

## Đề xuất ý tưởng mới cho nhà hàng phục vụ tự động

### Proposal of A New Idea for Restaurant Automation System

Huỳnh Hữu Toàn<sup>1)</sup>, Phạm Lê Hoàng Phú<sup>2)</sup>, Nguyễn Tấn Tiến<sup>3)</sup>

<sup>1), 3)</sup> Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM; <sup>2)</sup> The Catholic University of America  
e-mail: <sup>1)</sup> [tanhinhsg@gmail.com](mailto:tanhinhsg@gmail.com), <sup>2)</sup> [hoangphu1210@gmail.com](mailto:hoangphu1210@gmail.com), <sup>3)</sup> [nttien@hcmut.edu.vn](mailto:nttien@hcmut.edu.vn)

#### Tóm tắt

Bài báo tìm hiểu các ý tưởng về mô hình nhà hàng phục vụ tự động hiện có trên thế giới. Từ đó, tiến hành phân tích các ưu nhược điểm của từng phương pháp, tiến tới xây dựng một mô hình mới về một nhà hàng phục vụ tự động kết hợp những ưu điểm cũng như hạn chế các nhược điểm hiện có. Bài báo sẽ đề xuất một mô hình chung và tập trung vào việc xây dựng các thành phần cơ bản cần phải có của một nhà hàng. Các ý tưởng sẽ được mô phỏng, thực nghiệm để chứng minh được tính khả thi của mô hình.

**Từ khóa:** Nhà hàng phục vụ tự động, dẫn hướng bị động, dẫn hướng chủ động, định vị vị trí, AGV, CMU camera, Lyapunov, barcode, iBeacon.

**Abstract:** This paper research ideas for restaurant automation models available in the world. Since, analyze advantages and disadvantages of each method, towards construct a new restaurant automation model, combine advantages and restrict existing disadvantages. This paper will propose a general model and focus on building basic ingredients required of a restaurant. Ideas will simulate and experiment to demonstrate the possibility of the model.

**Keywords:** Restaurant automation, path decision, navigation, positioning, AGV, CMU camera, Lyapunov, barcode, iBeacon.

#### Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
e		sai số
b	mm	khoảng cách hai bánh xe
r	mm	bán kính bánh xe
v	mm/s	vận tốc
$\omega$	rad/s	vận tốc góc
$\omega_{rw}, \omega_{lw}$	rad/s	vận tốc góc bánh xe phải, bánh xe trái

#### Chữ viết tắt

MR	mobile robot
AGV	automated guided vehicle
RFID	radio frequency identification
CPU	central processing unit
MCU	microcontroller unit

### 1. Giới thiệu

Cuộc sống ngày càng bận rộn nên ngày càng nhiều nhà hàng, chuỗi hệ thống thức ăn nhanh được mở ra

để phục vụ nhu cầu ăn uống của con người. Một số hệ thống nhà hàng lớn như Lotteria, KFC, McDonald's, PizzaHut, ... Để tăng tính cạnh tranh, ngoài việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng, hương vị món ăn, các nhà hàng còn phải tăng năng suất phục vụ, tăng khả năng thu hút khách hàng. Do vậy ý tưởng về một nhà hàng phục vụ tự động được ra đời.

Hiện nay có rất nhiều ý tưởng về việc tự động hóa trong nhà hàng đã được xây dựng thực tế. Mỗi nhà hàng sẽ tự động hóa một phần hoặc toàn bộ công đoạn chủ yếu như gọi món, chế biến thức ăn, vận chuyển thức ăn, thanh toán, dọn dẹp sau khi ăn. Để hiểu rõ về tình hình của các nhà hàng tự động hiện nay, bài báo sẽ tiến hành tìm hiểu từng công đoạn.

#### 1.1 Công đoạn gọi món

Hiện nay, các nhà hàng hiện đại chủ yếu sử dụng hệ thống gọi món qua màn hình cảm ứng tại ngay bàn ăn hoặc sử dụng smartphone. Đồng thời, thực đơn sẽ được thể hiện một cách đầy đủ và sinh động hơn. Việc chọn món sẽ dễ dàng và nhanh chóng hơn. Nhà bếp sẽ tiếp nhận món ăn nhanh hơn. Ngoài ra, việc sử dụng Touch screen sẽ giúp khách hàng giải trí trong lúc chờ đợi món ăn bằng các trò chơi hoặc lướt web, ... Có thể thấy đây là phương pháp hiện đại mang lại năng suất cao và sự tiện lợi nhất cho khách hàng.



H. 1 Gọi món, giải trí bằng Touch screen  
(Nguồn: Nhà hàng MOJO iCuisine, Taipei, Taiwan)

#### 1.2 Công đoạn chế biến

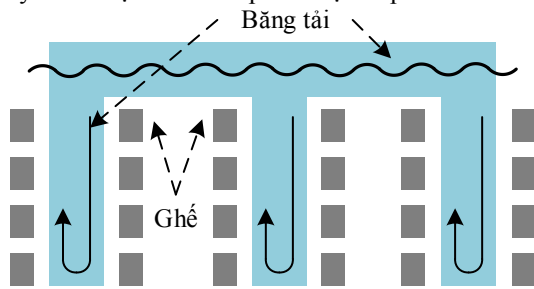
Đối với một số nhà hàng phục vụ thức ăn nhanh, ngoài việc sử dụng đầu bếp, còn sử dụng các máy chuyên dùng hoặc Robot để hỗ trợ một phần hoặc toàn bộ quá trình chế biến với một số món ăn nhất định như hamburger, sushi, ... Một số nhà hàng còn xây dựng một dây chuyền sản xuất từ khâu xử lý nguyên liệu, qua các công đoạn chế biến đến thành phẩm. Việc tự động hóa hoàn toàn tất cả các món ăn là rất khó, chỉ phù hợp với các nhà hàng phục vụ thức ăn nhanh với các món ăn nhất định. Ngoài ra, hương vị món ăn còn phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề đầu

bếp. Đầu bếp cũng là một trong những yếu tố giúp nhà hàng giữ được khách hàng. Do đó, đối với các nhà hàng phục vụ các món ăn đa dạng, phong phú, việc sử dụng đầu bếp là rất cần thiết.

### 1.3 Công đoạn vận chuyển

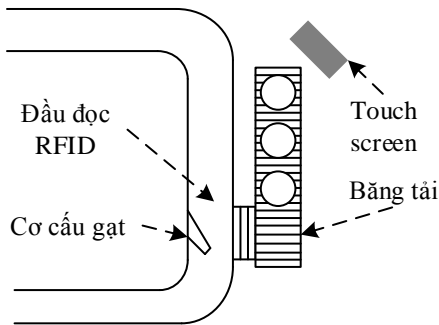
Đây là công đoạn được tự động hóa nhiều nhất và các ý tưởng nhìn chung chủ yếu khác nhau ở công đoạn này. Ngoài ra, hình thức vận chuyển thức ăn còn quyết định đến công đoạn dọn dẹp sau khi ăn. Các ý tưởng về tự động hóa quá trình vận chuyển thức ăn nổi bật hiện nay như sử dụng băng tải, đường ray cố định hoặc mobile robot bám line, quadcopter, ... Bài báo sẽ tiến hành phân tích từng mô hình với các hình thức vận chuyển như sau:

**Băng tải:** Hiện nay, băng tải được sử dụng khá rộng rãi trong các nhà hàng tự động. Thức ăn được di chuyển liên tục từ nhà bếp đến trực tiếp các bàn ăn.



H. 2 Sơ đồ mô hình băng tải

Nhưng làm thế nào để loại bỏ những đĩa thức ăn quá lâu trên băng tải hoặc những đĩa đã được sử dụng xong? Một phương pháp được ứng dụng rộng rãi nhất là RFID. Mỗi đĩa thức ăn sẽ mang một mã nhất định gồm thông tin, thời gian di chuyển, ... Trên băng tải, sẽ có những khu vực được lắp đặt các đầu đọc RFID để phát hiện và loại bỏ các đĩa thức ăn ra khỏi băng tải.



H. 3 Sơ đồ bố trí cơ cấu loại bỏ đĩa thức ăn trên băng tải

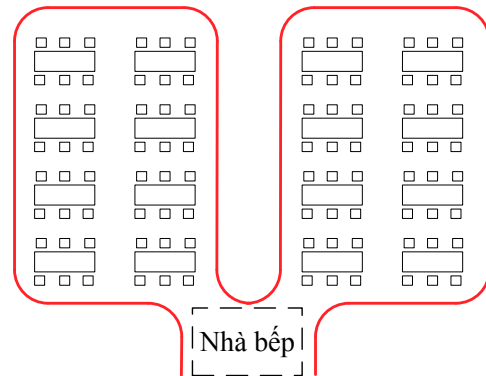
Ngoài ra, nhiều nhà hàng còn xây dựng một hệ thống băng tải riêng để vận chuyển thức ăn khi khách hàng gọi món riêng. Như vậy sẽ có hai băng tải hoạt động song song. Một mang thức ăn chạy liên tục qua các bàn ăn và một vận chuyển thức ăn riêng khi khách hàng cần.

