

ТЕХНОЛОГИЯ PoDL – система дистанционного питания для Интернета вещей

А.Семенов, д.т.н., профессор НИУ МГСУ / andre52.55@mail.ru

УДК 654.152, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.108.8.58.62

Рассмотрены функциональные возможности, базовые принципы построения и технические особенности аппаратной и программной частей оборудования дистанционного питания терминального оборудования по однопарным витопарным кабельным трактам PoDL. Показана перспективность применения техники PoDL в проектах автоматизации объектов недвижимости различного назначения.

ВВЕДЕНИЕ

Информационно-телекоммуникационная система (ИТС) становится таким же обязательным атрибутом современного здания, как отопление, освещение, водоснабжение и аналогичное им инженерное оборудование. ИТС реализуются на базе проверенной временем семиуровневой модели OSI, а за основу первого, физического уровня в абсолютном большинстве случаев берется структурированная кабельная система (СКС). При этом радиосети, построенные по технологии Wi-Fi, обычно решают отдельные нишевые задачи в тех ситуациях, когда применение кабельных решений невозможно или нецелесообразно по тем или иным причинам.

Предложение о реализации физического уровня ИТС в форме СКС было сформулировано еще в конце 80-х годов прошлого столетия, а в полноценное самостоятельное техническое направление структурированная проводка выделилась в 1991 году с момента принятия профильных стандартов первого поколения в США. Идеи, заложенные в СКС как средство организации физического уровня ИТС, оказались хорошо востребованными на практике, что было наглядно доказано длительным коммерческим успехом разнообразных кабельных систем.

Прошедшие три десятка лет с момента стандартизации – огромный срок даже для технически консервативной кабельной техники и потенциал, изначально заложенный в идею СКС, был во многом израсходован уже к середине второго десятилетия

текущего века. Новую жизнь в идею структурированного каблирования вдохнула технология так называемого однопарного Ethernet (Single Pair Ethernet, SPE) [1]. Практическая реализация заложенной в нее концепции:

- обеспечила возможность подключения к ИТС основной массы устройств цифрового потолка современных умных домов, в том числе в рамках реализации концепции Интернета вещей (IoT) [2];
- позволила перейти на единую технологическую платформу в ряде областей, хорошо востребованных и емких по количеству точек подключения (рис.1);
- заметно улучшила экономические характеристики информационной проводки за счет устранения функциональной избыточности, что достигалось как сокращением количества витых пар (т.е. расхода кабеля), так и заметным ослаблением требований к емкости кабельных каналов всех разновидностей.

Концептуально однопарная проводка должна рассматриваться не как конкурент классическим четырехпарным линиям, а как их дополнение. Она изначально ориентирована в первую очередь на поддержку сетевого режима функционирования многочисленных контроллеров системы управления инженерным обеспечением в зданиях и технологическим оборудованием на производстве. Обеспечена также обратная совместимость по

активному оборудованию: в случае применения соответствующего адаптера применения соответствующего адаптера SPE-интерфейс без ограничений работает по четырехпарным трактам построенной ранее "классической" СКС. В области же транспортной техники (автомобили, самолеты, трамваи и т.д.) проблема выбора "парности" кабельных трактов не возникает изначально.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ ТЕРМИНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В двух из трех основных областей применения техники однопарного Ethernet (управление инженерным обеспечением и промышленная автоматизация) просто в силу их топологической масштабности неизбежно приходится решать задачу обеспечения питания терминальных устройств. Прокладка выделенной 220-вольтной линии при этом явно неэкономична. Не слишком сильно исправляет ситуацию переход на организацию шлейфовых силовых структур и построение зональных архитектур с установкой группового источника в каждой зоне.

При таких начальных условиях целесообразно воспользоваться опытом классической СКС, в которой эта задача была решена внедрением технологии PoE (Power over Ethernet). Суть решения заключается в том, что на электропроводные 4-парные кабельные тракты в дополнение к поддержке информационного обмена возлагается также функция передачи тока дистанционного питания на обслуживаемые терминальные устройства. Необходимая эксплуатационная гибкость и коммерческая привлекательность решения в целом обеспечивается использованием принципа наложения на кабельную систему, введением системы классов по потребляемой мощности, внедрением развитой автоматики управления функционированием источника и приемника электроэнергии [3].

Само собой разумеется, что от кабельных трактов однопарного Ethernet ожидается аналогичный функционал. Потенциальную востребованность такого подхода можно обосновать следующей оценкой. Максимальная мощность питаемого устройства PoE в варианте IEEE 802.3bt составляет 71,3 Вт. В случае применения однопарных трактов можно уверенно рассчитывать на четверть этого значения, то есть как минимум на 15 Вт. Этого вполне достаточно для практики: основная масса современных PoE-устройств относится к классу 1 и потребляет не более 4 Вт.

При создании интерфейсов однопарного Ethernet применено простое "демасштабирование", то есть схемные решения SPE-интерфейса в части цепей передачи данных представляют слегка



Рис.1. Основные области применения технологии однопарного Ethernet

модернизированную "четвертинку" гигабитного или 10-гигабитного (в зависимости от варианта) прототипа.

Целесообразность и применимость такого подхода определяются тем, что в указанных типах оборудования используется параллельная двунаправленная передача сигналов, причем каждый из субканалов "привязан" к индивидуальной витой паре. Режим дуплексной передачи по одной паре достигается за счет развязки приемника и передатчика интерфейса классической дифференциальной системой.

Что же касается дистанционного питания, то работы над технологией ее реализации под эгидой IEEE были начаты еще в 2013 году, так как применение исходных конструктивных решений PoE в данном случае невозможно в принципе. Сказывается, что согласно этой технологии функции прямого и обратного проводов для передачи тока дистанционного питания выполняет витая пара целиком. Соответственно, потребовалась разработка новой технологии, которая получила название PoDL (Power over Data Line – питание поверх информационной линии) и нормируется спецификацией IEEE 802.3bu.

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАЗВЯЗКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Техника PoDL демонстрирует очень высокую степень преемственности со своим прототипом – PoE. Отличия определяются особенностями формирования линии. При ее разработке были в максимальной степени использованы положительно зарекомендовавшие себя системные подходы и схемные решения.

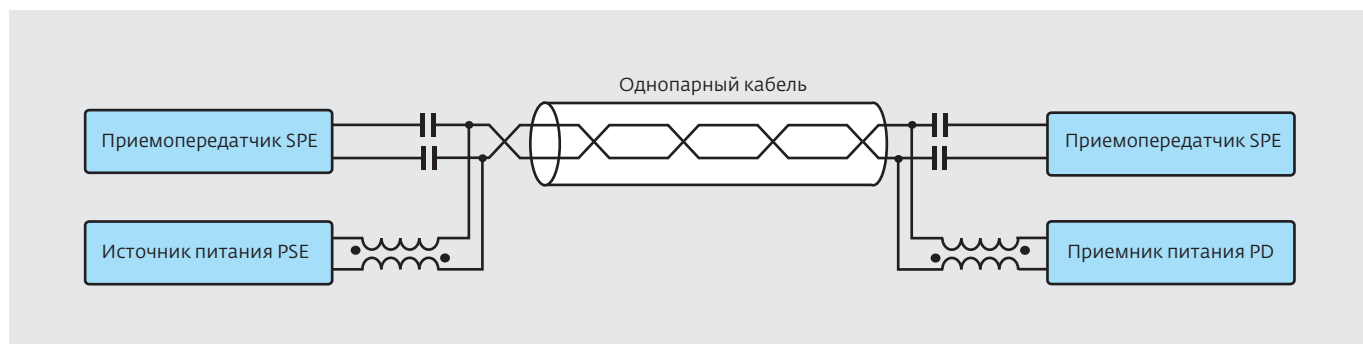


Рис.2. Веб-интерфейс настройки и мониторинга PDU с контроллером и измерительным модулем

Система PoDL внедряется в ИТС методом наложения на однопарные кабельные тракты. Задача развязки информационных цепей и цепей дистанционного питания решается установкой вилки индуктивно-емкостных фильтров. При этом для усиления эффекта развязки обмотки дросселей включают встречно. Схема такого подключения представлена на рис.2.

Отметим, что применение дроссельной развязки потребовало некоторой коррекции в части обратных отражений для низкочастотной части: 1–2 МГц рабочего спектрального диапазона.

Еще одно отличие рассматриваемой технологии от PoE состоит в том, что элементом, указывающим на наличие PoDL-приемника, является не 30-килоомный резистор, а стабилитрон на 3,5–4,0 В.

Сохранена система обозначений: источник питания называется PSE, приемник дистанционного питания – PD. Оба этих блока подключаются параллельно приемопередатчику сетевого интерфейса. В известных образцах техники PSE и PD конструктивно оформлены исключительно в виде встроенных модулей приемопередатчиков, что заметно более удобно с эксплуатационной точки зрения.

PSE и PD схемно независимы от приемопередатчика, то есть при возникновении соответствующей необходимости они могут быть без проблем выполнены в виде отдельных конструктивно независимых и функционально законченных блоков.

С учетом области применения в электронных схемах может применяться элементная база с максимальной рабочей температурой 125 °С.

Классы PoDL

Несмотря на свою относительную молодость (стандарт IEEE 802.3bv увидел свет в 2016 году, затем последовал расширяющий его в части диапазона поддерживаемых мощностей стандарт IEEE 802.3cg, который был опубликован 7 ноября 2019 года), технология PoDL предполагает наличие большого количества классов.

В настоящее время их число составляет 16. Последнее становится прямым следствием широты потенциальных областей применения и, соответственно, большой номенклатуры применяемых напряжений типовых источников: 12, 24, 48 и 60 В. Дополнительно отдельные классы группируются между собой по номинальному выходному напряжению источника PSE, образуя отдельные группы.

При выборе параметров аппаратуры отдельно выполняется дополнительное согласование приемопередатчиков и пары источник-приемник системы по дальности действия: в случаях 100BASE-T1/1000BASE-T1 с заданным качеством обеспечивается возможность построения трактов протяженностью 15 м.

Сводка классов и основные пользовательские параметры представлены в табл.1. Система классов носит открытый характер и при необходимости может быть расширена.

Дополнительно к классам вводится также система типов источников. В качестве основного классифицирующего признака использованы разновидности сетевых интерфейсов. Система типов построена по матричной схеме, а ее сводка приведена в табл.2.

Логика функционирования системы PoDL и взаимодействия "приемник – передатчик".

После физического замыкания цепи протекания питающего тока источник и приемник осуществляют настройку в соответствии с заранее заданным алгоритмом для определения возможности подачи питания и его класса.

Для экономии электроэнергии изначально предусмотрен штатный спящий режим, причем его активацию на равных правах инициирует как приемник PD, так и источник PSE-системы. При нахождении в спящем режиме физическое подключение потребителя контролируется подачей на вход линии 3,3-В дежурного напряжения. Наличие спящего режима важно с точки зрения техники с автономным питанием, применяемой, например, в автомобилях.

Таблица 1. Классы PoDL и параметры его оборудования

Класс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
UPSE, В	6-18	6-18	14-18	14-18	12-36	12-36	26-36	26-36	48-60	48-60	20-30	20-30	20-30	50-58	50-58	50-58
UPD min, В	4,94	4,41	12	10,6	10,3	8,86	23,3	21,7	40,8	36,7	13,98	13,96	13,92	35,01	34,78	35,6
Imax, А	0,1	0,22	0,25	0,47	0,097	0,339	0,215	0,46	0,73	1,3	0,092	0,240	0,632	0,23	0,6	1,58
PPD max, Вт	0,5	1	3	5	1	3	5	10	30	50	1,32	3,2	8,4	7,7	20	52

Перед подачей питающего напряжения осуществляется проверка самой возможности дистанционного питания с последующим заданием класса. Для этого достаточно зафиксировать номинальное питающее напряжение и установить максимальную мощность, которую потребляет терминальное устройство. Для задания мощности привлекается низкоскоростной однопарный двунаправленный протокол SCCP. Совмещение штатной передачи данных между SPE и PD и выполнение процедур настройки не допускается логикой работы управляющего контроллера

источника. Таким образом, выполнение процедур протокола SCCP возможно только в спящем режиме и сразу после начала процедуры инициализации настройки пары "источник – приемник".

Особенность алгоритма начальной настройки системы PoDL – его линейный характер без многочисленных ветвлений, что положительно сказывается на быстродействии.

Немаловажное значение имеет также отсутствие необходимости обязательной реализации процедур, требующих обращения к SCCP. Включение без



InfoLan

КОММУНИКАЦИОННЫЕ КАБЕЛИ



Исполнение:
внутренний U/UTP, F/UTP cat 5e –LS, -HF, -LSLTx, коаксиальный
внешний – трос, U/UTP, F/UTP cat 5e, коаксиальный

Кабели с увеличенной дальностью передачи сигналов:
InfoLan FE Long U/UTP PVC 2x2x0,52 Ethernet 100 Мбит/с 200 м
InfoLan FE Long U/UTP PEtr 2x2x0,52 Ethernet 100 Мбит/с 250 м
InfoLan FE Long U/UTP PEtr 4x2x0,52 Ethernet 1 Гбит/с 180 м

Кабели комбинированные с дополнительными жилами питания:
InfoLan Video U/UTP PE 4x2x0,52 / 2x0,5 (0,75)
InfoLan Video U/UTP PEtr 4x2x0,52 / 2x0,5 (0,75)
Малогобаритный коаксиал КВКП (КВКВ) / 2x0,5 (0,75)


 100 Mb/s
1 Gb/s


 ISO
9001


 ВИДЕО


 100%
Cu
МЕДЬ


 EAC


 ISO
TIA


 ГОСТ Р
54429-2011


 ГОСТ Р
70042-2022



344055, г. Ростов-на-Дону, Пескова, 17 А. Тел.: (863) 290-59-90, 222-09-84, 299-50-99, 223-09-56

www.infolan.ru info@infolan.ru

Таблица 2. Матрица типов источников PSE оборудования PoDL

Тип интерфейса	A	B	C	D	E
10BASE-T1S	X		X		
10BASE-T1L					X
100BASE-T1			X		
1000BASE-T1		X	X		
Не определен				X	

предварительной настройки выделено в отдельный режим Fast Startup Mode, который применяется в бортовых автомобильных системах с фиксированной конфигурацией и заранее известной мощностью потребления нагрузки. Таким образом, протокол SCCP изначально рассматривается как опция.

В упрощенном виде настройка выполняется по следующему алгоритму (представлен на рис.3):

- в момент подключения нагрузки или выхода из спящего режима на приемник подается ток 10 мА и проверяется наличие стабилитрона в приемнике;

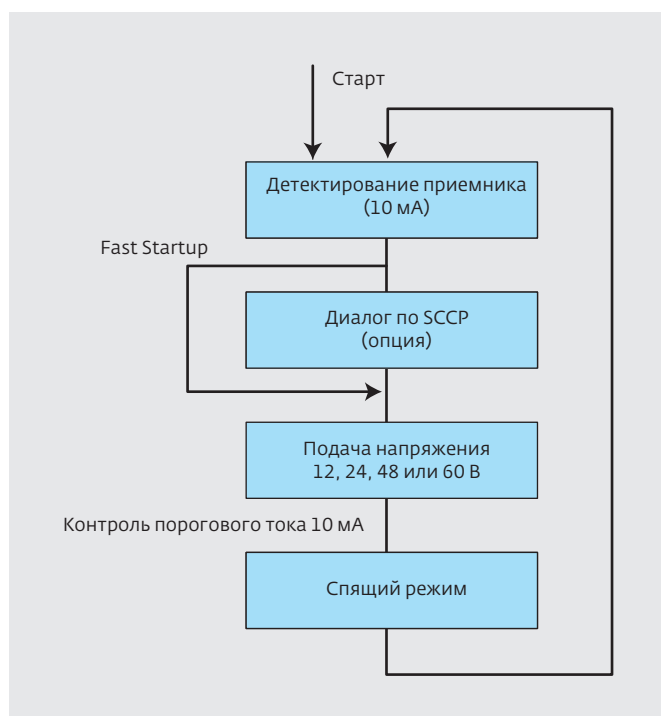


Рис.3. Упрощенный алгоритм взаимодействия источника PSE и приемника PD при включении и функционировании системы PoDL

- выполняется согласование класса питания с привлечением протокола SCCP, после чего включается питание;
- непрерывно контролируется ток, потребляемый питаемым терминальным устройством, и при падении его ниже 10 мА (9–10% от максимума для наиболее маломощных классов 0 и 10) производится принудительный перевод системы в спящий режим с подачей контрольного напряжения 3,3 В;
- при превышении током, потребляемым в спящем режиме, порога в 1 мА процесс инициализации источника PSE запускается заново.

Отдельно укажем на то, что, несмотря на схожесть исходной идеи и высокой степени пересечения в части мощностей нагрузок, совместимость между PoDL и PoE отсутствует из-за различных принципов их функционирования. Ровно аналогичным образом отсутствует возможность настройки выходного напряжения источника PSE для его согласования с запрашиваемым напряжением приемника из “чужой” группы классов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология PoDL представляет собой сегодня функционально законченный продукт, отвечающий основным требованиям практики и готовый к использованию в массовых проектах.

Внедрение технологии PoDL существенно расширяет как области применения, так и технико-экономическую привлекательность однопарного Ethernet для широкого круга потребителей.

Обращение к технологии PoDL не потребует изменения правил проектирования сетей, что обеспечено хорошей гармонизацией слаботочной и силовой частей создаваемой однопарной на физическом уровне информационной системы.

По своим функциональным возможностям PoDL примерно соответствует известной технологии PoE, что позволяет существенно расширить область полноценного внедрения современных средств автоматизации с распространением их установки на объектах недвижимости на цифровой потолок и промышленные системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов А. Кабельная система для интернета вещей – первые шаги // Первая миля. 2019. С. 32–39.
2. Челышков П.Д., Семенов А.Б. Влияние “умного” города на телекоммуникации // Вестник связи. 2019. № 2. С. 4–7.
3. Семенов А. Эволюция дистанционного питания // Журнал сетевых решений LAN. 2015. № 10. С. 51–55.

ВЫСТАВКА технических средств охраны
и оборудования для обеспечения
безопасности и противопожарной защиты

 **securexpo**



**1-4
марта
2023**

Краснодар
ВКК «Экспоград Юг»

**ЗАБРОНИРУЙТЕ
СТЕНД** на сайте
securexpo.ru



12+

Организатор

MVK Международная
Выставочная
Компания

+7 (861) 200-12-50, 200-12-34
securexpo@mvk.ru

ОДНОВРЕМЕННО С ВЫСТАВКОЙ

 **YugBuild**