

Công nghệ Hỗ trợ Điều khiển Ô tô dành cho Người Khuyết tật

Nguyễn Ngọc Gia Hân¹, Trần Gia Quốc Bảo²

¹Sinh viên Kỹ sư, ngành Cơ Điện tử, khoa Cơ khí, Đại học Bách Khoa, ĐHQG TP HCM

²Sinh viên Thạc sĩ, ngành Điều khiển Tự động, Viện Kỹ thuật, Đại học Grenoble Alpes



Tác giả chính: Nguyễn Ngọc Gia Hân

Đơn vị công tác: Sinh viên Kỹ sư, ngành Cơ Điện tử, khoa Cơ khí, Đại học Bách Khoa, ĐHQG TP HCM

Email: hlan.nguyenlhp@hcmut.edu.vn

Nguyễn Ngọc Gia Hân là sinh viên năm cuối, chuyên ngành Cơ Điện tử tại Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh. Hân tham gia nghiên cứu về đề tài “Thiết Kế Robot Vây Cá dạng Gymnotiform Undulating” tại National Key Laboratory of Digital Control and System Engineering (DCSELAB) vào năm 2019. Hân tiếp tục kết hợp nghiên cứu với DCSELAB năm 2020 với đề tài “Thiết Kế Robot Vệ Sinh Tấm Pin Năng Lượng Mặt Trời”. Hân là thực tập sinh tự động hóa tại nhà máy P&G Bến Cát vào năm 2019 và vào mùa hè 2020, Hân là thực tập sinh robotics công ty ABB Robotics & Automation Solution Center (ABB RASC).

<https://doi.org/10.15625/vap.2021.0011>

TÓM TẮT:

Các vấn đề sức khỏe người lái xe ô tô gặp phải, bao gồm mệt mỏi, chấn thương, cũng như việc phục hồi khả năng lái xe ở người khuyết tật, đang rất được quan tâm hiện nay. Các nhà khoa học Nhật Bản đã và đang nghiên cứu hoàn thành các giải pháp cho vấn đề này. Bài viết này trình bày một cách khái quát các công nghệ của Nhật Bản nhằm hỗ trợ lái xe cho người khuyết tật. Trước hết, chúng tôi trình bày tình hình chung về hiện trạng cũng như nhu cầu xã hội nhằm nêu lên tính cần thiết của đề tài. Sau đó, các phương pháp được trình bày bao gồm sử dụng giao diện người-máy kết hợp với điện cơ đồ bề mặt nhằm thay thế cho vô lăng và phanh truyền thống (Đại học Tokyo), hệ thống mô phỏng lái xe dành cho khuyết tật (Viện Phục hồi Chức năng Tokyo), và cuối cùng là trình nhận diện thao tác, cử chỉ nhằm hỗ trợ việc lái xe (Đại học Quận Iwate và JFP). Trong mỗi phương pháp, chúng tôi trình bày từ tổng quan cho tới bàn luận, bắt nguồn từ việc tham khảo các tài liệu khoa học liên quan đã được công bố, và tóm tắt kết quả của đề tài nghiên cứu. Cuối cùng, phần kết luận chung được rút ra.

Từ khóa: hỗ trợ người khuyết tật, điều khiển phương tiện giao thông, trí tuệ nhân tạo, cảm biến, giao diện người-máy

1. Tính cần thiết của chủ đề nghiên cứu

Hiện nay, trong điều khiển phương tiện giao thông, con người gặp phải một số vấn đề nhất định. Đầu tiên, cảm giác mệt mỏi đặc biệt khi phải lái xe đường dài là không tránh khỏi với các tài xế, khiến họ không thể tập trung tốt, tầm nhìn giảm dần, không thể bao quát được các sự việc xung quanh. Đây cũng là nguyên nhân làm cơ thể phản ứng chậm, kém nhanh nhạy và linh hoạt khi có tình huống bất ngờ xảy ra và làm tăng tỉ lệ tai nạn giao thông.

