

ТЕХНОЛОГИИ ETHERNET ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

ETHERNET TECHNOLOGY TO TRANSMIT INFORMATION IN VEHICLES

Ромашко Е. А., маг., **Гурский А. С.**, канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

E. Romashko, Student, A. Gursky Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Статья рассматривает автомобильный Ethernet как трансформационную технологию для передачи информации внутри транспортных средств. автомобильный Ethernet адаптирует традиционные протоколы Ethernet для автомобильного применения, обеспечивая высокоскоростную связь между компонентами автомобиля, такими как датчики, камеры, блоки управления и системы развлечений. Он заменяет устаревшие шинные сети (например, CAN или LIN) на одиночный неэкранированный витой парный кабель, позволяя одновременный доступ к нескольким системам, одновременно снижая сложность проводки и затраты/

The article discusses Automotive Ethernet as a transformative technology for transmitting information within vehicles. Automotive Ethernet adapts traditional Ethernet protocols for automotive use, enabling high-speed communication between vehicle components such as sensors, cameras, control units, and infotainment systems. It replaces older bus networks (e.g., CAN or LIN) with a single unshielded twisted-pair cable, allowing simultaneous access to multiple systems while reducing wiring complexity and cost.

Ключевые слова: *система мониторинга, техническое состояние, внутри автомобильные сети, протоколы Ethernet, диагностика, низ-колатентная связь, прогнозирование, сети транспортных средств следующего поколения.*

Keywords: *monitoring system, technical condition, in-vehicle networking, ethernet protocols, diagnostics, low-latency communication, forecasting, next-generation vehicle networks.*

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильный Ethernet – адаптированная версия классической технологии Ethernet для автомобильных систем. Она обеспечивает высокоскоростную передачу данных между компонентами автомобиля (сенсорами, камерами, блоками управления) по одному кабелю, заменяя устаревшие шины (CAN, LIN). Благодаря низкой задержке, масштабируемости и снижению сложности проводки, Ethernet становится основой для продвинутых функций: автономного вождения, диагностики в реальном времени и связи с инфраструктурой (V2X). Соответствуя стандартам IEEE 802.3, эта технология отвечает требованиям современных и будущих «умных» транспортных систем.

V2X (Vehicle-to-Everything) – технология беспроводного обмена данными между транспортным средством и окружающей средой: другими автомобилями (V2V), дорожной инфраструктурой (V2I), сетями (V2N) и пешеходами (V2P). Целью является повысить безопасность (предупреждение о ДТП, препятствиях), оптимизировать транспортные потоки (связь со светофорами, навигация), поддержка автономных автомобилей (обмен данными с инфраструктурой для принятия решений). Технология использует стандарты 5G, DSRC (Dedicated Short-Range Communications) и C-V2X (Cellular V2X) для низколатентной и надежной связи. Низколатентная связь в эксплуатации автомобилей — это передача данных между компонентами транспортного средства (датчики, блоки управления, системы безопасности) и внешними объектами (инфраструктура, другие ТС) с минимальными задержками (доли миллисекунд).

Примеры:

- система ADAS получает данные от радаров без задержек для предотвращения столкновений;
- автомобиль обменивается информацией о дорожных условиях с облачными сервисами за миллисекунды.

Технологии:

- 5G (URLLC): гарантирует задержки менее 1 мс для критических функций;
- TSN (Time-Sensitive Networking): синхронизация данных в бортовой сети с точностью до наносекунд;
- Automotive Ethernet: обеспечивает высокую скорость и минимальные потери пакетов в проводных соединениях.

Автомобильный Ethernet: защита от помех ДВС и других источников. Для устойчивой работы Ethernet в транспортных средствах применяются следующие меры:

1) дифференциальная передача сигналов: использование двух проводов для передачи противофазных сигналов, что подавляет внешние электромагнитные помехи (например, от двигателя или электрооборудования);

2) оптимизированный витой парный кабель (UTP): пара проводов скручивается с точным шагом для минимизации перекрестных помех и снижения влияния внешних наводок;

3) физическая изоляция: применение материалов с высокой диэлектрической прочностью и экранирование критических участков цепи (при необходимости);

4) соблюдение стандартов IEEE 802.3 и автомобильных спецификаций (например, 100BASE-T1): обеспечивают устойчивость к электромагнитной совместимости (ЭМС) при высоких скоростях передачи;

5) фильтрация и гальваническая развязка: установка фильтров для подавления высокочастотных помех и изоляторов для блокировки паразитных токов.

Данные методы позволяют автомобильному Ethernet сохранять надежность даже в условиях сильных электромагнитных возмущений, характерных для автомобилей.

Порядок подключения блоков между собой в сети Automotive Ethernet приведен ниже.

1. Физический уровень (PHY):

– выбор типа PHY: Automotive Ethernet обычно использует 100BASE-T1 или 1000BASE-T1 PHY. 100BASE-T1 обеспечивает скорость передачи 100 Мбит/с по одной витой паре проводов, а 1000BASE-T1 – 1 Гбит/с. Выбор PHY зависит от требований к пропускной способности сети;

– подключение PHY к ECU: каждый блок управления (ECU) в сети, который должен участвовать в Ethernet-коммуникации, должен иметь свой собственный PHY-чип. PHY-чип подключается к ECU через интерфейс MII (Media Independent Interface), RMII (Reduced MII) или GMII (Gigabit MII), в зависимости от скорости передачи;

– проводка: PHY-чипы соединяются между собой с помощью

экранированной витой пары (STP) или неэкранированной витой пары (UTP), специально разработанной для автомобильного применения. Важно использовать провода, соответствующие требованиям к электромагнитной совместимости (ЕМС) и вибрационной стойкости.

