

Однопарная кабельная
инфраструктура
для IoT и M2M

Содержание

Введение.....	3
IoT открывает дверь однопарному Ethernet.....	4
Стандарт IEEE802.3cg 10BASE-T1.....	6
Кабельные стандарты ISO.....	6
Кабельные стандарты IEC SC46C5.....	6
Стандарты IEC SC48B на коннекторы.....	8
Кабельные стандарты TIA.....	8
Стандарты для подачи электропитания по однопарной проводке.....	10
Когда и где применять однопарную проводку.....	12
Заключение.....	14

Введение

Кабели на основе витой пары уходят своими корнями во вторую половину 19-го века, когда Александр Белл впервые использовал их для передачи голосового трафика. Такая конструкция кабеля позволила ему снизить интерференцию.

Сегодня медная витая пара играет важнейшую роль в системах связи. Значительно улучшенная по сравнению с первым телефонным проводом, который использовал Белл, витая пара широко распространена в сетях Ethernet, обеспечивая скорости передачи данных до 10 Гбит/с. Инженеры также смогли задействовать сбалансированную витую пару для подачи электропитания постоянного тока — вместе с передачей данных по одному и тому же кабелю.

Что касается сетевой проводки, то лучшее решение не всегда самое скоростное; это решение, которое наиболее эффективно отвечает всем требованиям конкретного приложения. Данное утверждение хорошо иллюстрирует набирающий все большее распространение интернет вещей (IoT).

Перед ИТ-специалистами стоит задача подключить широкий ассортимент датчиков и исполнительных устройств к структурированным кабельным системам. Многим из них требуется достаточно мощное электропитание и высокая пропускная способность, которые может обеспечить только 4-парный кабель Ethernet. Но для устройств с более низкими требованиями к мощности и пропускной способности — таких, как датчики и исполнительные механизмы систем автоматизации зданий и производственного оборудования, системы сигнализации и RFID-считыватели — однопарные кабели Ethernet могут стать более экономичным и компактным решением.

Индустрия изучает возможности однопарных сетей Ethernet эффективно поддерживать

новые приложения. Организации по стандартизации активизировали разработку рекомендаций по использованию однопарной сбалансированной витой пары, а также соответствующих компонентов для различных приложений. К таким рекомендациям относятся: 802.3 bp 1000BASE-T1, 802.3 bw 100BASE-T1, 802.3 bu PoDL (от 0,5 до 50 Вт), 802.3 cg 10BASE-T1S (малая дальность) и 10BASE-T1L (большая дальность).

Кабели на основе витой пары уходят своими корнями во вторую половину 19-го века, когда Александр Белл впервые использовал их для передачи голосового трафика.

Однопарный кабель Ethernet предназначен не для замены традиционных 4-парных кабелей, а для поддержки новых приложений, таких, как IoT и M2M. При развертывании для поддержки соответствующих приложений однопарный кабель обеспечивает значительные преимущества: он более экономичен, компактен, удобен в установке и т.д.

Примеры систем зданий, где может применяться однопарная проводка:

- Система автоматизации зданий
- Система освещения
- Системы управления лифтами и эскалаторами
- Система контроля доступа
- Системы охранной и пожарной сигнализации

Примеры промышленных систем, где может применяться однопарная проводка:

- Промышленная автоматизация
- Контроль процессов
- Робототехника
- Серверные шкафы и коммутационные соединения
- Промышленные корпуса

IoT открывает дверь однопарному Ethernet

Ожидается, что датчики и другие устройства IoT превзойдут мобильные телефоны как самую многочисленную категорию подключенных устройств¹. В 2020 году, по оценкам, во всем мире будет около 200 млрд. подключенных устройств² — или по 26 устройств на каждого жителя Земли. Прогноз развития рынка IoT представлен на рис. 1.