Một vấn đề khác là trên một số cung đường cong và nguy hiểm, nơi có nhiều đoạn cua gắt, người lái xe cần phải sử dụng kết hợp cả hai tay để đánh lái một góc lên tới 65 độ trong thời gian ít hơn 0.3 giây. Điều này có thể gây chấn thương các khớp vai, cơ và để lại di chứng lâu dài [1]. Hơn nữa, đối với người khuyết tật, lái ô tô là điều không thể tại thời điểm hiện tại. Các vấn đề trên dẫn tới nhu cầu phát triển các công nghệ nhằm hỗ trợ việc lái xe truyền thống.

Trong một cuộc khảo sát về những bệnh nhân đột quỵ được nhận vào Viện Phục hồi chức năng Thủ đô Tokyo [2], một bảng câu hỏi đã được gửi đến 525 bệnh nhân. Các bác sĩ và nhà vật lý trị liệu đã đánh giá tinh thần của tất cả những người tham gia qua thang đánh giá tâm thần tối thiểu (mini-mental state examination - MMSE) và phương pháp đánh giá Brunnstrom. Loại và vị trí xảy ra đột quỵ, cũng như khoảng thời gian từ lúc bị đột quỵ và tham gia chương trình cũng được ghi nhận. Trong số 218 câu trả lời, hơn 80% bệnh nhân không có đủ thông tin về việc lái xe sau hồi phục

và 38.1% bệnh nhân muốn được đào tạo với thiết bị mô phỏng để có thể phục hồi khả năng lái xe. Đối tượng của khảo sát này là bệnh nhân từng có khả năng lái xe bình thường, nhưng sau đó bị đột quỵ, và có mong muốn được tiếp tục điều khiển phương tiện.

Bài viết này nhằm giới thiệu các công nghệ của Nhật Bản nhằm hỗ trợ người khuyết tật trong việc điều khiển giao thông, sử dụng các giao diện người-máy (human-machine interface - HMI) được thiết kế đặc biệt.

2. Hỗ trợ điều khiển phương tiện giao thông bằng giao diện người-máy sử dụng tín hiệu điện cơ đồ bề mặt

Phương pháp được đưa ra bởi các nhà nghiên cứu của Đại học Tokyo là phát triển một giao diện người-máy để điều khiển ô tô bằng tín hiệu điện cơ đồ bề mặt (surface electromyography - sEMG) thay cho tương tác qua vô lăng và phanh truyền thống [3]. Các điện cực sẽ được cố định vào cơ bắp người lái nhằm ghi lại các chuyển động của chúng và tín hiệu thu được sẽ được xử lý để điều khiển phương tiện theo từng chuyển động của cơ bắp bằng học máy (machine learning). Chẳng hạn, đối với điều khiển phanh xe, sau nhiều thử nghiệm, nghiên cứu sử dụng năm nhóm cơ chân [4]. Đây là một dạng hệ thống hỗ trợ người lái tiên tiến (advanced driver-assistance system - ADAS), chủ đề được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới trong lĩnh vực xe hơi tự động.

Các bước thực hiện có thể chia làm hai phần: xử lý tín hiệu sEMG nhằm loại bỏ các nhiễu, thường gây ra bởi mạng điện tần số 50 Hz của Nhật, và dùng học máy/học sâu để phân loại tín hiệu (đối với bài toán phanh xe) hoặc để hồi quy góc rẽ bánh lái (đối với bài toán bẻ lái) và từ đó điều khiển phương tiện dựa trên các tín hiệu đó kết hợp với các bộ điều khiển cấp cao khác lập trình sẵn trong xe. Các phương pháp xử lý tín hiệu được nghiên cứu có thể kể đến như lọc tuyến tính tối ưu (optimal linear filtering), một phương pháp dùng để lọc nhiễu dạng sóng tuần hoàn, và phân tích thành phần độc lập (independent component analysis - ICA), có thể dùng để phân tích tín hiệu thành các thành phần hữu ích và nhiễu riêng biệt. Phương pháp học sâu đang được nghiên cứu là dùng mạng neuron nhân tạo với cấu trúc mạng bộ nhớ dài-ngắn (long short-term memory - LSTM), phù hợp cho dữ liệu đầu vào dạng tín hiệu. Hiện nay độ chính xác của phương pháp học máy cho bài toán phanh xe trong điều kiện thử nghiệm đạt 82%, nghĩa là trong các thử nghiệm

nhận diện xem tín hiệu được cung cấp có ứng với việc phanh xe hay không, thì máy nhận dạng đúng 82%. Độ chính xác này chưa phải là quá cao, tuy nhiên đó mới chỉ là kết quả ban đầu. Còn đối với bài toán điều khiển hướng di chuyển, hiện nay phương pháp đang được nghiên cứu sử dụng học tăng cường (reinforcement learning) [5]. Trong phương pháp học không giám sát này, mô hình máy học sẽ liên tục đưa ra dự đoán và kết quả dự đoán sẽ được chấm điểm tự động, và thuật toán sẽ học thông qua việc tối đa hóa số điểm nhận được.

Mô hình này có ưu điểm là khả năng thích nghi tốt với mỗi người sử dụng, nghĩa là hệ thống có thể liên tục cập nhật trong lúc người lái đang sử dụng phương tiện. Tuy nhiên, một vấn đề là cách sử dụng khá phức tạp đồng thời việc học của máy tốn nhiều thời gian so với các hình thức học có giám sát truyền thống. Một phương án thay thế đang được xem xét là luật điều khiển học với các phản hồi từ người lái, là một phương pháp học có giám sát, đang được sử dụng cho một số hệ thống robot trong vật lý trị liệu, phục hồi chức năng [6]. Cả hai ứng dụng đều giúp hỗ trợ người khuyết tật. Một vấn đề khác của việc áp dụng học máy là đảm bảo chất lượng của dữ liệu dùng để luyện cũng như kiểm tra các mô hình. Việc này đòi hỏi việc sử dụng các phương pháp xử lý tín hiệu nâng cao nói trên (vì có rất nhiều yếu tố gây nhiễu với những tần số và đặc tính khác nhau) nhưng phải khả thi trong thực tế. Tổng thời gian hệ thống cần để ra quyết định sẽ phải cộng thêm giai đoạn để xử lý tín hiệu thu được, do đó việc áp dụng trong thời gian thực cho hệ thống thí nghiệm vẫn còn khó khăn. Hiện nay, việc thử nghiệm được tiến hành trên mô hình thí nghiệm là một giao diện mô phỏng việc lái xe với bánh lái, phanh và màn hình cùng với phần mềm mô phỏng địa hình.

3. Hệ thống mô phỏng việc lái xe dành cho người khuyết tật

Trình mô phỏng lái xe Honda (Honda, Tokyo), một tương tác, mô phỏng thực tế và kỹ thuật tiên tiến, đã được sử dụng trong chương trình khảo sát nói ở đầu bài viết [2]. Hai mươi bốn bệnh nhân đáp ứng các tiêu chí này và được đưa vào nghiên cứu. Ngoài ra, 20 tình nguyện viên khỏe mạnh tham gia vào chương trình đào tạo với tư cách là điều phối viên. Trình mô phỏng được đặt ở Viện Phục hồi Chức năng Tokyo để quan sát việc lái xe và hiệu suất của những người tham gia. Máy này bao gồm một thân trước thực tế của một chiếc xe sedan số tự động và đã được trang bị ba màn hình lớn với trường nhìn 138 độ, và đã được sửa đổi cho chương

trình này để cho phép sử dụng bởi bệnh nhân liệt nửa người bên phải. Hỗ trợ thích ứng về phía bàn đạp ga, thanh chỉ báo bên trái và tay lái spinner đã được tích hợp vào trình mô phỏng.

Trước tiên, để làm quen với trình mô phỏng, người tham gia lái xe trên con đường mô phỏng bên bờ biển với tốc độ nhỏ hơn 30 km/h. Tuyến đường bao gồm các con đường thẳng và cong với mật độ giao thông thấp và không xảy ra các sự kiện khó lường. Tiếp theo, những người tham gia lái xe trên một con đường thẳng mô phỏng và gặp một mối nguy hiểm theo đó họ phải tránh. Ví dụ, khi đang lái xe với tốc độ không đổi 40 km/h thì bất ngờ bị một xe tải cách đó 21.6 m băng qua đường trước mặt họ; người tham gia được yêu cầu bỏ chân ra khỏi chân ga và nhanh chóng đạp phanh để tránh va chạm. Cuộc khảo sát đã kiểm tra liệu người tham gia có thực hiện nhiệm vụ phanh không, và đo tốc độ phản ứng và thời gian hãm của các bệnh nhân. Thời gian phản ứng được định nghĩa là thời gian từ khi xuất hiện xe tải và khi phanh hoàn toàn. Thời gian phanh được xác định là khoảng thời gian giữa hành động phanh hoàn toàn và vận tốc xe giảm xuống dưới 0.1 km/h. Những người tham gia có thể thực hiện nhiệm vụ tối đa ba lần.

Kết quả thu được tương đối khả quan. Luyện tập lặp lại với trình mô phỏng dẫn đến hiệu quả phanh xe tăng lên và cải thiện khả năng lái xe. Phần lớn khả năng tinh thần và thể chất để lái một chiếc ô tô của bệnh nhân được đánh giá là có thể tiếp tục lái xe như một kết quả khách quan của chương trình đào tạo. Chỉ số MMSE được ghi nhận là 27.9 ± 2.3 , trong khi khoảng chấp nhận của người bình thường là 20–30. Không có bệnh nhân nào đơn phương bỏ bê hoặc có vấn đề bất thường về nhận thức chiều sâu thị giác.

4. Giao diện mô phỏng lái xe sử dụng trình nhận diện thao tác cử chỉ

Một giao diện mô phỏng lái xe – kết hợp với điều khiển phi tuyến và bán tự động – đã được thiết kế dành cho người khuyết tật sử dụng thao tác cử chỉ [7]. Một mô hình sử dụng con quay hồi chuyển (gyro sensor) đã được thử nghiệm và đánh giá ở giai đoạn đầu của nghiên cứu.

Đầu tiên, tác giả Yoshitoshi và Kazuhiro đã lên phương án thiết kế bao gồm 4 loại cảm biến: cảm biến KINECT, máy quay video, bộ mã hóa quay (rotary encoder), và con quay hồi chuyển. Các cảm biến KINECT và máy quay video phải được gắn cố định

vào xe cũng như có một số ràng buộc về khoảng cách giữa cảm biến và người lái, trong khi bộ mã hóa quay cần một bộ chuyển đổi cơ khí. Vì thế, con quay hồi chuyển được lựa chọn, và trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng cảm biến ATR Promotion WAA-010.

Tác giả ghi nhận các thông số của việc điều khiển xe lần lượt qua các vị trí gắn cảm biến và hành động tương ứng: sử dụng khớp cổ chân, di chuyển đầu ngón tay, di chuyển cổ tay, di chuyển cánh tay dưới, trên về phía sau và phía trước. Sau đó, tác giả đánh giá hiệu quả các vị trí qua 2 thông số: tỉ lệ lệch làn (ratio of lane departure – RLD) và độ lệch chuẩn của khoảng cách xe so với tâm làn đường (standard deviation of the driving gap – SDDG). RLD được tính khi xe lấn hai đường giới hạn và SDDG được tính bằng khoảng cách trung bình từ tâm xe đến tâm làn đường.

Số liệu cho thấy chỉ số SDDG khi cảm biến gắn trên nửa cánh tay trên là cao nhất, bởi vì trên thực tế, điều khiển chính xác cánh tay trên bằng cơ vai là rất khó khăn. Chỉ số RLD khi cảm biến gắn trên đầu ngón tay cao hơn khi gắn trên mu bàn chân, vì đầu ngón tay có thể bị di chuyển một cách dễ dàng và vô thức. Vì thế, cảm biến gắn trên mu bàn chân là hiệu quả nhất.

5. Kết luận

Như vậy, chúng ta thấy rằng nhu cầu điều khiển ô tô của người khuyết tật là khá lớn. Đồng thời, các nhà khoa học Nhật Bản đã và đang nghiên cứu các phương pháp khác nhau nhằm tìm ra công nghệ giúp hỗ trợ họ, thông qua các giao diện người-máy đặc biệt. Bài viết này điếm qua một số công nghệ đó, đã và đang tiến hành tại các viện nghiên cứu và công ty Nhật Bản.

Tài liệu tham khảo

- [1] Pandis, P.; Prinold, J.A.I.; Bull, A.M.J. Shoulder Muscle Forces during Driving: Sudden Steering can Load the Rotator Cuff beyond its Repair Limit, *Clin. Biomech*, (2015).
- [2] Hitosugi, M.; Takehara, I.; Watanabe, S.; Hayashi, Y.; Tokudome, S. Support for Stroke Patients in Resumption of Driving: Patient Survey and Driving Simulator Trial, *International Journal of General Medicine*, (2011).
- [3] Nacpil 1, E.J.C.; Wang, Z.; Zheng, R.; Kaizuka, T.; Nakano, K. Design and Evaluation of a Surface Electromyography-Controlled Steering Assistance Interface, *Sensors*, (2019).

- [4] Tran, G.Q.B.; Wang, Z.; Yusuke, K.; Nakano, K. Surface Electromyography-controlled Vehicle Braking Assistance System using Deep Learning, *12th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, (2021).
- [5] Wang, Z.; Yang, Z.; Nakano, K. Comfort-oriented Haptic Guidance Steering via Deep Reinforcement Learning for Individualized Lane Keeping Assist, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, (2019).
- [6] Menner, M.; Neuner, L.; Lunenburger, L; Zeilinger, M. Using Human Ratings for Feedback Control: A Supervised Learning Approach with Application to Rehabilitation Robotics, *IEEE Transactions on Robotics*, (2020).
- [7] Murata, Y.; Yoshida, K.; Suzuki, K.; Takahashi, D. Proposal of an Automobile Driving Interface Using Gesture Operation for Disabled People, *The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*, (2013).

PHỤ LỤC

Tác giả khác: Trần Gia Quốc Bảo

Đơn vị công tác: Sinh viên Thạc sĩ, ngành Điều khiển Tự động, Viện Kỹ thuật, Đại học Grenoble Alpes

Email: gia-quoc-bao.tran@ieee.org

Trần Gia Quốc Bảo là sinh viên hệ Kỹ sư (Thạc sĩ) năm cuối về Điều khiển Tự động tại Đại học Grenoble Alpes (UGA) đồng thời tham gia nghiên cứu tại GIPSA-lab (phòng thí nghiệm liên kết giữa Trung tâm Nghiên cứu Khoa học Quốc gia Pháp CNRS và UGA). Bảo tham gia nghiên cứu về đề tài được nêu trong bài viết tại Đại học Tokyo vào mùa hè năm 2020, và đã công bố một bài báo khoa học liên quan. Bảo hoàn thành bốn năm (2015-2019) tại Chương trình Đào tạo Kỹ sư Chất lượng cao Việt-Pháp PFIEV tại Đại học Bách Khoa, ĐHQG TP HCM, chuyên ngành Cơ Điện tử, và là một trong mười sinh viên Việt Nam được trao Giải thưởng Honda dành cho Kỹ sư và Nhà Khoa học Trẻ (Honda Y-E-S) vào năm 2019