

УДК 531.1

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ АВТОМОБИЛЕМ В ПРОЕКТЕ "АвтоНИВА"

В.Е. Павловский, В.Н.Огольцов
(*vlpavl@mail.ru*)

Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша
Российской академии наук, Москва

И.А.Спиридонова
Российский Государственный гуманитарный университет
(РГГУ), Москва

Аннотация. Рассмотрены проблемы создания беспилотных автомобилей, дан их обзор по материалам современной печати. Представлены результаты по созданию автоматической системы управления автомобилем "Нива", – описана система управления нижнего уровня, две зрительные системы, система обнаружения дорожных знаков и система обнаружения близких соседних автомобилей. Кратко представлены эксперименты с созданным автомобилем-роботом.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, система управления, нижний уровень управления, техническое зрение

Введение

Современное состояние проблемы создания беспилотного автомобиля близко к ее полному решению. Научные группы и автопроизводители фактически уже предложили многое из того, что сделает водителя не обязательным. Специалисты считают, на доведение "до ума" этих проектов будет достаточно ближайших пяти - десяти - двадцати лет (последнее – по осторожным оценкам).

Согласно литературным данным (Интернет, [<http://navya-technology.com/?lang=en>]) первый беспилотный автомобиль уже вышел на рынок. Это модель Navia (Induct Technologies, Франция), представляющая собой шаттл для перевозки пассажиров по территориям крупных предприятий или университетских кампусов (рис.1). Транспортное средство, продающееся с января 2014 года, движется со скоростью 20 км/ч и берет восемь человек. Эксплуатация этой машины уже доказала ее экономическую целесообразность, По оценкам экспертов

Navia снижает операционные расходы на 40-60%.



Рис.1. Navia от Induct Technologies, Франция

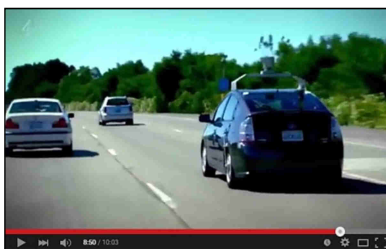


Рис.2. GoogleCar (США) на дороге общего пользования.

На рис.2 приведен хорошо известный другой пример – беспилотный автомобиль GoogleCar (на фото справа) корпорации Google (США). Отметим, приведенные примеры – это только весьма малая часть данных, имеющихся в литературе и Всемирной Сети Интернет.

О задаче. В настоящее время основные элементы системы беспилотного автомобиля прежде всего включают автоматику управления. Кроме этого, по литературным данным ([dic.academic], [Д.А.Козорез, Д.М.Кружков. 2012], [В.П.Носков, И.В.Рубцов. 2013]) к ним нужно добавить еще несколько базовых элементов. Используя эти данные, перечислим базовые элементы, они указаны в п.1. Проект "АвтоНИВА", частично реализующий эти элементы, представлен в пп.2,3.

1 Задачи автоматического управления автомобилем

Управление нижнего уровня. Сюда относятся модули управления подсистемами и узлами автомобиля – двигателем, трансмиссией, рулем,

тормозами и т. п. Сейчас они могут основываться на микропроцессорных системах, которых уже множество устанавливается в серийные автомобили. Фактически, автоматика управления уже подготовлена.



Рис.3. Система ближнего и дальнего "зрения" машины. ИИ и зрение.

Сенсоры автомобиля. Все минимально необходимые сенсоры уже есть в распоряжении современных систем, это устройства автоматической парковки, активного круиз-контроля, системы удержания автомобиля в своей полосе, системы автоматического экстренного торможения и системы обнаружения пешеходов на проезжей части. Набор оборудования таков: радары, дальнометры и лидары (оптические радары), GPS. Следовательно, основной набор необходимых устройств уже серийно ставится на автомобили. Теперь главный вопрос - к программному обеспечению.

ИИ в автомобиле. ПО в автомобиле очевидно относится к области систем искусственного интеллекта (ИИ). Сегодня здесь основной элемент – системы зрения (рис.3). Мало уметь смотреть, надо видеть - то есть распознавать объекты и, исходя из этого, принимать решения. ПО автомобиля уже может распознавать дорожную разметку, дорожные знаки. Теперь вводятся системы для сопоставления наблюдаемых данных с информацией с карты (авто-локализация) и, при обнаружении расхождений между картой и реальностью, для корректировки своих алгоритмов поведения и карты (SLAM-алгоритмы). А далее участникам движения надо освоить связь между собой.

