

## **CAN технология для транспортных систем.**

*К.т.н. Вознесенский А.Н (ОАО "НАТИ", Москва)  
К.ф.-м.н. Чепурнов А.С., к.ф.-м.н. Грибов И.В.  
(ООО "Марафон", Москва)*

В начале 1990-х годов подкомитет по системам управления сообществом инженеров автомобилестроения (SAE) приступил к разработке прикладного профиля на основе полевой шины CAN для внутренней коммуникационной сети грузовых автомобилей. В 1998 году SAE опубликовал набор спецификаций J1939, используемый для объединения контроллеров в грузовиках и трейлерах. J1939 определяет обмен данными между двигателем, трансмиссией, тормозной системой и ориентирован на дизельные грузовые автомобили.

Общие коммуникационные функции J1939 востребованы в CAN приложениях других отраслей промышленности. В частности, протоколы канального (J1939/21) и сетевого (J1939/31) уровней необходимы для любых J1939 совместимых сетей. При этом допускается использование различных реализаций физического уровня сети и отличного набора параметров приложения. Ряд протоколов, основанных на J1939, были утверждены международной организацией по стандартизации ISO. К ним относятся прикладной CAN профиль для грузовиков и трейлеров ISO 11992 и прикладной профиль для сельскохозяйственных и лесоводческих машин ISO 11783.

### **Семейство профилей J1939.**

Основной документ J1939 включает в себя общее описание стандарта, таблицу распределения адресов, содержимое данных и другие необходимые сведения. Профиль J1939/01 используется в грузовиках и автобусах, а J1939/02 применяется в строительной и сельскохозяйственной технике.

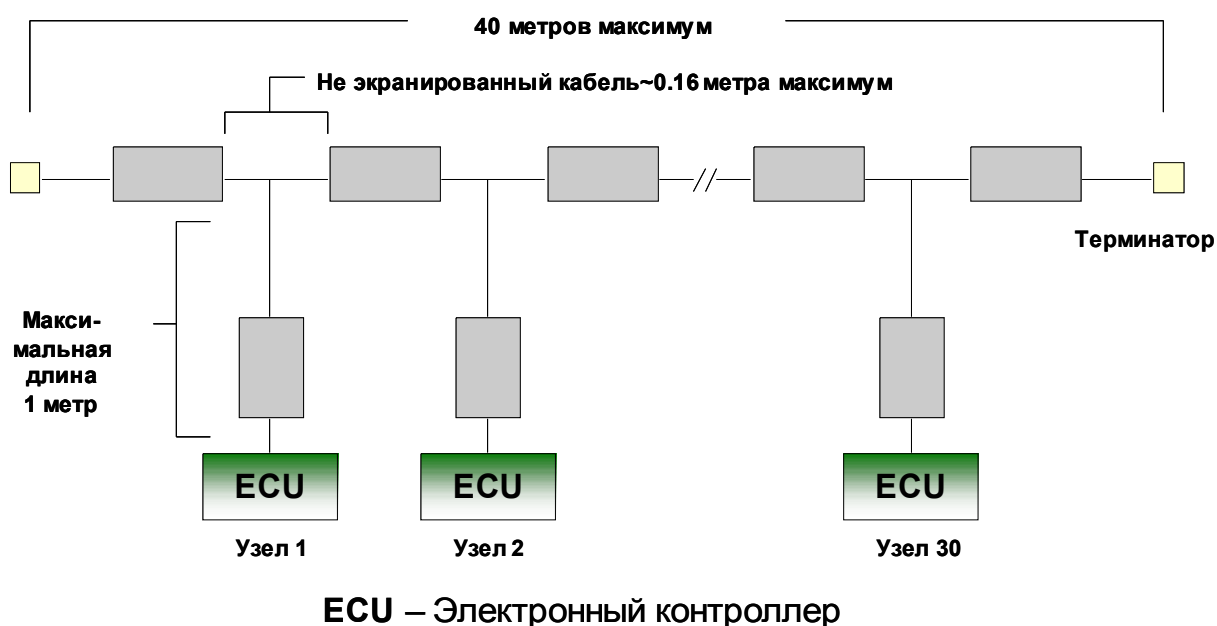
Физический уровень J1939 может быть реализован несколькими способами и определяющая его документация состоит из разделов:

- ◆ J1939/11 – 250 кбит/с, на основе экранированной витой пары.
- ◆ J1939/12 – витая четверка совместно с активными терминаторами шины.
- ◆ J1939/13 – сопряжение с внешним диагностическим оборудованием.
- ◆ J1939/15 – упрощенная реализация: 250 кбит/с и не экранированная витая пара.

