NGHIÊN CỨU GIẢI THUẬT HIỂN THỊ TRANH MÀN NƯỚC

Trần Hoàn[1*], Ngô Đình Duy Khanh[2], Văn Tấn Lượng[1]
[1]*Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM*
[2]*Trường Đại học Bách khoa TP.HCM*
*Email: *hoantran205@gmail.com*
Ngày nhận bài: 15/10/2019; Ngày chấp nhận đăng: 06/12/2019

TÓM TẮT

Tranh màn nước là một hệ thống hiển thị hình ảnh bằng nước, trong đó mỗi giọt nước thay thế cho một pixel ảnh thông qua việc điều khiển các van. Công nghệ hiển thị bằng lớp màn nước này mang lại hiệu quả về mặt ứng dụng, điển hình là trong việc tổ chức sự kiện và trang trí showroom. Với ưu điểm mới lạ và khả năng kết hợp âm nhạc, ánh đèn sẽ làm khơi gợi nhiều cảm xúc hơn cho người xem so với hệ thống nước thông thường. Bài báo này trình bày thiết kế cơ khí và giải thuật hiển thị cho hệ thống tranh màn nước, dựa trên các phép tiền xử lý ảnh. Trong đó, phép nhị phân hóa ảnh được dùng để giữ lại các đặc trưng cần thiết của ảnh và sau đó chuyển đổi thành dữ liệu điều khiển cho van điện từ đóng/ngắt nước rơi theo một trình tự thích hợp. Từ đó, sản phẩm thiết kế đã thể hiện được thông điệp mà người sử dụng muốn truyền đạt thông qua những hình ảnh chọn lựa trước.

Từ khóa: Tranh màn nước, phương pháp nhị phân ảnh, van điện từ.

1. GIỚI THIỆU

Những năm gần đây lĩnh vực thương mại hóa, cụ thể là lĩnh vực trang trí, quảng bá thương hiệu ở nước ta đang phát triển rất mạnh mẽ. Việc áp dụng khoa học kỹ thuật, đặc biệt là tự động hóa đã có bước phát triển mới, tạo ra nhiều sản phẩm có hàm lượng chất xám cao, có khả năng ứng dụng tốt trong xã hội, tiến tới hoàn thành sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước. Hiện nay, các hệ thống tranh màn nước xuất hiện ở nước ta ngày càng nhiều. Tuy nhiên, vì giá thành còn khá cao nên việc làm chủ công nghệ và nội địa hóa sản phẩm là bước đi cần thiết để tiến hành thương mại hóa sản phẩm tranh màn nước.

Trong hệ thống tranh màn nước, để đảm bảo hiển thị được chính xác ảnh đầu vào thì những đặc trưng chính nhất của ảnh phải được lọc ra thông qua các giải thuật tiền xử lý ảnh, mà quan trọng nhất là thuật toán nhị phân ảnh. Có nhiều phương pháp nhị phân ảnh đã được giới thiệu [1- 8]. Ý tưởng giảm thiểu tổng phương sai trong lớp của 2 nhóm pixel được phân loại là tiền cảnh và hậu cảnh đã được nghiên cứu bởi Otsu [1]. Cách tiếp cận này dẫn đến tối đa hóa phương sai giữa các lớp và do đó có thể phân tách tốt hai lớp pixel, cuối cùng được biểu thị là đen và trắng. Ưu điểm của phương pháp này là có tốc độ xử lý nhanh. Tuy nhiên, nó chỉ hoạt động đúng đối với hình ảnh được chiếu sáng đồng đều. Một cách tiếp cận tương tự, biểu đồ entropy được sử dụng thay vì dùng phương sai, như đề xuất bởi Kapur *et al.* [2]. Trong khi đó, ý tưởng kết hợp của phương pháp Otsu và Kapur *et al*. đã được trình bày nhằm tối ưu ưu điểm của 2 phương pháp trên [3]. Ngoài ra, phương pháp nhị phân ảnh thích nghi mở rộng đã được đề xuất bởi Moghaddam & Cheriet mà có thể thực hiện một số thao tác bổ sung như ước tính nền đa quy mô, tính toán độ rộng đường trung bình và độ cao đường thẳng [4].

Ngoài ra, các phương pháp nhị phân ảnh gần đây bao gồm ý tưởng về ngưỡng dựa trên khu vực bằng các kết hợp phương pháp Otsu và thuật toán SVM (support vector machine), hoặc dựa trên SVM với các tính năng cục bộ và cách tiếp cận dựa trên khu vực nhanh hơn [5 - 8].

Bài báo này đề xuất việc thiết kế cơ khí và giải thuật xử lý ảnh cũng như điều khiển cho hệ thống tranh màn nước. Với giải thuật này, sản phẩm thiết kế đã cho kết quả vận hành tốt cũng như hiển thị linh hoạt và đầy đủ thông điệp, đòi hỏi thông qua những hình ảnh chọn lựa trước.

2. THIẾT KẾ CƠ KHÍ

2.1. Tính toán lý thuyết

Hệ thống tranh màn nước được thiết kế có chiều cao 3m và chiều dài 2m theo dạng module ghép nối. Trong đó, mỗi module dài 1m với 64 van điện từ.

Để cung cấp nước cho hệ thống, bơm chìm được sử dụng có công suất bơm $P = 150W$ và độ cao mực nước bơm tối đa $H_{\max} = 4,5m$. Công suất đầu ra (P) của máy bơm cung cấp được tính như sau:

$$P = \rho g Q H \tag{1}$$

Trong đó: ρ là khối lượng riêng của nước (kg/m^3), H là độ cao mực nước cần bơm (m), g là gia tốc trọng trường (m^2/s) và Q là lưu lượng thể tích (m^3/s).

