

NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT DATA FUSION DÀNH CHO HỆ TỰ HÀNH

RESEARCH AND APPLICATION OF DATA FUSION TECHNIQUE FOR
AUTONOMOUS SYSTEM

Lê Minh Quân¹, Ngô Hà Quang Thịnh²

¹Sinh viên Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Môi trường ngày càng phức tạp thì đòi hỏi nhiều hơn lượng thông tin từ các nguồn khác nhau để đánh giá. Trong bài báo này, kỹ thuật phối trộn dữ liệu được trình bày để đạt được độ chính xác cao trong định vị. Sự đa dạng từ nhiều nguồn dữ liệu góp phần nâng cao khả năng dự đoán và ra quyết định phù hợp. Ý tưởng cơ bản của kỹ thuật này được trình bày đầu tiên. Sau đó, các nguồn dữ liệu được giới thiệu và đánh giá. Để xác minh cách tiếp cận được đề xuất, các thử nghiệm được đưa ra để chứng tỏ khả năng định vị trong môi trường không biết trước bằng cách áp dụng phương pháp này. Từ những kết quả này đã làm rõ rằng hiệu quả và tính khả thi của dự đoán và định vị chính xác trong các ứng dụng thực tế.

Từ khóa: Hệ tự hành; SLAM; Định vị; ROS; Điều khiển quỹ đạo.

ABSTRACT

The increasingly complex environment requires more information from different sources to evaluate. In this paper, data blending technique is presented to achieve high accuracy in positioning. Diversity from multiple data sources contributes to enhanced predictability and appropriate decision making. The basic idea of this technique is presented first. Then the data sources are introduced and evaluated. To verify the proposed approach, tests are given to demonstrate the ability to locate in an unknown environment by applying this method. From these results it became clear that the efficiency and feasibility of accurate prediction and positioning in practical applications.

Keywords: Autonomous system; SLAM; Navigation; ROS; Tracking control.

1. PHẦN GIỚI THIỆU

Bài toán điều khiển robot di chuyển bằng cách phối hợp các dữ liệu luôn là mối quan tâm hàng đầu. Một trong những giải pháp để giải quyết vấn đề này là giải thuật SLAM (simultaneous localization and mapping) và

đây cũng chính là đối tượng được triển khai trong phạm vi nghiên cứu này. SLAM là vấn đề được biết đến phổ biến với một số ứng dụng liên quan đến điều khiển tự động (xe tự động lái, thiết bị robot thông minh, thiết bị bay tự động), là hệ thống sử dụng thông tin ảnh thu được từ camera để tái tạo môi trường bên ngoài,

bằng cách đưa thông tin môi trường vào một map (2D hoặc 3D). Từ đó, thiết bị (robot, camera, xe) có thể định vị (localization) đang ở đâu, trạng thái, tư thế của nó trong map để tự động thiết lập đường đi (path planning) trong môi trường hiện tại.

Điều khiển tự động thiết bị robot chia làm ba vấn đề chính: định vị (localization), tái tạo môi trường (mapping) và hoạch định đường đi (path planning). Ban đầu, hai vấn đề định vị và tái tạo môi trường được nghiên cứu độc lập, tuy nhiên, sau khi nhận thấy: Định vị cần xác định vị trí hiện tại của robot dựa vào bản đồ tái tạo, tái tạo bản đồ cần xác định vị trí của đối tượng trong bản đồ, để xây dựng bản đồ chính xác nhất, ít sai số. Vì thế, trong giai đoạn 1985-1990, Raja Chatila và Jean-Paul Laumond (1985) và Randall Smith (1990) đã đề xuất gộp hai vấn đề với nhau để nghiên cứu. Một thời gian sau đó, SLAM ra đời đại diện cho localization và mapping [8].

2. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ ROS

ROS (Robot Operating System) là một hệ thống framework dùng cho các ứng dụng robot. Về cơ bản, ROS có những đặc tính thiết yếu của một hệ điều hành như khả năng thực hiện các tác vụ (task) song song, giao tiếp, trao đổi dữ liệu với nhau giữa các tác vụ, quản lý dữ liệu. ROS còn được phát triển riêng biệt về các thư viện, công cụ hỗ trợ việc vẽ đồ thị, lưu dữ liệu, hiển thị model 3D của robot. ROS được phát triển dưới dạng module. Từ đó, để tài nghiên cứu có thể chỉ chuyên sâu vào một lĩnh vực như vẽ bản đồ hay định vị robot vẫn có thể xây dựng một hệ thống robot hoàn chỉnh khi tái sử dụng những module đã được phát triển trước đó. Vì vậy, hệ thống ROS đã được chọn để phát triển robot với khả năng vẽ bản đồ và định vị dựa trên những ưu điểm sau:

- ROS cung cấp các công cụ và thiết bị

điều khiển ở mức độ thấp để triển khai thực hiện các chức năng thường được sử dụng, giao tiếp giữa các quá trình và quản lý package. Các package cung cấp nhiều chức năng như điều khiển chuyển động của robot, thông tin odometry, đọc và xử lý dữ liệu từ cảm biến như Kinect, camera hoặc cảm biến laser.

