

Hệ thống nhúng VÀ SỰ PHÁT TRIỂN CỦA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

PGS.TSKH PHẠM THƯỢNG CÁT

Viện Công nghệ Thông tin
Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Để có thể cạnh tranh trên thị trường, các sản phẩm công nghiệp, tiêu dùng cần phải thường xuyên đổi mới, có nhiều chức năng tiện dụng và thông minh hơn. Các chức năng này phần lớn do các chương trình nhúng tạo nên. Phát triển các hệ nhúng đang là quốc sách của nhiều nước như: Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc...

Bài viết đề cập các vấn đề liên quan đến hệ thống nhúng như: Khái niệm, cấu trúc, phương pháp thiết kế, xu hướng phát triển cũng như một số thách thức đặt ra.

Khái niệm

Theo định nghĩa của IEEE, hệ thống nhúng là một hệ tính toán nằm trong sản phẩm, tạo thành một phần của hệ thống lớn hơn và thực hiện một số chức năng của hệ thống. Nói một cách đơn giản, khi một hệ tính toán (có thể là PC, IPC, PLC, vi xử lý, vi hệ thống, DSP...) được nhúng vào trong một sản phẩm hay một hệ thống một cách hữu cơ và thực hiện một số chức năng cụ thể của hệ thống thì ta gọi đó là một hệ thống nhúng. Xung quanh ta có rất nhiều sản phẩm sử dụng hệ thống nhúng, như: Lò vi sóng, nồi cơm điện, điều hoà, điện thoại di động, ô tô, máy bay, tàu thủy, các đầu đo cơ cấu chấp hành thông minh... Có thể thấy, hệ thống nhúng có mặt trong cuộc sống của chúng ta ở mọi nơi, mọi lúc.

Qua số liệu thống kê cho thấy, số chip vi xử lý ở trong các máy PC và các server, các mạng LAN, WAN, Internet chỉ chiếm chưa đến 1% tổng số chip vi xử lý có trên thế giới, còn lại trên 99% số vi xử lý nằm trong các hệ thống

nhúng. Như vậy, công nghệ thông tin không chỉ đơn thuần là PC, mạng LAN, WAN và Internet như nhiều người thường nghĩ. Đó chỉ là bề nổi của một tảng băng chìm. Phần chìm của công nghệ thông tin chính là các ứng dụng của các hệ nhúng có mặt trong mọi lĩnh vực của đời sống xã hội hiện nay.

Các hệ nhúng được tích hợp trong các thiết bị đo lường điều khiển và các sản phẩm cơ điện tử tạo nên đầu não và linh hồn của sản phẩm. Trong các hệ nhúng, hệ thống điều khiển nhúng đóng một vai trò hết sức quan trọng. Hệ điều khiển nhúng là hệ thống mà máy tính được nhúng vào vòng điều khiển của sản phẩm nhằm điều khiển một đối tượng, điều khiển một quá trình công nghệ đáp ứng các yêu cầu đặt ra. Hệ thống điều khiển nhúng lấy thông tin từ các cảm biến, xử lý tính toán các thuật điều khiển và phát tín hiệu điều khiển cho các cơ cấu chấp hành. Khác với các hệ thống điều khiển cổ điển theo nguyên lý thủy lực, khí nén, rơ le, mạch... tương tự, hệ điều khiển nhúng là hệ thống điều khiển số

được hình thành từ những năm 60 của thế kỷ XX. Trước đây, các hệ điều khiển số thường do các máy tính lớn đảm nhiệm. Ngày nay, chức năng điều khiển số này do các chip vi xử lý, các hệ nhúng thay thế. Phần mềm điều khiển ngày càng tinh xảo tạo nên độ thông minh của thiết bị và chiếm tỷ trọng ngày càng lớn trong giá thành của thiết bị.