Lưu lượng của dòng nước (q) do bơm cung cấp lên ống chứa nước ở độ cao 3m:

$$q = \rho Q = \frac{P}{gH} = \frac{150}{9,8 \cdot 3} = 5,1\ kg/s \tag{2}$$

Thể tích của ống chứa nước cấp cho van có chiều dài $l = 2m$ và $\phi = 114mm$:

$$V_1 = \pi R^2 l = \pi \cdot \left(\frac{0,114}{2}\right)^2 \cdot 2 = 20,4 \cdot 10^{-3} m^3 \tag{3}$$

Khối lượng nước trong ống chứa nước cấp cho van:

$$m_1 = DV_1 = 1000 \cdot 20,4 \cdot 10^{-3} = 20,4kg \tag{4}$$

Gia công máng chứa nước chiều dài 2 m, rộng 0,4 m, cao 0,2 m có thể tích:

$$V_2 = 2 \cdot 0,4 \cdot 0,2 = 160 \cdot 10^{-3} m \tag{5}$$

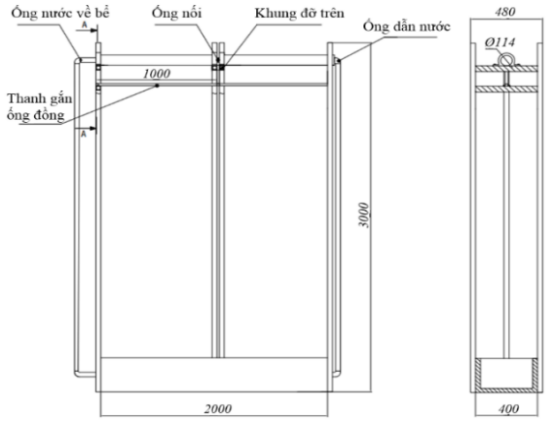
Khối lượng nước trong máng chứa nước:

$$m_2 = DV_2 = 1000 \cdot 160 \cdot 10^{-3} = 160kg \tag{6}$$

Như vậy, khối lượng nước cung cấp từ bơm nhỏ hơn khối lượng trong máng nước, chứng tỏ máng nước cung cấp đủ lượng nước để hệ thống vận hành.

2.2. Bản vẽ

Bản vẽ kết cấu tranh màn nước và mô hình 3D hệ thống tranh màn nước có chiều dài 2 mét được thể hiện lần lượt trong Hình 1 và 2, trong đó kết cấu của tranh màn nước bao gồm các thành phần chính sau: máng chứa nước, thanh gắn ống đồng, ống chứa nước, ống dẫn nước, ống hồi nước. Ống chứa nước cấp nước đến 128 ống đồng trên thanh gắn ống đồng thông qua 128 van điện từ. Tùy thuộc vào điều khiển các van điện từ đóng mở mà nước sẽ rơi xuống từ các ống đồng tương ứng để tạo thành tranh màn nước.

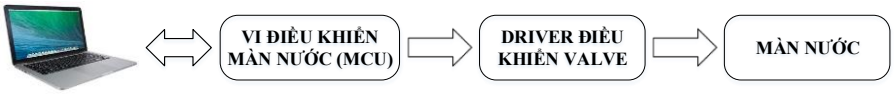


Hình 1. Bản vẽ kết cấu tranh màn nước chiều dài 2 m.

Hình 2. Mô hình 3D hệ thống tranh màn nước chiều dài 2 m.

3. GIẢI THUẬT ĐỀ XUẤT

Quy trình hoạt động của hệ thống tranh màn nước được thể hiện trong Hình 3. Trước tiên, máy tính sẽ xử lý hình ảnh hoặc chuỗi hình ảnh (kịch bản) cần hiển thị. Sau đó, những dữ liệu này được truyền xuống vi điều khiển màn nước (MCU) ARM STM32F103C8T6 thông qua module Bluetooth HC05 rồi lưu vào SD Card. Khi hệ thống bắt đầu hoạt động, dữ liệu trong SD Card được MCU truy xuất, xử lý rồi truyền xuống board driver qua giao tiếp SPI. Bằng cách kích mạch BJT theo từng tín hiệu xuất ra từ IC 74HC595 trên board driver, các van được điều khiển đóng mở để cho một ảnh hay một loạt ảnh định trước hiển thị được trên màn nước.



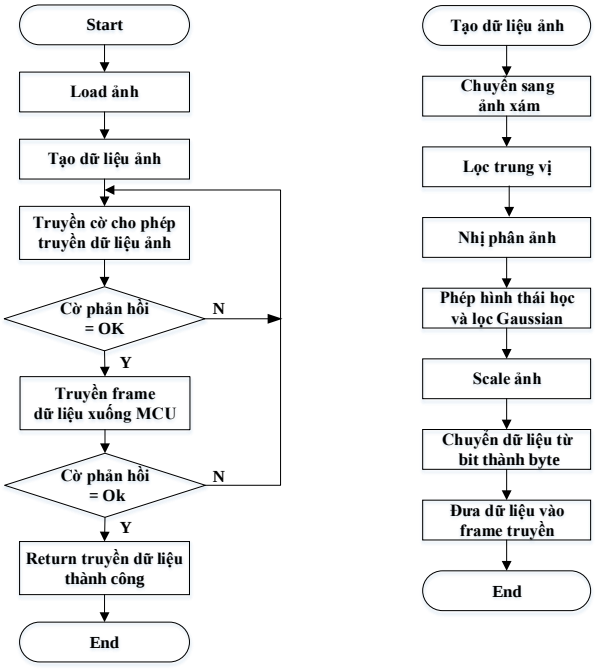
Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tranh màn nước.