- Không những thế, các package cũng có thể cung cấp các chức năng mức độ cao hơn như triển khai SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), nhận dạng đối tượng, mô phỏng 3D, lớp tương thích cho phép các dự án sử dụng giống như Point Cloud Library (PCL) and Open Computer Vision (OpenCV).

3. KỸ THUẬT PHỐI TRỘN DỮ LIỆU

A. Mô hình quan sát

Mô hình quan sát diễn tả quá trình xử lý dữ liệu từ cảm biến laser khi có sự ảnh hưởng của nhiễu, được định nghĩa là một phân phối xác suất có điều kiện $p(z_t, x_t, m)$. Trong đó, z_t là phép đo của cảm biến, x_t là vị trí của robot ở thời điểm t và m là bản đồ của môi trường. Ở thời điểm t , phép đo z_t thu được một mảng k phần tử các giá trị đo khoảng cách $z_t^{(i)}$ với $0 \leq i \leq k$. Ta có thể biểu diễn:

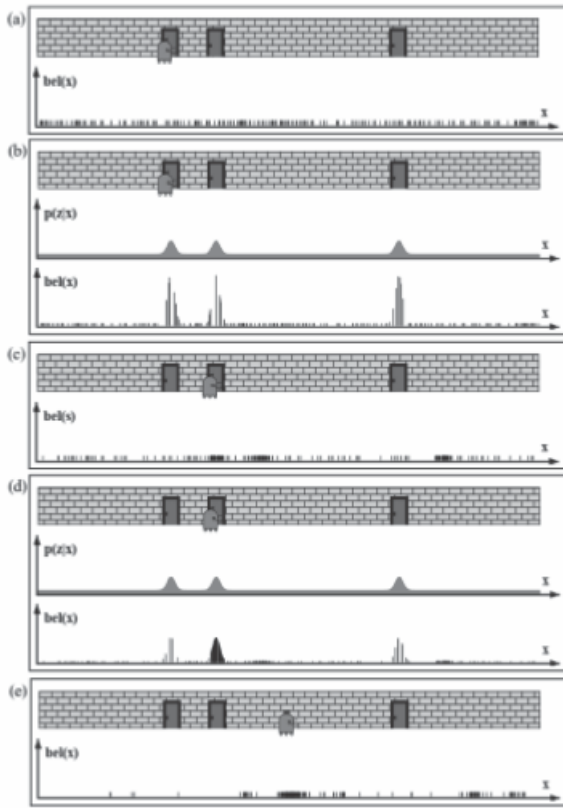
$$z_t = \{z_t^1, z_t^2, \dots, z_t^k\} \quad (1)$$

Giả sử các điểm đo là độc lập với nhau, ta có thể xấp xỉ:

$$p(z_t | x_t, m) = \prod_{i=1}^k p(z_t^i | x_t, m) \quad (2)$$

Bản đồ m có dạng grid map, được chia thành nhiều cell nhỏ. Mỗi ô vuông sẽ có tọa độ (x, y) với hai mức giá trị là có vật cản hoặc không có vật cản. Giả sử m_i là cell thứ i , bản đồ m biểu diễn không gian bằng một tập hữu hạn các cell:

$$m = \sum_i m_i \quad (3)$$



Hình 1. Phân bố Monte-Carlo để xác định vị trí

B. Bộ lọc phân tử

Particle Filter (PF) là bộ lọc không tham số. PF sử dụng một số hữu hạn các mẫu để đại diện cho một phân phối xác suất. Vì số lượng mẫu có hạn nên PF có tính xấp xỉ. Gọi $bel(x_t)$ là phân phối thể hiện nhận thức của chính robot về vị trí của mình trong không gian. Ý tưởng chính của bộ lọc PF là dùng một tập hợp M các mẫu ngẫu nhiên để đại diện cho $bel(x_t)$:

$$bel(x_t) := x_t^{[1]}, x_t^{[2]}, \dots, x_t^{[M]} \quad (4)$$

Mỗi particle $x_t^{[i]}$ với $(1 \leq i \leq M)$ là một vị trí trong môi trường thực tế mà robot có thể đang ở đó. Thuật toán của bộ lọc PF với ngõ vào là trạng thái ở thời điểm $t-1$, điều khiển u_t và ngõ ra là trạng thái hiện tại.

C. Phân bố Monte-Carlo

Monte-Carlo là một bộ lọc dạng PF dùng để xác định vị trí của robot trong không gian với một bản đồ đã biết trước. Bộ lọc Monte-Carlo có hai bước chính là lấy mẫu vị trí từ mô hình chuyển động, đánh giá trọng số bằng mô hình quan sát và tiến hành lấy mẫu lại các mẫu quan trọng. Ví dụ, robot sử dụng bộ lọc Monte-Carlo để xác định vị trí của mình khi di chuyển và quan sát vật cản như Hình 1.

