

HỆ THỐNG HIỂN THỊ HÌNH ẢNH BẰNG CÁC GIỌT NƯỚC RƠI

Vũ Đức Lung¹, Nguyễn Tiểu Long², Phan Đình Duy¹, Trần Ngọc Đức¹, Trần Văn Quang¹

¹Trường Đại học Công nghệ Thông tin, ĐHQG TP.HCM

²Trường Đại học Lạc Hồng

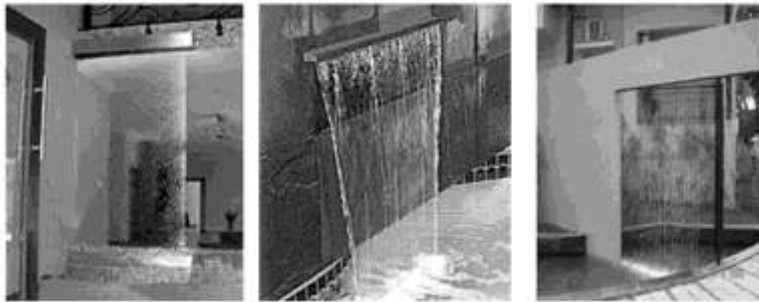
lungvd@uit.edu.vn, tieulongdn@yahoo.com

TÓM TẮT: Bài báo này trình bày phân tích, thiết kế một hệ thống gồm phần cứng và các phần mềm nhúng hiển thị hình ảnh bằng các giọt nước rơi. Hệ thống này dùng để biểu diễn hình ảnh qua màn nước, được thiết kế dựa trên cơ sở đồng bộ một chuỗi 320 van nước đóng mở để thả nước rơi, qua đó thể hiện được các hình ảnh đơn giản mong muốn. Điểm đặc biệt của hệ thống được chúng tôi thiết kế dưới dạng mỗi module 1m để có thể dễ dàng ghép nối thành màn hình rộng với kích thước tùy ý dao động trong khoảng từ 1 đến 8m và cao trong khoảng 3-5m. Hệ thống có thể hỗ trợ những giao tiếp điều khiển hiện đại như UART, USB và Wifi. Hệ thống hiện tại có thể được điều khiển trên máy tính hoặc các thiết bị di động sử dụng Android cũng như chạy độc lập trên hệ thống nhúng riêng. Ngoài ra hệ thống còn được tích hợp các đèn LED màu chiếu sáng do chúng tôi tự nghiên cứu chế tạo. Kết quả thử nghiệm cho thấy các hình ảnh đơn giản được hiển thị rõ nét trong điều kiện phù hợp, kết hợp đèn LED màu chiếu sáng tạo ra một sản phẩm trình diễn nghệ thuật được các chuyên gia đánh giá rất đẹp và độc đáo.

Từ khóa: Hệ thống nhúng, màn nước rơi, IoT, điều khiển tự động, phân tích thiết kế hệ thống, màn nước nghệ thuật.

I. GIỚI THIỆU

Trong các loại hình giải trí, đài phun nước từ lâu đã được xem như một công trình kiến trúc có giá trị nghệ thuật và thẩm mỹ cao. Trên thế giới, nhất là khu vực châu Âu như Ý, Cộng hòa Pháp, Vương quốc Bỉ... đài phun nước nghệ thuật để lại dấu ấn sâu đậm và đặc sắc trong kiến trúc tổng thể đô thị. Từ những đài phun nước cổ kính cho đến những đài phun nước mới xây dựng hiện nay ở Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, đều thu hút hàng triệu du khách ghé thăm và là điểm nhấn quan trọng của các thành phố lớn. Màn hình nước rơi là một loại hình nghệ thuật thuộc cùng lĩnh vực này. Màn hình nước thường có hai loại đó là màn nước không điều khiển và màn nước điều khiển. Màn nước không điều khiển là các dạng màn nước rơi trên bề mặt kính, màn nước rơi tạo màng (thường để dùng máy chiếu, chiếu lên tạo hình ảnh động) và màn nước rơi tạo thành dây, tia. Đặc điểm của màn nước không điều khiển là nó rơi liên tục khi vận hành. Các loại màn nước này có thiết kế đơn giản, giá rẻ, dễ triển khai và thường được dùng trang trí tạo cảnh quan cũng như làm mát môi trường xung quanh ở các quán cà phê, nhà hàng. Một số hình ảnh loại này như trong hình 1.