Như vậy, không phải tất cả các sản phẩm đo lường và điều khiển đều là các hệ nhúng. Hiện chúng ta còn gặp nhiều hệ thống điều khiển tự động hoạt động theo nguyên tắc cơ khí, thủy lực, khí nén, rơ le, hoặc mạch điện tử tương tự (analog circuit)... Ngược lại, phần lớn các sản phẩm cơ điện tử hiện nay đều có nhúng trong nó các chip vi xử lý hoặc một mạng nhúng. Ta biết rằng, cơ điện tử là sự cộng năng của các công nghệ: Cơ khí, điện tử, điều khiển và công nghệ thông tin. Sự phối hợp đa ngành này tạo nên độ vượt trội của các sản phẩm cơ điện tử, và độ tinh xảo, thông minh của các sản phẩm này có được là nhờ các phần mềm nhúng

VẤN ĐỀ HÔM NAY

trong nó tạo nên. Các sản phẩm cơ điện tử là các sản phẩm có ít nhất một quá trình cơ khí (thường là một quá trình chuyển động), là đối tượng để điều khiển, do vậy chúng thường có các hệ nhúng trong nó. Thế nhưng, không phải hệ thống nhúng nào cũng là một hệ cơ điện tử.

Điểm vài nét về chức năng xử lý tin ở PC và ở các thiết bị nhúng cho thấy có những nét khác biệt. Đối với PC và mạng Internet, chức năng xử lý đang được phát triển mạnh ở các lĩnh vực như: Thương mại điện tử, ngân hàng điện tử, chính phủ điện tử, thư viện điện tử, đào tạo từ xa, báo điện tử... Các ứng dụng này thường sử dụng máy PC để bàn, mạng WAN, LAN hoạt động trong thế giới ảo. Còn đối với các hệ nhúng thì chức năng xử lý tính toán được ứng dụng cụ thể cho các thiết bị vật lý (thế giới thật) như: Mobile phone, quần áo thông minh, các đồ điện tử cầm tay, thiết bị y tế, xe hơi, tàu tốc hành, phương tiện vận tải thông minh, máy đo, đầu đo cơ cấu chấp hành thông minh, các hệ thống điều khiển, nhà thông minh, thiết bị gia dụng thông minh...

Phần mềm nhúng (Embedded Software) là phần mềm tạo nên phần hồn, phần trí tuệ của các sản phẩm nhúng. Phần mềm nhúng có tỷ lệ giá trị ngày càng cao trong giá trị của các sản phẩm nhúng. Hiện nay phần lớn các phần mềm nhúng nằm trong các sản phẩm truyền thông và các sản phẩm điện tử tiêu dùng (consumer electronics), tiếp đến là trong ô tô, các phương tiện vận chuyển, máy móc thiết bị y tế, các thiết bị năng lượng, các thiết bị cảnh báo bảo vệ và các sản phẩm đo, điều khiển.

Cấu trúc, phương pháp thiết kế hệ thống nhúng

Các hệ nhúng là những hệ kết hợp phần cứng (hardware) và phần mềm (software) một cách tối ưu. Ngoài tính chuyên dụng là đặc trưng cơ bản, hệ nhúng còn bị ràng buộc về hoạt động trong chế độ thời gian thực, hạn chế về bộ nhớ, năng lượng và giá thành mà lại đòi hỏi hoạt động tin cậy và tiêu tốn ít năng lượng. Các hệ nhúng rất đa dạng và có nhiều kích cỡ, khả năng tính toán khác nhau. Ví dụ, đối với một bộ điều khiển từ xa chỉ cần tối độ tính toán 100 KIPS và bộ nhớ vài KB, đối với thiết bị điều khiển cần tốc độ 1 MIPS, 1 MB bộ nhớ và đối với các hệ nhúng quân sự, tốc độ xử lý có thể lên đến 1 GIPS, tốc độ truyền 1 GB/s và 32 MB bộ nhớ. Ngoài ra, các hệ nhúng thường phải hoạt động trong môi trường khắc nghiệt có độ nóng ẩm, rung xóc cao (ví dụ, các hệ điều khiển các máy diesel cho tàu biển, các thiết bị cảnh báo cháy nổ trong hầm lò...).