Сети для автомобилей. Сегодня системы "общения автомобилей" V2V (vehicle-to-vehicle) существуют только в виде прототипов, но к 2017 году в США уже могут быть утверждены требования об обязательном оснащении всех новых моделей таким оборудованием. Соответствующие стандарты связи — в разработке. Суть этих решений в том, что автомобили будут обмениваться с соседями по потоку движения информацией о своих географических координатах, скорости, а также

ускорении или торможении. Причем обмен данными будет происходить как минимум 10 раз в секунду. Это позволит "умным машинам" предугадывать опасные ситуации примерно за 300 м и самостоятельно предпринимать действия, чтобы их избежать.



Рис.4. Концепция V2V

Умная дорога. Следующий этап — это интерактивное взаимодействие машины с дорогой и окружением. Например, возможно, что дорожный знак сможет принудительно ограничивать скорость автомобиля. Но этим функции "умной дороги" не ограничиваются.



Рис 5. Элементы "умной дороги". Вирджиния, США

Дорога сможет контролировать и регулировать поток транспорта, давать команды машинам таким образом, чтобы они группировались в колонны, более эффективно используя дорожное полотно. Беспилотные машины могут двигаться на небольшой дистанции, и, при необходимости перегруппировываться наиболее рационально, тем самым

существенно увеличивая пропускную способность дороги. И это далеко не единственные концепции умной дороги.

Взаимодействие участников движения. Перечисленными элементами задачи автовождения не ограничиваются. В последнее время появились работы, изучающие характер и принципы взаимодействия роботов в большом коллективе. Автономные автомобили – один из ярких примеров этого направления. В указанной предметной области появилось, к примеру, направление РобоЭтика ([\[http://edurobotics.ru/archives/1028\]](http://edurobotics.ru/archives/1028)), определяющее правила взаимодействия роботов. И хотя начиналась РобоЭтика как свод этических правил взаимоотношения роботов и людей, по-видимому, РобоЭтика может быть распространена и на отношения роботов в робоколлективе и будет определять ПДД будущего и общее поведение робоавтомобилей на дороге [www.theatlantic.com].

2 "АвтоНИВА": система управления нижнего уровня

В Институте прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН разрабатывается система "АвтоНИВА" – комплекс аппаратных и программных средств автовождения для автомобиля НИВА ВА3-21214.

Общая структура автомобиля как автоматически управляемого транспортного средства может быть представлена в виде схемы, изображенной ниже на рис.6, в блоках СНУ и СВУ приведены примеры систем этих классов [В.Е.Павловский и др. 2013].



Рис 6. Система управления робота-автомобиля.

Для изучения проблемы управления автомобилем с механической трансмиссией в проекте "АвтоНИВА" разработана динамическая модель в среде MATLAB\Simulink с использованием библиотеки компонентов SimScare. Для задания характеристик модели использовались технические

характеристики автомобиля ВАЗ-21214 "НИВА". С помощью этой модели были решены следующие задачи:

- моделирование и исследование динамики автомобиля при заданном векторе управления трансмиссией;
- подбор параметров отдельных узлов для достижения заданных характеристик устройств управления;
- синтез алгоритмов контроллера трансмиссии.

Общая схема динамической модели автомобиля с механической трансмиссией представлена на рис.7 (обозначения даны в нотации Simulink).

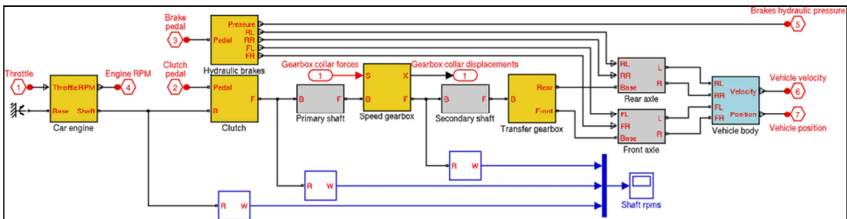


Рис 7. Полная динамическая модель автомобиля.

Все блоки модели детализированы как субмодели, разработаны контроллеры и устройства управления узлами трансмиссии. Примеры двух устройств приведены на рис.8 – показаны привод сцепления (тормоза) и привод руля.

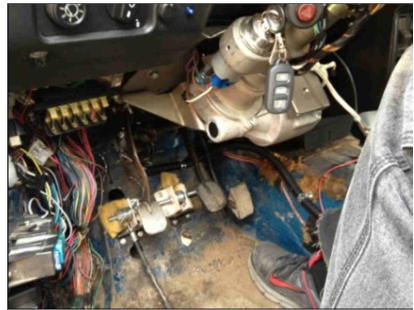
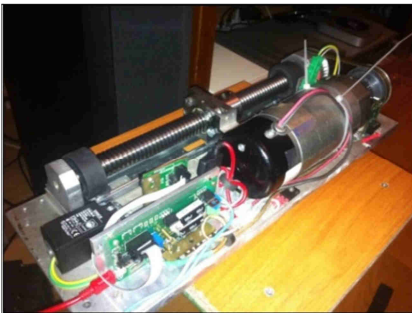


Рис 8. Приводы сцепления (тормоза) и руля в "АвтоНиве".