Hình 1. Màn nước không điều khiển

Màn nước điều khiển là màn hình nước rơi theo ý muốn, có sự điều khiển nước rơi bằng một hệ thống điện tử điều khiển. Màn nước điều khiển xuất hiện lần đầu tiên tại thể vận hội Olympic Atlanta năm 1996 do giáo sư Stephen Pevnick tại trường Đại học Wisconsin - Milwaukee thiết kế. Các loại màn nước điều khiển có thiết kế phức tạp bao gồm nhiều thành phần trong hệ thống như: cơ khí, điện, điện tử, máy tính... và nó có thể hiển thị được nhiều hình ảnh sinh động, đa dạng. Chúng thường được lắp đặt tại các khách sạn sang trọng, quảng trường, các sân khấu lớn như trên hình 2.



Hình 2. Màn nước rơi điều khiển

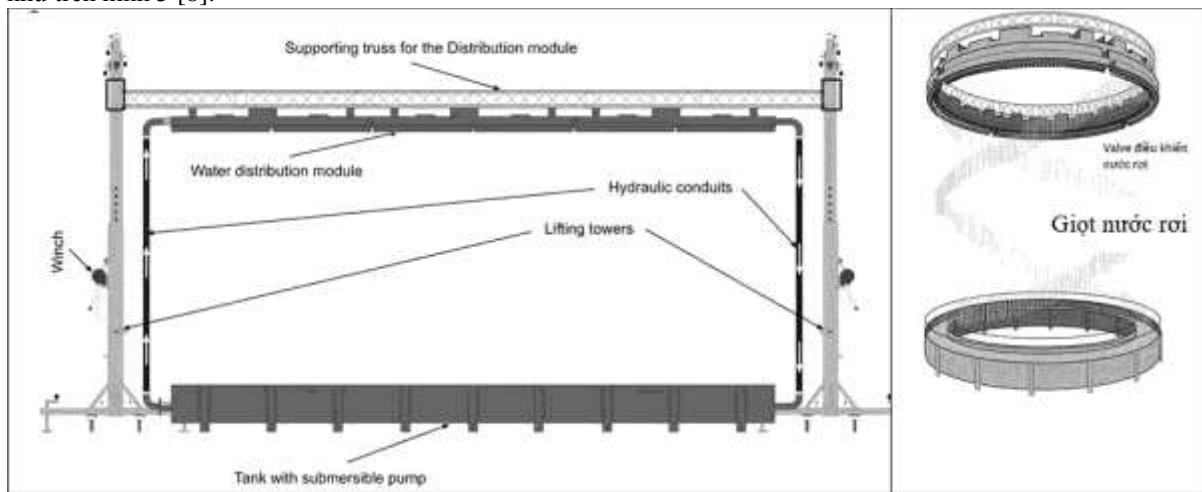
Với màn nước này chúng ta có thể hiển thị bất cứ thông tin và hình ảnh lên nó tạo sự mới mẻ cho không gian sống và làm việc. Không ngừng ở đó, các bức màn nước này được đánh giá cao và phù hợp để sử dụng như một cách trang trí phong thủy trong nhà ở hay các doanh nghiệp. Chúng vừa sáng tạo vừa dung hòa cho không gian sống.

Các công trình khoa học dưới dạng bài báo về màn nước rơi điều khiển, trong và ngoài nước hiện nay hầu như không thấy công bố. Một số công trình liên quan nhưng không có dạng giống bài báo như công trình màn hình sương mù (Fog screen displays) [1], [2] hay các loại màn hình với giọt nước rơi nhưng hiển thị bằng máy chiếu [3], [4], [5]. Các công trình này chỉ sử dụng màn nước rơi như là tấm màn và dùng máy chiếu lên đó để hiển thị các thông tin.

Các công trình giống như trong bài báo này chủ yếu là các sản phẩm thương mại của các công ty như Space Printer tại Osaka Station City by KOEI [9], hay công trình Water Fountain Show at Lotte Department Store in Busan, South Korea (dưới dạng vòng tròn) hay các là sản phẩm của các công ty trong nước như Công ty Tầm nhìn Thông minh, Công ty Union Technology (thành lập năm 2016). Công trình gần nhất với bài báo này là công trình [6] do chính nhóm chúng tôi phát triển trình bày tại hội thảo toàn quốc về Công nghệ thông tin năm 2013 tại Cần Thơ là kết quả đầu tiên của nhóm nghiên cứu. Trong đó, các nghiên cứu thiết kế còn sơ sài với độ phân giải hạn chế gồm 192 điểm ảnh cùng nhiều tính năng chưa có sẽ được hoàn thiện trong công trình này.

