

# THIẾT KẾ MÔ HÌNH CABIN TẬP LÁI XE Ô TÔ: PHẦN THUẬT TOÁN VÀ LẬP TRÌNH DESIGNING A VEHICLE DRIVING SIMULATOR: ALGORITHM AND PROGRAMMING

Nguyễn Bá Hải<sup>1</sup>, Phan Ngọc Trung<sup>2</sup>

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM<sup>1</sup>

Công ty City Ford<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo này trình thuật toán PID điều khiển động cơ tái tạo cảm giác lái cho cabin tập lái và thiết kế mô hình 3D mô phỏng môi trường ảo trong cabin. Điểm mới của đề tài này là quá trình xây dựng phần mềm 3D với các thông tin mô phỏng môi trường thật như âm thanh, chuyển động của xe, va chạm, và thuật toán kết nối 3D với thiết bị ngoại vi. Nghiên cứu này đã được kiểm tra kết quả thông qua thực nghiệm. Việc chế tạo thành công cabin điện tử tại Việt Nam sẽ đáp ứng nhu cầu về thiết bị phục vụ đào tạo lái xe thay thế cho các xe ô tô thật nhằm tiết kiệm nhiên liệu, giảm chi phí đào tạo và ô nhiễm môi trường và có một sản phẩm giá thành thấp, phù hợp với điều kiện Việt Nam để thay thế cho các sản phẩm cùng loại ngoại nhập.

## ABSTRACT

This paper presents a PID controller for artificially producing steering feel in driving simulators and designs simulators' 3D simulation of virtual environment. The novel contributions of this research are the 3D environments including sounds, movement of cars, collision detections and algorithm for connecting 3D environment to peripheral equipments. This research has been tested with experimental results. When the 3D driving simulator is produced in Vietnam it offers a low-cost solution to driving training, reduction of fuel and the possibility of replacement of imported products.

Từ khóa: Mô hình, tập lái xe, cabin, ô tô, đào tạo lái xe, labview, giao tiếp, 3d, mô phỏng, haptics, điện tử.

## 1. Giới thiệu

Đề tài này thiết kế mô phỏng 3D, xây dựng thuật toán PID điều khiển động cơ, xây dựng thuật toán tái tạo cảm giác lái từ vô lăng, xây dựng thuật toán kết nối 3D với thiết bị ngoại vi. Khi đề tài thành công nó sẽ:

- Góp phần tăng cường chất lượng đào tạo tập lái ô tô cho các trung tâm dạy lái xe.
- Giảm giá thành sản phẩm mô hình tập lái xe.

- Chủ động trong thiết kế môi trường tập lái, có thể mở rộng thành tập lái ô tô tải, xe tăng, tập lái trên núi, đồi, vv.

- Có thể trang bị cho các đại lý ô tô nhằm hướng dẫn thêm cho khách hàng thăm quan showroom, khách mua xe.

Vấn đề cabin tập lái đã được nhiều nhóm nghiên cứu trên thế giới thực hiện bao gồm:

Một mô phỏng lái Hybrid với những nghiên cứu về động lực học chuyển động lái và dữ liệu chuyển động lái của ba giáo sư

Moohyun Cha, Jeongsam Yang and Soonhung Han với tính năng mô phỏng lái xe, tái tạo cảm giác chuyển động trong một môi trường thực tế ảo, các hoạt động nghiên cứu khác nhau đang cố gắng để tăng cường hiện thực.

Gần đây, các nghiên cứu đã tập trung vào một phương pháp dữ liệu lái của tạo chuyển động, phương pháp này thì được ghi lại chuyển động của đối tượng thực và tái tạo chúng lại trong hệ thống mô phỏng. Bằng cách cung cấp một mô phỏng với các dữ liệu chuyển động thực tế, phương pháp này có thể dễ dàng đảm bảo tính hiện thực mà không có mô hình động lực học phức tạp và giải quyết phương trình. Các dữ liệu lái thu được từ một chiếc xe thực thì được đưa vào một khối chuyển động với một mô hình động lực học, các khối sau đó được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và được tổng hợp một lần nữa với động lực học dựa chuyển động. Một cảm giác thực tế hơn của chuyển động có thể được tạo ra bởi trạng thái thông số mô phỏng hiện hành và yêu cầu người sử dụng.