**Đường ray:** Tùy thuộc vào cách bố trí đường ray sẽ có các mô hình tương ứng khác nhau.

- Đường ray trên trần nhà: MR sẽ di chuyển trên đường ray được lắp đặt trên trần nhà hàng. Cấu trúc MR gồm hai bánh dẫn động và một bánh dẫn hướng.



H. 4 Mô hình đường ray trên trần nhà  
(Nguồn: Nhà hàng Fritz's, Kansas, United States)



H. 5 Sơ đồ bố trí mô hình đường ray trên trần nhà

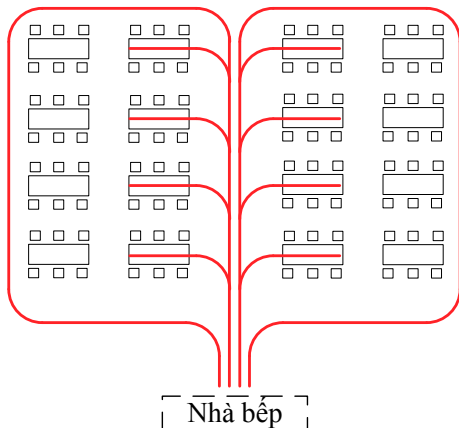
Tại nhà bếp, thức ăn được bố trí trong một hộp chữ nhật và đặt vào khay vận chuyển. Khi MR sắp tới bàn ăn định trước, tại đây sẽ có một cơ cấu tay gạt giúp giữ hộp thức ăn lại. Tiếp theo cơ cấu sẽ hạ thức ăn xuống bàn ăn. Trong khi đó, MR sẽ chuyển động về lại nhà bếp và tiếp tục chu trình trên. Tốc độ di chuyển của MR khoảng 20 km/h.

- Đường ray trên bàn ăn: Một ý tưởng khác sử dụng MR để vận chuyển thức ăn nhưng đường ray được bố trí trên bàn ăn. Lấy ý tưởng từ xe lửa chờ hàng, mô hình sử dụng MR có hình dáng, cấu trúc và cách thức chuyển động cũng như đường ray giống như một mô hình xe lửa thực tế. Bàn ăn, nhà bếp sẽ là trạm dừng. Đây là một mô hình xe lửa thu nhỏ. Thức ăn sẽ được bố trí trong khoan tàu và được MR kéo đi.

MR di chuyển được theo hai chiều và chủ yếu phục vụ các thức ăn nhanh. So với mô hình đường ray được bố trí trên trần nhà, mô hình này cho phép thực khách tiếp xúc gần hơn với MR, không cần cơ cấu đưa thức ăn xuống tại mỗi bàn. Tuy nhiên vì vậy mà khả năng di chuyển cũng như bố trí đường ray bị nhiều hạn chế.



**H. 6** Mô hình đường ray trên bàn ăn  
(Nguồn: Nhà hàng Vytopna, Prague, Czech Republic)



**H. 7** Sơ đồ bố trí mô hình đường ray trên bàn ăn

- Đường ray xoắn ốc: Một mô hình nhà hàng khác sử dụng đường ray xoắn ốc để vận chuyển thức ăn. Nhà bếp được bố trí phía trên. Từ nhà bếp sẽ có các hệ thống đường ray dẫn đến từng bàn ăn. Mỗi bàn ăn sẽ có một đường ray cố định. Thức ăn được đựng trong một tô nhỏ đậy kín bằng dây. Dưới tác dụng của trọng lực và đường ray xoắn ốc, thức ăn được vận chuyển đến bàn ăn.

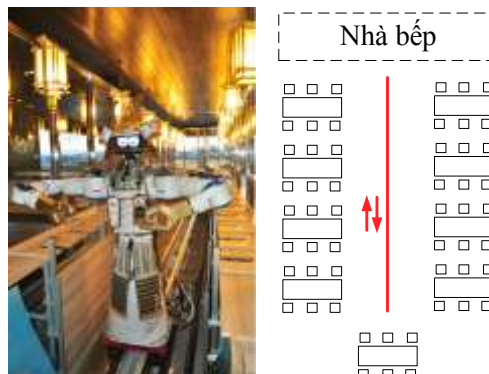


**H. 8** Mô hình đường ray xoắn ốc  
(Nguồn: Nhà hàng Baggers, Nuremberg, Germany)

Việc sử dụng đường ray xoắn ốc để vận chuyển thức ăn sẽ đơn giản hơn các phương pháp khác. Tuy nhiên, một vấn đề gặp phải là thức ăn sẽ bị xáo trộn do chuyển động xoắn ốc.

- Đường ray thẳng: Một Robot sử dụng hai tay để mang khay thức ăn và trượt trên đường ray từ nhà bếp đến bàn ăn. Bàn ăn được bố trí hình chữ U. Ngoài phục vụ, Robot còn biết múa giải trí. Một Robot sẽ vận chuyển thức ăn cho khoảng 15÷20 bàn ăn. Việc sử dụng linh hoạt

hai tay giúp cho Robot có khả năng đem thức ăn từ nhà bếp tới bàn ăn và ngược lại.



**H. 9** Mô hình đường ray thẳng  
(Nguồn: Nhà hàng Hajime, Bangkok, Thailand)

MR bám line: Đây là một mô hình khá phổ biến ở Trung Quốc, các MR sẽ vận chuyển thức ăn từ nhà bếp đến tận bàn ăn. Các đường line sẽ được bố trí trên sàn nhà cùng với bàn ghế. Khi tới bàn ăn được định trước, MR sẽ dừng lại và đợi khách hàng tự lấy thức ăn vào bàn. Sau đó sẽ di chuyển về nhà bếp và tiếp tục chu trình trên.



**H. 10** Mô hình MR bám line  
(Nguồn: Nhà hàng Dalu, Jinan, China)

Nhiều MR sẽ phục vụ cùng một lúc. Ngoài việc vận chuyển thức ăn, nhà hàng còn sử dụng nhiều Robot để chào đón và giải trí cho khách hàng.

Quadcopter: Một ý tưởng mới nhất hiện nay là sử dụng Quadcopter để vận chuyển thức ăn trực tiếp từ nhà bếp đến bàn ăn. Với mô hình này, không cần phải chuẩn bị đường đi hay lắp đặt phức tạp. Khả năng linh hoạt cao do không gian di chuyển của Quadcopter là rất lớn.



**H. 11** Mô hình Quadcopter  
(Nguồn: Nhà hàng YO! Sushi, London, England)

Tuy nhiên việc sử dụng Quadcopter sẽ gặp phải các vấn đề về độ ồn, độ an toàn cũng như điều khiển phức tạp và kinh phí đầu tư là rất lớn.

#### 1.4 Công đoạn thanh toán

Với xu hướng tự động hóa hiện nay, máy quét thẻ hoặc smartphone đã dần được sử dụng tại các nhà hàng hiện đại. Điều này vừa tạo sự tiện lợi, thanh toán nhanh chóng cho khách hàng mà còn tránh được những sai sót về tiền bạc cho cả nhà hàng lẫn khách hàng.



H. 12 Thanh toán bằng smartphone

(Nguồn: Công ty Square, San Francisco, USA)

#### 1.5 Công đoạn dọn dẹp

Hình thức dọn dẹp tùy thuộc vào từng mô hình nhà hàng khác nhau. Với mỗi kiểu vận chuyển thức ăn khác nhau sẽ có cách thức dọn dẹp thức ăn khác nhau. Với băng tải, sẽ có hệ thống băng trượt từ bàn ăn tới khu dọn dẹp. Sau khi ăn xong, khách hàng chỉ cần bỏ đĩa vào băng trượt tại từng bàn ăn. Với mô hình sử dụng đường ray, MR bám line hay Quadcopter, quá trình dọn dẹp có thể sẽ giống quá trình vận chuyển do khả năng di chuyển hai chiều của các mô hình.

## 2. Đặt vấn đề

Có thể thấy những ý tưởng kể trên đều có được những ưu điểm riêng nhưng vẫn tồn tại một số nhược điểm nhất định. Bài báo chủ yếu tập trung vào công đoạn vận chuyển và dọn dẹp thức ăn vì đây là công đoạn quan trọng quyết định trực tiếp tới nhà hàng. Bài báo sẽ phân tích các yếu tố chính như sau:

#### 2.1 Khả năng phục vụ

Tùy vào từng mô hình mà khả năng phục vụ của nhà hàng sẽ khác nhau.

**Băng tải:** Ngoài băng tải chính phục vụ các món ăn một cách liên tục còn có băng tải phụ phục vụ riêng biệt từng bàn. Tốc độ nhanh, năng suất hoạt động cao. Tuy nhiên một băng tải phụ phải đảm nhiệm vai trò vận chuyển thức cho một số bàn ăn nhất định. Do đó trên cùng một băng tải, phải phục vụ lần lượt từng bàn ăn một.

**MR bám đường ray trên trần nhà:** Bố trí đường ray trên trần nhà nên không gian bố trí rộng hơn, việc bố trí chủ động hơn. Tuy nhiên, do phải sử dụng cơ cấu nâng hạ tại mỗi bàn ăn nên đã làm hạn chế sơ đồ đường ray hoạt động. Dẫn đến chỉ có một hoặc một số MR hoạt động cùng một lúc. Điều này làm giảm hiệu suất hoạt động của nhà hàng.