II. TỔNG QUAN VỀ MÀN NƯỚC RƠI

Hiện nay màn nước rơi nghệ thuật được chia làm 3 dạng cơ bản: Đường thẳng, đường tròn và đường cung. Mỗi hình dạng đều được thiết kế cơ khí khác nhau. Nhưng đặc điểm chung là các bộ phận của màn nước vẫn không thay đổi – chỉ thay đổi hình dáng của màn nước. Hình ảnh đặc trưng phần cơ khí cho hai loại màn nước rơi dạng thẳng và tròn như trên hình 3 [8].



Hình 3. Cấu trúc một màn hình nước nghệ thuật

Mỗi màn nước rơi có cấu tạo gồm các bộ phận chính sau:

- Bồn chứa nước và máy bơm chìm (Tank with submersible pump)
- Trụ nâng đỡ hai bên (Lifting towers) và các thiết bị hỗ trợ nâng đỡ (Winch)
- Ống dẫn xả nước (Hydraulic conduits)
- Giàn đỡ chịu lực để hỗ trợ việc treo bộ phận phân phối nước (Supporting truss for the Distribution Module)
- Bộ phận phân phối nước đến các van đóng mở cho phép nước nhỏ từng giọt, gọi tắt là WDM (Water distribution module).

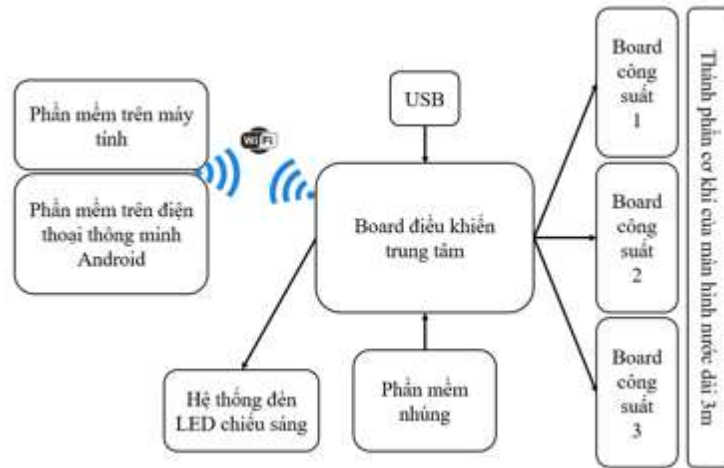
Trong đó các bộ phận cần điều khiển đồng bộ quan trọng nhất là các van đóng mở cho nước nhỏ giọt rơi tạo ra màn hình giống như các điểm ảnh. Bên cạnh đó để hình ảnh hiển thị được sinh động và hấp dẫn cũng cần điều khiển các đèn chiếu sáng cho phù hợp với các loại hình khác nhau. Các thiết bị gồm các van và đèn led màu chiếu sáng cần điều khiển thông thường được đặt trong WDM. Để điều khiển được hệ thống này người ta thường dùng một hệ thống nhúng để xuất ra các tín hiệu điều khiển phù hợp. Trên hệ thống nhúng thường tích hợp sẵn một thẻ nhớ SD hoặc USB để lưu trữ các hình ảnh cần hiển thị.

III. PHÂN TÍCH THIẾT KẾ HỆ THỐNG

A. Thiết kế tổng quan

Theo phần tổng quan về màn nước rơi ở trên cùng với mục tiêu thiết kế một hệ thống điều khiển màn nước rơi có thể điều chỉnh các thông số linh hoạt hơn thông qua máy tính hoặc điện thoại thông minh, hệ thống cần được thiết kế bao gồm

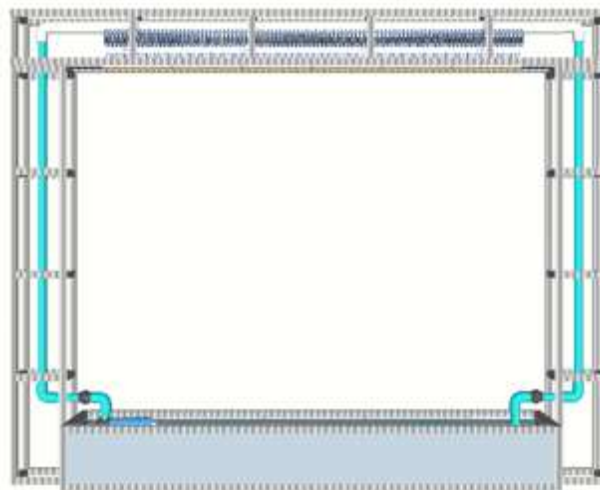
5 thành phần chính: phần cứng cơ khí, phần điện điều khiển, phần mềm nhúng, ứng dụng trên điện thoại thông minh và phần mềm trên máy tính. Mô hình tổng quan của màn hình nước nghệ thuật được thiết kế như hình 4.