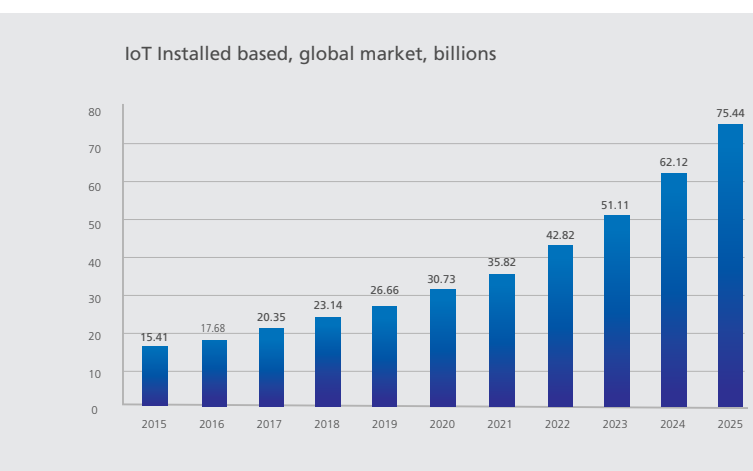


Рисунок 1. Прогноз развития рынка IoT

Хотя потребительские приложения и носимые устройства, средства домашней автоматизации и автомобильная телематика привлекают больше внимания СМИ, по объему рынка они уступают промышленному IoT (IIoT). К 2025 году общий объем рынка IoT-технологий может составить \$6,2 трлн., причем \$4,8 трлн. будут приходиться на здравоохранение (\$2,5 трлн) и промышленность (\$2,3 трлн) — два крупнейших сегмента³. Наибольший рост будет связан с системами M2M, необходимыми для развития производства, логистики, сельского хозяйства, здравоохранения и других отраслей.

Специалисты, отвечающие за корпоративные сети, должны решить,

как масштабируемо и экономично подключить огромное количество датчиков, исполнительных механизмов, контроллеров, камер и других устройств. Большинство подключаемых устройств — особенно те, которые используются в промышленности — устанавливаются на краю сети (edge). Многие из них требуют проводного подключения; некоторые используют собственную аккумуляторную батарею, но большинство зависят от дистанционной подачи постоянного тока.

Традиционно для таких подключений использовались не Ethernet-каналы, а протоколы полевых шин (Fieldbus). Из-за сильно фрагментированного и проприетарного характера этих технологий существует множество реализаций, которые часто несовместимы. Конкретная технология — например, Ethernet/IP, PROFINET, FF HSE, ModbusTCP и HART-IP — часто определяется производителем полевой шины.

Интеграция устройств в единую сеть и координация их работы представляет собой сложную задачу. Среди проблем — сложность монтажа, дефицит квалифицированных специалистов, трудности с совместимостью и техобслуживанием. В результате спрос на стандартный протокол Industrial Ethernet неуклонно растет, и в настоящее время значительное внимание уделяется однопарным приложениям. В июне 2016 года рабочая группа IEEE802.3 Ethernet инициировала запрос CFI (Call For Interest) для обсуждения разработки таких стандартов. Инициатива — 10 Mbps Extended Reach Single Twisted Pair Ethernet PHY — предусматривает создание единой сети, основанной на однопарном кабеле Ethernet, как альтернативу чрезвычайно фрагментированному ландшафту полевых шин. Существует несколько причин, по которым рабочая группа IEEE802.3 Ethernet

ориентируется именно на однопарные кабели:

- **Расширение возможностей по передаче данных и подачи электропитания.** Передовые технологии позволяют по однопарной сети Ethernet обеспечивать скорость выше 10 Гбит/с. Кроме того, однопарные кабели могут обеспечить подачу до 50 Вт постоянного тока, что соответствует потребностям широкого спектра устройств, которые нуждаются в дистанционном электропитании.
- **Эффективное использование пространства и бюджета.** Однопарные кабели весят примерно на 1/4 меньше традиционных 4-парных, а потому могут существенно снизить нагрузку на кабель-каналы и обеспечить более гибкие — гораздо

более гибкие — варианты прокладки. Это особенно важно при подключении небольших устройств с высокой плотностью.

- **Безопасность данных.** Важной задачей при развертывании широкомасштабной инфраструктуры IoT является обеспечение ее защиты. Приложения IEEE802.3 имеют встроенные функции, позволяющие обеспечить безопасную связь.

В своей презентации CFI рабочая группа 802.3 Ethernet называет использование однопарных систем «необходимым» во многом из-за их массогабаритных, стоимостных и механических преимуществ, а также простоты инсталляции и обслуживания в сочетании с существующей обширной экспертизой в части Ethernet⁴.