**Mô hình bám đường ray trên bàn ăn:** Việc bố trí đường ray sẽ bị hạn chế. Do đó, sẽ có một hoặc một vài MR hoạt động cùng một lúc. Năng suất phục vụ thấp.

**Mô hình đường ray xoắn ốc:** Mỗi bàn ăn đều phải cần một hệ thống đường ray khá phức tạp nên số lượng bàn ăn sẽ bị hạn chế. Dẫn đến số lượng khách hàng phục vụ không nhiều.

**Mô hình bám đường ray thẳng:** Một Robot sẽ phải đảm nhận vai trò vận chuyển thức ăn cho khoảng 15÷20 bàn ăn. Do đó, nhà hàng phải phục vụ lần lượt từng bàn ăn một. Năng suất phục vụ không cao.

**MR bám line:** Nhiều MR hoạt động cùng một lúc. Nhưng việc bố trí đường line trên sàn nhà gần bàn ăn dẫn đến tốc độ di chuyển của MR bị hạn chế, rất chậm. Năng suất hoạt động thấp.

**Quadcopter:** Mô hình có năng suất hoạt động cao do tốc độ nhanh, khả năng di chuyển linh hoạt, không gian hoạt động rộng, số lượng hoạt động nhiều.

#### 2.2 Khả năng mang tải

Khả năng mang tải ảnh hưởng đến năng suất hoạt động. Khả năng mang tải thấp sẽ dẫn đến số lần di chuyển tăng lên, giảm năng suất phục vụ. Ngoài ra nhà hàng không chỉ phục vụ các món ăn nhanh mà còn phải phục vụ các thực đơn có khối lượng lớn. Đối với băng tải và Robot bám đường ray thẳng thì khả năng mang tải lớn. Tuy nhiên đối với các mô hình còn lại như MR bám đường ray trên trần nhà, đường ray trên bàn ăn, đường ray xoắn ốc, bám line và quadcopter thì khả năng mang tải rất hạn chế.

#### 2.3 Khả năng thu hút khách hàng

Ngoài yếu tố về năng suất, các mô hình nhà hàng tự động phải có sức thu hút với khách hàng. Có nhiều yếu tố để thu hút khách hàng như sự ngon miệng, thực đơn phong phú, giá cả phải chăng, tinh thần phục vụ, không gian nhà hàng, ... Ngoài ra còn có thể sử dụng sự tự động hóa quá trình vận chuyển để thu hút khách hàng. Có thể thấy các mô hình nhà hàng kể trên có sức thu hút khách hàng rất lớn do sự mới lạ. Do đó, đây là một yếu tố cần phải được phát huy.

#### 2.4 Các yếu tố khác

Ngoài các yếu tố kể trên, cần phải xét đến các yếu tố khác như chi phí, độ ổn định, ... Mô hình băng tải có độ ổn định cao, các thành phần đã được chuẩn hóa tuy nhiên chi phí khá đắt. Đối với mô hình đường ray xoắn ốc, chi phí lắp đặt cao và phức tạp. Đối với mô hình sử dụng Quadcopter, chi phí cao, độ ổn định thấp, điều khiển phức tạp và dễ gây nguy hiểm cho khách hàng.

Các mô hình nhà hàng hiện nay bị hạn chế về khả năng mang tải cũng như số lượng khách hàng có thể phục vụ trong cùng một lúc. Ngoài ra, chưa kết hợp hài hòa giữa hai yếu tố năng suất và tính thu hút trong việc sử dụng Robot phục vụ nhà hàng. Chính vì thế, bài báo sẽ đề xuất một mô hình nhà hàng phục vụ tự động mới dựa trên những ưu điểm hiện có và khắc phục các nhược điểm của các mô hình khác.

### 3. Xây dựng ý tưởng

#### 3.1 Xây dựng tổng quát ý tưởng

Dựa trên những phân tích ở trên, có thể thấy việc tự động hóa nhà hàng tập trung phần lớn vào việc vận chuyển thức ăn và dọn dẹp. Đây là công đoạn tạo nên sự khác biệt lớn nhất giữa các mô hình nhà hàng. Do đó, bài báo cũng sẽ tập trung vào việc xây dựng ý tưởng tự động hóa quá trình vận chuyển và dọn dẹp thức ăn. Với các công đoạn còn lại, bài báo thừa hưởng lại các ưu điểm sẵn có.

Công đoạn gọi món: Sử dụng Touch screen ngay tại bàn ăn với ưu điểm gọi món nhanh chóng, thực đơn hiển thị đầy đủ, sinh động, và có thể giải trí trong lúc chờ đợi thức ăn.

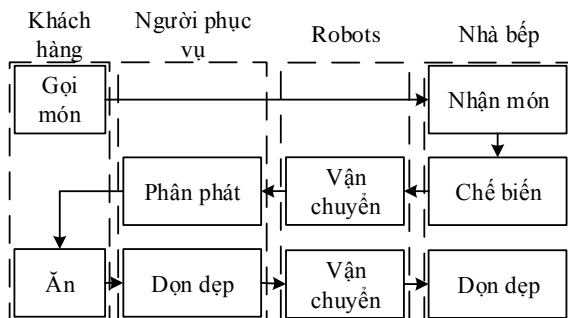
Công đoạn chế biến: Với việc sử dụng Touch screen để gọi món, nhà bếp cũng sẽ có Touch screen riêng để nhận được món ăn được gọi một cách nhanh chóng. Đồng thời sẽ quản lý được thứ tự cũng như số lượng các món ăn cần phải thực hiện một cách dễ dàng. Việc tự động hóa hoàn toàn quá trình chế biến chỉ phù hợp với các nhà hàng phục vụ thức ăn nhanh. Do đó, với các nhà hàng lớn, bài báo đề xuất việc sử dụng đầu bếp với sự hỗ trợ của những máy móc chuyên dùng.

Công đoạn vận chuyển và dọn dẹp thức ăn: Bài báo cần đề xuất được mô hình mới giữ được các ưu điểm hiện có của các mô hình khác như năng suất vận chuyển cao, thu hút khách hàng, chi phí đầu tư thấp, ... Đồng thời cải thiện các nhược điểm gặp phải của các mô hình khác như hạn chế trong vấn đề bố trí đường vận chuyển, hạn chế khối lượng vận chuyển, độ an toàn, ổn định trong quá trình vận chuyển, ...

Công đoạn thanh toán: Sử dụng máy quét thẻ tín dụng là một phương án mang lại sự thuận tiện, đơn giản cho khách hàng. Đồng thời tránh được các sai sót về tiền bạc.

#### 3.2 Xây dựng chi tiết ý tưởng

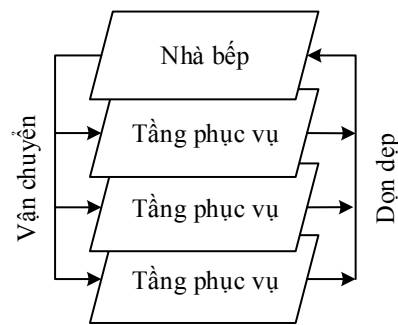
Bài báo sẽ đi sâu vào ý tưởng tự động hóa quá trình vận chuyển và dọn dẹp thức ăn. Nếu chỉ tự động hóa quá trình vận chuyển từ nhà bếp đến thẳng bàn ăn thì việc phục vụ khách hàng sẽ không được chủ động. Hơn nữa, khách hàng phải tự lấy thức ăn và sắp xếp trên bàn ăn của mình. Như vậy, tinh thần phục vụ sẽ không được đánh giá cao. Do đó, bài báo đề xuất ý tưởng sử dụng kết hợp giữa người phục vụ và tự động hóa quá trình vận chuyển.



H. 13 Trình tự hoạt động của mô hình nhà hàng được đề xuất

Một người phục vụ phụ trách một nhóm bàn ăn. Thức ăn được vận chuyển tự động từ nhà bếp đến người phục vụ. Người phục vụ sẽ có trách nhiệm sắp xếp đồ ăn lên bàn ăn. Với mô hình này, vừa đảm bảo năng suất, vừa nâng cao tinh thần phục vụ khách hàng. Để tạo sự thu hút khách hàng, có thể cho khách hàng quan sát trực tiếp quá trình di chuyển của robot hoặc gián tiếp qua màn hình tại bàn ăn.

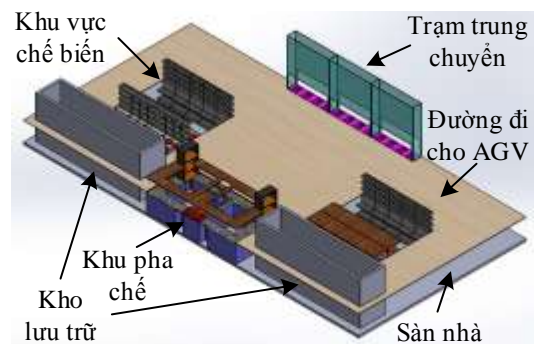
Kích thước nhà hàng được lựa chọn theo diện tích nhỏ để phù hợp với những nơi có diện tích hạn hẹp, khoảng 8x16 m. Để mở rộng quy mô nhà hàng, bài báo đề xuất xây dựng nhà hàng nhiều tầng phục vụ. Do đó cần phải chuẩn hóa tầng phục vụ để dễ dàng xây dựng, lắp đặt. Nhà bếp sẽ được bố trí ở tầng trên cùng với các tầng phục vụ ở dưới. Sẽ có trạm trung chuyển được bố trí trên nhà bếp và tầng phục vụ để di chuyển thức ăn lên xuống giữa các tầng với nhau.