D. Hoạch định quỹ đạo

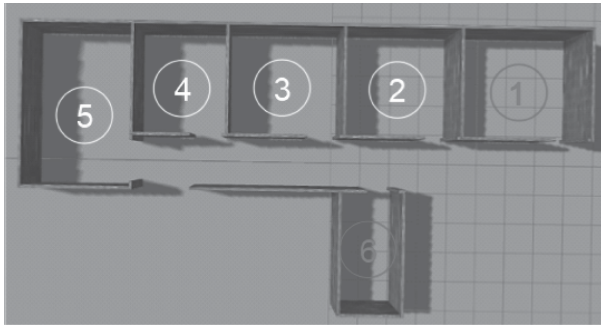
Để phục vụ việc hoạch định quỹ đạo đường đi cho robot, một bản đồ của môi trường làm việc cần được cung cấp (static map). Bản đồ này có thể xây dựng bằng package gmapping hoặc do người dùng vẽ, nhưng phải đảm bảo các yêu cầu sau: những vùng màu đen đại diện cho vật cản, vùng màu trắng đại diện cho không gian trống và vùng màu xám là vùng chưa xác định.

Static map được quản lý và cung cấp bởi map_server dưới dạng một Occupied Grid Map, sau đó, được move_base sử dụng để xây dựng global_costmap được dùng để xây dựng kế hoạch đường đi dài hạn (global planning). Bên cạnh đó, move_base sử dụng dữ liệu từ các cảm biến để xây dựng một local_costmap phục vụ cho việc hoạch định đường đi ngắn hạn (local planning).

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Giả định là có 2 phòng trong số 6 phòng (là phòng 1 và phòng 6) cần được khảo sát (như Hình 2). Robot sẽ di chuyển từ vị trí bắt đầu di chuyển đến phòng cần khảo sát thứ nhất, khi đến nơi robot sẽ dừng lại 10 phút để quét tia laser xung quanh. Hết 10 phút, robot sẽ di chuyển đến phòng cần khảo sát thứ 2. Khi đến

nơi, robot sẽ dừng lại 10 phút và đèn laser sẽ được bật lên. Hết 10 phút, đèn laser sẽ tắt và robot bắt đầu di chuyển về vị trí bắt đầu.



Hình 2. Sơ đồ bố trí phòng

Trong quá trình di chuyển, robot sử dụng kỹ thuật phối trộn dữ liệu từ các nguồn cảm biến khác nhau. Thông tin này được bộ xử lý trung tâm đánh giá, chọn lọc và sử dụng cho các tác vụ khác nhau như định vị, xác định vật cản, xây dựng bản đồ hay hỗ trợ tự hành cho thiết bị.



Hình 3. Kết quả khảo sát có sử dụng phương pháp đề xuất

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một thiết kế hiệu quả của bộ điều khiển chuyển động trong hệ thống robot và tự động hoá được giới thiệu. Bằng cách sử dụng IC chuyên dụng cho điều khiển chuyển động, các tính năng nâng cao và thời gian thực được bảo đảm. Thiết kế phần cứng bao gồm bộ điều khiển chuyển động và các kết nối với thiết bị ngoại vi. Giao tiếp trao đổi dữ liệu của cả phần mềm và firmware được trình bày để truyền với tốc độ cao và đáng

tin cậy. Một số thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được thực hiện để kiểm chứng lại tính ứng dụng trong thế giới thực. Qua đó, thiết kế đề xuất được xác minh rằng tính khả thi, hiệu quả và mạnh mẽ của cách tiếp cận này đã được chấp nhận.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này, do Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh tài trợ, theo mã số đề tài SVKSTN-2021-CK-35. Chúng tôi cảm ơn sự hỗ trợ về thời gian và cơ sở vật chất của Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 03/3/2022

Ngày phản biện: 15/3/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Niu, X., Li, Y., Kuang, J., & Zhang, P. (2019). *Data fusion of dual foot-mounted IMU for pedestrian navigation*. IEEE Sensors Journal, 19(12), 4577-4584.
- [2]. Rafatnia, S., Nourmohammadi, H., & Keighobadi, J. (2019). *Fuzzy-adaptive constrained data fusion algorithm for indirect centralized integrated SINS/GNSS navigation system*. Gps Solutions, 23(3), 1-14.
- [3]. Gao, B., Hu, G., Gao, S., Zhong, Y., & Gu, C. (2018). *Multi-sensor optimal data fusion based on the adaptive fading unscented Kalman filter*. Sensors, 18(2), 488.
- [4]. De Carvalho Paulino, Â., Guimarães, L. N. F., & Shiguemori, E. H. (2020). *Assessment of noise impact on hybrid adaptive computational intelligence multisensor data fusion applied to real-time uav autonomous navigation*. IEEE Latin America Transactions, 18(02), 295-302.
- [5]. Li, D., Jia, X., & Zhao, J. (2020). *A novel hybrid fusion algorithm for low-cost GPS/INS integrated navigation system during GPS outages*. Ieee Access, 8, 53984-53996.