**Thiết kế và biễu diễn cấu trúc cho một chiếc xe tự lái:**

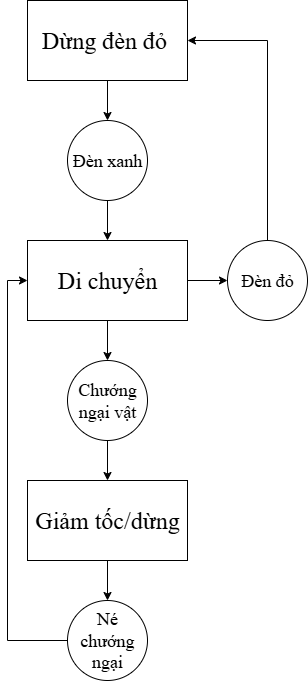
1. **Những yếu tố cần thiết**

* Vị trí hiện tại của xe (tọa độ GPS hoặc trên bản đồ lưới)
* Hướng di chuyển (góc hoặc hướng Bắc/Đông/Nam/Tây)
* Tốc độ hiện tại
* Trạng thái đèn giao thông phía trước (đỏ, vàng, xanh)
* Khoảng cách tới xe phía trước/sau
* Loại làn đường (làn rẽ trái, làn thẳng, làn khẩn cấp…)
* Điều kiện thời tiết (nắng, mưa, sương mù…)
* Vật cản trong vùng cảm biến (có/không, vị trí, loại vật cản)
* Mức pin/nhiên liệụ tiêu thụ.

1. **Các hành động có thể gây ra những thay đổi trạng thái**

* Các hành động và ý nghĩa:
  + Tăng tốc: Tăng tốc dọc theo hướng hiện tại để đạt tốc độ mục tiêu.
  + Giảm tốc/phanh: Giảm tốc hoặc phanh gấp để dừng trong khoảng cách an toàn.
  + Giữ ga/giữ tốc: Duy trì tốc độ hiện tại nếu an toàn và hợp pháp.
  + Rẽ trái/phải: Thay đổi hướng tại giao lộ hoặc theo quỹ đạo cong.
  + Chuyển làn: Di chuyển sang làn kề bên khi đủ khoảng trống.
  + Dừng hẳn: Đưa vận tốc về 0 tại vị trí hợp lệ (vạch dừng, lề).
  + Khởi động/tiếp tục: Tăng từ 0 lên tốc độ thấp rồi hợp lưu vào luồng xe.
  + Tránh vật cản: Thực hiện quỹ đạo né (vi chỉnh lái + điều chỉnh tốc).
  + Lùi xe: Di chuyển lùi trong các tình huống đặc biệt (bãi đỗ, kẹt đường).
  + Xin nhường/ra hiệu: Bật xi-nhan, còi, đèn pha để tác động giao thông xung quanh.
* Điều kiện áp dụng và ràng buộc an toàn
  + Giới hạn tốc độ: Chỉ tăng tốc khi chưa vượt giới hạn và phù hợp điều kiện đường.
  + Khoảng cách an toàn: Không tăng tốc nếu khoảng cách tới xe trước dưới ngưỡng dừng an toàn.
  + Miền khả thi điều khiển: Rẽ/chuyển làn chỉ khi quỹ đạo nằm trong làn và không cắt vào vật cản.
  + Quy tắc giao thông: Dừng trước đèn đỏ/biển STOP; không rẽ khi có vạch/biển cấm.
  + Bám dính mặt đường: Trên mưa/sương/tuyết, giới hạn gia tốc dọc/ngang thấp hơn.
  + Khả năng cảm biến: Tránh vật cản chỉ khi định vị đủ tin cậy; nếu không, giảm tốc/dừng.
  + Ưu tiên an toàn: Khi xung đột, ưu tiên hành động giảm rủi ro: phanh > giữ ga > tăng tốc.

