t)Q(t-T_{PRF})$$
 (2.6)

Các công thức (2.4), (2.5), (2.6) được sử dụng để tính vận tốc. Các công thức ở trên đều thực hiện nhanh, ổn định, hiệu quả và được thực thi trong phần cứng cũng như các bộ xử lý tín hiệu số DSP.

Trong việc lập trình tính toán thông số và hiển thị trên màn hình, chế độ Doppler màu cung cấp thông tin thời gian thực về máu lưu thông trong mạch, cho biết có máu lưu thông hay không và tốc độ lưu thông máu trong vùng theo dõi. Vùng theo dõi được đánh dấu bằng đường bao màu vàng trên màn hình hiển thị, tùy theo loại đầu dò là Linear hay Convex mà đường bao này có hình chữ nhật hay hình quạt.

Màu sắc trong chế độ Doppler màu chỉ thị vận tốc và hướng chảy của dòng máu. Thanh màu được sử dụng để quy chiếu giá trị vận tốc, ở giữa thanh màu có một đường phân cách. Các màu ở phía trên đường phân cách chỉ thị hướng dòng chảy về phía



Thanh màu

Siêu âm Doppler màu

đầu dò, các màu ở phía dưới chỉ thị hướng dòng chảy ra xa đầu dò. Ở hai đầu của thanh màu hiển thị giá trị biên của đại lượng hiển thị. Giá trị phía dưới là giá trị âm, biểu thị dòng chảy hướng ra xa đầu dò. Độ đậm nhạt của màu hiển thị có thể thay đổi được bằng cách thay đổi hệ số khuếch đại màu.

\*  
\* \*

Thiết bị chẩn đoán hình ảnh đòi hỏi việc đo lường, điều khiển và tính toán xử lý nhanh, ổn định, hiệu quả. Công ty Cổ phần Công nghệ AMEC đã áp dụng thành công các công thức toán học kết hợp với kỹ năng thiết kế mạch và lập trình, làm chủ được công nghệ tính toán chỉ thị Doppler màu trong thiết kế chế tạo máy siêu âm Doppler màu, phục vụ chẩn đoán trong y tế. Đây cũng là mục tiêu của đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu chế tạo máy siêu âm Doppler màu chẩn đoán trong y tế” do AMEC chủ trì thực hiện, dự kiến hoàn thành trong tháng 6.2014. Đề tài cũng hướng tới việc hoàn thiện và đưa ra được quy trình sản xuất thử nghiệm máy siêu âm Doppler màu chuẩn bị cho sản xuất hàng loạt để cung cấp cho các cơ sở y tế ■