Стандарт IEEE802.3cg 10BASE-T1

Разрабатываемый рабочей группой IEEE802.3 проект однопарной сети Ethernet 10 Мбит/с⁵ прошел заключительный этап голосования, и Совет по стандартам IEEE-SA утвердил рекомендацию IEEE Std 802.3cg-2019 к публикации. Целевые области применения новой технологии охватывают промышленность, автомобильную отрасль и системы автоматизации зданий. Стандарт предусматривает два варианта физического уровня (PHY):

- **IEEE10BASE-T1S** — дальность до 15 м, в качестве опции — 25-м многоточечный отвод (multidrop)
- **IEEE10BASE-T1L** — дальность до 1000 м

Физический уровень IEEE10BASE-T1S предусматривает дополнительный механизм предотвращения столкновений (Physical Layer Collision Avoidance, PLCA) для повышения производительности в схеме multidrop. Для поддержки большей дальности 10BASE-T1L в спецификации Power over Data Lines (PoDL) было предложено несколько дополнительных классов, которые могут обеспечить подачу до 7 Вт на расстояние 1000 м с использованием номинального источника питания на 57 В. Эти классы отражены в табл. 2.

Кабельные стандарты ISO

Международные организации по стандартизации — ISO, IEC и CENELEC — дорабатывают существующие кабельные стандарты с учетом перспективного использования однопарных сетей Ethernet. В сентябре 2016 года рабочая группа ISO/IEC JTC1/SC25 WG3 инициировала несколько таких проектов, в том числе:

1. **ISO 11801–1 поправка 1** — содержит общие требования к однопарным кабельным проводкам.
2. **ISO 11801–3 поправка 1** — содержит дополнительные требования к однопарным проводкам для их применения в промышленных средах (системы автоматизации производства, контроля технологических процессов и пр.).
3. **ISO 1180–6 поправка 1** — содержит дополнительные рекомендации по применению однопарных проводков для поддержки распределенных сервисов в таких сегментах, как системы автоматизации зданий, сигнализации и контроля доступа. ISO 11801–1

Эти проекты, вероятно, достигнут стадии утверждения для публикации к концу 2020 года.

Кабельные стандарты IEC SC46C

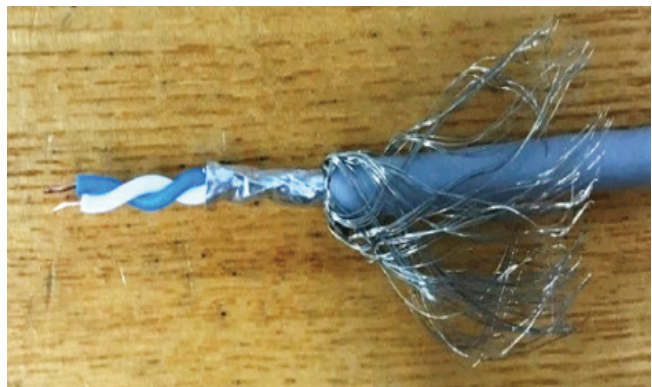


Рис. 2. Пример экранированного кабеля IEC61156–11

Для поддержки приложений IEEE802.3 SPE (Single Pair Ethernet) комитет IEC SC46C в координации с рабочей группой ISO/IEC JTC1/SC25 WG3 начал следующие проекты:

1. **IEC61156–11** — горизонтальные кабели, специфицированные до 600 МГц

2. **IEC61156–12** — отводные (drop) кабели, специфицированные до 600 МГц
3. **IEC61156–13** — горизонтальные кабели, специфицированные до 20 МГц
4. **IEC61156–14** — отводные (drop) кабели, специфицированные до 20 МГц

Первые два проекта предполагают использование проводников от 26

AWG до 22 AWG, в то время как третий и четвертый — проводников большего диаметра — от 20 AWG до 16 AWG. Стадия публикаций по этим проектам ориентировочно намечена на конец 2020 года. На рис. 2 показана типичная конструкция однопарного кабеля.