Уже упоминавшиеся протоколы J1939/21 (канальный уровень) и J1939/31 (сетевой уровень для грузовиков и автобусов) единообразно реализуются для всех J1939 совместимых приложений. Для описания решений прикладного уровня также используются подмножества стандарта:

- ◆ J1939/71 – Прикладной уровень транспортного средства.
- ◆ J1939/73 – Прикладной уровень диагностики.

◆ J1939/81 – Протоколы управление сетью.



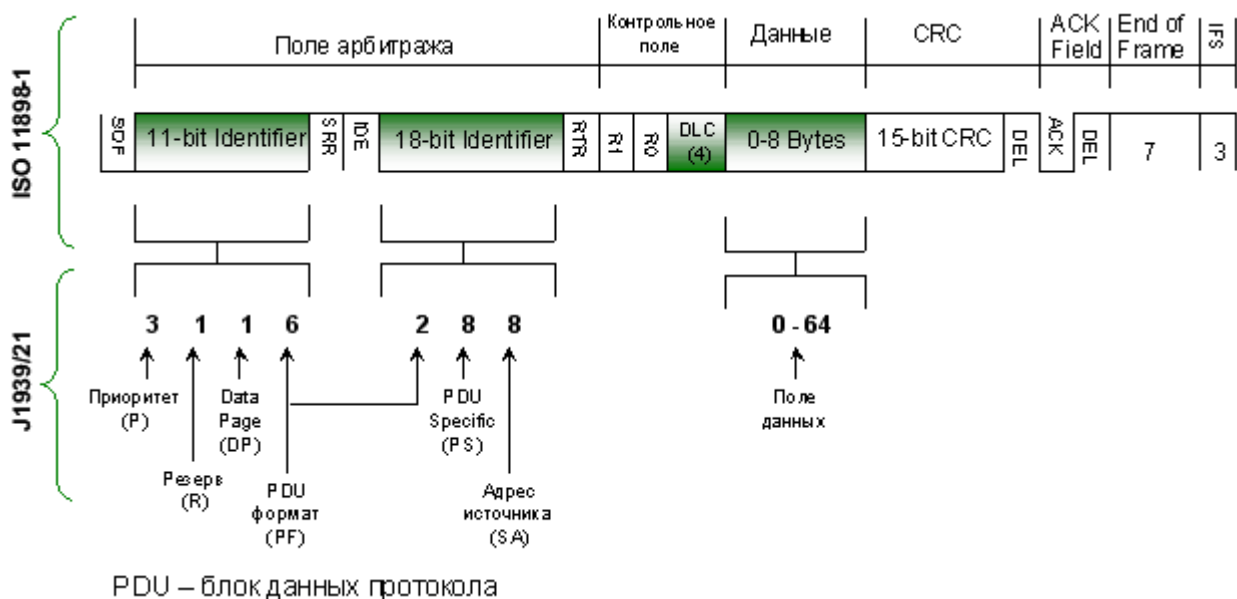
На рисунке приведена топология CAN шины, реализующая стандарт физического уровня J1939/11. Он обладает следующими основными характеристиками:

- Физическая среда на основе экранированной скрученной пары с заземлением и терминальными резисторами на обоих концах.
- Сетевые соединители на основе 3-х контактных не экранированных разъемов. Контакты соответствуют сигналам CAN\_H, CAN\_L и экран.
- Физический уровень не отказоустойчивый.
- В сегменте сети может быть до 30 узлов.

В качестве примера также приведем основные характеристики физического уровня J1939/12:

- Физическая среда на основе скрученной не экранированной четверки проводов. В качестве терминаторов используются источники тока со смещением.
- Сетевые соединители на основе 4-х контактных не экранированных разъемов. Контакты соответствуют сигналам CAN\_H, CAN\_L, питание и земля.
- Отказоустойчивый физический уровень.
- В сегменте сети может быть свыше 30 узлов.

На следующем рисунке приведен формат кадров канального уровня J1939/21.



J1939/21 основан на стандартном CAN кадре канального уровня с 29-битовым идентификатором. Формат этого кадра определен стандартом ISO 11898-1. А вот распределение отдельных бит идентификатора и правила заполнения поля данных относятся к ведению собственно стандарта J1939/21. Именно он определяет то, каким образом задается трех-битовый приоритет сообщения (P), выбор страницы данных (DP), адреса источника и получателя кадра и другие параметры CAN сообщения. Отображение данных в CAN кадры задается посредством номеров групп параметров, которые состояются из зарезервированного бита, бита выбора страницы, PF поля и параметра расширения группы PS – всего 18 бит.