H. 14 Mô hình nhà hàng nhiều tầng được đề xuất

Để xây dựng một nhà hàng cần rất nhiều bộ phận, thành phần khác nhau. Tuy nhiên, trong khuôn khổ của việc xây dựng ý tưởng, bài báo sẽ chỉ trình bày những thành phần chính sau:

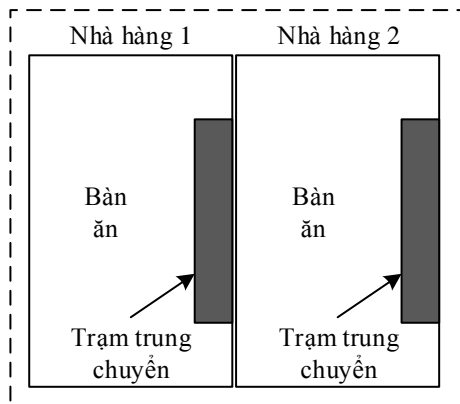
Nhà bếp: Nhà bếp sẽ gồm các khu vực sau: kho nguyên liệu, kho đông lạnh, khu vực sơ chế, khu bếp nấu, khu pha chế, khu thức ăn và khu dọn dẹp. Các khu vực sẽ được bố trí hợp lý để quá trình chế biến hoạt động theo chu trình từ nguyên liệu đầu vào đến món ăn đầu ra. Món ăn sau khi chế biến xong tại khu thức ăn sẽ được Robot vận chuyển tới các trạm trung chuyển. Trạm trung chuyển sẽ đưa thức ăn tới các tầng phục vụ khác nhau.



H. 15 Sơ đồ bố trí nhà bếp

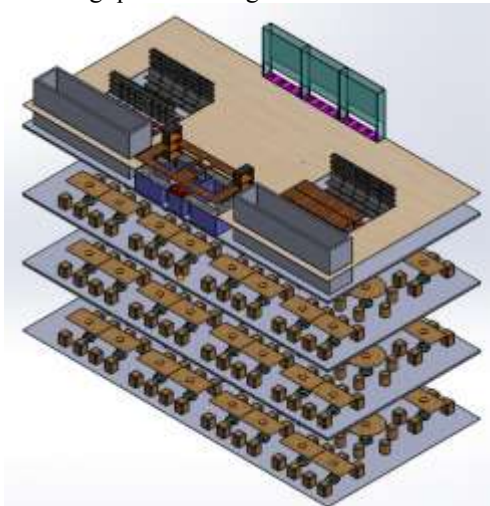
Tầng phục vụ: Tầng phục vụ sẽ gồm bàn ăn và trạm trung chuyển. Sau khi thức ăn được đưa xuống tại trạm trung chuyển, người phục vụ sẽ lấy thức ăn cho

thực khách. Sau khi thực khách ăn xong, người phục vụ sẽ dọn dẹp và được Robot vận chuyển về lại nhà bếp. Để dễ dàng mở rộng quy mô nhà hàng, bài báo bố trí tầng phục vụ thành một mô đun và dễ dàng hoạt động khi lắp ghép các tầng phục vụ lại với nhau.



H.16 Sơ đồ bố trí tầng phục vụ

Mô hình tổng quát nhà hàng như sau:



H.17 Mô hình 3D nhà hàng

Với kích thước 8x16 m, sẽ có 3 trạm trung chuyển. Mỗi trạm sẽ có 4 Robot phục vụ cho 4 bàn ăn khác nhau. Như vậy sẽ có tất cả 12 Robot có thể hoạt động cùng một lúc.

## 4. Lựa chọn phương án

### 4.1 Robot

Theo như mô hình đã đề xuất, nhiệm vụ chính của robot là vận chuyển thức ăn từ nhà bếp tới trạm trung chuyển. Để lựa chọn được loại hình, cấu trúc cũng như kích thước của robot ta cần xuất phát từ các yêu cầu như sau:

Tốc độ di chuyển của robot phải nhanh (tuy nhiên không được làm đổ thức ăn). Kích thước robot càng nhỏ gọn càng tốt.

Robot có khả năng hoạt động liên tục. Thời gian sạc ngắn.

Có khả năng mang tải trọng vừa phải.

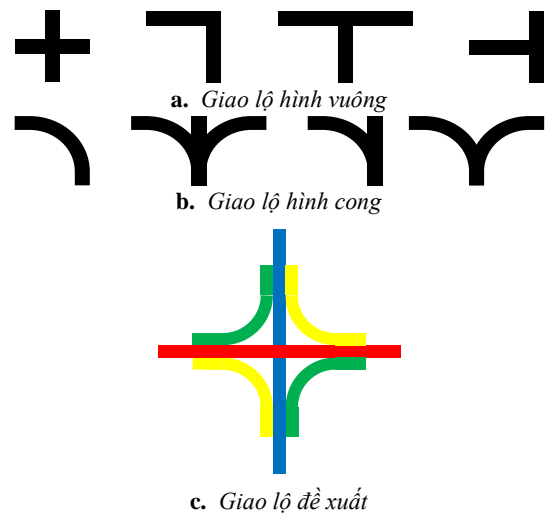
Để có thể linh hoạt trong việc quản lý và phân bố robot trong toàn bộ hệ thống, robot cần có khả năng di chuyển theo nhiều đường đi, hướng đi khác nhau.

Với những phân tích trên, bài báo đề xuất sử dụng AGV cho mô hình này. Để có thể di chuyển theo hai chiều, AGV sẽ có hai bánh chủ động và hai bánh bị động.

### 4.2 Dẫn hướng bị động

Để dẫn hướng cho AGV có rất nhiều phương pháp như sử dụng quang trở, cảm biến từ, camera, laser, ... Mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm khác nhau.

Để dẫn hướng bị động cho AGV, trước tiên cần phải xây dựng bản đồ đường đi cho AGV. Một bản đồ đường đi thông thường cho AGV thường có các dạng khác nhau (xem Hình.18a và 18b để biết thêm chi tiết). Mỗi dạng giao lộ đòi hỏi những phương pháp riêng để AGV chạy qua. Các nút giao lộ kết nối với nhau tạo thành một mạng lưới. Trong Hình.18a, khi tới ngã ba hình vuông, AGV phải dừng lại và quay một góc thích hợp để tiếp tục di chuyển. Để tránh vấn đề này, các giao lộ được thiết kế như Hình.18b. Các AGV có thể dễ dàng đi qua mà không phải dừng lại. Những giao lộ sử dụng đường cong là một giải pháp tốt cho AGV.



H.18 Các kiểu giao lộ khác nhau

Việc giao lộ sử dụng đường cong sẽ làm các đường đi gần nhau và gây khó khăn trong quá trình di chuyển theo line của AGV. Do đó giao lộ nên sử dụng các đường cong với các màu sắc khác nhau. Vì vậy, bài báo đề xuất sử dụng AGV với CMU camera là cách đơn giản và hiệu quả nhất để giải quyết vấn đề dẫn hướng bị động cho AGV. CMU camera có khả năng nhận biết được nhiều màu sắc khác nhau.

Bài báo đề xuất sự kết hợp đơn giản giữa giao lộ hình vuông và hình vòng cung thành một mẫu giao lộ chuẩn (Hình.18c) cho việc thiết kế bản đồ đường đi cho AGV trong nhà hàng phục vụ tự động. Có thể lấy một phần hoặc toàn bộ giao lộ đề xuất để áp dụng vào các dạng đường đi khác nhau.

### 4.3 Dẫn hướng chủ động

AGV phải đưa ra quyết định về đường đi khi qua giao lộ. Đường đi được lập trình sẵn hoặc AGV nhận được lệnh thông qua tương tác giữa AGV với hệ thống điều khiển trung tâm. Phương pháp dẫn hướng với đường đi được lập trình sẵn không mang lại hiệu quả cao do khá phức tạp, mất thời gian và không chủ động được trong việc sắp xếp đường đi cho AGV. Do đó phương pháp này bị loại bỏ do có quá nhiều nhược điểm. Hiện nay có các phương pháp dẫn hướng chủ động sau:

Global Positioning System (GPS) là hệ thống định vị toàn cầu. Tuy nhiên GPS không phù hợp với các khu vực nhỏ và có nhiều thiết bị cản định vị. Ngoài ra chi phí đầu tư khá cao.

Radio Frequency Identification (RFID) là hệ thống sử dụng tín hiệu không dây để truyền dữ liệu. Nhằm mục đích xác định và theo dõi các thẻ gắn vào các đối tượng. Khoảng cách đọc xa cũng như vùng quét rộng. Tuy nhiên quá trình lắp đặt và cài đặt phức tạp. Ngoài ra có thể xảy ra hiện tượng va chạm dữ liệu do vùng quét quá lớn. Không thích hợp với các ứng dụng có diện tích nhỏ.