3.1. Giải thuật xử lý ảnh trên máy tính (PC)

3.1.1. Thiết lập hiển thị một ảnh trên màn nước

Lưu đồ giải thuật thiết lập hiển thị một ảnh trên màn nước được thể hiện trong Hình 4. Ảnh đầu vào được chuyển từ ảnh màu RGB sang ảnh xám. Tuy nhiên, ảnh kết quả thu được thường không mịn và còn nhiễu do một số thành phần nền quá rõ nét. Để làm mịn ảnh và loại

bỏ các nhiễu này, bộ lọc trung vị (median filter) được đề xuất sử dụng.



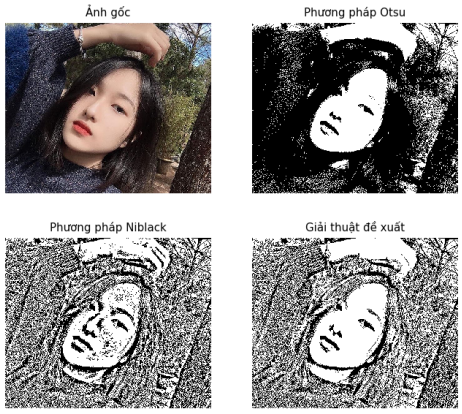
Hình 4. Lưu đồ giải thuật thiết lập hiển thị một ảnh trên màn nước.

Bước kế tiếp là chuyển ảnh từ ảnh xám sang ảnh nhị phân. Phương pháp Niblack xác định ngưỡng cục bộ dựa trên việc tính toán giá trị trung bình và độ lệch chuẩn cục bộ, do đó làm rõ được các chi tiết trong ảnh nhưng còn tồn tại các nhiễu của nền. Trong khi đó, phương pháp Otsu xác định ngưỡng toàn cục dựa vào histogram để phân chia các điểm ảnh vào 2 lớp tiền cảnh (đối tượng) và nền sao cho khoảng cách giữa các điểm ảnh trong mỗi lớp là nhỏ nhất nên phương pháp này khử nền của ảnh khá tốt nhưng không làm rõ nét được các chi tiết. Bảng 1 thể hiện kết quả so sánh giữa 2 phương pháp trên.

Bảng 1. So sánh phương pháp Niblack và Otsu

Tiêu chí	Niblack	Otsu
Thời gian thực hiện	Chậm	Nhanh
Ảnh có độ sáng thay đổi	Tốt	Không tốt vì mất một số vùng thông tin
Phụ thuộc kích thước các đối tượng trong ảnh	Có	Không
Phụ thuộc tham số	Có	Không

Do đó, một phương thức kết hợp được ưu điểm của cả 2 phương pháp trên được đề xuất, đó là áp dụng toán tử AND đối với 2 ảnh kết quả thu được sau khi nhị phân hóa bằng phương pháp Niblack và Otsu. Sau đó, phép hình thái học giãn nở và bộ lọc Gaussian được áp dụng để lấy lại các chi tiết bị mất và loại bỏ các đốm nhiễu nhỏ còn sót trong ảnh nhị phân. Kết quả so sánh giữa giải thuật đề xuất với phương pháp Niblack và Otsu được thể hiện như trong Hình 5. Giải thuật đề xuất cho ảnh kết quả tốt nhất, giữ được các đặc trưng cơ bản của ảnh đầu vào.



Hình 5. Kết quả nhị phân ảnh.

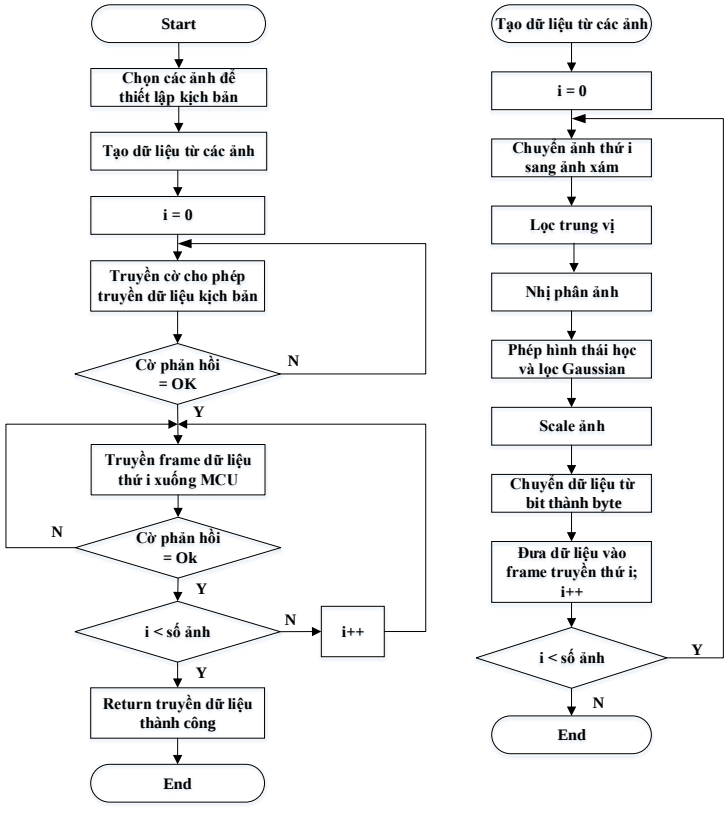
Đến đây, ảnh kết quả được đưa về kích thước ứng với số van theo công thức:

$$W = 15 \times n_{van} \quad (7)$$

Trong đó: W là chiều rộng cần scale ảnh, n_{van} là số van nước để hiển thị ảnh.