Một tài liệu khảo sát, trạng thái mô phỏng lái của Slob, J.J. (Jelmer) Slob, của trường đại học công nghệ Eindhoven, khoa cơ khí, trung tâm công nghệ điều khiển hệ thống với tính năng có được cái nhìn sâu sắc các mô phỏng lái xe hiện nay, trong đề tài này mô phỏng mô tô, xe đạp và xe lửa không được xem xét. Mô phỏng lái xe có một loạt các ứng dụng khác nhau như: mô phỏng lái xe tại trường lái xe, nghiên cứu tâm lý, công viên vui chơi giải trí, nhà sản xuất xe hơi.

Thiết kế dữ liệu hiển thị cho mô phỏng lái của thạc sỹ Nariman Fouladinejad của khoa cơ khí của trường đại học Teknologi Malaysia [01]. Nghiên cứu này tập trung vào sự phát triển của một cơ sở dữ liệu hiển

thị cho một thời gian thực mô phỏng lái được tích hợp với các thành phần mô phỏng khác như mô hình động lực học chiếc xe. Sự tích hợp của cơ sở dữ liệu hiển thị với những yếu tố mô phỏng khác thì hữu dụng cho các phạm vi rộng các thí nghiệm và điều tra liên quan đến mô phỏng xe. Để đạt được một mô phỏng chính xác, môi trường ảo được xây dựng tương tự như thế giới thực. Trong dự án này, chất lượng đồ họa và tốc độ được tối ưu hóa bằng cách sử dụng các kỹ thuật khác nhau để tăng hiện thực và độ trung thực của mô phỏng.

## **2. Những khó khăn kỹ thuật chưa giải quyết được trong cabin tập lái**

Các đề tài thực hiện trong nước hiện tại chưa giải quyết triệt để bài toán từ mô phỏng 3D đến chủ động thiết kế phần cứng và giao tiếp máy tính như:

- Tái tạo cảm giác lái cho mô hình cabin với một chi phí thấp.
- Làm giao diện 3D cho xe và cho khung cảnh xung quanh ở nơi tập lái xe theo đúng sa hình của Việt Nam.
- Chưa chủ động về phần cứng để kết nối giữa mô hình 3D mô phỏng và thiết bị ngoại vi.

Để đáp ứng nghiên cứu và giải quyết những khó khăn này thì sẽ được trình bày ở trong đề tài này.

## **3. Phân tích và lựa chọn thuật toán tái tạo cảm giác lái cho vô lăng trong cabin**

### **3.1 Tổng quan về phương pháp đo dựa trên cường độ dòng điện**

Cabin điện tử có thể xem như một hệ thống lái không trực lái có cơ cấu lái và bánh xe (RW) được mô phỏng ảo. Có nhiều cách

tính cảm giác lái cho cabin điện tử, phần này trình bày cách tính cảm giác lái trong hệ thống lái không trực lái dựa trên phương pháp đo dòng điện trực tiếp của tác giả Nguyễn Bá Hải và Jee-Hwan Ryu [07]. Trong đó nhóm tác giả đề xuất sử dụng cảm biến dòng để ước lượng thông tin trên đường, mà là tương tự như khi đo mô-men xoắn.

Tín hiệu cường độ tại motor quay thước lái nối với hai bánh xe chứa các thuộc tính lớp xe, tình trạng đường, mô men góc đặt bánh xe và động lực học của xe.

Ngoài ra, các đặc tính này chi phối cảm giác lái trong hệ thống lái thông thường. Do đó, dựa trên tín hiệu cảm biến dòng để tái hiện cảm giác lái cho người lái xe. Trong nghiên cứu này, điều khiển trợ lực lái được phát triển để duy trì lợi ích của trợ lực lái.

Một động cơ DC cơ cấu lái dẫn động các bánh xe, tín hiệu cường độ dòng điện tỷ lệ với tín hiệu cường độ dòng tại vô lăng là như nhau.

May mắn thay, đối với một nam châm vĩnh cửu hoặc sự chuyển hướng của động cơ điện DC, cường độ dòng điện của motor điện tăng tuyến tính với tải mô-men như trong phương trình (1).

$$\tau_{motor} = i \cdot K_t \cdot \eta \quad (1)$$

$\tau_{motor}$  : Mô-men xoắn đầu ra của động cơ điện DC.