Стандарты IEC SC48B на коннекторы

В настоящее время комитет IEC SC48B ведет шесть проектов на коннекторы для однопарной проводки (в рамках семейства IEC63171). Среди них — медный коннектор LC-типа IEC63171-1 от CommScope, который был включен в документы IEEE802.3, ISO/IEC/SC25/WG3, IEC SC48B и TIA TR42.7, а также промышленный коннектор IEC63171-6 от Harting. Рекомендация IEEE802.3 сг ссылается на эти два коннектора как на опциональные MDI-коннекторы для оборудования 10BASE-T1S и 10BASE-T1L. На рисунке 3 показана версия вилки и гнезда MDI коннектора LC-типа IEC63171-1.

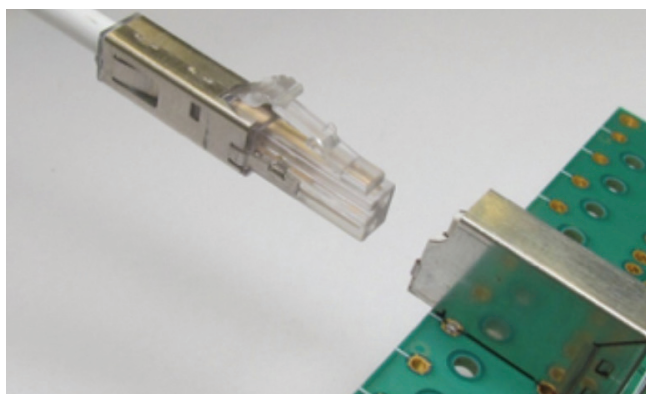


Рис. 3. Вилка и гнездо MDI коннектора LC-типа IEC63171-1

LC-соединитель IEC63171-1 был протестирован на совместимость с использованием нескольких комбинаций вилок и разъемов от CommScope и Panduit. Тестирование проводилось в два этапа. В ходе первого (сентябрь 2018 г.) сторонние испытания Intertek подтвердили ключевые параметры передачи для механической и электрической совместимости. На втором этапе (сентябрь 2019 г.) инженеры CommScope и Panduit протестировали соединения IEC63171-1 на обеспечение ЭМС с использованием

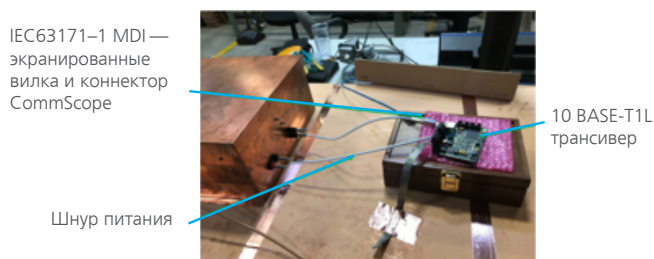


Рис. 4. Интерфейс MDI IEC 63171-1 и шнуры, подключенные к прототипу оборудования 10BASE-T1L

прототипов активного оборудования 10BASE-T1L. Канал длиной 1000 м с несколькими соединителями IEC63171-1 показал соответствие требованиям к ЭМС согласно IEC61000-4-6. Это квалифицирует коннектор IEC63171-1 как промышленный соединитель E3 согласно IEEE802.3сг. На рисунке 4 показан интерфейс MDI IEC63171-1 и шнуры, подключенные к прототипу оборудования 10BASE-T1L во время тестирования.

Кабельные стандарты TIA

TIA TR42.1: На заседании в июне 2017 года комитет TR42 одобрил добавление к общему кабельному стандарту ANSI/TIA-568.0-D вариантов использования однопарной проводки, ее топологии и архитектуры. В приложении содержатся рекомендации по развертыванию однопарных кабельных проводок в зданиях. Измененный стандарт также содержит рекомендации по прокладке кабелей с одной сбалансированной витой парой в соответствии с ANSI/TIA-568.5. Эти рекомендации ориентированы на приложения IoT и M2M, требующие меньшего размера кабелей, более высокой плотности и гибкости инсталляции. TR42 также одобрил второй проект: дополнение про однопарную проводку к стандарту ANSI/TIA-862-B, касающемуся интеллектуальных систем.

TR42.7: С июня 2017 года комитет TR42.7 работает над документом ANSI/TIA-568.5, который содержит подробные требования к компонентам, линиям связи и каналам. Фокус этого проекта — кабельные системы для поддержки IEEE100BASE-T1L с использованием кабелей 23 AWG при дальности до 400 м и 18 AWG — от 400 до 1000 м.