Lúc này, dữ liệu thu được ở dạng bit nên ta cần chuyển đổi về dạng byte để dễ lưu trữ và truyền dữ liệu. Ta đưa về theo chuẩn frame dữ liệu như sau: tổng byte là 2 byte, tổng cột là 2 byte và dữ liệu. Cuối cùng, dữ liệu được truyền xuống MCU thông qua giao thức RS232.

3.1.2. Thiết lập hiển thị một kịch bản gồm nhiều ảnh trên màn nước



Hình 6. Lưu đồ giải thuật hiển thị một kịch bản gồm nhiều ảnh trên màn nước.

Lưu đồ giải thuật hiển thị một kịch bản gồm nhiều ảnh trên màn nước được thể hiện trong Hình 6. Từng ảnh trong kịch bản lần lượt được thiết lập như khi thiết lập một ảnh. Quá trình này diễn ra liên tục cho đến khi hết toàn bộ ảnh được chọn trong kịch bản. Cuối cùng, những dữ liệu này được truyền xuống MCU thông qua giao thức RS232.

3.1.3. Calib SD Card

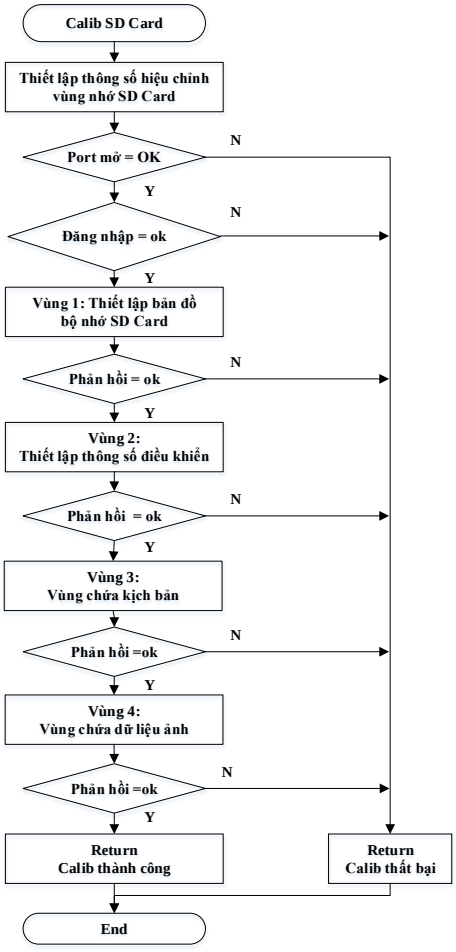
Việc calib bộ nhớ SD Card nhằm mục đích tạo phân vùng từng địa chỉ để thực hiện việc lưu trữ cũng như tạo ra sự thống nhất trong việc MCU lấy dữ liệu. Lưu đồ giải thuật calib SD Card được thể hiện trong Hình 7. Đầu tiên, PC sẽ mở port kết nối bluetooth đến MCU và gửi thông tin đăng nhập tài khoản quản trị để quản lý SD Card. Nếu thông tin này đúng, MCU được cấp quyền admin calib bộ nhớ SD Card phân thành bốn vùng theo quy chuẩn đặt ra để lưu dữ liệu nhận từ PC.

Vùng 1: thiết lập bản đồ bộ nhớ SD Card. Vùng này chứa địa chỉ bắt đầu của 4 vùng, nhằm giúp MCU có thể truy cập đến các vùng khác thông qua địa chỉ đã lưu trữ.

Vùng 2: thiết lập thông số điều khiển. Vùng này chứa các thông tin như password login, số van cần thực hiện và chiều dài của màn nước.

Vùng 3: chứa kịch bản được thiết lập như số kịch bản, độ dài byte của từng kịch bản, thời gian nghỉ giữa các kịch bản và số lần lặp lại của các kịch bản.

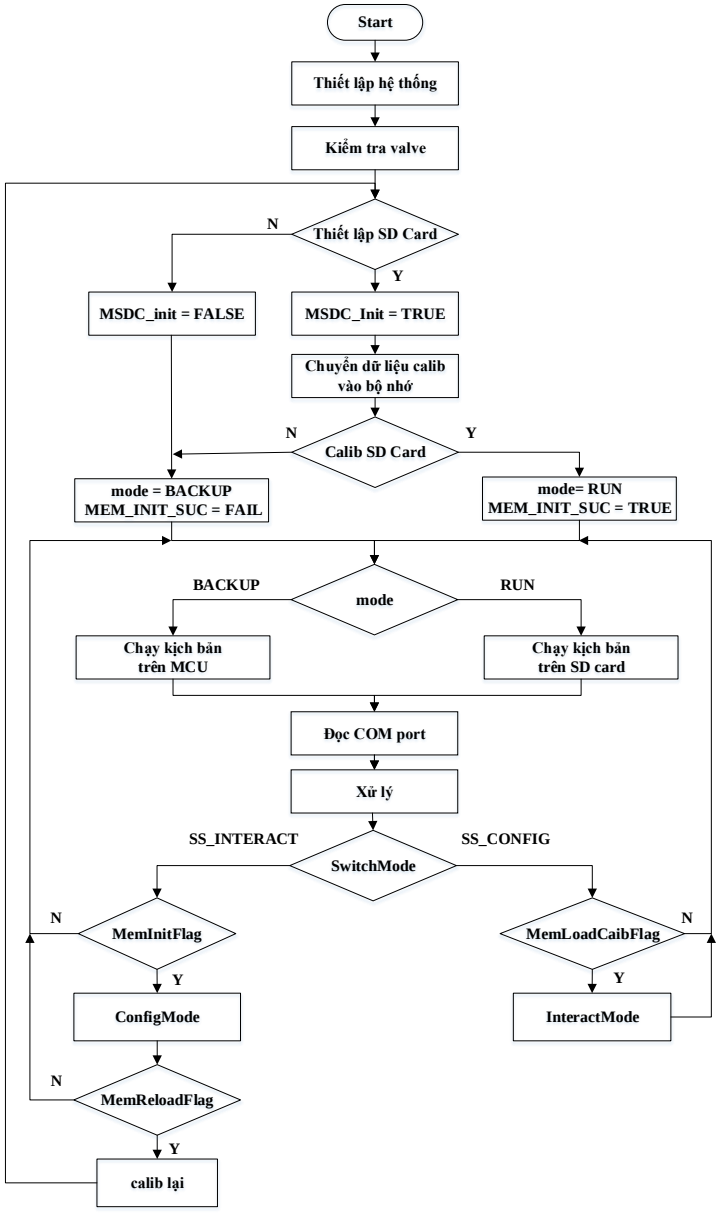
Vùng 4: chứa các dữ liệu ảnh cần thực hiện cho các kịch bản như số ảnh của từng kịch bản và chiều dài của từng dữ liệu ảnh.



Hình 7. Lưu đồ giải thuật calib SD Card.

3.2. Giải thuật xử lý trên MCU

Lưu đồ giải thuật xử lý trên MCU được thể hiện trong Hình 8. Khi bắt đầu khởi chạy, MCU thiết lập ban đầu cần thiết cho hệ thống: GPIO giúp hiển thị các đèn báo trên board; tạo giao thức SPI truyền nhận dữ liệu giữa MCU với driver board và SD Card; tạo giao thức USART nhận dữ liệu từ PC; TIMER tạo thời gian delay cho các việc thực hiện kịch bản cũng như các tác vụ thiết lập trong hệ thống; tạo giao thức DMA kếp hợp với SPI trong việc đọc và lưu trữ SD Card.



Hình 8. Lưu đồ giải thuật xử lý trên MCU.

Sau đó, MCU ra lệnh mở toàn bộ van trong 2 giây rồi đóng lại để kiểm tra hoạt động của các van. Kế đến, MCU thiết lập ban đầu cho SD Card để kiểm tra trạng thái hoạt động của nó. Nếu không xảy ra lỗi, MCU sẽ thực hiện calib vùng thẻ nhớ SD Card.

Trong trường hợp việc thiết lập hay calib SD Card thất bại, chế độ BACKUP được kích hoạt. Mục đích của chế độ này là để hệ thống tranh màn nước không bị dừng hoạt động khi SD Card xảy ra sự cố. Ở chế độ này, MCU chạy và hiển thị các ảnh đã được thiết lập sẵn trong bộ nhớ của nó. Khi thiết lập và calib SD Card thành công, chế độ RUN được kích hoạt, MCU lấy các kịch bản được thiết lập trước trên PC để hiển thị trên màn nước.

Khi người dùng muốn thiết lập lại việc lưu trữ dưới SD Card trong chương trình giao diện điều khiển (GUI) thì chế độ ConfigMode được kích hoạt. Lúc này vùng nhớ, vùng thông số điều khiển, vùng chứa kịch bản và vùng chứa ảnh được thiết lập lại.

Khi người dùng muốn thiết lập hiển thị một hình ảnh trên tranh màn nước thì chế độ InteractMode được kích hoạt. Ở chế độ này, MCU chờ dữ liệu từ trên PC truyền xuống và xử lý khi có dữ liệu.

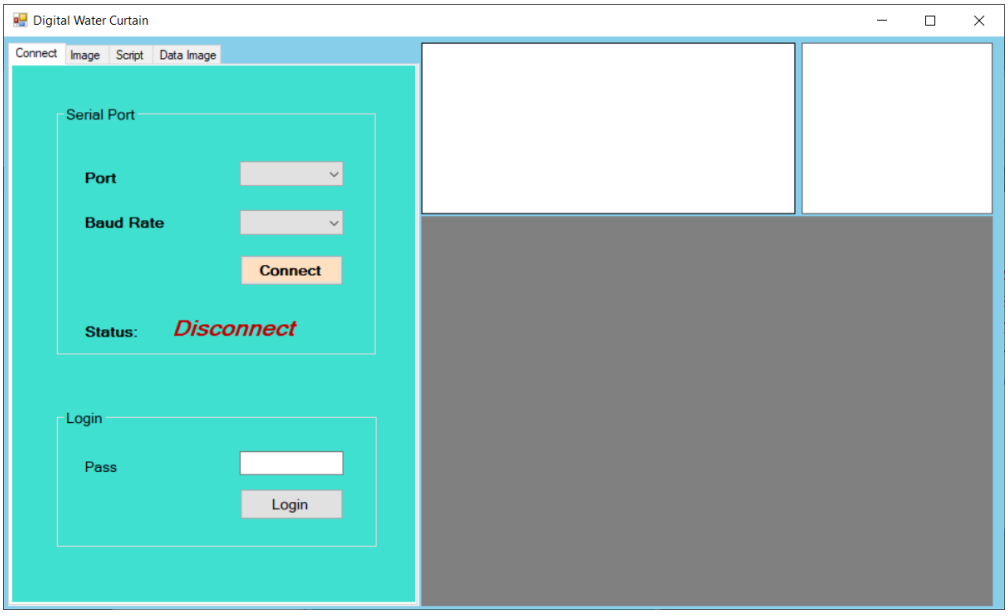
4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

4.1. Chương trình điều khiển trên máy tính (PC)

Chương trình giao diện điều khiển tranh màn nước (GUI) được viết bằng ngôn ngữ C# trên Visual Studio 2015, gồm có bốn tab chính lần lượt là Connect, Image, Script và Data Image.

4.1.1. Tab Connect

Giao diện tab Connect được thể hiện trong Hình 9, cho phép người dùng chọn mở serial port và tốc độ baud tương ứng để kết nối với MCU qua module Bluetooth HC05. Trạng thái kết nối serial port được báo "Connect/Disconnect" ở "Status". Sau đó, người dùng nhập mật khẩu vào ô "Pass" để đăng nhập vào quyền quản trị hệ thống tranh màn nước.

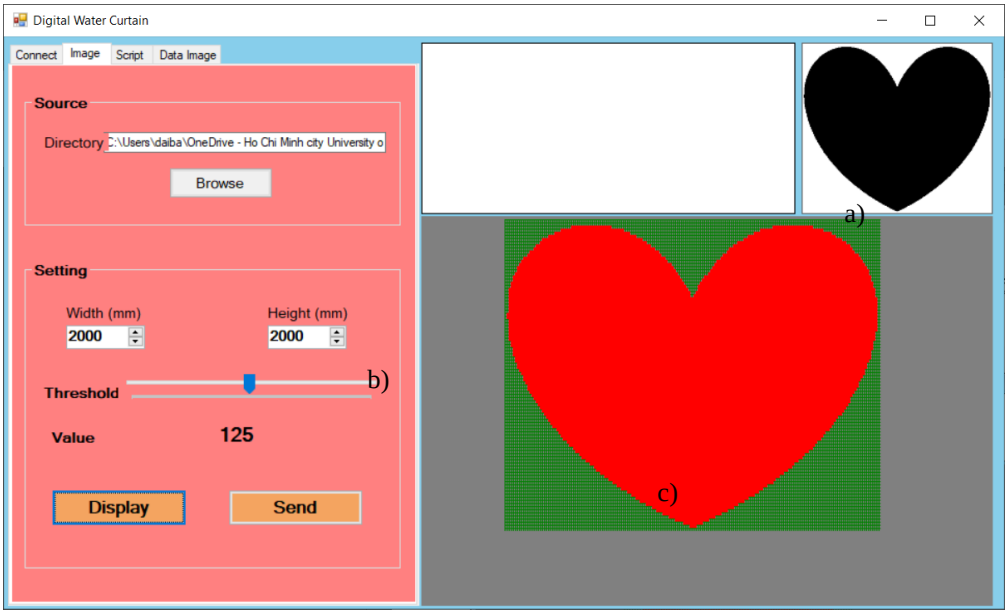


Hình 9. Giao diện tab Connect.

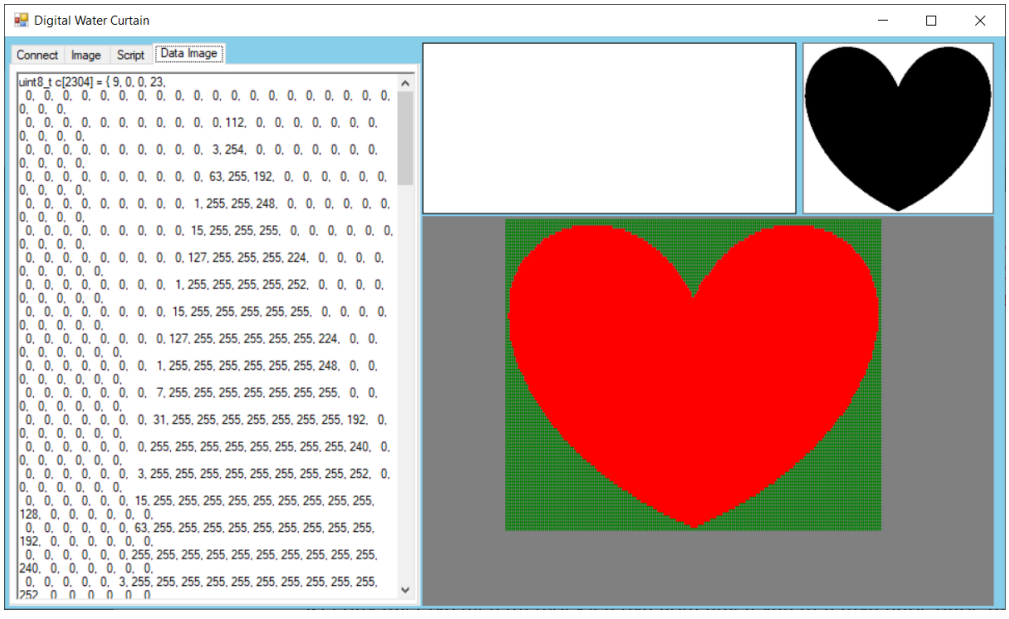
4.1.2. Tab Image và tab Data Image

Giao diện tab Image được thể hiện trong Hình 10, cho phép thiết lập hiển thị một ảnh trên màn nước. Đầu tiên, người dùng chọn ảnh cần hiển thị bằng cách "Browse" đến file ảnh đó. Lúc này, ảnh đầu vào sẽ được hiển thị như trong Hình 10a. Tiếp đến, cài đặt kích thước ảnh thực tế mong muốn hiển thị trên tranh màn nước như trong Hình 10b. Kế tiếp, kéo thanh trượt

điều chỉnh ngưỡng threshold khi nhị phân hóa ảnh đến giá trị mong muốn hoặc để mặc định theo giá trị của thuật toán xử lý ảnh đề xuất. Tiếp theo, click "Display" để hiển thị mô phỏng ảnh đó trên màn nước như trong Hình 10c. Đến đây, dữ liệu của ảnh sau khi xử lý được thể hiện ở tab Data Image như trong Hình 11. Cuối cùng, click "Send" để gửi dữ liệu này xuống MCU.



Hình 10. Giao diện tab Image.
a) Ảnh đầu vào RGB; b) Cài đặt thông số hiển thị; c) Ảnh mô phỏng hiển thị trên màn nước



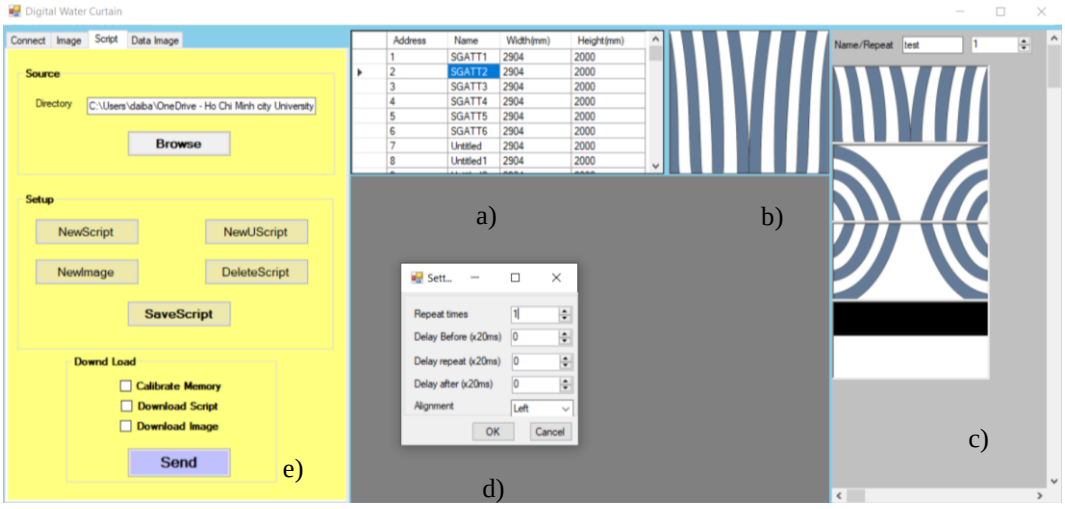
Hình 11. Giao diện tab Data Image.

4.1.3. Tab Script

Giao diện tab Script được thể hiện trong Hình 12, cho phép thiết lập hiển thị một kịch bản gồm nhiều ảnh trên màn nước. Đầu tiên, người dùng chọn những ảnh cần hiển thị trong script bằng cách "Browse" đến folder chứa các ảnh đó. Lúc này, một table sẽ được tạo ra chứa

thông tin về tên, kích thước của các ảnh này như trong Hình 12a. Click vào một dòng bất kì trong table, ảnh đầu vào tương ứng sẽ được hiển thị như trong Hình 12b. Để cài đặt kích thước hiển thị của ảnh này trên màn nước, người dùng có thể click vào ô Width và Height tương ứng trong table để nhập lại kích thước mong muốn.

Để bắt đầu cài đặt script, đầu tiên click vào "NewScript". Lúc này một script mới được tạo ra, yêu cầu người dùng nhập tên script và số lần lặp lại của script "Name/Repeat" như trong Hình 12c. Kế đến, trong table lần lượt chọn từng ảnh theo ý đồ script rồi click "NewUScript". Các ảnh được chọn sẽ hiển thị theo thứ tự như trong Hình 12c.



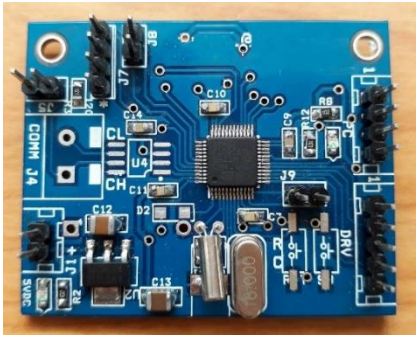
Hình 12. Giao diện tab Script.
a) Danh sách các ảnh đầu vào; b) Ảnh đầu vào đang chọn; c) Thông số và các ảnh trong script đang thiết lập; d) Thông số hiển thị của ảnh trong script; e) Tùy chọn gửi dữ liệu xuống MCU

Để cải đặt hiển thị cho từng ảnh, double click vào ảnh đó sẽ xuất hiện hộp thoại tủy chỉnh các thông số như trong Hình 12d. "Repeat times" là số lần lặp của mỗi ảnh; "Delay Before", "Delay repeat" và "Delay after" là các khoảng thời gian trễ khi chuyển giữa hai ảnh; "Alignment" là chỉnh canh lề của ảnh.

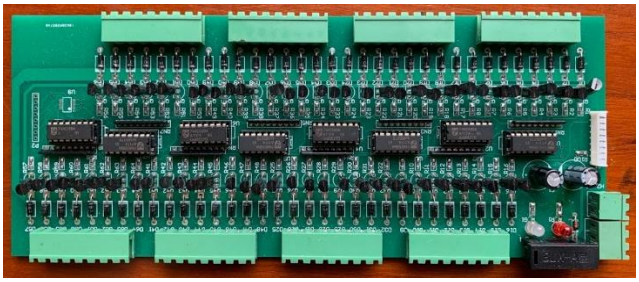
Cuối cùng, tick vào "Download Script" và "Download Image" rồi click "Send" như trong Hình 12e để gửi dữ liệu ảnh và script xuống MCU. Trong trường hợp muốn calib lại SD Card thì tick thêm "Calibrate Memory".

4.2. Hệ thống tranh màn nước thực tế

MCU board và driver board được thi công lần lượt như trong Hình 13 và Hình 14.



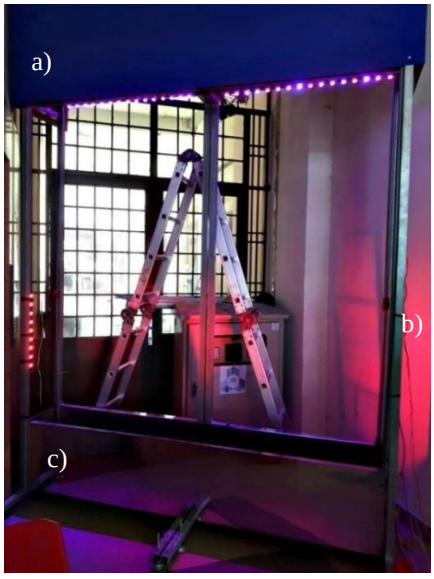
Hình 13. MCU Board.



Hình 14. Driver board.

Hệ thống tranh màn nước được thi công theo bản vẽ thiết kế có chiều dài 2 m, chiều cao 3 m với 128 van điện từ như trong Hình 15. Ống chứa nước, thanh gắn ống đồng, van, tủ điện, MCU và driver board được lắp thành cụm và đóng gói thành khối như trong Hình 15a. Ống dẫn nước, ống hồi nước bố trí hai bên hông hệ thống, cặp theo bốn trụ đứng bằng sắt hộp như trong Hình 15b. Máng chứa nước được thi công bằng inox 304 đảm bảo không rỉ và không bị văng nước ra ngoài khi hệ thống hoạt động như trong Hình 15c.

Hệ thống hoạt động ổn định, trình diễn được tất cả các chữ cái, chữ số, kí tự đặc biệt, các hình ảnh, biểu tượng… hoặc chuỗi hình ảnh theo kịch bản do người dùng soạn trước. Video minh họa hoạt động của hệ thống được đăng tải tại https://youtu.be/uroQgFYWNG0.



Hình 15. Hệ thống tranh màn nước thực tế
a) Cụm van, ống cấp nước, MCU, driver board; b) Bốn trụ chống chịu lực và 2 ống cấp/thoát nước cho hệ thống; c) Máng chứa nước.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày thiết kế cơ khí và giải thuật hiển thị cho hệ thống tranh màn nước. Nhờ vào giải thuật này, sản phẩm thiết kế đã được chứng minh bởi kết quả vận hành tốt và hiển thị đầy đủ thông điệp được yêu cầu thông qua những hình ảnh chọn lựa trước. Trong tương lai, nhóm tác giả dự định phát triển ứng dụng điều khiển trên smartphone để tăng thêm tính tiện dụng cho hệ thống.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này do Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng số 90/HĐ-DCT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Otsu N. - A threshold selection method from gray-level histograms, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics **9** (1) (1979) 62-66.
2. Kapur J., Sahoo P., Wong A. - A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram, Computer Vision Graphics and Image Processing **29** (3) (1985) 273-285.
3. Lech P., Okarma K., Wojnar D. - Binarization of document images using the modified local-global Otsu and Kapur algorithms, Przeglad Elektrotechniczny (2015) 71-74.
4. Moghaddam R.F., Cheriet M. - AdOtsu: An adaptive and parameterless generalization of Otsu's method for document image binarization, Pattern Recognit **45** (6) (2012) 2419-2431.
5. Chou C.H., Lin W.H., Chang F. - A binarization method with learning-built rules for document images produced by cameras, Pattern Recognit **43** (4) (2010) 1518-1530.
6. Michalak H., Okarma K. - Region based adaptive binarization for optical character recognition purposes, International Interdisciplinary PhD Workshop (2018) 361-366.
7. Michalak H., Okarma K. - Fast adaptive image binarization using the region based approach, Artificial Intelligence and Algorithms in Intelligent Systems (2019) 79-90.
8. Xiong W., Xu J., Xiong Z., Wang J., Liu M. - Degraded historical document image binarization using local features and support vector machine (SVM), Optik **164** (2018) 218-223.

ABSTRACT

STUDY ON DISPLAY ALGORITHMS FOR DIGITAL WATER CURTAIN

Tran Hoan[1]*, Ngo Dinh Duy Khanh[2], Van Tan Luong[1]
[1]Ho Chi Minh City University of Food Industry
[2]Ho Chi Minh City University of Technology
*Email: *hoantran205@gmail.com*

Digital water curtain is a water visual display system, in which each drop of water replaces a photo pixel through the control of valves. This water curtain display technology is effective for several applications, typically in the event organization and the showroom decoration. With new advantages and the ability to combine music, the lights will evoke more emotions for the viewer than conventional water systems. This paper presents the mechanical design and display algorithm for digital water curtain system, based on pre-image processing operations. With the proposed algorithm, the image binary is used to retain the necessary characteristics of the image and then converted into control data for the solenoid valve to close/open the falling water according to an appropriate sequence. Since then, the designed products have shown the message that users want to convey through pre-selected images.

Keywords: Digital water curtain, image binary method, solenoid valve.