$i$  : Cường độ dòng điện của động cơ.

$K_t$  : Hệ số mô-men của động cơ điện.

$\eta$  : Hiệu suất động cơ điện động cơ.

- Trong phương trình (1), giá trị của tín hiệu dòng điện phụ thuộc vào tải trọng áp dụng (hoặc mô-men xoắn) trên trục động cơ điện.

- Mô-men xoắn này có chứa các thuộc tính của tình trạng đường, mô men của góc đặt bánh xe, và động lực của hệ thống lái.

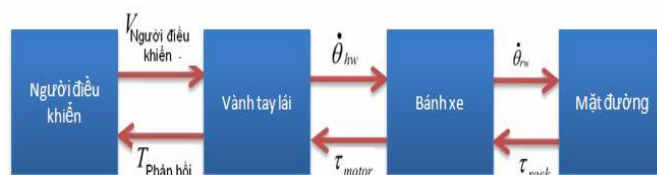
- Ngoài ra, các đặc tính này chi phối cảm giác lái trong các hệ thống lái thủy lực hoặc điện tử.

Chúng tôi đề xuất một chương trình trong hình 3.1 để đo cường độ dòng điện tại động cơ cơ cấu lái.

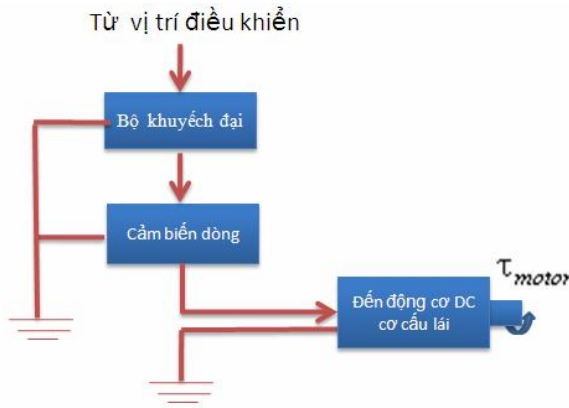
- Trong phương pháp đo lường được đề xuất, một bộ cảm biến dòng được kết nối để đo tín hiệu cường độ dòng điện tại động cơ DC cơ cấu lái và vô lăng.

- Để tạo ra thông tin phản hồi thực tế, tốc độ xe và góc quay vô lăng được sử dụng để tạo thông tin phản hồi lực tác dụng.

- Để làm cho vô lăng quay ổn định và dễ dàng được kiểm soát, một thuật toán điều khiển về vị trí trí chuyển động của vô lăng khi buông tay được phát triển dựa trên các góc quay vô lăng.

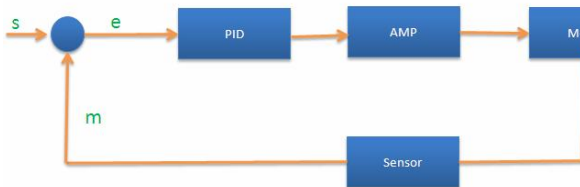


Hình 3.1: SBW là một teleoperator với hai công Chủ/Nô Lệ



Hình 3.2: Sơ đồ kết nối của cảm biến dòng

### 3.2 Thuật toán PID



Hình 3.3: Sơ đồ điều khiển thuật toán PID

Ta khảo sát bộ PID làm việc thế nào trong hệ kín có sơ đồ khối như trên.

- Biến  $e$  là thành phần sai lệch, là hiệu giữa giá trị tín hiệu vào mong muốn và tín hiệu ra thực tế.
- Tín hiệu sai lệch ( $e$ ) sẽ đưa tới bộ PID, và bộ điều khiển tính toán cả thành phần tích phân lẫn vi phân của ( $e$ ). Tín hiệu ra ( $u$ ) của bộ điều khiển bằng công thức sau:

$$U(t) = K_p e + K_I \int_0^t e(T) dt + K_D \frac{de}{dt} \quad (2)$$

Trong đó

KP : Hệ số tỉ lệ, Ki : hệ số tích phân,  
 Kd : hệ số vi phân, e : Sai số, t: thời gian tức thời

- Thành phần tỉ lệ ( $K_p$ ) có tác dụng làm tăng tốc độ đáp ứng của hệ, và làm giảm, chứ không triệt tiêu sai số xác lập của hệ
- Thành phần tích phân ( $K_i$ ) có tác dụng triệt tiêu sai số xác lập nhưng có thể làm giảm tốc độ đáp ứng của hệ.
- Thành phần vi phân ( $K_d$ ) làm tăng độ ổn định hệ thống, giảm độ vọt lố và cải thiện tốc độ đáp ứng của hệ.

Để tạo ra lực có cảm giác lái trên vô lăng, chúng ta dùng thuật toán PID để giải quyết

### 3.3 Thuật toán tái tạo cảm giác từ vô lăng

Cảm giác vô lăng là lực tạo ra bởi vô lăng tác dụng lên tay người lái như hình 3.3.

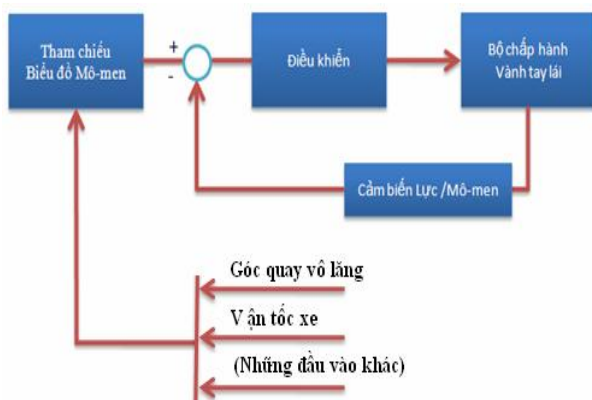


Hình 3.3: Cảm giác lái khi lái xe

Mỗi dạng Cabin điện tử điều có dạng chuyển động, cùng với kịch bản chương trình mô phỏng và điều khiển lái của người điều khiển tất cả điều này làm cơ sở đầu vào để tạo nên phương trình chuyển động.

Đề tài này sử dụng một phương pháp đơn giản hơn để tái tạo cảm giác lái cho vô lăng. Phương pháp này đã được công ty Hyundai ứng dụng những năm 2003. Theo phương pháp này thì cảm giác lái sẽ được tạo ra nhờ

hai thông số là góc lái vô lăng và vận tốc xe xem hình 3.4.



**Hình 3.4: Sơ đồ điều khiển của biểu đồ mô-men**

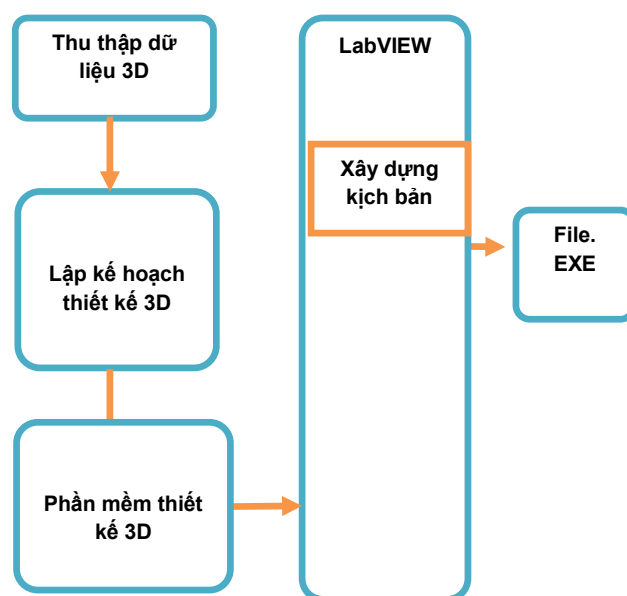
Dựa vào công thức của tác giả Oh [05], dựa trên hai tín hiệu vận tốc và góc quay vô lăng để giải quyết bài toán tạo ra lực thông qua lập trình trong LabVIEW.

**3.4 Thiết kế mô hình 3D**

Trước hết chúng ta cần xây dựng kịch bản cần tái tạo cảm giác lái mà phục vụ đào tạo lái xe. Do vậy chúng ta cần phải thu thập dữ liệu trong môi trường lái xe như môi trường sát hoạch lái xe, môi trường đường cao tốc. Sau khi thập chúng ta phải thiết kế 3D làm cơ sở dữ liệu cho việc xây kịch bản. Việc lựa chọn các phần mềm thiết kế 3D rất quan trọng sao cho chúng tương tác lẫn nhau. Đề tài này sử dụng các công cụ thiết kế 3D như Solidworks, 3D Max studio, v.v. Giao diện được thiết kế như hình 4.3.

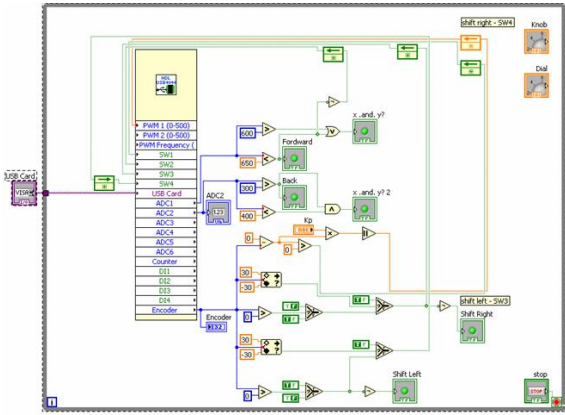
**3.5 Thuật toán kết nối 3D với thiết bị ngoại vi**

Từ hình 3.5 chúng ta có cái nhìn tổng quan của toàn hệ thống cabin điện tử và những tín hiệu như chân gas và chân phanh, phương trình động lực học của cabin (động lực học hệ thống lái không trực lái), cơ sở thiết kế dữ liệu 3D là tín hiệu đầu vào để LabVIEW xử lý và xuất tín hiệu đến màn hình và thông tin phản hồi để tạo cảm giác lái bằng cách điều khiển lực một động cơ DC gắn với vô lăng của cabin. Chân phanh và chân ga được kết nối với mô hình 3D thông qua card giao tiếp máy tính Hocdelam USB 9090.



**Hình 3.5 Sơ đồ tổng quan tạo môi trường 3D**

Trong giao diện lập trình hình 3.6, chúng tôi đã sử dụng công thức 30 và 31 của tác giả Oh để tạo cảm giác lái, dựa trên hai tín hiệu vận tốc của xe và góc quay vô lăng.



**Hình 3.6 :** Một phần chương trình của cabin điện tử trong môi trường LabVIEW

Dựa vào thuật toán PID để lập trình, thông số Kp được điều chỉnh để phù hợp với cảm giác người dùng. Trong giao diện hình 4.2 được lập trình với các chức năng xe chạy tới, quay trái, quay phải và lùi.

**4. Kết quả thực nghiệm**

Kết quả thực nghiệm xây dựng thuật toán tái tạo cảm giác lái, phục vụ đào tạo lái xe thông qua thông qua phần mềm LabVIEW, dựa trên tín hiệu tốc độ của xe và góc quay của vô lăng để tạo cảm giác lái. Việc điều khiển động cơ điện một chiều dựa trên thuật toán PID. Dưới đây là mô hình thực nghiệm lái xe



**Hình 4.1:** Mô hình thiết kế cabin điện tử

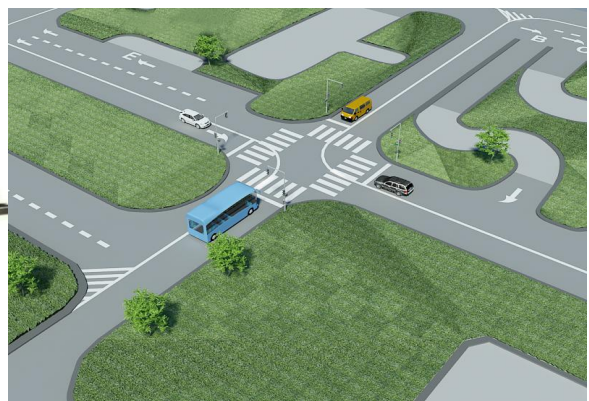
Giao diện thực nghiệm tái tạo cảm giác lái trên đường cao tốc với các thông tin phản hồi như tốc độ của xe, các cảm giác va chạm, âm thanh ...



**Hình 4.2:** Giao diện tái tạo cảm giác lái trên xa lộ cao tốc.

Mô hình mô phỏng lái xe trên đường cao tốc thể hiện các thông tin như mặt đường và kẻ phân vạch, cột đèn giao thông ,cây xanh và môi trường xung quanh với xe, các chỉ thị như tốc độ động cơ. Giao diện tái tạo cảm giác trên mô hình sát hoạch lái xe như hình 4.3.

Trong giao diện hình 4.3 chúng ta thấy hình ảnh được phân vạch rõ và được hướng dẫn vạch đi của từng làn xe thi sát hoạch.



**Hình 4.3:** Mô hình sát hoạch lái xe

Bảng vẽ được khảo sát và vẽ lại tại trung tâm sát hoạch lái xe của công ty cổ phần Sóng Thần ở Bình Dương.

## 5. Kết luận và hướng nghiên cứu tiếp theo

Qua đề tài xây dựng thuật toán và tái tạo cảm giác lái trong đào tạo lái xe. Dựa trên các kiến thức trang bị ô tô cũng như các kiến thức liên quan đến đề tài mà tác giả đã hoàn thành nhiệm vụ đề tài đề ra. Qua quá trình nghiên cứu cách kết nối của giữa mô hình 3D và thiết bị ngoại vi, tìm hiểu thiết kế 3D và thiết kế giao diện 3D, nghiên cứu thuật toán tái tạo cảm giác lái. Kết quả đạt được và đóng góp của đề tài chủ yếu gồm:

- Thiết kế 3D ( trong môi trường lái trên đường phố, đường cao tốc, sa hình sát hành lái xe)
- Tạo được chuyển động của xe và tái tạo cảm giác lái. Điểm mới, tính thực tiễn và tính mới của đề tài là đề tài đầu tiên ở Việt Nam thực hiện thiết kế và sản xuất thử với 100% công đoạn được nội địa hóa. Sản phẩm dự kiến có tính thương mại hóa cao. Phiên bản phần mềm có thể nâng cấp. Thiết kế phần mềm phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Mặc dù có nhiều cố gắng tuy nhiên với trình độ và kinh phí cũng như thời gian có hạn chế nên đề tài có hạn chế nhất định. Trong tương lai tác giả nghiên cứu và hoàn thiện các phần sau:

- Nâng cấp phiên bản phần mềm 3D và phát triển các thiết bị ngoại vi để đầy đủ các thông số từ môi trường như thật hơn khi tái tạo cảm giác lái.
- Ứng dụng công trình tính lực cảm giác của Tiến sĩ Nguyễn Bái Hải và Giáo sư Jee-

Hwan Ruy dựa trên cảm biến dòng điện đã được công bố trên IEEE để có thể đầu tư ở mức chi phí thấp mà vẫn đảm bảo tính năng tái tạo cảm giác lái tốt cho cabin trong tương lai. Ứng dụng mô hình tại các trung tâm dạy lái xe.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [01] Nariman Fouladinejad, “*Visual Databae Design For Driving Simulation*”, 2010.
- [02] Coudon, et. al., “*A New Reference Model for Steer-By-Wire Applications with Embedded Vehicle Dynamics*”, American Control Conference, 2006
- [03] Im et. al., “*Bilateral Control for Steer-by-Wire Vehicles*”, SICE-ICASE International Joint Conference, 2006.
- [04] Kim, et. al. “*Development of a control algorithm for a rack-actuating steer-by-wire system using road information feedback*”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D, Journal of automobile engineering, 2008.
- [05] Oh, S.-W., Park, T.-J. and Han, C.-S., “*The Design of a Controller for the Steer-by-Wire System*”, FISITA 2002 World Automotive Congress, (2002).
- [06] Tài liệu LabVIEW tại <http://hocdelam.org>
- [07] Ba-Hai Nguyen, Jee-Hwan Ryu, “*Direct Current Measurement Based Steer-By-Wire. Systems for Realistic Driving Feeling*”. ISIE 2009. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 2009. Korea.
- [08] TS. Nguyễn Bái Hải, “*Giáo trình Lập trình LabVIEW*”, NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM, 2012.