Barcode là hệ thống sử dụng quang học đọc dữ liệu từ mã vạch với ưu điểm nhỏ gọn và dễ dàng sử dụng. Khoảng cách đọc gần. Các mã vạch có thể được in trực tiếp lên giấy nên chi phí đầu tư ít tốn kém. Tuy nhiên các mã vạch phải được gắn trên các đường đi và cần phải có một đầu đọc barcode trên từng AGV.

Bài báo quyết định chọn barcode để thực nghiệm do chi phí khá thấp đồng thời có thể đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Do AGV sử dụng để bám line có kích thước nhỏ nên việc vùng quét mã vạch của barcode sẽ phù hợp hơn. Ngoài ra, việc quản lý dữ liệu không quá phức tạp.

### 4.4 Định vị vị trí

Sẽ có nhiều AGV phục vụ cùng một lúc nên yêu cầu cần phải kiểm soát tất cả các AGV để khắc phục sự cố cũng như tránh trường hợp AGV chạm vào nhau. Việc sử dụng barcode ngoài công dụng dẫn hướng qua giao lộ còn được sử dụng để định vị vị trí của AGV tại từng nút giao lộ. Kết hợp với đọc encoder, hệ thống điều khiển sẽ xác định được vị trí tương đối của từng AGV và kiểm soát được hệ thống.

### 4.5 Nguồn cung cấp

AGV cần phải hoạt động trong thời gian dài, thời gian sạc phải ngắn. Có các loại nguồn chính như sau:

Ắc quy: Thời gian xả lâu, dễ dàng thay thế sửa chữa. Tuy nhiên thời gian sạc cũng rất lâu. Tùy theo công suất mà thời gian sạc có thể mất vài tiếng đồng hồ. Ngoài ra, ắc quy khá nặng.

Pin Lithium: Thời gian xả lâu, nhẹ hơn và kích thước nhỏ hơn so với Ắc quy. Thời gian sạc vẫn khá lâu, khoảng vài tiếng đồng hồ. Bên cạnh đó, pin lithium rất dễ gây cháy nổ.

Siêu tụ: Nguồn điện hoạt động dựa trên nguyên lý nạp và xả của tụ điện. Điện dung lớn, khả năng sạc nhanh, dòng xả lớn, kích thước nhỏ gọn là những ưu điểm nổi bật của siêu tụ.

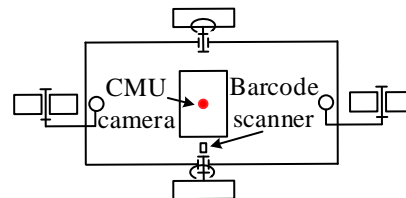
Với những phân tích trên, bài báo đề xuất sử dụng Siêu tụ có khả năng sạc nhanh, dòng xả tương đối lớn và kích thước phù hợp với AGV. Một nhược điểm của Siêu tụ là để có thể sạc nhanh cần phải có nguồn sạc công suất khá lớn.

### 4.6 Thiết kế tổng quát

Để hiện thực hóa ý tưởng, bài báo đề xuất một số giải thuyết đầu vào. Khay đựng thức ăn được thiết kế có thể chứa được một đĩa thức ăn cùng với dao và nĩa. Kích thước khay khoảng 350x230 mm như hình dưới. Ta chọn kích thước của AGV vào khoảng 350x230x150 mm để phù hợp với khay thức ăn.



H. 19 Thiết kế khay đựng thức ăn



H. 20 Cấu trúc AGV phục vụ nhà hàng

Vì mô hình sử dụng người phục vụ để lấy thức ăn từ AGV sắp xếp ra bàn ăn cho khách hàng, nên AGV cần được thiết kế sao cho người phục vụ dễ dàng lấy thức ăn nhất. Bài báo thiết kế AGV dạng “U shape” để thuận tiện cho việc lấy khay thức ăn. Mô hình 3D của AGV được thiết kế như sau:



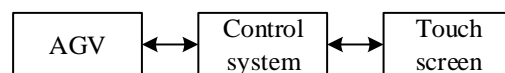
H. 21 Mô hình thiết kế 3D của AGV

## 5. Hệ thống điều khiển

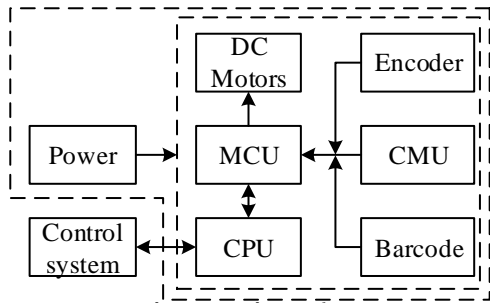
### 5.1 Tổng quan hệ thống

Cần phải xây dựng một hệ thống điều khiển trung tâm để có thể quản lý nhiều AGV. Bài báo đề xuất sử dụng Wifi thay vì các chuẩn không dây khác như Bluetooth, RF, NFC, ... do tốc độ truyền cao, khoảng cách truyền xa cũng như đã được ứng dụng rộng rãi.

Tổng quan hệ thống điều khiển như sau:



H. 22 Tổng quan hệ thống điều khiển

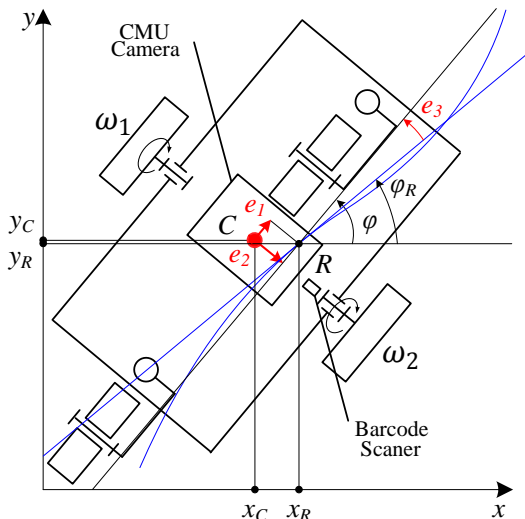


H. 23 Cấu trúc điều khiển trên AGV

AGV sẽ gồm CPU với chức năng kết nối wifi truyền nhận dữ liệu với hệ thống trung tâm và MCU giúp AGV bám line, đọc CMU camera, đọc Barcode, đọc Encoder, ... Hệ thống điều khiển trung tâm sẽ quyết định đường đi cho AGV và giải quyết kịp thời các sự cố có thể xảy ra trong quá trình vận hành.

**5.2 Giải quyết vấn đề dẫn hướng bị động**

Cần phải thiết kế bộ điều khiển bám line để giải quyết vấn đề dẫn hướng bị động cho AGV. Bài báo giới thiệu một phương pháp bám line sử dụng thuật toán Lyapunov cũng như các kết quả mô hình hóa và thiết kế bộ điều khiển.



H. 24 Hệ tọa độ của AGV

Trọng tâm của AGV cũng chính là trọng tâm của CMU camera, nằm giữa hai bánh xe chủ động và thẳng hàng với tâm đầu quét barcode. Cấu trúc AGV như trên sẽ giúp đơn giản hóa quá trình mô hình hóa cũng như dễ dàng xây dựng bộ điều khiển.

Từ hệ tọa độ ta được phương trình sau:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{y}_c \\ \dot{\theta}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_c \cos \theta_c \\ v_c \sin \theta_c \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (1)$$

Quan hệ giữa v, ω với vận tốc góc của hai bánh xe như sau:

$$\begin{pmatrix} v_{rw} \\ v_{hw} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \\ r - b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega \\ \omega \end{pmatrix} \quad (2)$$

Điểm C với tọa độ (x,y) của camera trùng với trọng tâm của AGV với tọa độ (x<sub>c</sub>,y<sub>c</sub>). Do đó:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{y}_c \\ \dot{\theta}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_c \cos \theta_c \\ v_c \sin \theta_c \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (3)$$

Đạo hàm phương trình trên ta được:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_c \\ \dot{y}_c \\ \dot{\theta}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_c \cos \theta_c \\ v_c \sin \theta_c \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (4)$$

Tọa độ di chuyển mong muốn R (x<sub>R</sub>,y<sub>R</sub>) với hằng số vận tốc v<sub>R</sub>, được thể hiện qua phương trình sau:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_R \\ \dot{y}_R \\ \dot{\theta}_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_R \cos \theta_R \\ v_R \sin \theta_R \\ \omega_R \end{pmatrix} \quad (5)$$

Bộ điều khiển được thiết kế với trọng tâm C đến điểm mong muốn R theo đường đi nhất định với vận tốc v<sub>R</sub> là một hằng số. Ba sai số được xác định như sau:

$$\begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_R - x_c \\ y_R - y_c \\ \theta_R - \theta_c \end{pmatrix} \quad (6)$$

Bộ điều khiển có nhiệm vụ điều chỉnh sao cho ba sai số e<sub>i</sub> → 0 khi t → ∞.

$$\begin{pmatrix} \dot{e}_1 \\ \dot{e}_2 \\ \dot{e}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_R \cos e_3 - v \\ v_R \sin e_3 - v \\ \omega_R - \omega \end{pmatrix} \quad (7)$$