Проведенные эксперименты показали полную адекватность созданных моделей поставленной задаче. Автомобиль под управлением созданных устройств и алгоритмов обеспечивает точности движения, практически аналогичным достижимым при управлении от человека. Динамика трогания и движения на низших передачах также сохраняется.

3 "АвтоНИВА": зрительные системы опознавания дорожных знаков и соседних автомобилей

Для "АвтоНИВЫ" разработаны базовые системы распознавания объектов дорожной ситуации - автомобилей и дорожных знаков - на видео, получаемом с движущейся монокулярной камеры. Реализовано машинное обучение, для распознавания использованы каскадные классификаторы Хаара. Использовано распознавание по цвету и форме. Примеры приведены на рис.9 и 10.

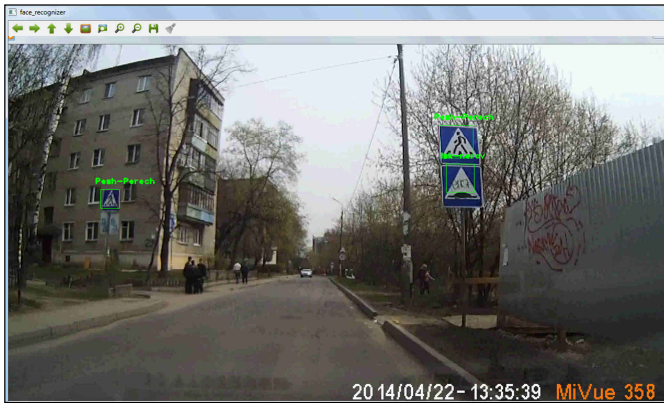


Рис 9. Распознавание знаков в реальной дорожной сцене.

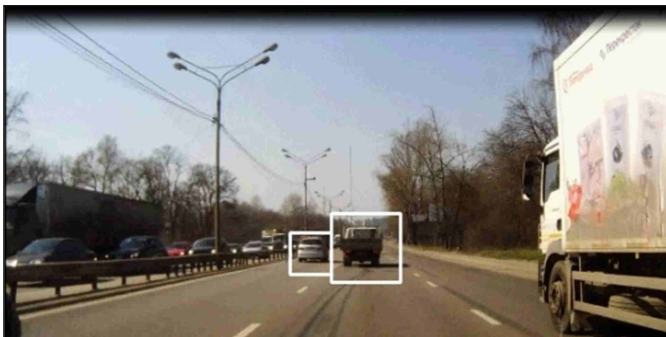


Рис 10. Распознавание автомобилей в реальной дорожной сцене.

Созданные системы достаточно эффективно решают представленные задачи.

Выводы

Предложены реальные системы управления автомобилем "НИВА" в режиме, близком к автоматическому. Созданные системы относятся к первым базовым элементам систем автовождения, указанным выше в постановке общей задачи – системе управления нижнего уровня и системе автоматического зрения автомобиля-робота. Эксперименты показывают их достаточную эффективность и адекватность поставленным задачам.

По результатам экспериментов можно сделать вывод, что созданные системы могут служить базисом для развития комплексных систем беспилотного автомобиля.

Проект АвтоНИВА поддержан грантом РФФИ РАН 13-08-01118-а.

Список литературы

- [<http://navya-technology.com/?lang=en>] <http://navya-technology.com/?lang=en>
 [dic.academic] <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1619790>
 [Д.А.Козорез, Д.М.Кружков. 2012] Д.А.Козорез, Д.М.Кружков. Состав и структура автономных систем навигации и управления роботизированного прототипа автомобиля. // Спецтехника и Связь. 2012, №3, с.15-18.
 [В.П.Носков, И.В.Рубцов. 2013] В.П.Носков, И.В.Рубцов. Ключевые вопросы создания интеллектуальных мобильных роботов. // Инженерный журнал: наука и инновации. - 2013. № 3(15).
 [<http://edurobotics.ru/archives/1028>] <http://edurobotics.ru/archives/1028> Роботэтика: философские, социальные и этические последствия робототехники.
 [www.theatlantic.com] <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/10/the-ethics-of-autonomous-cars/280360/> The Ethics of Autonomous Cars.
 [В.Е.Павловский и др. 2013]. В.Е.Павловский, В.Н.Огольцов, Н.С. Огольцов. Система управления нижнего уровня для автомобиля с механической трансмиссией. // Препринт ИПМ № 103, Москва, 2013 г. 28 с.