TIA TR42.9: Два дополнения, находящиеся в процессе разработки, расширят сферу применения документа ANSI/TIA-1005-A, который специфицирует телекоммуникационные кабельные системы для промышленных систем. В первом дополнении приведены технические характеристики кабелей, коннекторов, шнуров, линий связи и каналов

однопарной кабельной проводки для применения 10BASE-T1L в промышленных телекоммуникационных сетях. Его фокус — требования к производительности, процедурам тестирования и надежности кабелей и компонентов в средах MICE2 и MICE3.

Второе дополнение определяет требования к характеристикам передачи и рабочей среды для промышленных кабелей/компонентов, используемых для систем 1000BASE-T1, развернутых на однопарных сегментах типа В длиной до 40 м в средах MICE2 и MICE3. Он также определяет компоненты, которые отвечают указанным требованиям для данного приложения.

Стандарты для подачи электропитания по однопарной проводке

Организации по стандартизации работают над рекомендациями по использованию однопарных кабельных систем для дистанционной подачи электропитания. В 2016 году институт IEEE утвердил 802.3 bu-2016 — стандарт физического уровня и параметров управления для подачи электропитания (Power over Data Lines, PoDL) по сбалансированной витой паре сети Ethernet. Стандарт поддерживает 100BASE-T1 и 1000BASE-T1, новейшее решение Ethernet на базе кабелей с одной сбалансированной витой парой. В нем определен протокол подачи питания, который поддерживает несколько классов с разными значениями напряжений. Стандарт включает в себя механизмы гарантированной защиты от сбоев и идентификации сигнатур запрашиваемых устройств (PD), а также прямой связи с ними для определения возможности точной и безопасной подачи питания.

В таблице 1 показаны классы устройств PoDL:

Класс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Диапазон напряжения, В	5.5–18	5.5–18	14–18	14–18	12–36	12–36	26–36	26–36	48–60	48–60
Сила тока, А	0.1	0.22	0.25	0.47	0.10	0.34	0.21	0.46	0.73	1.3
Мощность на устройстве PD, Вт	0.5	1	3	5	1	3	5	10	30	50

Табл. 1. Классы устройств PoDL

Институт IEEE близок к завершению стандарта IEEE802.3cg, который включает шесть дополнительных классов устройств PoDL. Эти классы приведены в таблице 2.

Класс	10	11	12	13	14	15
Диапазон напряжения, В	20–30	20–30	20–30	50–58	50–58	50–58
Сила тока, А	0.092	0.240	0.632	0.231	0.600	1.579
Мощность на устройстве PD, Вт	1.32	3.2	8.4	7.7	20	52

Таблица 2. Расширенные классы устройств PoDL

В системе 100BASE-T1 или 1000BASE-T1 питание PoDL по однопарному кабелю (совместно с передачей данных) может осуществляться на расстояние до 15 м (для проводов 24AWG)⁶. Технология PoDL достаточно универсальна для работы с будущими скоростями и другими длинами линий. По мере роста мощности (сейчас до 50 Вт) при использовании проводников большего диаметра может быть увеличена и дальность, а также обеспечена поддержка новых типов физической среды (PHY) с новыми скоростями.

Большая поддержка 802.3bu наблюдается со стороны автомобильной промышленности, которая движется в сторону однопарного стандарта Ethernet для проводки в автомобилях.

Развитию автомобильных и промышленных приложений на базе однопарного Ethernet способствует деятельность таких отраслевых организаций, как Альянс OPEN (One-Pair Ether-Net) и Ассоциация ODVA (Open DeviceNet Vendors Association). Кроме того, 802.3bu имеет многообещающие перспективы для широкого спектра приложений быстрорастущей экосистемы интернета вещей⁷.

Когда и где применять однопарную проводку

При самых радужных перспективах однопарных сетей Ethernet, важно понимать, что эта технология не является панацеей. Она имеет серьезные ограничения по скорости передачи данных, подаваемой мощности, протяженности линий. Эти ограничения должны быть приняты во внимание при принятии решения о том, как и где развертывать однопарный Ethernet. Такие приложения, как, например, светодиодное освещение, требуют более высокой мощности, но довольствуются низкой скоростью передачи данных. А, скажем, многоантенные точки доступа беспроводных сетей требуют и большой мощности, и высоких скоростей.