Từ đây, ta có phương trình quan hệ giữa vận tốc dài và vận tốc góc theo 3 sai số như sau:

$$\begin{cases} v = v_R \cos e_3 + k_1 e_1 \\ \omega = k_2 v_R e_2 + \omega_R + k_3 \sin e_3 \end{cases} \quad (8)$$

Để thực hiện được điều trên, nghiên cứu chọn hàm Lyapunov sau:

$$V = \frac{1}{2} e_1^2 + \frac{1}{2} e_2^2 + \frac{1}{k_2} \sin^2 \frac{e_3}{2} \quad (9)$$

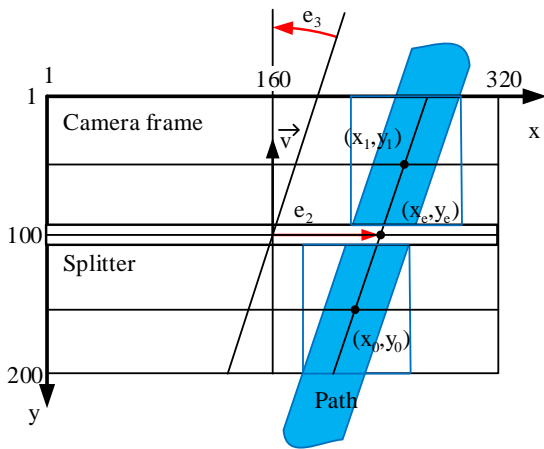
Với k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> là các hằng số hiệu chỉnh. Đạo hàm phương trình trên ta được:

$$V' = e_1(v_R \cos e_3 - v) + \frac{\sin e_3}{k_2} (k_2 v_R e_2 + \omega_R - \omega) \quad (10)$$

Khi AGV khởi động v<sub>0</sub> ≈ v<sub>R</sub>, sai số e<sub>1</sub> gần như bằng 0 hoặc rất nhỏ nên có thể bỏ qua. Do đó, bài báo sẽ chỉ trình bày cách xác định sai số e<sub>2</sub>, e<sub>3</sub>.



Kết quả trả về từ CMU camera là chiều rộng, chiều cao và tọa độ trung tâm của khung hình được bắt với màu sắc đã được cài đặt trước. Sai số được biểu diễn qua hình sau:



H. 25 Sai số trả về từ CMU camera

Màn hình CMU được chia làm hai để bắt được trọng tâm  $(x_0, y_0)$  và  $(x_1, y_1)$  của hai nửa màu. Nếu chỉ bắt một khối màu duy nhất sẽ rất khó để xác định được sai số góc và dễ dẫn đến sai số lớn trong quá trình điều khiển. Việc chia đôi màn hình còn giúp việc xác định bán kính cong của line được hiệu quả hơn. Tọa độ trọng tâm của AGV được xác định qua công thức sau:

$$x_e = (x_0 + x_1) / 2 \quad (11)$$

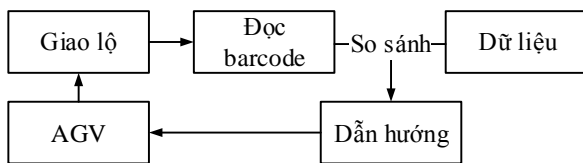
Độ lệch tâm  $e_2$  và sai số góc  $e_3$  được xác định theo công thức sau:

$$\begin{cases} e_2 = k(160 - x_e) \\ e_3 = \arctan\left(\frac{y_0 - y_1}{x_1 - x_0}\right) \end{cases} \quad (12)$$

Với  $k$  là hệ số hiệu chỉnh giữa bề rộng line thực tế và bề rộng line bằng pixel trả về từ CMU camera.

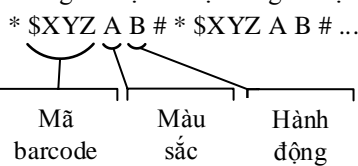
### 5.3 Giải quyết vấn đề dẫn hướng chủ động

Khi AGV tiến tới các giao lộ, ứng với từng mã barcode khác nhau sẽ quyết định cho AGV di chuyển theo những hướng khác nhau. Tổng quát quá trình hoạt động như sau:



H. 26 Quá trình dẫn hướng chủ động

Hệ thống điều khiển sẽ gửi cho AGV chuỗi dữ liệu đường đi. Khung dữ liệu từ hệ thống có dạng như sau:



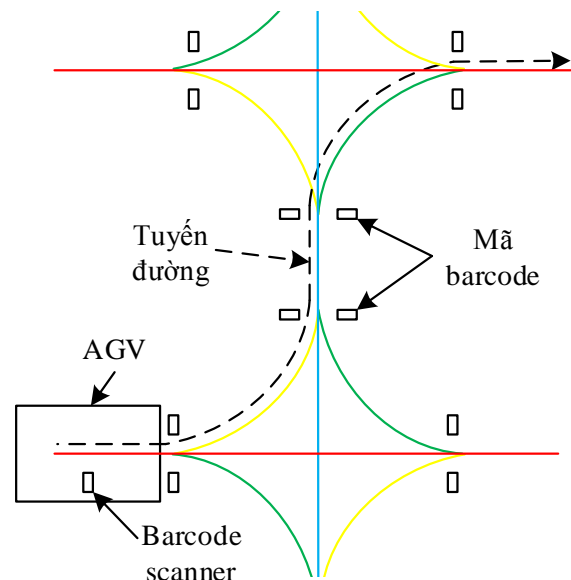
H. 27 Khung dữ liệu từ hệ thống

Mỗi mã barcode sẽ chứa đựng thông tin về hành động của AGV khi tới giao lộ tương ứng. Bảng mô tả chi tiết khung dữ liệu như sau:

B. 1 Bảng mô tả chi tiết khung dữ liệu từ hệ thống

Mô tả	Giá trị	Mô tả chi tiết	
Ký tự bắt đầu	*		
Mã barcode	\$XYZ	XYZ	
Màu line	A	1	Đỏ
		2	Xanh lá
		3	Xanh dương
		4	Vàng
Hành động	B	1	Đi thẳng
		2	Rẽ trái
		3	Rẽ phải
		4	Đi lùi
		5	Dừng lại
Ký tự kết thúc	#		

Khi đọc được mã barcode bất kỳ, AGV sẽ so sánh với cơ sở dữ liệu đã được nhận từ hệ thống. Từ đó, AGV biết được phải đi chuyển theo line màu nào, hướng đi nào khi đi qua giao lộ. Ứng với từng tuyến đường sẽ có những cơ sở dữ liệu khác nhau. Việc thiết lập cơ sở dữ liệu do hệ thống điều khiển quản lý. Do cách bố trí bản đồ, vị trí các nút giao lộ cũng như vị trí các mã barcode đã được xác định trước nên việc lập cơ sở dữ liệu cho đường đi của AGV rất thuận tiện. Khi AGV đã qua được giao lộ, các thông tin về giao lộ này sẽ được loại bỏ. Chuỗi dữ liệu sẽ được đơn giản hóa theo thời gian.



H. 28 Bản đồ di chuyển cho AGV

Các mã vạch phải được định vị chính xác vị trí trên đường đi để AGV có thể đọc được trong quá trình di

chuyển. Vị trí của mã vạch được thể hiện qua Hình.6. Quá trình di chuyển của AGV được mô tả như sau: AGV di chuyển trên một line thẳng duy nhất (trên line màu đỏ) và CMU camera sẽ trả về các thông số của khối màu tương ứng bất được.

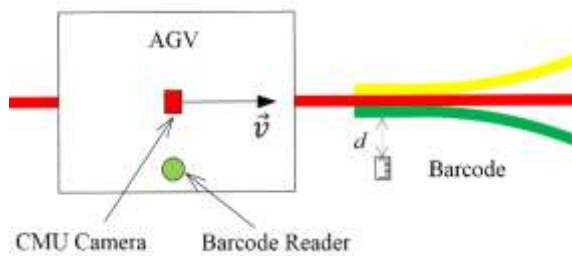
Trước khi tới giao lộ, AGV sẽ đi vào khu vực có chứa 3 màu line cùng lúc là màu xanh lá, màu đỏ và màu vàng. Độ dài line từ lúc bắt đầu tới mã vạch barcode  $l = 10\text{mm}$  và khoảng cách từ line tới mã vạch barcode là  $d = 52\text{mm}$ .

Tại đây, CMU camera sẽ trả về thông số của cả 3 khối màu khác nhau nhưng bộ điều khiển chỉ sử dụng thông số của màu đỏ để điều khiển.

Tiếp theo, khi AGV đọc được mã vạch, lúc này dữ liệu được so sánh và lấy làm dữ liệu điều khiển. AGV sẽ chuyển từ line màu đỏ sang line màu vàng. Thời gian chuyển line là  $0.015\text{s}$  trong khoảng cách  $3\text{mm}$ .

AGV sẽ di chuyển theo line thẳng màu vàng một đoạn ngắn trước khi di chuyển theo line cong cùng màu.

Trước khi bám line cong, AGV sẽ bám line thẳng cùng màu với độ dài  $20\text{mm}$  (lớn hơn khung ảnh của CMU camera) để giúp cho AGV ổn định hơn khi chuyển line.

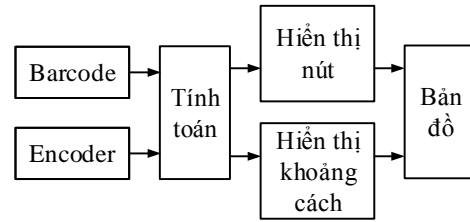


H. 29 Vị trí của mã barcode

#### 5.4 Giải quyết vấn đề định vị vị trí

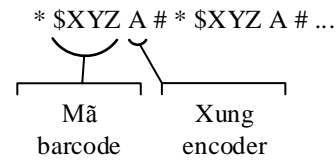
Cần phải có một hệ thống điều khiển để kiểm soát, điều khiển các AGV trên bản đồ. Thông qua hệ thống điều khiển, người quản lý có thể cài đặt các dữ liệu đường đi cho từng AGV cũng như nhận được thông tin phản hồi vị trí hiện tại của từng AGV. Hệ thống điều khiển có nhiệm vụ đảm bảo cho AGV di chuyển đúng với tuyến đường đã được sắp xếp trước. Ngoài ra, hệ thống điều khiển còn phải xử lý các tình huống ngoài ý muốn xảy ra trong quá trình các AGV hoạt động như trùng tuyến đường, va chạm nhau, ... Để làm được điều đó, hệ thống phải biết chính xác vị trí của AGV trên bản đồ.

Trên bản đồ sẽ có các nút giao lộ. Mỗi nút giao lộ sẽ có các mã barcode đã được lắp đặt sẵn. Nhưng vậy khi AGV đọc được mã barcode bất kỳ, vị trí của AGV cũng chính là vị trí của nút giao lộ tương ứng. Vị trí nút giao lộ đã được định nghĩa trên bản đồ.



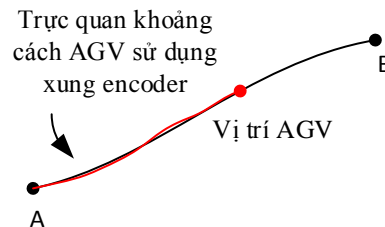
H. 30 Mô tả hệ thống hiển thị vị trí

Sau khi AGV qua giao lộ và di chuyển theo một hướng bất kỳ, hệ thống điều khiển sẽ biết được đường đi của AGV do dữ liệu đã được cài đặt sẵn. AGV sẽ gửi dữ liệu về số xung encoder cho hệ thống. Như vậy, hệ thống điều khiển sẽ tính được khoảng cách tương đối giữa AGV tới nút giao lộ vừa di chuyển qua. Từ đó, xác định được vị trí của các AGV trên bản đồ. Khung dữ liệu truyền lên hệ thống điều khiển từ AGV như sau:



H. 31 Khung dữ liệu từ AGV

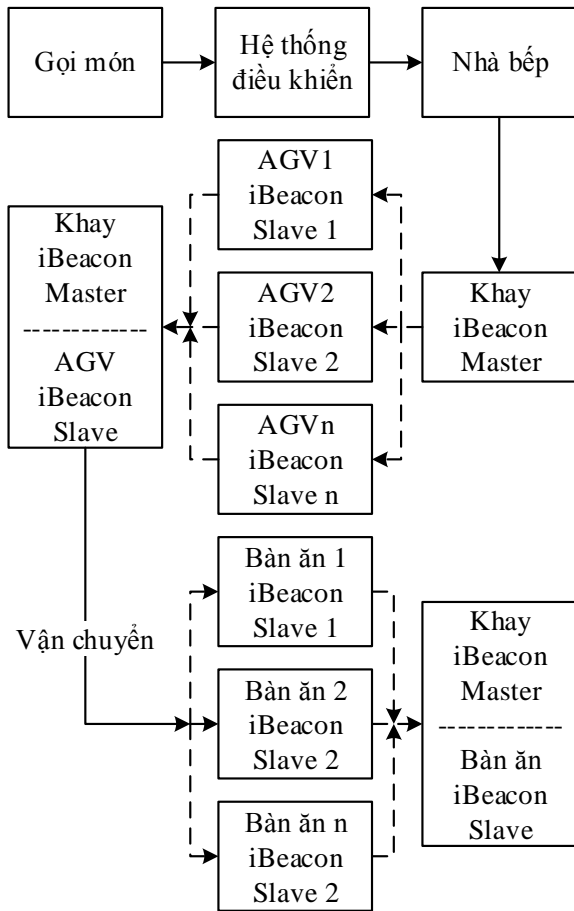
Do AGV không chỉ di chuyển trên đường thẳng mà còn di chuyển trên các đường cong nên việc sử dụng encoder để xác định vị trí của AGV sẽ gây ra sai số. Tuy nhiên, sai số khá nhỏ và có thể chấp nhận được do bản đồ di chuyển khá lớn.



H. 32 Mô tả định vị vị trí của AGV bằng encoder

#### 5.5 Giải quyết vấn đề quản lý thông tin

Để tránh việc AGV vận chuyển sai khay thức ăn, cũng như khay thức ăn có tới được bàn ăn mà khách hàng đã gọi món, cần phải quản lý thông tin về khay thức ăn, bàn ăn, AGV, ... Bài báo đề xuất sử dụng công nghệ iBeacon để giải quyết vấn đề này. iBeacon là sản phẩm được phát triển bởi Apple, hoạt động dựa trên công nghệ bluetooth thông minh. Mỗi iBeacon sẽ mang một địa chỉ nhất định và có thể sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau trong đó có quét khoảng cách. Mỗi AGV hay bàn ăn sẽ là iBeacon slave, mang một địa chỉ nhất định. Khay thức ăn sẽ là iBeacon master, có khả năng quét các iBeacon slave khác để biết được khoảng cách. Khi khoảng cách bằng 0, tức là khay đã được đặt đúng vào AGV hay bàn ăn tương ứng. Từ đó, ta có thể quản lý được hệ thống tốt hơn.



H. 33 Quản lý thông tin với iBeacon

### 6. Kết quả thực nghiệm

Tính khả thi của mô hình đã đề xuất được thể hiện qua khả năng bám line cũng như độ đáp ứng của bộ điều khiển khi đi qua mẫu giao lộ chuẩn. Ngoài ra, cần thực nghiệm để chứng minh được tốc độ, khả năng mang tải và thời gian hoạt động (thời gian sử dụng và thời gian sạc pin) của AGV có thể đáp ứng được yêu cầu về năng suất phục vụ của nhà hàng.

#### 6.1 Thông số AGV cho mô phỏng và thực nghiệm

Bài báo xây dựng một mô hình nhà hàng thu nhỏ gồm AGV và bản đồ đường đi đơn giản để tiến hành thực nghiệm. Bài báo sử dụng mã barcode 39 để định vị tọa độ các nút giao lộ trên bản đồ thực nghiệm. AGV trong thực nghiệm sử dụng CMU camera 5, đầu đọc barcode MT752L, encoder E40S8 5000 xung, và 20 siêu tụ Maxwell BCAP0350. Bài báo sử dụng nguồn điện 36V-200A để làm nguồn sạc thực nghiệm cho siêu tụ. Mô hình AGV được xây dựng dựa trên thiết kế đã đề ra, được thể hiện qua bảng sau:

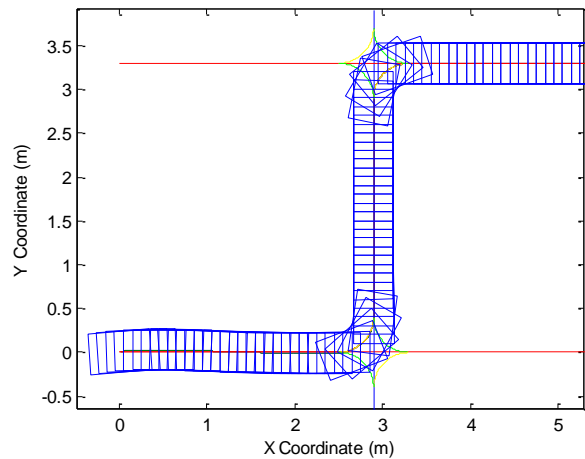
#### B. 2 Thông số AGV

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Khoảng cách giữa hai bánh xe	220	mm
Đường kính bánh xe	100	mm
Bán kính cong	300	mm

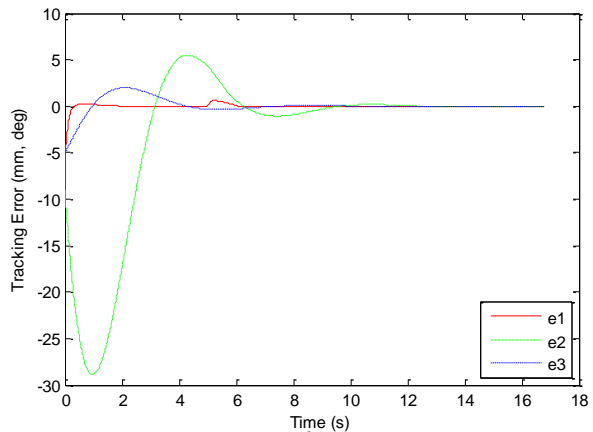
Độ dài đường cong	471	mm
Khoảng cách giữa tâm camera và tâm đầu quét barcode	52	mm
Bề rộng line	3	mm

#### 6.2 Kết quả mô phỏng và thực nghiệm

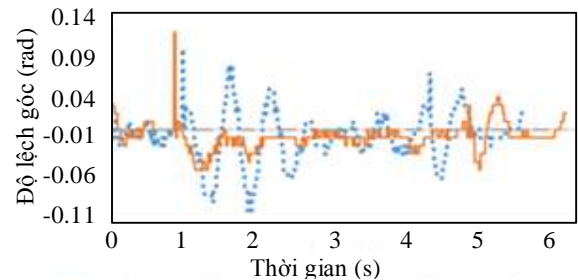
Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm được thực hiện trong quá trình AGV đi qua các giao lộ. AGV sẽ đi thẳng sau đó bám theo line cong và trở về line thẳng. Kết quả mô phỏng khả năng bám line của bộ điều khiển được thể hiện qua Hình.34 và Hình.35 và kết quả thực nghiệm được thể hiện qua Hình.36 và Hình.37.



