

УДК 004.852

УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАДАРА

Исомадинов А.Х., студент гр. ИТб-202, IV курс
Научный руководитель: И.С. Сыркин, к.т.н., доцент кафедры
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Автомобильный радар – это радиолокационный датчик транспортного средства, который использует радиоволны для измерения положений и траекторий автомобилей, людей, животных и других объектов вокруг него. Он работает путем передачи радиоволн в интересующем направлении. Они отражаются от объектов в окружающей среде и возвращаются к датчику. Затем датчик сравнивает характеристики этих отраженных волн с переданными волнами, чтобы вывести положения и движения объектов. Такие системы автомобильных радаров обеспечивают улучшенную помощь водителю, включая автономное управление, помогая транспортному средству оставаться в курсе всех препятствий в реальном времени.

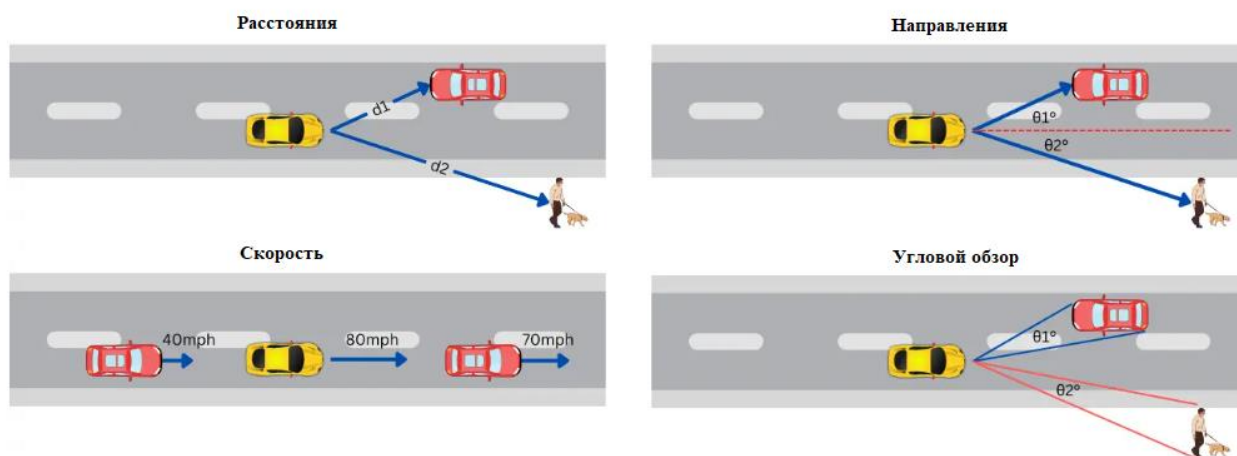


Рисунок 1. Способы измерения радара

Автомобильный радар способен измерять следующие характеристики других объектов:

- расстояние
- скорость
- направление или угол направления
- угловой размер

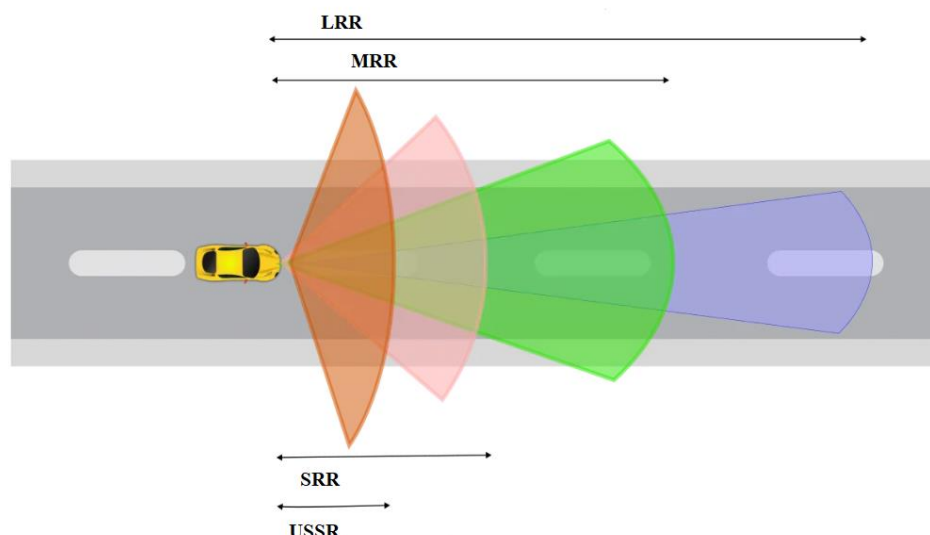


Рисунок 2. Типы автомобильных радаров

Автомобильные радары традиционно классифицируются на основе максимальных расстояний, на которые они способны действовать. Классификация автомобильных радаров:

- Радиолокационная станция дальнего действия (LRR) имеет дальность действия 150-250 метров и более и поле зрения (FOV) 20-25 градусов.
- Радиолокационная станция средней дальности (MRR) предназначена для дальности 50-150 метров и поля зрения 50-60 градусов.
- Радиолокационная станция малого радиуса действия (SRR) предназначена для дальностей 15-50 метров и поля зрения 80-90 градусов.
- Радиолокационная станция сверхмалого радиуса действия (USSR) предназначена для дистанции менее 15 метров и поля зрения 90-110 градусов.

Однако в настоящее время традиционная классификация на основе диапазонов расстояний, хотя и актуальна, размывается за счет нового поколения высокопроизводительных радаров, называемых визуализационный или 4D визуализационный радары.

Визуализационный радары создают радиолокационное изображение сцены, близкое к изображениям с камер и лидаров (лазерного обнаружения и измерения расстояний), чем традиционные радары. Их конструкция позволяет такие возможности, как:

- высокое угловое разрешение на всех диапазонах, порядка 0,5 градуса по сравнению с 5 градусами у традиционных радаров.
- способность определять формы, особенности и ориентации.
- способность более точно различать и отслеживать различные типы объектов.

В системах ADAS и автономного вождения автомобильные радарные датчики служат глазами и ушами вместе с камерами, лидарами и ультразвуковыми датчиками. Электронный блок управления (ECU) автомобиля использует слияние данных от всех датчиков для формирования связного трехмерного изображения окружающей среды транспортного средства в реальном времени, что позволяет принимать решения, связанные с помощью в вождении и автономным вождением. Автомобильные радары обеспечивают следующие возможности систем ADAS:

- адаптивный круиз-контроль (ACC).
- помощь при перестроении в другой полосе.
- избегание столкновений.
- аварийное торможение.
- обнаружение слепых зон.

Для обеспечения обзора в 360 градусов обычно используют от шести до десяти радарных датчиков, установленных вокруг автомобиля. Например, в такси с автопилотом от Waymo в 2022 году было установлено шесть радарных датчиков, а в испытательных автомобилях Mercedes-Benz использовались восемь радарных датчиков. В общем случае полностью оснащенный автомобиль должен иметь:

- LRR с фронтальным сканированием
- радар с фронтальным сканированием
- четыре угловых MRR или SRR
- двусторонние SRR
- один или два задних MRR или LRR

Технология радара в автомобильной промышленности востребована из-за отсутствия недостатков, присущих другим популярным датчикам, таким как камеры. Преимущества автомобильных радаров включают:

- Работоспособность в любую погоду: При неблагоприятных погодных условиях, таких как дождь, туман, пыль, дождь со снегом, снег и песчаные бури, радар превосходит лидар, а лидар работает лучше камер.
- Прямое измерение скорости: Эффект Доплера предоставляет прямой, физически обоснованный и надежный способ измерения скорости объекта, в отличие от камерных датчиков, которые полагаются на неточные методы, такие как анализ оптического потока. Лидары также могут полагаться на эффект Доплера, но они не работают во всех погодных условиях и обходятся дороже.
- Обнаружение объектов вне прямой видимости: Радар потенциально способен обнаруживать препятствия и опасности за углами, что очень полезно в густонаселенных городских условиях, особенно для крупных коммерческих транспортных средств.
- Доступность: Радар дешевле, чем лидар, и сопоставим по стоимости с камерными датчиками.

Диапазоны частот, используемые автомобильными радарными, определяются правилами и проблемами, связанными с помехами.

Современные радиолокационные модули в основном работают в диапазоне 76-81 ГГц. LRR используют диапазон 76–77 ГГц, поскольку нормативные требования допускают более высокую эквивалентную изотропную излучаемую мощность. Чем больше мощность, тем больше запас хода.

Датчики нижнего диапазона используют диапазон 77–81 ГГц. Поскольку разрешение радара зависит от ширины полосы развертки, 4 ГГц развертки обеспечивают гораздо более высокое разрешение в этой полосе. Системы ADAS в прошлом работали в диапазоне 24 ГГц. Однако в 2022 году этот диапазон был запрещен регулирующими органами для автомобильных радаров в новых автомобилях из-за рисков помех. Напротив, диапазон 76-81 ГГц защищен от помех. В автомобильной промышленности его часто называют полосой миллиметровых волн. Радары с непрерывной частотной модуляцией (FMCW) являются предпочтительным типом, используемым в автомобильных радарных системах. На высоком уровне радиоволна передается, отражается от объекта, и позиция и движение измеряются с использованием следующих принципов:

- Измерение расстояния: Разница во времени между переданным и отраженным сигналами пропорциональна расстоянию до объекта.
- Измерение скорости: Из-за эффекта Доплера приближающийся объект вызывает отраженную волну с немного более высокой частотой, чем переданная волна, в то время как отдаляющийся объект вызывает волну с немного более низкой частотой. Это смещение частоты пропорционально относительной скорости объекта.
- Измерение направления: Направление объекта определяется с использованием массива антенн и анализом характеристик отраженной волны, попадающей на каждую из них.

РЛС передает частотно-модулированный непрерывный волновой сигнал, амплитудно-временной график которого выглядит следующим образом:

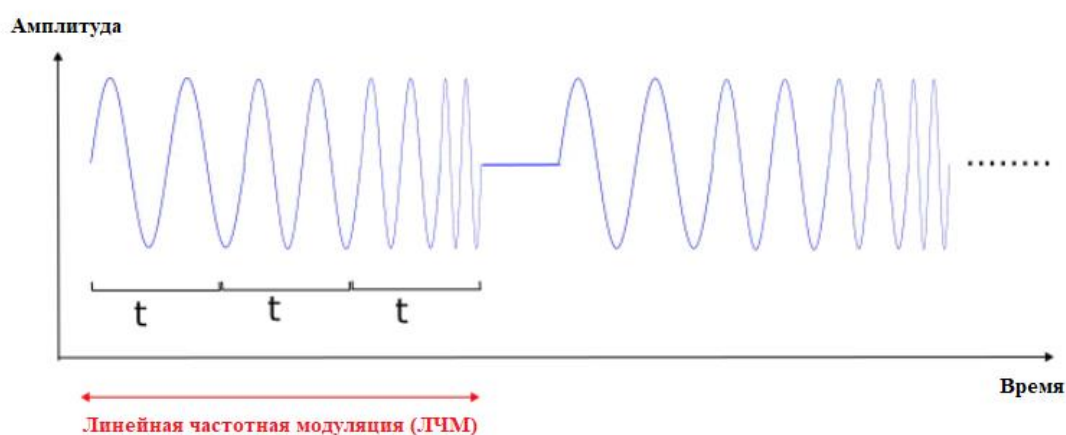


Рисунок 3. Амплитудно-временной график

Радиолокационный сигнал повторяется каждые несколько миллисекунд (мс) или микросекунд (мкс). Каждое повторение называется ЛЧМ и обычно длится 10-40 мс для медленного ЛЧМ и 10-40 мкс для быстрого ЛЧМ.

Автомобильные радары используют радиолокацию для измерения положений и движений объектов вокруг автомобиля, а их диапазоны частот тщательно выбираются с учетом правил и проблем, связанных с помехами. Современные радары в основном работают в диапазоне 76-81 ГГц E, с предпочтением использования диапазона 76–77 ГГц для радаров дальнего действия (LRR) и 77–81 ГГц для датчиков нижнего диапазона. Этот выбор обусловлен возможностью обеспечения высокой эквивалентной изотропной излучаемой мощности и высокого разрешения в соответствующих диапазонах. Радары с частотной модуляцией FMCW являются предпочтительным типом, используемым в автомобильных радарных системах. Они позволяют измерять расстояние, скорость и направление объектов, что повышает безопасность на дороге. Такие системы играют важную роль в современных системах помощи водителям, включая функции автономного управления и реального времени обнаружения препятствий. Таким образом, автомобильные радары являются неотъемлемой частью развития технологий автономного управления и способствуют созданию более безопасной и эффективной среды для автомобильного движения.

Список литературы:

1. Андреев, А. Н. Оценка распознаваемости перспективной модели "пешеход" современным автомобильным радаром / А. Н. Андреев, М. А. Топорков // DSPA: Вопросы применения цифровой обработки сигналов. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 4-9. – EDN МААНХД.
2. Разработка структуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом / Д. М. Дубинкин, В. Ю. Садовец, И. С. Сыркин, И. В. Чичерин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 6(152). – С. 25-30. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-6-25-30. – EDN TFLNZS.
3. Луценко, Е. Ю. Сверхширокополосный радар с OFDM модуляцией в автомобильных системах / Е. Ю. Луценко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7-2(18-2). – С. 153-156. – DOI 10.12737/15001. – EDN VONCOF.