2. Топология сети:

- звезда (Star): в топологии звезды все ECU подключаются к центральному коммутатору (switch). Коммутатор отвечает за пересылку данных между ECU. Звезда обеспечивает хорошую масштабируемость и упрощает диагностику, но требует наличия коммутатора;

- линейная (Daisy Chain): в линейной топологии ECU соединяются последовательно друг за другом. Линейная топология проще в реализации, но менее надежна и сложнее в диагностике;

- кольцо (Ring): в кольцевой топологии ECU соединяются последовательно, образуя замкнутую петлю. Кольцо обеспечивает резервирование, так как данные могут передаваться в обоих направлениях в случае обрыва соединения;

- комбинация: на практике часто используется комбинация различных топологий, чтобы обеспечить оптимальную производительность, надежность и стоимость.

3. Коммутатор (Switch):

- настройка коммутатора: если используется топология звезды или комбинация топологий, необходимо настроить коммутатор. Настройка включает в себя определение VLAN (Virtual LAN), приоритетов трафика (QoS - Quality of Service) и других параметров сети;

- управление трафиком: коммутатор отвечает за пересылку данных между ECU на основе MAC-адресов. Коммутатор может также поддерживать функции безопасности, такие как фильтрация трафика и аутентификация устройств.

4. Протоколы верхнего уровня:

- TCP/IP или UDP: Automotive Ethernet использует стандартные протоколы TCP/IP или UDP для передачи данных;

- SOME/IP: SOME/IP (Scalable service-Oriented MiddlewarE over IP) – это middleware, разработанное специально для автомобильных приложений. SOME/IP обеспечивает обнаружение служб, сериализацию данных и другие функции, необходимые для распределенных систем;

- AVB/TSN: AVB (Audio Video Bridging) и TSN (Time-Sensitive

Networking) – это стандарты, обеспечивающие передачу данных с гарантированным качеством обслуживания (QoS) и низкой задержкой. Они используются для приложений, требующих синхронизации в реальном времени, таких как системы помощи водителю и мультимедийные системы.

В данное время распространена шинная топология, представляющая собой топологию, в которой все устройства локальной сети подключаются к линейной сетевой среде передачи данных. Такую линейную среду часто называют каналом, шиной или трассой.

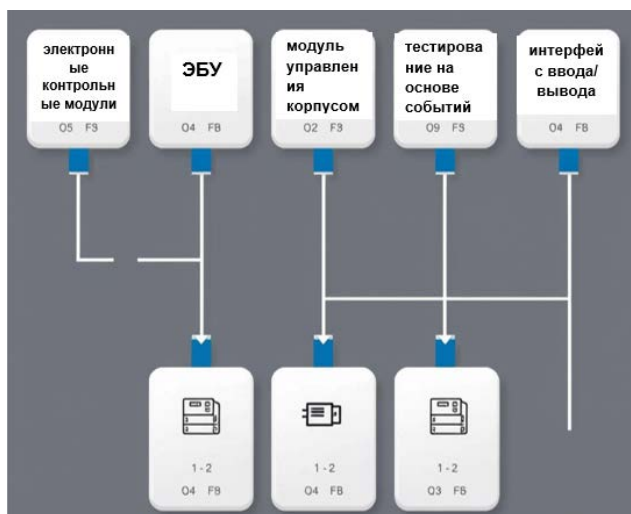


Рисунок 1 – Схема топологии блоков и вспомогательных систем внутри транспорта

Автомобильный Ethernet (Automotive Ethernet) представляет собой адаптацию классических сетевых протоколов Ethernet для использования в транспортных средствах, обеспечивая высокоскоростную и надежную передачу данных между компонентами автомобиля, такими как датчики, камеры, блоки управления и системы развлечений. Эта технология заменяет устаревшие шинные сети (CAN, LIN), упрощая проводку за счет использования одного неэкранированного витого парного кабеля, что снижает вес и стоимость конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашев, В. В. Диагностика технического состояния автотранспортных средств: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / В. В. Лукашев. – Москва : Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с.
2. Родичев, В. А. Диагностика и техническое обслуживание автомобилей: учебник для начального профессионального образования / В. А. Родичев. – Москва : Издательский центр «Академия», 2012. – 304 с.
3. Чекмарев, Ю. К. Диагностика автомобильных двигателей / Ю. К. Чекмарев. – М. : Машиностроение, 2004.
4. Капустин, Н. М. Техническое обслуживание автомобилей : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Н. М. Капустин, В. М. Пышкин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2012. – 336 с.

Представлено 29.06.2025

УДК 378.16

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL ELECTRIC PLATFORM
FOR LIGHT COMMERCIAL VEHICLES**

Волосевич А. Э., уч., Серебряков И. А., канд. техн. наук,
Национальный детский технопарк, г. Минск, Республика Беларусь
A. Volosevich, Student, I. Serebryakov, Ph. D. in Eng.,
National Children's Technopark, Minsk, Republic of Belarus

В работе описан процесс разработки электрической платформы для малотоннажных грузовых перевозок. Обоснован выбор донорской платформы электромобиля, а также составляющих агрегатов. Произведен обзор процесса моделирования рамы, ходовой части, электродвигателя, батареи и приведена смоделированная конструкция в сборе.