Исследования показывают, что возможности передачи данных однопарной сети Ethernet более чем достаточны для большинства подключаемых устройств — по крайней мере тех, которые известны в настоящее время. По данным консалтинговой компании James Brehm & Associates, 86% устройств IoT потребляют менее 3 МБайт в месяц.

Значительное внимание при разработке систем интеллектуальных зданий и автоматизации технологических процессов уделяется снижению требований к мощности подключенных устройств. Это не только обеспечивает значительное снижение эксплуатационных расходов, но и позволяет использовать (для подачи электропитания) слаботочную кабельную сеть. В результате требования к питанию постоянного тока для многих подключаемых устройств, которые будут развернуты в ближайшие годы, ограничиваются максимумом в 50 Вт, установленным действующими стандартами PoDL. Кроме того, как

показано на рисунке 5, однопарные подключения устройств IoT/M2M могут осуществляться по той же топологии «звезда», что и 4-парные подключения оборудования DTE.

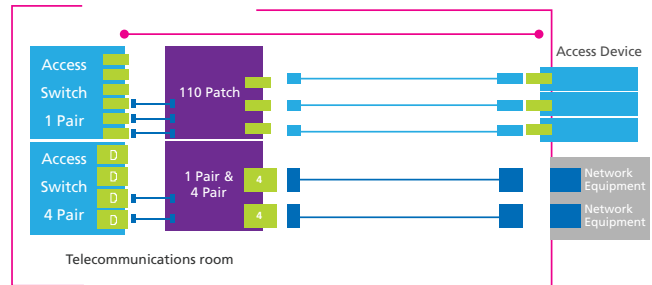


Рис. 5. Организация из одного узла однопарных подключений устройств IoT/M2M и 4-парных подключений оборудования DTE.

Два обсуждаемых варианта — одно- и четырехпарная проводка — не являются взаимоисключающими; во многих случаях они могут сосуществовать в одной сети. Однопарный Ethernet может использоваться для подключения устройства к ближайшей точке консолидации (SCP), а четырехпарный — для подключения SCP к аппаратной комнате. Оба типа кабелей хорошо вписываются в существующие модели проектирования сетей, такие как

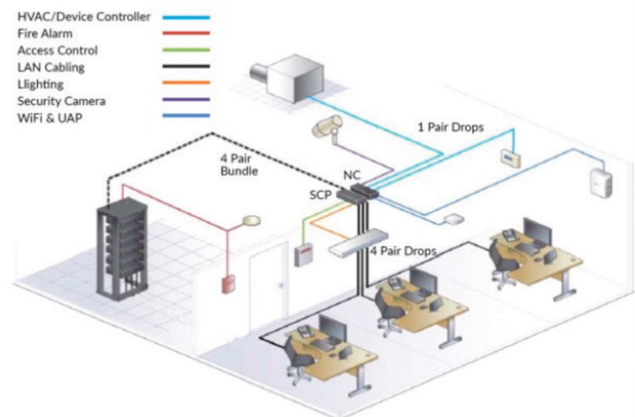


Рис. 6. Пример сети с использованием как одно-, так и четырехпарных подключений

[Universal connectivity grid](#), предложенной компанией CommScope. На рисунке 6 показан пример такой сети — в узлах NC (network conversion) установлено

активное оборудование, которое преобразует высокоскоростной 4-парный канал в несколько низкоскоростных однопарных.

Заключение

Возможно, ни одна другая тенденция или технология не воспринималась с таким большим возбуждением и беспокойством, как интернет вещей. Наибольшее влияние IoT будет оказывать на переход к «умным» зданиям и городам. Невозможно предсказать, как будет выглядеть подключенный мир через 15 лет — да даже через пять. Но мы точно знаем, что предприятия и организации всех типов полагаются на свои команды управления информационными и операционными технологиями (OT), чтобы решить задачи подключения и поддержки миллиардов датчиков, контроллеров и других устройств.