1. **Sơ đồ chuyển trạng thái đơn giản**



1. **Loại tác nhân nào là xe tự lái.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Loại Agent | Collect utility over time? | Utility cho mỗi state được định nghĩa thế nào? | Có goal state? | Có lưu trữ state? (atomic/factored) | Dùng simple rules dựa trên current percepts? |
| Utility-based agent | Có — xe tự lái tối ưu hóa nhiều yếu tố liên tục (an toàn, thời gian, tiết kiệm nhiên liệu, thoải mái). | Utility có thể là hàm kết hợp nhiều tiêu chí: khoảng cách tới đích, tốc độ, mức tiêu hao nhiên liệu, độ an toàn, tuân thủ luật giao thông. | Không chỉ có 1 goal state; mục tiêu là tối đa hóa utility tổng thể trong suốt hành trình. | Có, factored (lưu thông tin bản đồ, vị trí, tốc độ, trạng thái giao thông). | Không chỉ dùng simple rules; quyết định dựa trên tính toán tối ưu utility. |
| Goal-based agent | Không (chỉ quan tâm đạt đích) | Không định nghĩa utility; chỉ phân biệt state “đến đích” và “chưa đến đích”. | Có (goal state = đến vị trí đích an toàn). | Có, factored (lưu bản đồ, vị trí hiện tại, kế hoạch đường đi). | Không chỉ dùng simple rules; cần lập kế hoạch đường đi. |
| Model-based reflex agent | Không | Không định nghĩa utility; phản ứng dựa trên model nội bộ về môi trường (dự đoán vị trí xe khác, đèn giao thông…). | Không nhất thiết có goal state. | Có, factored (lưu trạng thái môi trường để dự đoán bước tiếp theo). | Có thể dùng simple rules, nhưng dựa trên cả percept hiện tại + state lưu trữ. |
| Simple reflex agent | Không | Không định nghĩa utility; chỉ phản ứng tức thì với percept (ví dụ: thấy vật cản → phanh). | Không | Không lưu trữ state (atomic). | Hoạt động dựa trên simple rules (if–then), nhưng không đủ cho toàn bộ chức năng xe tự lái. |

1. **Môi trường cho xe tự lái**
2. **Partially observable (có thể quan sát một phần)**

* Lý do:
  + Trong thực tế, cảm biến của xe tự lái (camera, lidar, radar…) không thể quan sát toàn bộ trạng thái môi trường ở mọi thời điểm.
  + Có điểm mù do vật cản (xe khác, tòa nhà, cây cối) che khuất.
  + Thời tiết (mưa, sương mù, chói nắng) và điều kiện ánh sáng làm giảm khả năng nhận diện.
  + Một số thông tin quan trọng như ý định của người đi bộ hoặc xe khác không thể đo trực tiếp, phải suy luận từ dữ liệu trước đó.
* Ý nghĩa: Xe cần ghi nhớ trạng thái đã quan sát và dự đoán/phỏng đoán phần còn thiếu để ra quyết định an toàn. Đây là lý do các hệ thống xe tự lái dùng kỹ thuật hợp nhất cảm biến và mô hình trạng thái niềm tin (belief state).

1. **Stochastic (Ngẫu nhiên)**

* Lý do:
  + Cảm biến không hoàn hảo: Camera, lidar, radar… luôn có nhiễu đo, bị ảnh hưởng bởi ánh sáng, thời tiết, hoặc thậm chí lỗi tạm thời → percepts không thể 100% chính xác.
  + Môi trường khó dự đoán:
  + Hành vi con người (người đi bộ, xe máy, ô tô khác) thay đổi bất ngờ.
  + Các yếu tố tự nhiên như gió, mưa, vật thể rơi xuống đường… khiến cùng một hành động có thể dẫn đến kết quả khác nhau.
  + Hàm chuyển trạng thái mang tính xác suất: Ví dụ, khi xe tự lái phanh, quãng đường dừng phụ thuộc vào độ bám đường, tải trọng, và nhiều yếu tố không đo được chính xác ngay lập tức → kết quả không hoàn toàn cố định.
* Ý nghĩa với xe tự lái:
  + Xe phải lập kế hoạch và ra quyết định dựa trên xác suất, không thể giả định mọi thứ diễn ra y hệt dự đoán.
  + Cần mô hình hóa độ tin cậy của cảm biến và xác suất các kịch bản để chọn phương án an toàn nhất.
  + Các thuật toán như Bayesian filtering, Markov Decision Process (MDP), hoặc POMDP thường được dùng để xử lý tính ngẫu nhiên này.

1. **Unknown**

* Transition function (hàm chuyển trạng thái) mô tả: nếu ở trạng thái hiện tại và thực hiện một hành động, môi trường sẽ chuyển sang trạng thái nào.
* Trong thực tế, xe tự lái không thể biết trước hoàn toàn quy luật này cho mọi tình huống:
* Hành vi con người (người đi bộ, xe máy, ô tô khác) rất khó đoán và thay đổi theo bối cảnh.
* Điều kiện đường xá (ổ gà, công trình, vật cản mới) thay đổi liên tục, không có trong bản đồ.
* Yếu tố thời tiết ảnh hưởng đến kết quả hành động (phanh trên đường ướt khác với đường khô).
* Vì vậy, xe phải học dần thông qua trải nghiệm, dữ liệu cảm biến, và cập nhật mô hình dự đoán.
* Tại sao không chọn Known
  + Nếu là Known, xe sẽ biết chính xác mọi quy luật của môi trường → điều này chỉ đúng trong mô phỏng hoặc môi trường rất đơn giản, không đúng với giao thông thực tế.
  + Trong thế giới thật, luôn có yếu tố bất ngờ và chưa từng gặp, nên không thể coi là Known.