Hình 4. Mô hình tổng quan của hệ thống

Board điều khiển trung tâm chính là một hệ thống nhúng có khả năng hoạt động độc lập hoặc giao tiếp với máy tính, với smartphone thông qua hai giao tiếp thông dụng là COM và WIFI. Nhiệm vụ chính của hệ thống nhúng là nhận các hình ảnh cần hiển thị từ các thiết bị khác lưu vào bộ nhớ USB và tính toán đưa ra các tín hiệu điều khiển các van đóng mở cũng như màu đèn LED chiếu sáng. Để điều khiển các van có công suất cao cần có các mạch công suất riêng và để cùng lúc điều khiển 320 van đồng bộ, chúng tôi cần sử dụng 10 mạch loại này với mỗi mạch có 32 tín hiệu điều khiển.

Theo tìm hiểu tổng quan các màn nước thương mại hoá trên thị trường và kế thừa từ công trình trước, trong công trình này chúng tôi thiết kế khung cơ khí của hệ thống như trên hình 5.



Hình 5. Hình tổng thể khung cơ khí của hệ thống

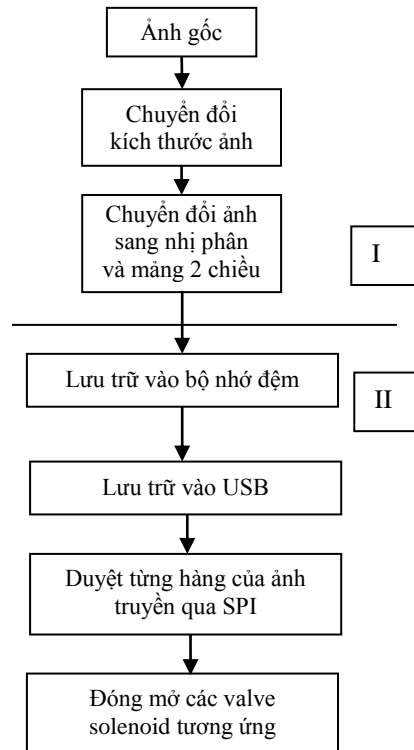
Nhìn tổng thể (hình 5), hệ thống gồm dưới cùng là 1 hồ hình hộp chữ nhật trống mặt trên để chứa nước rơi, bên trong có máy bơm nước và ống nước hình trụ tròn. Phía trên hồ nước là 2 trụ đỡ, mỗi trụ đỡ gồm 4 trụ sắt vuông và các thanh sắt ngang để kết nối các trụ sắt vuông, bên trong trụ đỡ là ống cấp và ống thoát nước. Và khung phía trên có cấu tạo giống như trụ đỡ nhưng có chiều rộng lớn hơn, bên trong chứa hệ thống điều khiển, hệ thống van Solenoid, các đèn chiếu sáng và các vòi tạo giọt nước sắp xếp theo một khoảng cách nhất định.

Phần điều khiển: là hệ thống các mạch dùng để điều khiển các van nước và đèn. Phần này bao gồm 1 mạch điều khiển trung tâm và 10 mạch điều khiển công suất cho các van được đóng gói trong các hộp nhựa vuông. Trong khuôn khổ của bài báo này sẽ tập trung vào trình bày việc phân tích thiết kế các phần mềm của hệ thống do đó các phần cơ khí và điện tử chỉ được trình bày tổng quan sơ qua như trên. Các phần sau sẽ tập trung vào nội dung chính của bài báo.

B. Thiết kế các phần mềm của hệ thống

Để đạt được mục tiêu hệ thống có thể cài đặt, thay đổi các thông số cũng như nội dung hiển thị dễ dàng, tiện lợi, hệ thống phần mềm được thiết kế gồm: Phần mềm điều khiển trên máy tính, phần mềm điều khiển trên smartphone sử dụng hệ điều hành Android và phần mềm nhúng trực tiếp trên board nhúng điều khiển toàn bộ hệ thống.

Sơ đồ tổng quan các bước thực hiện các phần mềm như hình 6. Các phần mềm ứng dụng trên máy tính và smartphone hoạt động trên phần I, trong khi phần mềm nhúng trên KIT ARM STM32F4 Discovery thực hiện các phần II.



Hình 6. Sơ đồ khối các bước thực hiện của các phần mềm

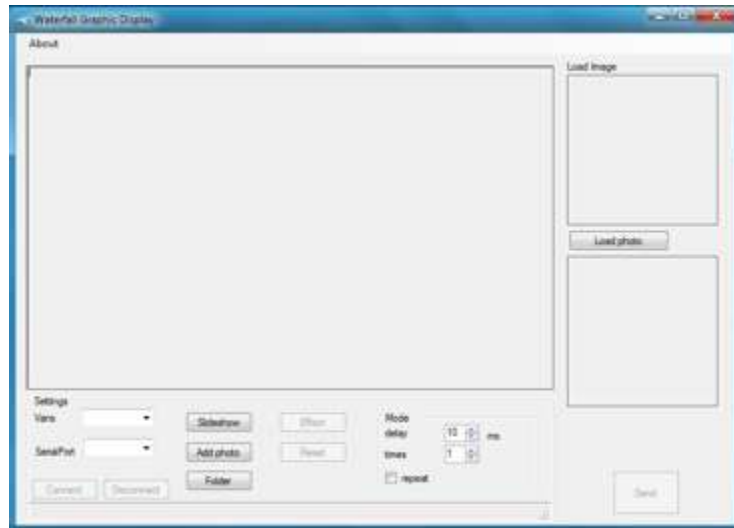
C. Phần mềm trên máy tính và smartphone

Ngoài các chức năng cơ bản của một phần mềm ứng dụng như cho phép cài đặt các thông số hệ thống, lựa chọn ảnh hiển thị, cách hiển thị, ... thì hai phần mềm này đều làm nhiệm vụ chính trong phần I của hình 6. Các hình ảnh ban đầu có kích thước bất kỳ sẽ được chuyển đổi về kích thước theo tỷ lệ với chiều ngang là 320 điểm ảnh, bằng với số van trong hệ thống này. Theo lý thuyết xử lý ảnh [7], sau khi chuyển ảnh về kích thước của hệ thống, các ảnh sẽ được chuyển đổi sang ảnh xám theo công thức (1):

$$Y = 0.3 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B \tag{1}$$

Trong đó R , G và B là các giá trị của thành phần màu đỏ, xanh lá cây và xanh dương của mỗi điểm ảnh tương ứng; Y là giá trị đặc trưng cho cường độ sáng tại một điểm ảnh và có giá trị trong khoảng từ 0 đến 255. Bước tiếp theo, ảnh xám sẽ được chuyển sang ảnh nhị phân bằng cách sử dụng một giá trị ngưỡng (threshold) thích hợp, pixel xám nào có giá trị bằng hoặc dưới ngưỡng đó ta cho bằng 0, trên ngưỡng đó ta cho bằng 255. Do hệ thống không giới hạn loại ảnh nào nên sử dụng một ngưỡng trung bình là 125. Cuối cùng để điều khiển van Solenoid đóng mở ta phải dựa vào tín hiệu 1 hoặc 0 tương ứng trạng thái mở nếu là 0 và trạng thái đóng là 1. Do đó ảnh xám sẽ được chuyển sang lưu trữ dưới dạng một mảng 2 chiều các giá trị 1 và 0 tương ứng với điểm ảnh màu trắng và đen.

Để tiện dụng trong điều chỉnh và cài đặt các thông số hiển thị, sau khi phân tích các nội dung cần có, phần mềm trên máy tính được chúng tôi thiết kế có giao diện như hình 7 với các chức năng được mô tả trong bảng 1 tương ứng.



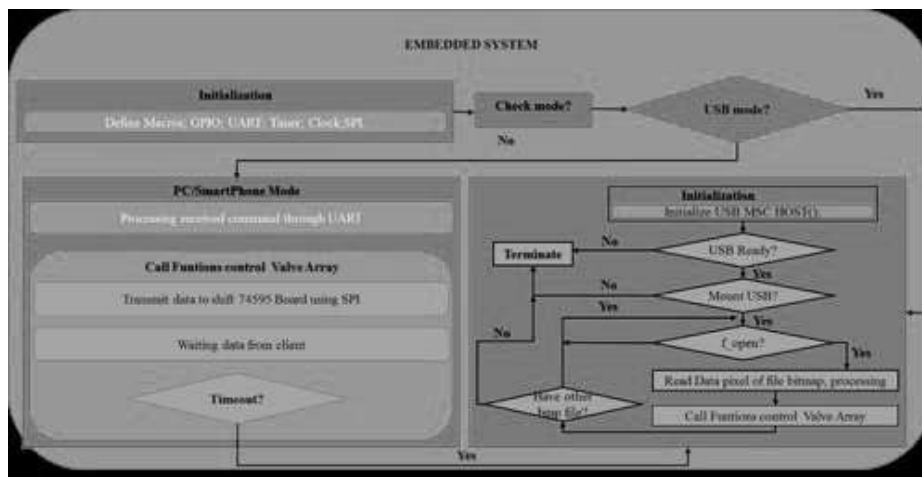
Hình 7. Giao diện chương trình điều khiển trên máy tính

Bảng 1. Các chức năng của chương trình điều khiển trên máy tính

STT	Tên	Chức năng
1	Vans	Chọn số Van Solenoid có trên hệ thống.
2	SerialPort	Chọn tên cổng COM của máy.
3	Connect	Kết nối cổng COM với mạch điều khiển.
4	Disconnect	Đóng kết nối.
5	Delay	Chọn thời gian delay.
6	Times	Chọn số lần rót ảnh.
7	Repeat	Lặp đi lặp lại chương trình rơi ảnh.
8	Slideshow	Rơi danh sách ảnh do người dùng chọn từ trước
9	Effect	Rơi 1 số hiệu ứng/ ảnh đã tích hợp trong chương trình
10	Add Photo	Thêm ảnh vào danh sách ảnh hiển thị
11	Load Photo	Chọn 1 ảnh vào chương trình
12	Send	Gửi mảng sau xử lý xuống mạch điều khiển
13	Folder	Chọn thư mục chứa các ảnh cần hiển thị

Trong thời đại mà hầu như mỗi người đều sở hữu 1 smartphone thì tiện dụng nhất là sử dụng ngay chiếc điện thoại làm thiết bị điều khiển và trong công trình này, bên cạnh phần mềm trên máy tính, chúng tôi tạo thêm một phiên bản trên điện thoại thông minh chạy hệ điều hành Android với các chức năng tương tự như trên máy tính.

D. Phần mềm nhúng trên KIT ARM STM32F4 Discovery



Hình 8. Các module trong phần mềm nhúng điều khiển van

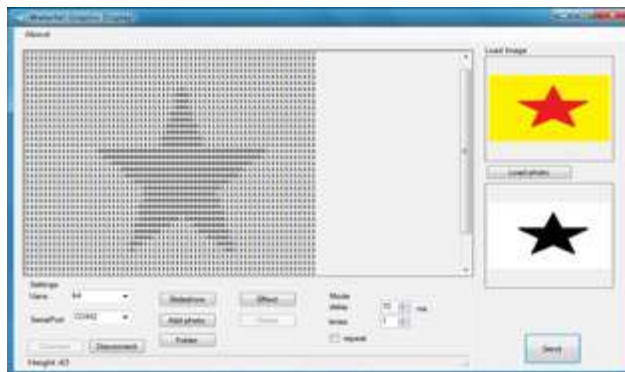
Phần mềm nhúng cho STM32F407VG trên board điều khiển việc định thời và xử lý dữ liệu để đồng bộ giữa các dữ liệu nhận được từ các phần mềm máy tính, phần mềm trên điện thoại thông minh hoặc USB để chuyển sang tín hiệu điều khiển các van. Trong hệ thống của nhóm có 320 van điện từ, để điều khiển thì cần phải có 320 đầu ra từ board điều khiển, nhưng board F4 mà nhóm sử dụng chỉ có 60 chân điều khiển và các vi điều khiển khác cũng không đủ chân

điều khiển. Để đáp ứng được tốc độ theo tính toán thì chỉ có cách sử dụng thanh ghi dịch, là một loại bộ nhớ tốc độ cao nhất. Từ đó nhóm nghiên cứu phương thức dịch bit để tạo ra nhiều đầu ra theo giao thức SPI. Dữ liệu theo giao thức SPI từ board trung tâm được gửi đến 40 IC dịch 74HC595 (mỗi IC dịch 74HC595 có 8 đầu ra song song) để dịch dữ liệu này lần lượt qua 320 bit trước khi chốt lại để điều khiển các van nước. Với cách sử dụng chip IC 74HC595 thì độ trì hoãn tra mỗi IC với điện áp 5V là 19ms, nên độ trì hoãn tối đa đến bit thứ 320 là 760ns vẫn ở mức độ đáp ứng việc điều khiển giọt nước của hệ thống là độ trễ tối đa theo khảo sát 5ms. Sơ đồ mô hình phần mềm nhúng điều khiển van được trình bày trong hình 8 như đã mô tả.

IV. THỬ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN KẾT QUẢ

Hệ thống được xây dựng và đặt thử nghiệm trong khuôn viên của trường Đại học Công nghệ Thông tin, ĐHQG TP. HCM. Việc thử nghiệm để kiểm chứng hoạt động các chức năng mong muốn của toàn hệ thống bao gồm: Hoạt động của phần mềm điều khiển trên máy tính, hoạt động của phần mềm nhúng trên smartphone Android, hoạt động độc lập của hệ thống.

Phần mềm trên máy tính cho phép người sử dụng nạp một hình ảnh bất kỳ, kích thước khác nhau vào chương trình, chương trình sẽ chuyển đổi hình đó về hình đen trắng và chuyển đổi sang dạng số. Kết quả cho thấy chương trình chuyển đổi hình ảnh hoạt động đúng như thiết kế thể hiện qua việc hiển thị kết quả ảnh số trên phần mềm đúng với hình ảnh ban đầu, các bit 0 và 1 hiển thị rõ ràng. Đây là kết quả quan trọng ban đầu trước khi truyền dữ liệu xuống hệ thống điều khiển các van từ. Các thử nghiệm trên máy tính cũng cho thấy các chức năng kết nối máy tính với mạch nhúng thông qua cổng COM hoặc WIFI đều hoạt động tốt. Kết quả hiển thị hình ngôi sao cùng các thông số giả định có 64 van và kết nối qua cổng COM2 như trên hình 9.



Hình 9. Kết quả xử lý 1 ảnh của phần mềm trên máy tính

Tuy nhiên, trong thử nghiệm truyền dữ liệu qua WIFI, khi thử nghiệm ban đầu bài báo dùng phương pháp mỗi lần truyền dữ liệu, truyền 1 hàng của ảnh và chuyển thẳng đến điều khiển các van ngay thì phát hiện trường hợp trong quá trình truyền dữ liệu có thể bị rớt gói tin và các gói tin có thể được truyền lại, dẫn đến khoảng thời gian nhận dữ liệu giữa 2 hàng tới mạch dịch bit có thể cách nhau từ vài chục ms tới vài trăm ms, tùy thuộc vào khả năng kết nối của mạng. Điều này gây ra tình trạng hình ảnh hiển thị không được liên tục. Việc này là do cần phải đảm bảo được thời gian gửi dữ liệu giữa các dòng ra mạch dịch bit phải là từ 2.5ms-5ms theo thực tế thì hình ảnh mới được hiển thị rõ nét liên tục. Để khắc phục việc này, bài báo đã điều chỉnh cách truyền dữ liệu và điều khiển. Theo đó, đầu tiên truyền tất cả các dữ liệu của các ảnh xuống dưới bo trung tâm và lưu vào trong USB. Sau khi nhận dữ liệu xong thì mới đọc dữ liệu từng hàng, từng ảnh từ bộ nhớ USB và gửi ra mạch dịch bit để đóng ngắt các van. Lúc này đảm bảo được tốc độ truyền dữ liệu giữa 2 dòng là từ 2.5ms-5ms và ảnh được hiển thị đúng mong đợi. Một số hình ảnh hiển thị của hệ thống thực tế như trong hình 10.



Hình 10. Một số hình ảnh hiển thị của hệ thống

Thảo luận kết quả:

Màn hình giọt nước rơi có thể được so sánh ở hai khía cạnh: Việc điều khiển chính xác tốc độ rơi của giọt nước để hiển thị hình ảnh tốt nhất và việc hiển thị về mặt nghệ thuật có kết hợp với ánh sáng được đánh giá thế nào?

Như đã đề cập ở trên, bài báo này trình bày việc xây dựng một màn nước rơi được kế thừa từ công trình [6] trước đây của nhóm. Sự khác biệt cơ bản giữa công trình [6] và công trình này như trong bảng 2.

Bảng 2. So sánh các thông số với công trình [6]

Thông số so sánh	Công trình [6]	Công trình này
Số van (điểm ảnh theo hàng ngang)	192	320
Kích thước (dài x cao)	3x3.5	4x4m
Vi xử lý chính	Atmel Atmega16 (16bits)	ARM STM32F4 (32 bits)
Điều khiển từ máy tính	Không	Có
Điều khiển từ smartphone	Không	Có
Khả năng hoạt động độc lập	Có	Có
Hiệu ứng dùng đèn led màu chiếu sáng	Không	Có

Trong khi hình ảnh hiển thị hình chữ “B”, hình con bướm và logo Mitsubishi của công trình [6] như trong hình 11. Kết quả của công trình này trong hình 10 rõ ràng sắc nét hơn rất nhiều so với của công trình trước đó trong hình 11.



Hình 11. Kết quả hiển thị một số hình ảnh của công trình [6]

Từ kết quả so sánh cho thấy công trình này đã cải tiến nhiều chức năng tiện lợi hơn rất nhiều so với công trình trước đó và các hình ảnh hiển thị cũng rõ hơn, mịn hơn và chính xác hơn. So sánh với các công trình thương mại như Space Printer tại Osaka Station City cũng cho thấy công trình này có chất lượng hiển thị không thua kém. Ngoài ra công trình này cũng được một số chuyên gia nghệ thuật đánh giá cao về mặt công nghệ biểu diễn nghệ thuật.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về một loại hình nghệ thuật đa phương tiện dựa trên nước và ánh sáng. Để triển khai thử nghiệm, bài báo đã có các phân tích và thiết kế một hệ thống cho phép hiển thị các thông tin bằng các giọt nước rơi. Hệ thống phức tạp bao gồm phần cứng là các bo mạch điều khiển và phần mềm nhúng trên bo mạch này cùng các phần mềm điều khiển trên máy tính và trên điện thoại thông minh chạy hệ điều hành Android. Các kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định và hiển thị đúng các thông tin mong đợi. Tuy nhiên tính thẩm mỹ của hệ thống như màn background, bố trí và trang trí các trụ cột,... còn chưa cao và cần được điều chỉnh để có thể trở thành sản phẩm thương mại trong tương lai. Mặc dù tính khoa học của bài báo không nhiều nhưng độ phức tạp khá cao do đòi hỏi tích hợp nhiều kỹ thuật cũng như thiết kế cả phần cứng lẫn phần mềm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số B2015-26-02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Masataka Imura, Asuka Yagi, Yoshihiro Kuroda, Osamu Oshiro, “Multi-Viewpoint Interactive Fog Display”, in Proceedings of The 21st International Conference on Artificial Reality and Telexistence November 28-30, 2011, Osaka, Japan.
- [2] Miu-Ling Lam, Yaozhun Huang, Bin chen, “Interactive volumetric fog display”, in Proceedings of the SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies, ACM 2015.
- [3] S. Eitoku, K. Hashimoto, T. Tanikawa, “Controllable water particle display”, in Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI International conference on Advances in Computer Entertainment Technology, USA, 2006.
- [4] M. Hajiheydari, S. Mohammadi, “Positioning and Control of Nozzles and Water Particles in Decorative water and water screens”, Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent system, vol.6, no. 4, 2012.

- [5] S. Eitoku, T. Tanikawa, Y. Suzuki, “Display Composed of Water Drops for Filling Space with Materialized Virtual Three-dimensional Objects”, In proceedings of the Virtual Reality Conference, IEEE Publisher, USA, 2006.
- [6] Le Van La, Phan Dinh Duy, Vo Thanh Xuyen, A Compact Autonomous Display in Space Using Water Drops, Hội thảo toàn quốc về công nghệ thông tin, Cần Thơ, 2013.
- [7] Võ Đức Khánh, Hoàng Kiếm, “Giáo trình Xử lý ảnh”, Nhà xuất bản ĐHQG TP. HCM, 2008.
- [8] <http://www.saferain.com/en/water-show/digital-water-curtain/digital-waterfall.html>.
- [9] Space Printer tại Osaka Station City by KOEI. <https://www.youtube.com/watch?v=gusJesIMbLc>.

WATER DROPS DISPLAY

Vu Duc Lung, Nguyen Tieu Long, Phan Dinh Duy, Tran Ngoc Duc, Tran Van Quang

ABSTRACT: *In this paper, we describe the design and implementation of a hardware and software system that can show any picture by falling water drops. This system is based on synchronizing a series of 320 valves to drop water for showing simple desired pictures. It is usually used to present a performance art with water drop screen. The special point of our system is that we design in module concept, where each one long 1m and we can connect these modules to create a water drops display with the size between 1 to 8m and high in 3-5m. The most popular control interfaces such as UART, USB and Wireless are supported in this system. One more advance of our system is that it can be controlled by using computer, mobile Android devices as well as its own embedded system separately. In addition, the system also integrates the light color LEDs which are designed and manufactured by ourself. The experimental results show that simple images are clearly displayed. In dark conditions, the system can perform more beautiful with color light LEDs and in overall, the system is highly appreciated by experts.*