Các hệ thống nhúng lớn thường là các hệ nối mạng. Ở máy bay, tàu vũ trụ thường có nhiều mạng nhúng kết nối để kiểm soát hoạt động và điều khiển. Trong xe hơi hiện đại, có đến trên 80 nút mạng kết nối các đầu đo cơ cấu chấp hành để bảo đảm ô tô hoạt động an toàn và thoải mái cho người sử dụng.

Việc thiết kế các hệ thống nhúng là công việc thiết kế phần cứng và phần mềm phối hợp, bao gồm các bước: Mô hình hoá hệ thống (mô tả các khối chức năng với các đặc tính và thuật toán xử lý); Chi tiết hoá các khối chức năng; Phân bố chức năng cho phần cứng và phần mềm; Đồng bộ hoạt động của hệ thống; Cài đặt các chức năng thiết kế vào phần

cứng và phần mềm hoặc phần nhào (firm-ware).

Cách thiết kế cổ điển là các chức năng phần mềm và phần cứng được xác định trước, sau đó đến các bước thiết kế chi tiết được tiến hành một cách độc lập ở 2 khối. Hiện đa số các hệ thống tự động hoá thiết kế (CAD) thường dành cho thiết kế phần cứng. Các hệ thống nhúng sử dụng đồng thời nhiều công nghệ như: Vi xử lý, DSP, mạng và các chuẩn phối ghép, protocol..., do vậy, xu thế thiết kế các hệ nhúng hiện nay đòi hỏi có khả năng thay đổi mềm dẻo hơn trong quá trình thiết kế 2 phần (cứng và mềm). Để có được thiết kế cuối cùng tối ưu, quá trình thiết kế phần cứng và phần mềm phải phối hợp với nhau chặt chẽ và có thể thay đổi sau mỗi lần thử chức năng hoạt động tổng hợp. Việc thiết kế các hệ nhúng đòi hỏi kiến thức đa ngành về điện tử, xử lý tín hiệu, vi xử lý, thuật điều khiển và lập trình thời gian thực.

Xu hướng phát triển và một số thách thức của hệ thống nhúng

Sau mấy tính lớn, PC và Internet, hệ thống nhúng đang là làn sóng đổi mới thứ 3 trong công nghệ thông tin và truyền thông. Xu hướng phát triển của các hệ thống nhúng hiện nay được thể hiện ở các khía cạnh: *Một là*, phần mềm chiếm tỷ trọng ngày càng cao và đã trở thành một thành phần cấu tạo nên thiết bị bình đẳng như các phần cơ khí, linh kiện điện tử, linh kiện quang học... *Hai là*, các hệ nhúng ngày càng phức tạp hơn để đáp ứng các yêu cầu khắt khe về thời gian thực, sử dụng ít năng lượng và hoạt động tin cậy, ổn định hơn. *Ba là*, các hệ nhúng có độ mềm dẻo ngày càng cao, đáp ứng các yêu cầu nhanh chóng đưa sản phẩm ra thị trường, có

VẤN ĐỀ HÔM NAY



Hội thảo khoa học “Xây dựng các hệ thống nhúng tin cậy từ các thành phần không tin cậy - những thách thức về thiết kế và kiểm tra” tại Trường Đại học Công nghệ (Đại học Quốc gia Hà Nội)

khả năng bảo trì từ xa, có tính cá nhân cao. *Bốn là*, các hệ nhúng có khả năng hội thoại ngày càng cao, có khả năng kết nối mạng và hội thoại được với các đầu đo cơ cấu chấp hành và với người sử dụng. *Năm là*, các hệ nhúng có tính thích nghi, tự tổ chức ngày càng cao, có khả năng tái cấu hình như một thực thể/tác nhân. *Sáu là*, các hệ nhúng có khả năng tiếp nhận năng lượng từ nhiều nguồn khác nhau (ánh sáng, rung động, điện từ trường, sinh học...) ngày càng cao để tạo nên các hệ thống tự tiếp nhận năng lượng trong quá trình hoạt động.

Hệ thống nhúng hiện phải đối mặt với các vấn đề sau: *Thứ nhất*, độ phức tạp của hệ thống tăng cao do yêu cầu phải kết hợp các lĩnh vực đa ngành, kết hợp phần cứng - mềm, trong khi các phương pháp thiết kế và kiểm tra chưa chín muồi. Hơn nữa, có một khoảng cách không nhỏ giữa lý thuyết và thực hành cũng như thiếu các phương pháp và lý thuyết hoàn chỉnh cho khảo sát, phân tích toàn cục các hệ nhúng. *Thứ hai*, thiếu phương pháp tích hợp tối ưu

giữa các thành phần tạo nên hệ nhúng (bao gồm: Lý thuyết điều khiển tự động, thiết kế máy, công nghệ phần mềm, điện tử, vi xử lý, các công nghệ hỗ trợ khác). *Thứ ba*, thách thức đối với độ tin cậy và tính mở của hệ thống. Do hệ thống nhúng thường phải hội thoại với môi trường xung quanh nên nhiều khi gặp những tình huống không được thiết kế trước dễ dẫn đến hệ thống bị loạn. Trong quá trình hoạt động một số phần mềm thường phải chỉnh lại và thay đổi nên hệ thống phần mềm có thể không kiểm soát được. Đối với hệ thống mở, các hãng thứ 3 khi đưa các module mới, thành phần mới vào cũng có thể gây nên sự hoạt động thiếu tin cậy.

Hệ thống nhúng trong tương lai được xây dựng trên những chip vi hệ thống với khả năng tính toán, lưu trữ và truyền thông siêu mạnh. Với những vi hệ thống có khả năng tính toán siêu hạng này, việc thiết kế các hệ nhúng sẽ gặp không ít thách thức. *Một là vấn đề xử lý song song*. Với tốc độ xử lý nhanh các thiết kế tiếp cận đến tốc độ của các mạch tương tự nên

đòi hỏi cấu trúc mạng và chương trình dịch phải xử lý được các quá trình song song trong chế độ thời gian thực. Các phương pháp thiết kế hệ nhúng trên FPGA và ASIC hiện nay sẽ chuyển sang phương pháp thiết kế theo các công nghệ vi hệ thống nền (SoC platform based design) trong tương lai. *Hai là độ phức tạp của phần mềm nhúng*. Việc phát triển được các phần mềm nhúng cho các thiết bị thông minh giai đoạn hậu PC có nhiều thách thức do độ phức tạp của sự phối hợp cứng - mềm trên nền các vi hệ thống xử lý hỗn hợp chuyên dụng. Khả năng tạo ra các IP (Intellectual Property) có tính chuyển đổi cho nhiều ứng dụng với đa dạng giao diện, thủ tục (protocols) cũng là vấn đề cần phải đầu tư. *Ba là vấn đề cung cấp năng lượng cho các thiết bị cầm tay*. Trong tương lai, năng lượng cho truyền dữ liệu sẽ lớn gấp từ 5 đến 30 lần năng lượng hoạt động của các CPU. Ngoài ra, sự phối hợp chưa hài hoà giữa nghiên cứu đào tạo, công nghiệp tự động thiết kế chip (EDA) và các nhà sản xuất dẫn đến hiệu quả thấp và thời gian chiếm lĩnh thị trường chậm của các sản phẩm nhúng.

Để khắc phục các vấn đề này cần có sự đổi mới trong cơ cấu của công tác nghiên cứu và đào tạo, đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các viện nghiên cứu, trường đại học với khu vực sản xuất - công nghiệp. Cần thúc đẩy các nghiên cứu về hệ thống mở liên kết đa ngành để có thể tạo ra các sản phẩm mới trên nền tảng của ngành công nghiệp thiết kế tự động chip và các kinh nghiệm thu nhận được từ các bài học thực tiễn của thiết kế hệ thống. Cần lưu ý là phải có con người và phương pháp nghiên cứu trước khi mua sắm các công cụ và phương tiện cho nghiên cứu ■