Из общего числа 8672 возможных значений содержимого данных определены 13 зависимых от получателя и 38 расширенных идентификатора, а также большая часть групп параметров, необходимых для систем грузовиков и автобусов.

## Профиль ISO 11783 или ISOBUS.

Профиль ISO 11783 для сельскохозяйственных и лесоводческих машин основан на стандарте J1939. ISOBUS определяет сеть с последовательной передачей данных для связи и управления на лесу и сельскохозяйственных тракторах, а также монтируемых, полу-монтируемых либо самоходных орудиях. Цель профиля – стандартизировать методы и формат передачи данных между датчиками, приводами, элементами управления, хранилищами информации и дисплеями (монтированными либо являющимися частью трактора или орудия). Результатом должно стать доведение уровня

стандартизации до степени, позволяющей контроллерам различных производителей обмениваться информацией друг с другом.

Профиль ISO 11783 позволяет:

- Обмениваться стандартизированной и проприетарной информацией.
- Организовать замкнутые контуры сетевого управления (тактирование до 10 мс).
- Обеспечить пропускную способность приблизительно 5.6 килобайт в секунду (30% нагрузка) с пиковым траффиком до 16 кбайт/с.
- Поддерживать латентность шины от 0.5 мс в зависимости от приоритета сообщений и нагрузки.
- Поключать до 30 узлов в подсети и до 254 узлов в системе.
- Обеспечивать различные сельскохозяйственные приложения (прецизионное фермерское хозяйство)
- Поддерживать агрегаты силовой передачи, тормозов, освещения, панели управления.

Для ISO 11783 существуют в качестве стандарта либо *разрабатываются* (выделены курсивом) следующие основные документы :

- *Общий стандарт для передачи мобильных данных*
- Физический уровень
- Канальный уровень
- Сетевой уровень
- Управление сетью
- Виртуальный терминал
- Уровень сообщений для орудий
- *Силовая передача*
- Контроллер трактора
- *Контроллер задания и интерфейс управляющего компьютера*
- *Объектный словарь*
- *Диагностика*
- *Файл сервер*

## **Вопросы реализации стандартов.**

На сегодняшний день в России полностью реализован только один из CAN протоколов верхнего уровня - стандарт CANopen. К началу 2005 года ООО «Марафон» была завершена разработка коммуникационного профиля CiA DS301 - библиотека CANopen. Ее применение дает возможность быстро создавать программное обеспечение CANopen совместимых устройств. Наряду с библиотекой разработан набор инструментальных средств, позволяющих производить тестирование и отладку различных CANopen устройств. Анализатор траффика сетевого протокола дает возможность интерпретировать все CANopen события: как протоколы, так и сетевые объекты. Сценарный и интерактивный конфигураторы предоставляют широкие возможности для отладки и настройки любых CANopen устройств

различных производителей. Общее время разработки CANopen библиотеки составило около двух человеко-лет, набора программных инструментальных средств – порядка одного человеко-года.

Опыт, полученный при создании библиотеки CANopen, позволяет надеяться на существенное сокращение времени реализации других CAN протоколов и профилей. Можно ожидать приблизительно двухкратного сокращения общего времени разработки как соответствующих библиотек, так и необходимых инструментальных средств. Такие оценки основаны на возможности использования готовых, отлаженных алгоритмов и решений, а также на опыте переноса CANopen приложений на микроконтроллерные платформы (Fujitsu MB90F497, Texas Instruments TMS320). Кроме того, следует учитывать, что приведенные выше сроки CANopen разработок относятся к выпуску «коробочных» продуктов. Реализация рабочего прототипа протокола, с использованием которого возможна разработка конечных изделий и устройств обычно занимает 4-5 человеко-месяцев.

Таким образом, затраты на реализацию стека CAN протоколов оказываются вполне умеренными. Собственная реализация протоколов - в отличие от приобретения библиотек у зарубежных разработчиков - позволяет получить лицензионно чистый программный продукт, допускающий любые уровни тестирования и сертификации. Помимо этого, поддержка разработанного программного обеспечения также будет осуществляться силами Российских фирм-разработчиков. Становится также возможным обучение и участие в проектах отраслевых инженеров, что позволит сформировать высоко квалифицированные команды специалистов, которые смогут осуществлять поддержку и продвижение CAN технологий в различных отраслях промышленности.