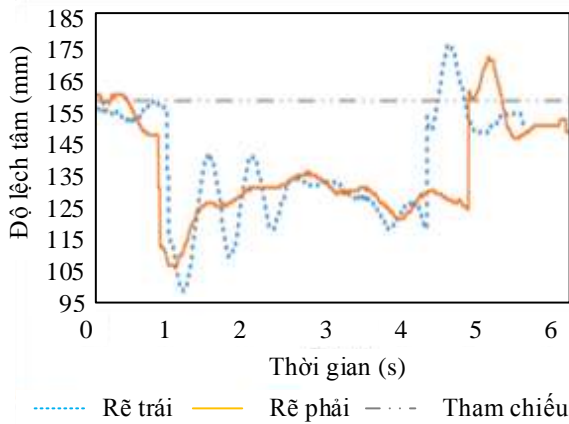
H. 34 Mô phỏng AGV bám line



H. 35 Sai số mô phỏng



H. 36 Sai số độ lệch góc  $e_3$  thực nghiệm



H. 37 Sai số độ lệch tâm  $e_2$  thực nghiệm

Hình.34 mô phỏng khả năng bám line của AGV khi chuyển từ line thẳng sang line cong và ngược lại. Có thể thấy AGV có xu hướng bám vào line dù có sự thay đổi hình dạng line.

Hình.35 cho thấy các sai số dần hội tụ về 0. Điều này chứng minh khả năng bám line tốt của bộ điều khiển Lyapunov.

Trong Hình.36, có thời điểm độ lệch góc gia tăng rất lớn khoảng 0,1 và 0,13 rad sau đó bắt đầu dao động. Lý do là do quán tính của AGV khi chuyển từ line thẳng sang line cong. AGV thay đổi tốc độ từ 0,8 m/s trên đường thẳng xuống 0,45 m/s trên đường cong. Nhưng sau khi dao động, AGV đã thiết lập được độ ổn định trở lại.

Trong Hình.37, ta thấy có sai số độ lệch tâm lớn tại 1s và 4,5s. Lý do là tại thời điểm này, AGV đọc mã barcode để chuyển từ line thẳng sang line cong. Khoảng cách giữa hai đường line khi AGV chuyển màu là 3mm, được thể hiện qua màn hình CMU camera như sau:



H. 38 Sự thay đổi line dẫn đến độ lệch khoảng cách lớn (nền màn hình CMU camera đã được chuyển từ màu đen sang màu trắng để quan sát rõ hơn)

Mặc dù có độ lệch khoảng cách khi chuyển line nhưng AGV vẫn có thể thiết lập lại sự ổn định ngay sau đó.

Vận tốc, tải trọng cũng như thời gian hoạt động của AGV thu được trong quá trình di chuyển của AGV trên bản đồ thực nghiệm trình bày qua bảng sau:

### B. 3 Kết quả thực nghiệm

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Vận tốc AGV trên line thẳng	0,8	m/s
Vận tốc AGV trên line cong	0,45	m/s

Tải trọng tối đa	20	kg
Thời gian sạc pin trung bình	7	s
Thời gian xả pin trung bình	5	min

Với các kết quả mô phỏng và thực nghiệm, có thể thấy tốc độ di chuyển, khả năng bám line cũng như tải trọng, thời gian hoạt động của AGV hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu về năng suất phục vụ của nhà hàng. Ngoài ra, việc sử dụng barcode còn cho phép nhiều AGV hoạt động cùng một lúc. Có thể thấy mô hình nhà hàng đề xuất hoàn toàn khả thi và có thể áp dụng vào thực tế.

## 7. Kết luận

Bài báo đưa ra cái nhìn tổng quát về tình hình các nhà hàng tự động trên thế giới. Từ đó phân tích và đề xuất ra một ý tưởng mới nhằm phát huy những ưu điểm cũng như cải thiện các hạn chế hiện có. Bài báo đã xây dựng được một mô hình nhà hàng tổng quát cũng như tiến hành thực nghiệm để chứng minh tính khả thi của mô hình đã đề xuất. Bài báo đã xây dựng được một mẫu giao lộ chuẩn. Từ đó làm cơ sở cho việc thiết kế bản đồ dành cho AGV được thuận tiện và dễ dàng hơn. Ngoài ra, bài báo còn giải quyết các vấn đề phổ biến hiện nay của AGV là dẫn hướng bị động, dẫn hướng chủ động và định vị vị trí nhờ vào ứng dụng của CMU camera, barcode và encoder. Để có thể đưa mô hình ra áp dụng thực tế cần phải mất nhiều thời gian cũng như cần phải hiệu chỉnh nhiều lần. Mặc dù đã phân tích kỹ lưỡng song mô hình không thể tránh được sai sót cũng như tồn tại một số hạn chế nhất định. Dù vậy bài báo hi vọng đây sẽ là cơ sở cho một mô hình nhà hàng tự động trong tương lai.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Huu Danh Lam, Tran Duc Hieu Le, Tan Tung Phan, and Tan Tien Nguyen, *Smooth tracking controller for AGV through junction using CMU camera*, The 7th Vietnam Conference on Mechatronics, pp. 597-601, November 2014.
- [2] Xing Wu, Peihuang Lou, Ke Shen, Guangqing Peng and Dunbing Tang, *Precise Transshipment Control of an Automated Magnetic-Guided Vehicle Using Optics Positioning*, International Journal on Smart Sensing and Intelligent System Vol.7, No.1, pp. 48-70, March 2014.
- [3] Nguyen Thanh Phuong, Pham Quoc Thien and Ngo Cao Cuong, *Designed of Nonlinear Controller for Automated Guided Vehicle*, American Journal of Engineering Research Vol.2, Issue 12, pp. 382-387, 2013.
- [4] K.Kishoe Kumar, M.siva Krishna, D.RAVITEJ and D.Bhavana, *Design of Automatic Guided Vehicles*, International Journal of Mechanical Engineering and Technology Vol.3, Issue 1, pp. 24-32, April 2012.
- [5] P.T. Doan, et. al., *Path Tracking Control of Automated Guided Vehicle Using Camera*

- Senor, Vietnam Proc. Of The 2011 Int'l Symposium on Automotive and Convergence Engineering, pp. 89-94, January 2011.
- [6] Olmi Roberto, *Traffic Management of Automated Guided Vehicles in Flexible Manufacturing Systems*, Dottorato Di Ricerca in Scienze Dell'Ingegneria, Università degli Studi in Ferrara, Ciclo XXIII, 2009.
- [7] T.T. Nguyen, *Tracking Control of a Spot Bead Welding Mobile Robot Using Camera Sensor*, Korea Proc. Of The 2003 International Symposium on Advanced Engineering (ISAW'03), pp. 408-414, November 2003.



**Huỳnh Hữu Toàn** sinh ngày 12/09/1992 tại Việt Nam. Anh nhận bằng Kỹ sư tại khoa Cơ Khí, trường Đại Học Bách Khoa Tp.HCM, Việt Nam năm 2015. Hướng nghiên cứu chính là tự động hóa trong công nghiệp và điều khiển thông minh.



**Phạm Lê Hoàng Phú** sinh ngày 12/10/1991 tại Việt Nam. Anh nhận bằng Kỹ sư tại khoa Cơ Khí, trường Đại Học Bách Khoa Tp.HCM, Việt Nam năm 2014. Hiện anh đang theo học Thạc sỹ ngành Cơ Khí tại trường The Catholic University of America. Hướng nghiên cứu chính là điều khiển mobile robot và các ứng dụng liên quan.



**Nguyễn Tấn Tiến** sinh ngày 29/06/1968 tại Việt Nam. Anh nhận bằng Kỹ sư tại khoa Cơ Khí, trường Đại Học Bách Khoa Tp.HCM, Việt Nam năm 1990. Anh nhận bằng Thạc sỹ và Tiến sỹ tại khoa Cơ khí và kỹ thuật tự động, trường Đại Học Quốc Gia Pukyong, Hàn Quốc năm 1998 và 2001. Hiện anh đang là giảng viên tại khoa Cơ Khí, trường Đại Học Bách Khoa Tp.HCM. Hướng nghiên cứu chính của anh là robot và điều khiển chính xác bao gồm các ứng dụng công nghiệp.