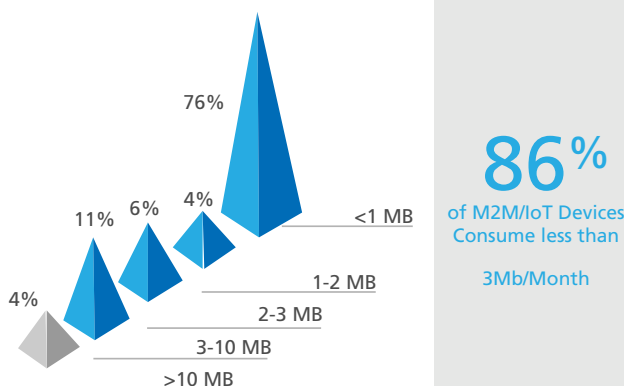
Ответ заключается не в выборе одной технологии или платформа, а в сочетании множества высокоэффективных инфраструктурных решений, которые могут комбинироваться в зависимости от требований конкретных проектов и приложений.

Да, традиционная 4-парная кабельная проводка Ethernet играет важную роль, но все большее значение будет приобретать и однопарная проводка, которая дополнит ее.

Поэтому сетевым инженерам следует рассмотреть возможность использования кабелей с одной витой парой.

За последние несколько лет технология однопарного Ethernet заслужила поддержку производителей оборудования, поставщиков кабельных систем и организаций по стандартизации, которые рассматривают ее как эффективное решение для многих приложений.

Однопарный Ethernet надежен, функционален и набирает популярность благодаря широкому диапазону уже поддерживаемых (10, 100 и 1000 Мбит/с) и новых скоростей (10 Гбит/с



Источник: John Brehm & Associates, 2015

и более). Легкий и тонкий, однопарный кабель эффективен для подключения маломощных устройств с низким объемом передаваемых данных, которые составляют большую часть интернета вещей — именно такой тип целевого, интеллектуального решения сетевые инженеры должны иметь в своем распоряжении, чтобы отвечать на возникающие вызовы.

¹ Отчет Ericsson Mobility; Июнь 2016

² Руководство по Интернету вещей; инфографика Intel (IDC, Intel, United Nations)

³ Стратегическая аналитика по M2M; McKinsey Global Institute, NYTimes.com

⁴ Запрос CFI «10Mb/s Extended Reach Single Twisted Pair Ethernet PHY»; Рабочая группа IEEE802.3 Ethernet WG; Май 2016.

⁵ Повестка дня и общая информация; Группа IEEE802.3 по изучению однопарного Ethernet 10 Мбит/с; 17 сентября 2016

⁶ Презентация «IEEE P802.3bu Power over Data Lines Tutorial»; IEEE802.3, ноябрь 2015

⁷ «IEEE Publishes IEEE802.3bu for Provisioning Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet»; Business Wire; 15 марта 2017

CommScope раздвигает границы коммуникационных технологий с помощью меняющихся правил игры идей и новаторских открытий. Мы сотрудничаем с нашими клиентами и партнерами в проектировании, разработке и построении самых передовых сетей в мире. С энтузиазмом и решимостью мы стремимся определить новые возможности и реализовать лучшее завтра. Узнайте больше на [commscope.com](https://www.commscope.com).

COMMSCOPE®

[commscope.com](https://www.commscope.com)

Для получения более подробной информации, пожалуйста, посетите наш Web-сайт или обратитесь в Представительства CommScope:

Москва, Гоголевский б-р 11, тел.: +7 (495) 542-0010

Екатеринбург, ул. Большакова 70, оф. 503А, тел.: +7 (922) 168-8414

Новосибирск, пр. Димитрова 4/1, оф. 10F2, тел.: +7 (913) 777-9247

Казахстан, Алматы, ул. Наурызбай батыра 17, оф. 301/1, тел.: +7 (701) 711-7679

E-mail: commscoperussia@commscope.com

© 2020 CommScope, Inc. Все права защищены.

Все торговые марки, помеченные © или ™, являются зарегистрированными торговыми знаками или торговыми знаками CommScope. Этот документ предназначен только для целей планирования. Он не нацелен на изменение или дополнение каких-либо спецификаций или гарантийных условий, связанных с продуктами или сервисами CommScope. CommScope придерживается высочайших стандартов целостности бизнеса и устойчивости окружающей среды на всех производствах CommScope, сертифицированных в соответствии с международными стандартами, включая ISO 9001, TL 9000 и ISO 14001.

Больше информации об обязательствах CommScope можно найти на www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability.