

## СТАНДАРТЫ СОЕДИНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОДНОПАРНОЙ СЕТИ ETHERNET (SPE) И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Маттиас Фритше (HARTING Technology Group)

Рассмотрены преимущества и ограничения технологии передачи данных на базе однопарной сети Ethernet. Приведена информация о процессе стандартизации данной технологии. Приводится сравнение технологий многопарных кабельных соединений (MPE) и SPE. Анализируются особенности электрических и частотных характеристик сетей SPE. Указываются технические характеристики соединительной технологии для SPE в соответствии с рекомендацией IEC 63171-6. Рассматриваются перспективы применения технологии SPE.

Ключевые слова: однопарная сеть Ethernet, кабельные соединения, электрические и частотные характеристики, стандартизация, соединители.

### Введение

Преобладающей технологией передачи данных в мире на сегодняшний день является Ethernet. Специалисты привыкли считать, что для реализации технологии Fast Ethernet (10/100 Мбит/с) необходимо кабельное соединение с двумя парами проводов, а для реализации Gigabit Ethernet требуются все четыре пары. В сочетании с информацией о различных категориях компонентов, необходимых для поддержания соответствующих скоростей передачи — от категории 5 до новых категорий 8.1/8.2 — эти знания позволяют осуществлять планирование и прокладку сетей, а также управление кабельными соединениями для передачи данных. Сегодня на рынке распространяется новая технология однопарного Ethernet (SPE), которая обеспечивает передачу потоков данных TCP/IP всего по одной паре проводов (рис. 1).

С появлением однопарного Ethernet (SPE) в качестве дополнительного "физического уровня" стало

возможным расширить сферу применения протокола сети Internet (IP) и добиться согласованного взаимодействия устройств уровня управления предприятием с сетями полевого уровня датчиков и исполнительных устройств. Таким образом, промышленный Ethernet стало возможно внедрять на более низком полевом уровне и, руководствуясь соображениями цифровизации, заменять существующие аналоговые соединения.

Таким образом, технология SPE скоро прочно займет место в целом ряде отраслей — в автомобилестроении, в сфере информационных технологий и в промышленных сетях датчиков и исполнительных устройств [1].

### С чего все началось — действующие стандарты IEEE 802.3

Начало реализации технологии SPE положил стандарт BroadR-Reach, который был разработан

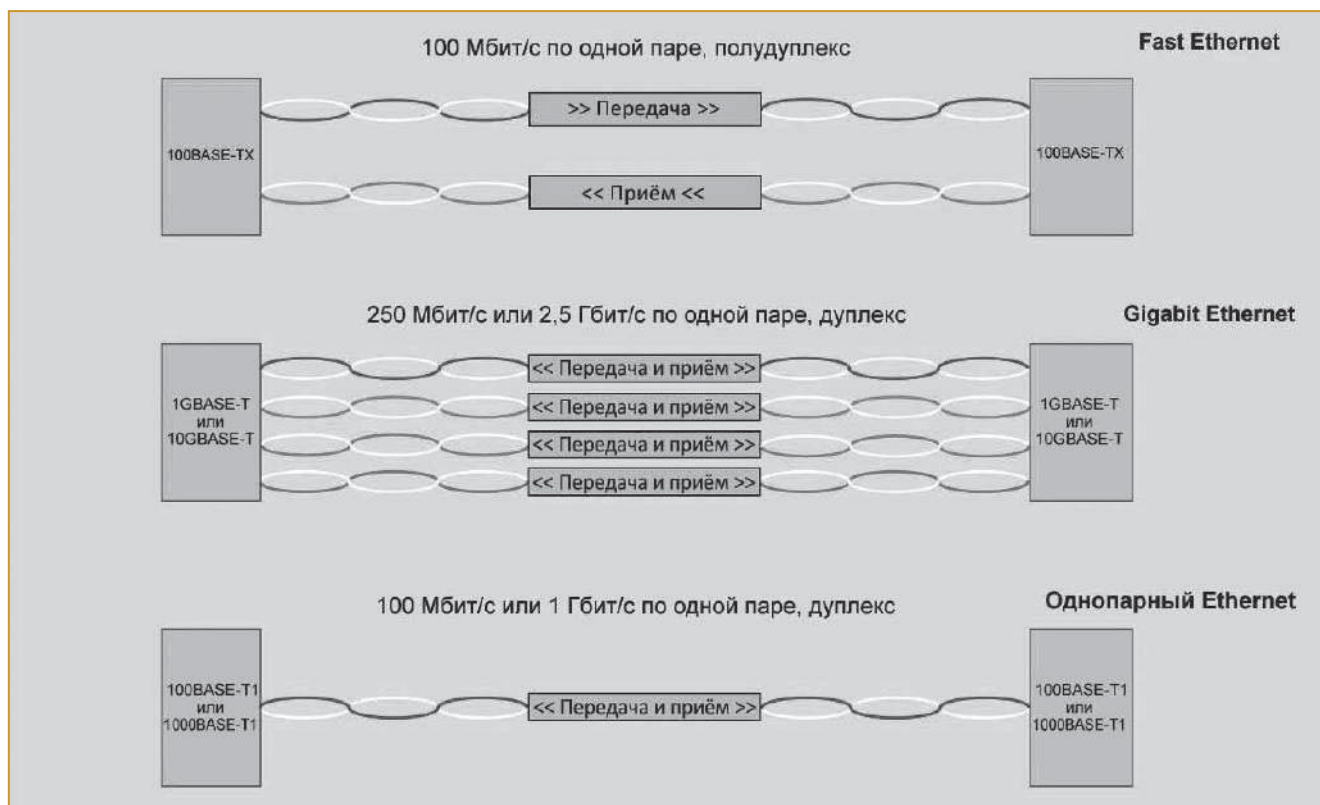


Рис. 1. Схематическое представление методов передачи данных Ethernet

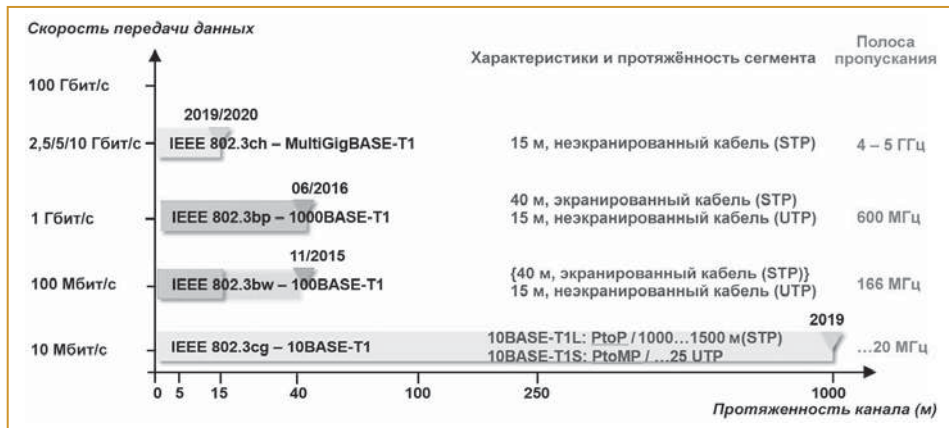


Рис. 2. Графическое представление длины соединения и скорости передачи для действующих стандартов IEEE 802.3 для SPE

корпорацией Broadcom. Как только этот новый метод передачи данных на базе протоколов TCP/IP заметили в сфере автомобилестроения, где как раз искали замену шине CAN, рабочей группой IEEE 802.3 был опубликован первый стандарт, посвященный SPE — 100BASE-T1 в рекомендации IEEE 802.3bw-2015. Однако в автомобилях с ручным или полуавтономным режимом управления требуются еще более высокие скорости передачи данных, поэтому вслед за первым стандартом SPE для скорости 100 Мбит/с вскоре последовал стандарт IEEE 802.3bp 1000Base-T1 для скорости передачи 1 Гбит/с с использованием всего одной пары медных проводов. В настоящее время IEEE ведет работу над следующим стандартом для еще более высоких скоростей передачи данных — до 10 Гбит/с (IEEE 802.3ch), который необходим для датчиков и передачи видео в высоком разрешении. Кроме того, продолжает разрабатываться стандарт для скорости 10 Мбит/с (IEEE 802.3cg). Этот стандарт также востребован во многих отраслях промышленности, поскольку позволяет увеличить дальность передачи данных до 1000 м и, следовательно, может заменить собой практически все действующие промышленные сети. Кроме того, в марте 2019 г. была

создана еще одна рабочая группа, которая занимается вопросами передачи данных на скоростях > 10 Гбит/с. В данном случае в качестве цели было обозначено достижение скоростей передачи 25 и 50 Гбит/с. Эти высокие скорости передачи данных представляют собой технологическую основу для создания беспилотных автомобилей и новой распределенной компьютерной архитектуры в транспортных средствах (рис. 2).

Как и для систем с многопарными кабельными соединениями, для SPE тоже существует новый стандарт, аналогичный стандарту Power over Ethernet (PoE), называемый PoDL — Power over Data Line (IEEE 802.3bu). Одновременная передача данных и электропитания с применением технологии очень малых соединителей и однопарных кабелей отвечает современным трендам миниатюризации, повышения скоростей передачи данных и модульности более сложного оборудования. То есть созданы все необходимые условия для развития рынка практического применения технологии SPE не только в сфере автомобилестроения, но и в промышленности, в технологиях умных городов и зданий, а также во многих других сферах.

Таким образом, технология SPE за короткий отрезок времени продемонстрировала те же результаты, что и преобладающая в настоящее время технология "многопарного Ethernet" (MPE). Единственная проблема заключается в ограниченной в настоящее время дальности передачи для SPE на скоростях 100 Мбит/с и 1 Гбит/с (15 м и 40 м соответственно). Причиной этому послужили требования, предъявляемые к технологии в области автомобилестроения.

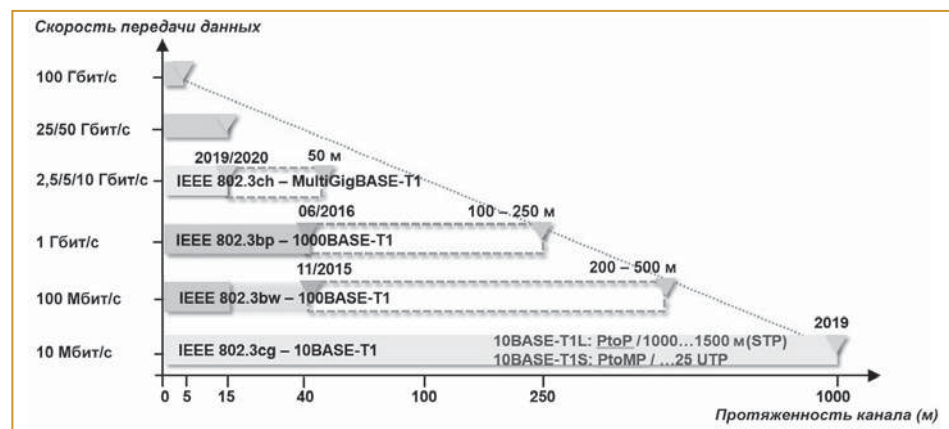


Рис. 3. Графическое представление дальности и скорости передачи для возможных будущих стандартов IEEE 802.3 для SPE повышенной дальности

На рис. 3 показано, какая дальность передачи технически возможна для SPE. Однако для того, чтобы реализовать эти улучшенные версии стандартов SPE в рамках IEEE802.3 и в особенности для того, чтобы привлечь инвестиции в разработку новых наборов микросхем со стороны предприятий полупроводниковой промышленности, необходимо четко обозначить новые сферы применения технологии и ее рыночный потенциал. Для этого необходимо открытое сотру-

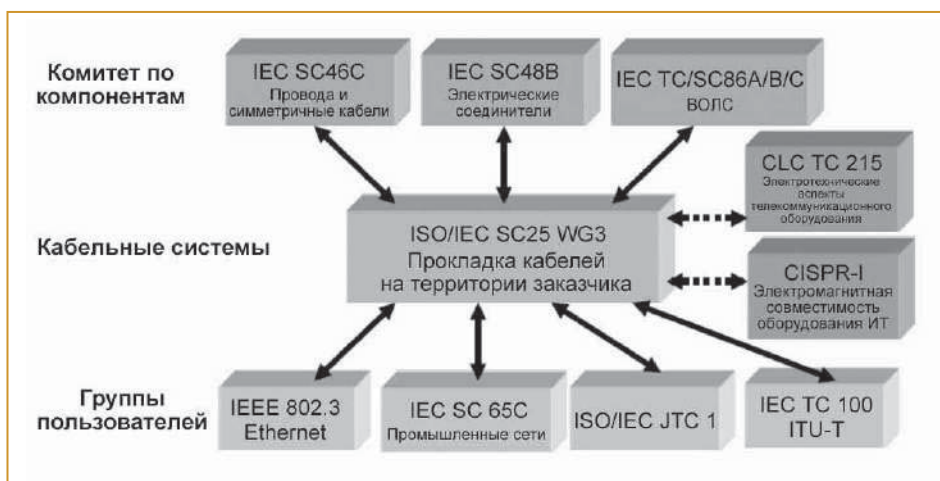


Рис. 4. Комитеты по стандартизации в составе ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 (Источник: проф., д-р Oehler, председатель ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3)

ничество всех сторон, заинтересованных в увеличении дальности передачи данных по технологии SPE. Рабочая группа IEEE802.3 уже выпустила первые публикации по этой теме, которые нашли положительный отклик. Автор приветствует любую обратную связь со стороны коллег, работающих над проектами этих стандартов, и предлагает объединить усилия в их продвижении.

#### Краткая информация о различных комитетах стандартизации и их взаимодействии между собой

Ключевую роль в деятельности по стандартизации выполняют организации ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 (рис. 4). В данном случае кабельные соединения создаются согласно стандартам ISO/IEC 11801, а их техническое обслуживание выполняется на основании стандартов IEEE802.3.

Кроме того, рабочая группа IEEE802.3 активно обменивается информацией и сотрудничает с комитетами, ответственными за компоненты кабельных соединений. Это касается медных кабелей передачи данных IEC SC46C и связанных с ними соединителей IEC SC48B.

#### IEC 61156-x — стандартизация кабелей однопарного Ethernet

В настоящее время рабочая группа SC46C комитета IEC продолжает работу над следующими проектами по стандартизации кабелей передачи данных:

- IEC 61156-11 — кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 600 МГц для стационарной установки (опубликована окончательная версия стандарта);
- IEC 61156-12 — кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 600 МГц для гибкой установки (доступна CD-версия);
- IEC 61156-13 — кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 20 МГц для стационарной установки (доступна CD-версия);
- IEC 61156-14 — кабель передачи данных SPE с полосой пропускания до 20 МГц для гибкой установки (планируется).

В будущем будут разрабатываться и проекты последующих стандартов, например, для более широких полос пропускания с целью обеспечения скоростей передачи данных выше 1 Гбит/с.

#### IEC 63171-x — стандартизация соединительных технологий для однопарного Ethernet

Конструкция первого соединителя SPE была предложена рабочей группе SC48B компанией HARTING в 2016 г., после чего была опубликована CD-версия стандарта IEC 61076-3-125. В 2017 г. компания CommScore предложила для стандартизации еще один соединитель SPE, после чего

было принято решение создать серию стандартов IEC 63171 для всех соединителей SPE. В рамках рабочей группы SC48B была создана проектная подгруппа PT63171, перед которой была поставлена задача разработки новой серии стандартов. Стандарты, над которыми уже ведется работа, приводятся в окончательный вид как самостоятельные документы, и позже их интегрируют в новую серию стандартов по мере внесения правок и редактирования.

В настоящее время продолжается работа над следующими проектами стандартов:

- IEC 63171 — базовый стандарт со всеми необходимыми спецификациями и последовательностями испытаний (CD-версия готовится к выходу);
- IEC 63171-1 — соединитель для SPE производства компании CommScore с механизмом фиксации LC для применения в неагрессивной офисной среде (доступна CDV-версия);
- IEC 63171-2 — соединитель для SPE производства компании Reichle & De-Massari для применения в среде M11C1E1 (доступна CD-версия);
- IEC 63171-3 — соединитель для SPE производства компании Siemon на базе известного соединителя Teга для применения в неагрессивной офисной среде (доступна NP-версия);
- IEC 63171-4 — соединитель для SPE производства компании BKS для применения в неагрессивной офисной среде (доступна NP-версия);
- IEC 63171-5 — соединитель для SPE производства компании Phoenix Contact на базе соединителя IEC 63171-2 для применения в промышленной среде и среде с тяжелыми условиями эксплуатации (доступна CD-версия);
- IEC 63171-6 (ранее IEC 61076-3-125) — соединители для SPE производства компаний HARTING и TE Connectivity для применения в промышленной среде и среде с тяжелыми условиями эксплуатации (доступна CDV-версия, готовится FDIS-версия и окончательная публикация в 2019 г.).

Отметим, что IEC 63171-1 (соединитель в исполнении LC) и IEC 63171-6 (соединитель в промышленном исполнении) являются полноценными стандартами со всеми необходимыми спецификациями и последовательностями испытаний. Все стандарты, внедренные впоследствии, ссылаются на базовый стандарт IEC 63171 и содержат только описания различных вариантов механического исполнения.

#### Стандарты кабельных соединений для SPE

Технология SPE вместе с соответствующими стандартизированными соединителями определяется в текущих стандартах для кабельных соединений. На международном уровне это отражено преимущественно в серии стандартов для структурированных кабельных соединений в соответствии с ISO/IEC 11801:2017, а также в серии европейских стандартов в CENELEC в соответствии с EN 50173. Во втором случае технология SPE путем внесения поправок включена в раздел 3 — "Промышленные кабельные соединения". Основным документом, на который ссылаются эти поправки, является ISO/IEC 11801 TR9906 "Технический отчет: Каналы до 600 МГц с использованием симметричного однопарного кабеля". Описание технологии SPE в документах ISO/IEC 11801 имеет важное значение, поскольку это единственный стандарт, описывающий кабельные каналы и все необходимые параметры (длина, число соединений, пропускная способность, а также полный набор технических параметров передачи, среди которых параметры ослабления перекрестных наводок NEXT и FEXT, свойства экранирования и т. д.) для среды MICE<sup>1</sup>. Соответственно, после монтажа можно также производить метрологическую поверку всех перечисленных параметров и характеристик.

В то же время соответствующим образом будут скорректированы стандарты монтажа для промышленного сектора, являющиеся основой решений для автоматизации в соответствии с IEC 61918 (IEC SC65C). В какой степени это повлияет на сами сценарии автоматизации, еще предстоит оценить. Очевидно, что компании, входящие в ассоциацию Profibus & Profinet International (PI), продвигающие решения PROFINET в соответствии с IEC 61784-5-3, и компании из ассоциации Open DeviceNet Vendors Association (ODVA) с решением EtherNet/IP в соответствии с IEC 61784-5-2 примут активное участие в дальнейшей разработке и внедрении стандартов для технологии SPE.

В сочетании со стандартами для соединителей и кабелей все пользователи технологии SPE получают четкие рекомендации по установке и испытанию со-

ответствующих каналов передачи данных. На первоначальном этапе данная кабельная система ограничена дальностью 40 м для скорости 1 Гбит/с. Дальность 1000 м и выше достигается в варианте исполнения для скорости 10 Мбит/с.

В рамках рекомендаций ANSI/TIA-568.5 и TIA TR42.7 готовятся дополнительные документы, регламентирующие применение кабельных систем с технологией SPE на территории США, Канады и Мексики. В документы TIA42 вносится приложение TIA-1005-A-3. В том, что касается содержания, все поправки вносятся в согласованном порядке.

В этих стандартах для кабельных систем представлена информация о структуре кабельных соединений, компонентах, используемых для обеспечения показателей, приведенных в спецификациях, и определенных значениях поверки кабельных соединений. Все это делает данный стандарт самым важным инструментом для установки и ввода в эксплуатацию кабельных соединений SPE. При этом обеспечивается совместимость устройств и кабельных соединений с учетом стандартов для компонентов (например, соединителей, соответствующих IEC 63171-6). Эта совместимость является базовым требованием для функционирования сетей и соединений по технологии SPE и, соответственно, основой для Internet вещей и промышленного Internet вещей (IoT/IIoT). Возможно применение других компонентов кабельных соединений, например, согласно ISO/IEC 11801-3 Amd.1. Но они уже не соответствуют требованиям стандарта, и их использование влечет за собой риск возникновения несовместимости и потери эффективности.

Именно по этой причине комитеты по стандартизации ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG 3 и TIA42 в начале 2018 г. приступили к работе по выбору стандартизированного промышленного соединения. Одним из инициаторов этой работы выступила рабочая группа IEEE 802.3, запросившая у комитетов ISO/IEC и TIA рекомендацию для соединителей для технологии SPE.

В работе принимали участие > 20 экспертных групп, которые остановили свой выбор на двух соединителях:

- соединитель, соответствующий рекомендации IEC 63171-1, для кабельных систем в зданиях (среда M11C1E1). Этот соединитель был предложен компанией CommScore;
- соединитель, соответствующий рекомендации IEC 63171-6 (ранее IEC 61076-3-125) для применения в промышленности и смежных областях (среды M2I2C2E2 и M3I3C3E3). Его основой стал

<sup>1</sup> Для описания возможных условий окружающей среды в телекоммуникационных пространствах и помещениях подкомитет TR-42.9 разработал спецификации MICE, содержащие описание условий окружающей среды для установки, и представлена ценная информация для пользователей и разработчиков со спецификацией технического оборудования и кабелей. В спецификациях приводятся требования к механической прочности (M), степени защиты IPxx (I), химической и климатической устойчивости (C), а также электромагнитной безопасности (E). В спецификации M<sub>1</sub>I<sub>1</sub>C<sub>1</sub>E<sub>1</sub> содержится описание условий окружающей среды, соответствующих условиям в помещениях административных зданий; в M<sub>2</sub>I<sub>2</sub>C<sub>2</sub>E<sub>2</sub> - описывается более агрессивная, промышленная среда; в спецификации M<sub>3</sub>I<sub>3</sub>C<sub>3</sub>E<sub>3</sub> описываются крайне неблагоприятные условия окружающей среды, подобные условиям в производственных помещениях или на открытом воздухе.

Таблица. Сравнение технологий SPE и MPE (данные приведены для экранированного кабеля SPE)

Скорость передачи данных	Четырехпарное кабельное соединение Ethernet (MPE)		Однопарное кабельное соединение Ethernet (SPE)	
	Полоса пропускания (Кат.)	Дальность передачи, м	Полоса пропускания	Дальность передачи, м
10 Мбит/с	16 МГц (Кат. 3)	100	20 МГц	1000
100 Мбит/с	100 МГц (Кат. 5)	100	166 МГц	40
1000 Мбит/с	100 МГц (Кат. 5)	100	600 МГц	40
10 Гбит/с	500 МГц (Кат. 6A)	100	планируется 4...5 ГГц	15

соединитель T1 Industrial, предложенный компанией HARTING.

Подкомитет TIA42 подтвердил результаты работы, проведенной комитетом ISO/IEC, в результате чего в отношении соединений с использованием технологии SPE была выработана согласованная позиция. В настоящее время выбранные соединители включены в соответствующие международные стандарты кабельных соединений. Кроме того, рабочая группа IEEE 802.3 включила эти соединители в документ IEEE 802.3cg в качестве рекомендуемых промышленных соединений, зависящих от передающей среды (MDI).

Таким образом, обеспечены необходимые условия для широкого применения, а, следовательно, и успешного продвижения технологии SPE на рынке с учетом сквозной совместимости устройств, кабелей и соединителей в различных сферах практического применения. Кроме того, всем игрокам на рынке обеспечивается возможность долгосрочного планирования.

#### Сравнение технологий многопарных кабельных соединений (MPE) и SPE

Несмотря на то, что в существующих четырехпарных кабельных системах передачи данных, как и в системах с технологией SPE, применяется витая пара, требования к этим технологиям кабельных соединений в области дальности передачи и частотных характеристик различны. Особенно эти различия заметны в требованиях к полосе пропускания (таблица).

#### Переход от многопарных кабельных соединений (MPE) к SPE (совместное использование кабеля)

Скорость передачи данных по одной паре проводов высока — так почему бы не объединить четыре канала в рамках существующей инфраструктуры? Вопрос о реализации соединений SPE с использованием четырехпарных кабелей в рамках "совместного использования кабеля" напрашивается сам собой. Хотя в отдельных случаях это возможно, в техническом и экономическом отношении это, по сути, лишено смысла. С одной стороны, кабельным системам, использующим технологию SPE, требуется более широкая полоса пропускания по сравнению с MPE в первую очередь ввиду перекрестных помех, и в сравнении с дальностью передачи 100 м для технологии MPE технология SPE в настоящий момент обладает дальностью передачи 40 м для экранирован-

ных кабелей 1000BASE-T1. Следовательно, при таком сценарии перехода необходимо заново проверять существующие кабельные соединения на предмет того, удовлетворяют ли они требованиям SPE. Таким образом, экономическая целесообразность такого подхода сомнительна. Например, чтобы задействовать имеющийся кабель категории 6A под стандарт 1000BASE-T1, дальность передачи не должна превышать 40 м, а полоса пропускания должна составлять не менее 600 МГц. Даже при идеальном соблюдении этих условий технология SPE обеспечивает максимальную скорость передачи данных 1 Гбит/с, тогда как в сетях с технологией MPE кабели категории 6A можно использовать для передачи данных на скорости 10 Гбит/с.

#### Соединители для однопарного Ethernet

Отдельные типы соединителей неразрывно связаны с конкретной областью практического применения и стандартизированы на международном уровне. Наиболее известными примерами могут служить соединители RJ45 для сетей Ethernet и соединители HDMI или DVI для передачи видеосигналов. По этой причине наличие стандартизированных соединителей является необходимым условием для успешного вывода на рынок новых технологий, таких как SPE, поскольку различные сетевые устройства могут взаимодействовать только в унифицированной сети передачи данных, используя стандартизированные системы соединения. Конструкция соединителя SPE, соответствующего рекомендации IEC 63171-6, выполнена с соблюдением требований соответствующих стандартов IEEE 802.3 и других требований рынка.

#### Особенности электрических и частотных характеристик

Номинальное напряжение. Для передачи данных по Ethernet обычно используется дифференциальный сигнал напряжением  $\pm 1$  В. Однако при определении номинального напряжения соединителя SPE необходимо учитывать параллельное использование двух жил для дистанционного электропитания. Метод, применяемый в технологии SPE, называется Power over Data Line (PoDL), и он стандартизирован в соответствии с рекомендацией IEEE 802.3bu. Как и в случае с технологией PoE, максимальное номинальное напряжение составляет  $\approx 48$  В, в результате чего максимальное напряжение питающего оборудования (PSE) составляет  $\approx 60$  В. В отличие от техноло-

гии PoE, в PoDL используются напряжения номиналом  $=12$  и  $=24$  В, аналогичные тем, что применяются в автомобилях.

**Изоляционное напряжение.** В стандартах IEEE 802.3 для технологии SPE подробные требования к изоляции, предъявляемые отраслью автомобилестроения, не приводятся. При этом к кабельным системам в административных зданиях и на промышленных предприятиях предъявляются те же требования, что и к четырехпарному Ethernet с напряжением 1,5 кВ (среднекв.) при замыкании на экран и 1,0 кВ (среднекв.) при замыкании на контакт (Раздел 126.5.1 рекомендации IEEE 802.3bz [bz]).

**Номинальный ток.** В отношении расчета номинального тока требования PoDL также являются определяющими. В соответствии с текущим стандартом в таблице 104–1 рекомендации [bu] приводится максимальное значение мощности электропитания 63,3 Вт, которое соответствует максимальной мощности электропитания 50 Вт на питаемом устройстве (PD). В результате минимальное допустимое напряжение электропитания составляет 48 В при токе 1,36 А. Однако, исходя из соображений будущих перспектив, для соединителя выбрано значение 4 А *постоянного тока*.

**Предпосылки:** В соответствии с Национальным электрическим стандартом (NEC) для североамериканского рынка максимальная мощность устройств класса 2 по классификации NEC ограничена значением 100 Вт, что также является максимальным значением мощности дистанционного электропитания в стандарте PoE, описанном в рекомендации IEEE 802.3bt. Это означает, что при дальнейшем развитии технологии PoDL значение максимальной мощно-

сти будет сохраняться на уровне ниже 100 Вт, и для напряжения электропитания 24 В, применяемого в сфере автоматизации производства, значение максимального номинального тока ограничивается 4 А.

**Частотные характеристики передачи данных.** Для передачи данных в технологии SPE используется дуплексное соединение по разделенным парам проводов с сопротивлением 100 Ом. Для обеспечения большей помехоустойчивости, в частности, при использовании в электромоби-

лях для технологии SPE были выбраны более низкие методы кодирования — PAM3 для стандарта 1000BASE-T1 и PAM4 для стандартов 2.5/5/10GBASE-T1. Это приводит к резкому *повышению требований к полосе пропускания* в сравнении со стандартами "многопарного Ethernet" (MPE). В настоящее время в рамках разрабатываемой рекомендации IEEE 802.3ch ведется обсуждение стандарта SPE для 10GBASE-T1 с полосой пропускания до 4 ГГц (для сравнения, для 10GBASE-T требуется всего

500 МГц). Это приводит к повышению требований к частотным характеристикам кабеля и соединительным технологиям и требует строго симметричной конструкции соединителя для удовлетворения упомянутых требований. По этой причине контакты в соединителе T1 Industrial располагаются симметрично в полностью закрытом экранированном корпусе. Таким образом, значения переходной емкости и индуктивности обоих проводников при замыкании на экран или на печатную плату полностью совпадают, и для независимой передачи данных не создается помех (рис. 5).

Кроме того, оба контакта расположены параллельно плате и выровнены относительно друг друга. В результате пути прохождения сигнала в обоих проводниках полностью совпадают, благодаря чему удастся избежать возникновения разности во времени распространения сигналов (рис. 6).

#### Технические характеристики соединительной технологии для SPE в соответствии с рекомендацией IEC 63171-6

При разработке соединителя для технологии SPE во внимание были приняты все перечисленные выше электрические характеристики и заложен достаточ-

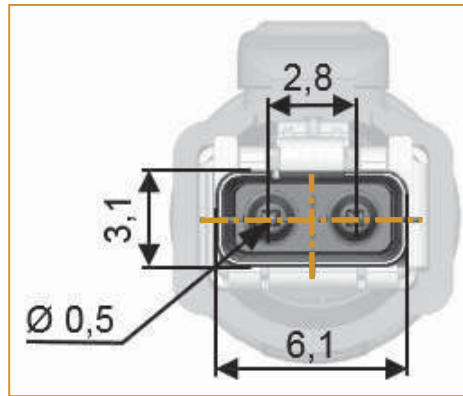


Рис. 5. Симметричная структура соединителя, соответствующего рекомендации IEC 63171-6

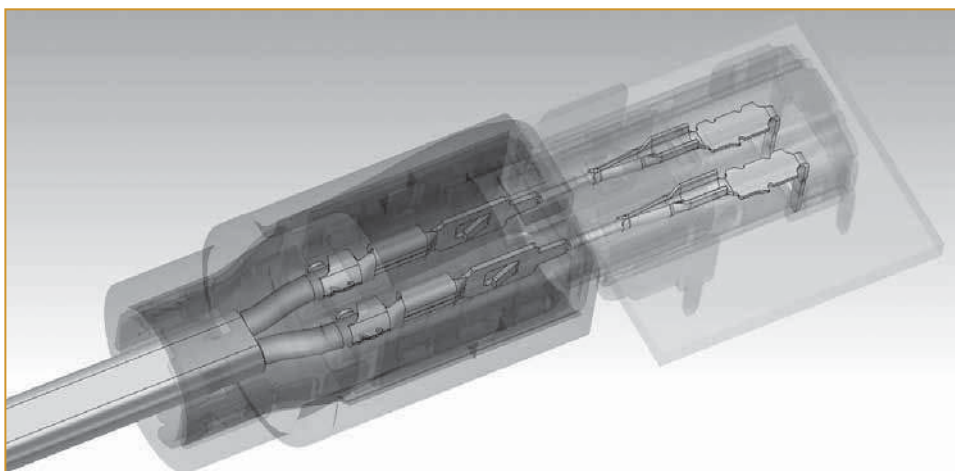


Рис. 6. Схематическое представление симметричной конструкции соединителя, соответствующего рекомендации IEC 63171-6

ный запас для перспективных систем с увеличенной полосой пропускания и дополнительными требованиями к дистанционному электропитанию (PoDL). Кроме того, были выбраны распространенные и общепринятые на рынке варианты исполнения корпусов. Помимо этого, большое внимание было уделено тому, чтобы исполнение соединителя было оптимальным и обеспечивало простоту его эксплуатации, с одной стороны, и соответствовало требованиям рынка, предъявляемым к компактности соединений и их высокой надежности, с другой. В соответствии с этими целями была выбрана схема расположения контактов с интервалом 2,8 мм и контактами толщиной 0,5 мм. Такая схема расположения контактов в значительной мере приспособлена к поперечному сечению жил подключаемого кабеля. Для передачи данных на короткие расстояния в стандартах 100BASE-T1 и 1000BASE-T1 используются проводники AWG 28/26 или AWG 22 диаметром приблизительно 1 мм или 1,6 мм соответственно. Однако для передачи данных на расстояние до 1000 м в стандарте 10BASE-T1L необходимы проводники AWG 16/18 с диаметром 2 мм, поэтому интервал 2,8 мм между контактами является оптимальным.

Согласно стандартам IEEE 802.3, повышенная дальность передачи данных достигается только в экранированных каналах передачи. Исходя из этого, была последовательно реализована экранированная конструкция, которая также обеспечивает надежную передачу данных в неблагоприятных промышленных условиях. Экранирующие пластины способствуют также надежной механической фиксации соединителя в исполнении IP20. Металлический фиксатор устраняет проблему ненадежной фиксации, которая часто становится объектом критики соединителей RJ45. Круглые соединители M8 и M12 нашли широкое практическое применение в промышленности.

Соответственно, новый соединитель для SPE был создан как унифицированный "контейнер данных" на базе M8 в исполнении с винтовой фиксацией, фиксацией посредством защелки и механизмом блокировки PushPull. Кроме того, были стандартизованы и соединители M12 в исполнении с винтовой фиксацией и механизмом блокировки PushPull, что позволило применять их совместно с кабелями с большим попереч-

ным сечением в каналах 10BASE-T1L с дальностью передачи до 1000 м. Это означает, что во всех вариантах исполнения применяется один и тот же соединитель, поэтому соединители в исполнении IP20 можно также подключать к разъемам IP65/67 для проведения метрологических измерений или испытаний. Применение распространенных вариантов исполнения M8/M12 обеспечивает хорошие позиции на рынке и в то же время снижает капиталовложения, поскольку многие поставщики предлагают подходящие варианты исполнения корпусов.

Применение идентичных разъемов и контактных вставок ("контейнеров данных") во всех вариантах исполнения гарантирует унификацию технических характеристик во всех линейках продуктов и обеспечивает благоприятные условия для экономически выгодного производства за счет экономии на масштабе. Таким образом, соединитель для технологии SPE, соответствующий рекомендации IEC 63171-6, представляет собой стандартизированный на международном уровне соединитель, который оптимально подходит для использования в перспективных от-

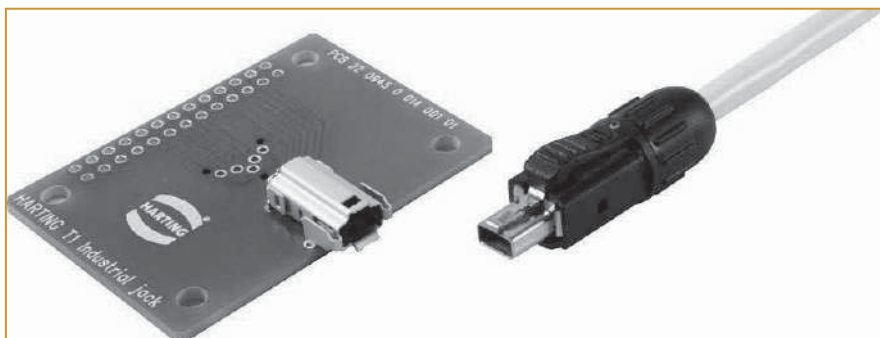


Рис. 7. Соединитель для SPE, соответствующий рекомендации IEC 63171-6, в исполнении IP20



Рис. 8. Соединители для SPE, соответствующие IEC 63171-6, в вариантах исполнения IP65/67 и IP20 (верхний ряд слева направо): соединитель M12 с механизмом блокировки PushPull, соединитель M8 с механизмом блокировки PushPull, соединитель M8 с защелкой и соединитель в исполнении IP20. Нижний ряд слева направо: гнездовой соединитель M12 с винтовой фиксацией и механизмом блокировки PushPull, разъем M8 с защелкой и механизмом блокировки PushPull, угловой гнездовой компонент печатной платы в исполнении IP20

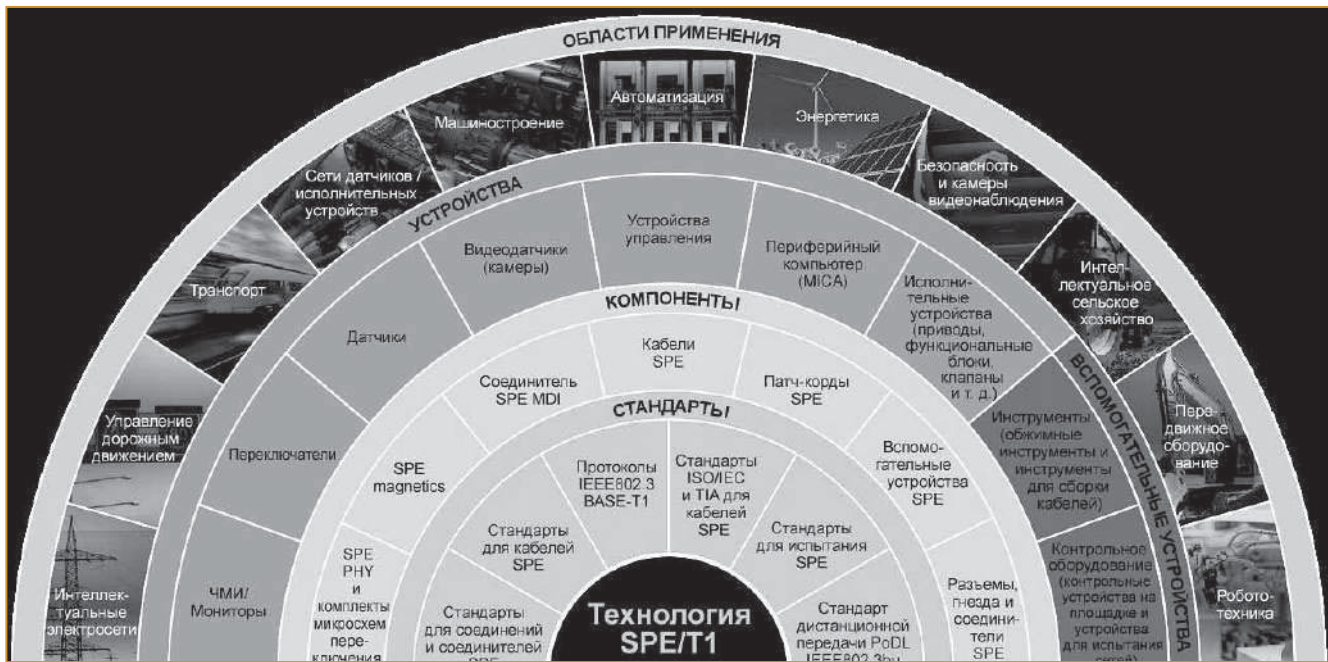


Рис. 9. "Экосистема" однопарного Ethernet

раслях промышленности. Применение стандартизованного контейнера данных SPE облегчает интеграцию соединителя, соответствующего IEC 63171, с другими типами, такими как соединительная система M12 с механизмом блокировки PushPull, которая в настоящее время разрабатывается в виде нового стандарта, и с другими типами (рис. 7).

Ниже представлены различные варианты исполнения с классом защиты IP65/67 и IP20 В будущем эта линейка продуктов может и будет расширяться на базе рекомендации IEC 63171-6 и станет линейкой полноценных решений, включающих все компоненты, начиная с разъемов печатных плат и соединителей, и заканчивая компонентами для проходного монтажа и системными кабелями. Кроме того, уже ведется работа над сопутствующей технологией эксплуатационных измерений (рис. 8).

#### Заключение и перспективы

Новые сферы практического применения, такие как беспилотные автомобили, IoT и PoT требуют развития новых, более мощных сетевых технологий. Такой технологией является SPE. Способность одновременно питать устройства электроэнергией и передавать данные предоставляет этой технологии огромные преимущества перед беспроводными решениями. Дистанционное электропитание посредством технологии PoDL устраняет необходимость в батареях и аккумуляторах, что является дополнительным преимуществом в плане совместимости с условиями окружающей среды и экологичности. Проводные методы передачи данных имеют еще одно преимущество в том, что на них не накладываются нормативные ограничения относительно используемых диапазонов частот, а следовательно, отсутствуют сборы за предо-

ставление необходимых частотных диапазонов. Поскольку на международном уровне отсутствуют унифицированные требования к выделению диапазонов частот, устройства, подключаемые посредством радиосвязи, всегда необходимо адаптировать под различные требования локальных рынков. Эта проблема также теряет актуальность при использовании проводных методов передачи данных, которые позволяют выпускать унифицированные устройства, пригодные для эксплуатации в любой точке мира [2].

Наряду со стандартами для сетей с ограниченным временем действия (TSN), разрабатываемыми рабочей группой IEEE 802.1, производится усовершенствование технологии Ethernet путем внедрения всех механизмов, необходимых для обеспечения надежной передачи данных — необходимого условия для всех приложений, работающих в режиме реального времени.

Следовательно, технология SPE представляет собой идеальное решение с точки зрения инфраструктуры, являясь "предпосылкой" для развития IoT и PoT и фундаментальным элементом Industry 4.0.

Для полноценной реализации этого потенциала технологии SPE необходимо тесное сотрудничество в рамках "экосистемы" (рис. 9) с представителями различных отраслей промышленности. Этот процесс начинается с совместной выработки международных стандартов комитетами IEEE 802, ISO/IEC и TIA и продолжается разработкой и поставкой необходимых компонентов — полупроводников, магнитных компонентов, соединителей, компонентов кабельных соединений и измерительных технологий. Полноценное использование функциональности устройств с передачей данных по технологии SPE и развитие новых сфер практического применения станет воз-

возможным только в том случае, если будет обеспечено наличие стандартов и компонентов хотя бы на уровне опытных образцов.

Таким образом, применение технологии SPE будет не только способствовать более эффективному развитию существующих областей применения при большем внимании вопросам экологии, но и откроет новые сферы применения.

*Маттиас Фритше* – инженер *HARTING Technology Group* (Эспелькамп, Германия).  
Контактный телефон (812) 327-64-77.  
<https://www.harting.com>

#### Список литературы

1. *Matheus, K. Königseder, Th.*: Automotive Ethernet. Cambridge: Cambridge University Press. 2017.
2. *Schoechle, T.*: Re-Inventing Wires: The Future of Landlines and Networks, National Institute for Science, Law and Public Policy, <http://electromagnetichealth.org/wp-content/uploads/2018/02/ReInventing-Wires-1-25-18.pdf> (abgerufen 2019-05-06).

#### Поддержка MIPI-видеокамеры: готовая к применению и уже встроенная на плату

Компания Congatec расширяет свое предложение встраиваемых систем с новой платформой решений для процессоров серии i.MX 8 компании NXP. Полностью готовая к применению платформа ARM впервые содержит все компоненты, необходимые для поддержки MIPI-видеокамер непосредственно на плате. Это позволяет подключать камеры по технологии plug & play от партнеров по встраиваемому видео и машинному зрению, таких как Basler.

Поскольку 3,5-дюймовая платформа является модульной и основана на стандарте SMARC, OEM-изготовители могут быстро и с минимальными затратами настраивать необходимую им производительность и внедрять свои системные решения на основе комплексной экосистемы уже полностью готовых для этого компонентов. Благодаря своей долгосрочной доступности, устойчивости к внешним воздействиям, малому энергопотреблению и высокой масштабируемости новая Embedded Vision Platform от компании Congatec подходит для неограниченного числа приложений со встроенным зрением, в том числе для автоматизированных систем контроля в розничной торговле, систем видеонаблюдения и контроля доступа в управлении объектами, промышленных систем видеоконтроля для обеспечения и управления качеством продукции, систем дополненной реальности, для обслуживания и обработки изображений в мобильных и портативных медицинских технологиях. Выгоду из готовой к применению платформы Embedded Vision также извлекают интерактивные графические интерфейсы, поскольку они все больше интегрируют управление жестами и голосом и дополнительно используют алгоритмы на базе искусственного интеллекта.

Благодаря стандартизированному разъему, используемому в компьютерах на модулях SMARC, производительность процессора масштабируется по требованию и может быть легко адаптирована к требованиям конкретного конечного приложения. В настоящее время компания Congatec уже предлагает своим клиентам 12 различных вариантов процессорных модулей из серии процессоров i.MX 8 компании NXP — от высокопро-

изводительного i.MX 8 до процессора со сверхнизким энергопотреблением i.MX 8M Mini. Кроме того, модульная концепция разрешает проще и экономичнее адаптировать и порты ввода/вывода (I/O). Созданная в сотрудничестве со специалистами компании Basler по встроенному видению, новая платформа разработки также отвечает всем требованиям по простоте ее использования. Поскольку драйверы камеры уже интегрированы в пакет поддержки платформы (BSP) комплекта платформы Embedded Vision, ее можно внедрить без какого-либо дополнительного аппаратного программирования. Сказанное позволяет клиентам уже сразу начать работу непосредственно с разработки встроенных видеосистем, включая системы машинного зрения.

Новая встраиваемая платформа компании Congatec Embedded Vision для процессоров серии i.MX 8 компании NXP основана на модульной 3,5-дюймовой несущей плате. Она доступна с различными конфигурациями компьютеров на модулях SMARC и поставляется с 13-мегапиксельным модулем Basler BCON для камеры MIPI. Этот модуль камеры можно подключить непосредственно к 3,5-дюймовой плате, поскольку все необходимые компоненты для подсоединения MIPI-камер уже встроены в плату. Таким образом, здесь не требуется никаких дополнительных модулей преобразователя и сопряжения. Наряду с MIPI-CSI 2.0 будут поддерживаться камеры видеонаблюдения с интерфейсами USB и GigE, искусственный интеллект и нейронные сети экосистемы NXP i.MX8, благодаря которым можно использовать алгоритмы сегментации изображений, например, для идентификации таких объектов, как дорожные знаки. Со стороны программного обеспечения компания Congatec предоставляет полностью скомпилированные двоичные файлы для загрузки через GitHub. Для клиентов компании предусмотрено все необходимое, включая загрузчик, Android, стандартный Linux или Yocto, а также соответствующие пакеты поддержки платформы и оптимизированное для процессора встроенное программное обеспечение от компании Basler. Перечисленное предоставляет возможность разработчикам незамедлительно приступить к запуску своей конечной системы.

[Http://www.congatec.com](http://www.congatec.com)