УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ ПО КАБЕЛЮ Cat5e:

новая линейка оборудования COMMENG для сетей Ethernet

Д.Терентьев
НПО «Инженеры электросвязи»

Иногда устройства с интерфейсом Ethernet, разнесенные на сотни метров, целесообразно соединять не оптическим кабелем, а медной витой парой категории Cat5e с применением репитеров. Для этих целей предназначено оборудование COMMENG DEVICES, которое также позволяет подавать питание по одному кабелю с данными. Работа над поставленными в начале 2010 года задачами [1] привела к разработке целой линейки востребованного на рынке оборудования, отличающегося по совокупности технических характеристик и благодаря этому позволяющего эффективно решать задачи по увеличению дальности подключения и электропитанию сетевых устройств по медножильному кабелю.

Многочисленные области применения Ethernet можно объединить в три основные группы:

- локальные вычислительные сети (в эту группу можно включить также системы видеонаблюдения и ограничения доступа, офисную IP-телефонию);
- Industrial Ethernet;
- сети доступа (включая доступ в Интернет, IP-телефонию, IP-TV).

Распространенность технологии Ethernet, дешевизна компонентов обусловили множество ее применений. Сегодня даже промышленные счетчики электроэнергии, для считывания данных с которых обычно применяется явно избыточный по скорости низкоскоростной интерфейс RS-485, стали подключать по каналам 100Base-TX. Преимущества использования одной сетевой технологии и инфраструктуры для передачи всех видов информации совершенно очевидны. Однако при столь разнообразных применениях помимо предусмотренных стандартами конфигураций сети возникают случаи, требующие нестандартных подходов. Например, необходимость подключать к локальной сети удаленные устройства. Разумеется, для таких задач специально разработаны беспроводные и волоконно-оптические технологии. Но зачастую задача требует более бюджетных решений, для которых и создана новая линейка оборудования COMMENG DEVICES, предоставляющая гибкий инструмент для наиболее эффективного построения сетей доступа.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РЕПИТЕРАМ 100BASE-TX

Первоначально предполагалось разработать репитеры с питанием по стандартам PoE (IEEE 802.3at) и PoE Plus (IEEE 802.3af) для применения на сетях доступа. Основная задача – подключение абонентов, длина кабельной трассы до которых превышает 100 м.

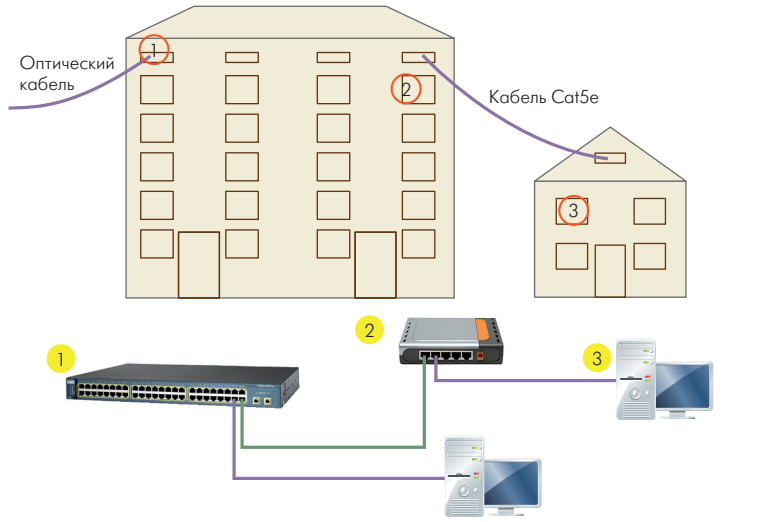
Нередко используется способ, когда применяется коммутатор малой емкости (обычно четыре порта) с местным питанием (рис.1). В конкретном случае, показанном на рис.1, коммутатор, установленный в квартире пятиэтажного дома, периодически зависал, для восстановления связи абонент из коттеджа звонил своему соседу и просил вытащить из розетки и снова включить блок питания коммутатора.

Многочисленные недостатки такого варианта описывать нет необходимости. Достаточно лишь добавить, что в районах с высокой грозовой активностью выход из строя оборудования, подключенного к кабелям, подвешенным между домами, случается довольно часто.

Поскольку нередки случаи, когда IP-устройства удалены от коммутатора на расстояние, большее, чем максимально допустимая длина сегмента, на рынке существует потребность в репитере 100Base-TX. Нами были разработаны технические требования, основные положения которых перечислены ниже:

- питание репитера должно осуществляться по тому же кабелю, что и передача данных;
- возможность включения нескольких репитеров последовательно, их питание от одного источника;
- возможность питания абонентского IP-оборудования и репитера от одного источника;
- высокая помехоустойчивость;
- стойкость к перенапряжениям;
- универсальность применения;
- репитер должен выполнять функции только физического уровня и иметь минимально возможные задержки.

На первом же этапе разработки возникли трудности с питанием по одному кабелю с данными. Стандарты PoE предусматривают обмен данными между источником питания PSE (Power Sourcing Equipment) и потребителем энергии PD (Power Dewice), причем к PSE может быть подключен только один PD. Но в случае последовательного подключения нескольких репитеров это устройство оказывается одновременно и потребителем, и источником питания (рис.2). Репитеры, содержащие и PSE, и PD, выпускает лишь несколько фирм, и стоят они достаточно дорого – порядка 130 долл. Кроме того, как выяснилось в ходе проведенных испытаний и анализа схемотехники устройств PoE, именно схемы подачи/выделения питания наиболее уязвимы к воздействию перенапряжений. Это объясняется тем, что если микросхема трансивера включается через развязывающий трансформатор, то модули PSE и PD гальванически связаны с жилами кабеля. Таким образом, применение питания в соответствии со стандартами IEEE 802.3at и IEEE 802.3af было отвергнуто как из-за высокой стоимости, так и из-за сложности удовлетворения требования по стойкости к воздействию перенапряжений.



1. Коммутатор Ethernet. Принцип построения сети – ПТВ.
2. Место установки коммутатора малой емкости, используемого в качестве репитера.
3. Абонент, подключенный к сети по кабелю Cat5e.

Рис.1. **Пример подключения удаленного абонента к локальной сети**

К счастью, в нашем распоряжении уже были устройства (сплиттеры и инжекторы) Passive PoE [2], выпуск которых начался в первом квартале 2010 года. Технология Passive PoE обеспечивает только электрические характеристики передачи питания по свободным жилам кабеля или поверх данных через средние точки развязывающих трансформаторов. Отметим следующие особенности оборудования COMMENG для подачи питания в свободные жилы кабеля серии PoET FW:

- возможность подачи в линию напряжения от внешнего источника питания напряжением до 60 В;
- встроенная защита от перегрузки по току и короткого замыкания в кабеле;
- очень высокая надежность;

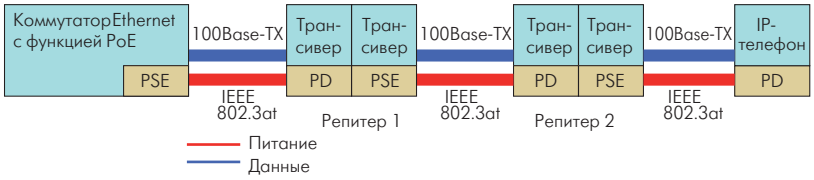


Рис.2. **Электропитание нескольких репитеров и абонентского устройства в соответствии со стандартом PoE**

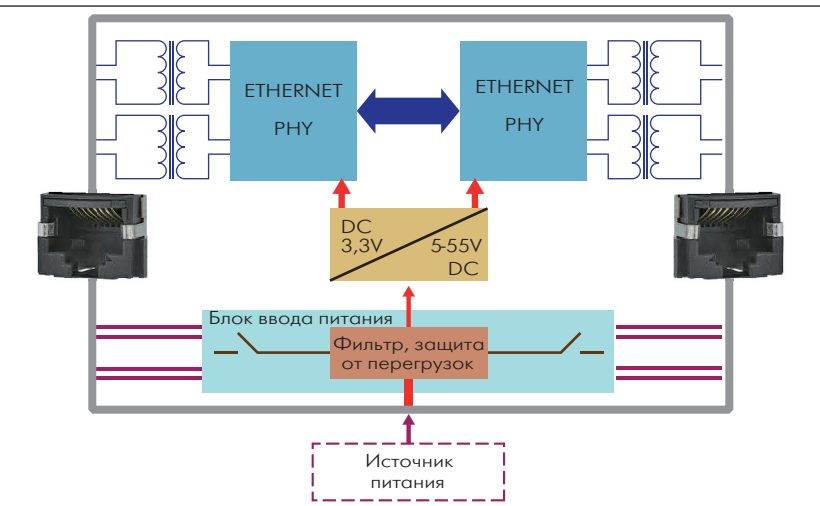


Рис.3. **Структурная схема репитера**

- опционально – защита от перенапряжений подключаемого к сплиттеру или инжектору сетевого оборудования.

В ходе изучения потенциального рынка сбыта и требований потребителей была произведена корректировка технического задания учетом возможности подключения базовых и абонентских станций WiMAX с передачей на них питания через репитер, а также подключение различного оборудования локальных вычислительных сетей и Industrial Ethernet. Соответственно, техническое задание дополнили следующие требования:

- возможность электропитания репитера как по свободным жилам кабеля, так и от местного источника;
- напряжение питания репитера (на входе DC/DC-преобразователя) может составлять от 5 до 55 В;
- ввод напряжения питания в линию может производиться непосредственно через гнездо питания репитера;
- возможность эксплуатации репитера в условиях высоких и низких температур (установка в уличных шкафах и ящиках, защищающих от проникновения влаги).

Требования, заложенные в техническом задании, определили структурную схему репитера (рис.3). Устройство включает два трансивера 100Base-TX, включенные “back-to-back”. Так достигается минимальный уровень задержек. Поскольку в репитере транслируемые данные не запоминаются и не обрабатываются, задержки в нем минимальны и не зависят от длины пакета, в отличие от коммутаторов. Измерения, проведенные с помощью тестера-анализатора Ethernet «МАКС-ЕМ», показали, что задержка в репитере составляет 1,25 мкс. Измеренные задержки в 5-портовом коммутаторе составили при длине пакета 64 байта порядка 1 мс; при длине пакета 1024 байта – 12,5 мс, т.е. в 10 тыс. раз больше, чем в репитере физического уровня при такой же длине пакета.

Система питания репитера организована следующим образом. Из блока ввода питания, включающего в себя фильтр помех и полимерный позистор для защиты от перегрузок, напряжение в диапазоне 5–55 В подается на вход DC-DC-преобразователя с выходным напряжением 3,3 В. К блоку ввода питания можно подсоединить свободные жилы кабелей, подключенных с двух сторон репитера. Для коммутации жил служат переключатели на лицевой панели устройства.

Как видно из схемы, репитер является симметричным устройством как для передачи данных, так и для электропитания, т.е. у него нельзя выделить вход или же выход. Напряжение питания может подаваться с любой стороны или же от блока питания. Отсутствие обработки информации, равно как и применение решений, позволяющих сократить потребление электроэнергии [5], обусловили крайне низкую потребляемую мощность, которая составляет не более 0,4 Вт (табл.1).

Примененная схема организации электропитания позволяет запитывать несколько репитеров

Таблица 1. **Характеристики репитеров серии COMMENG**

Стандарт	10/100Base-TX
Задержка в репитере, мкс	1,2
Входное напряжение от местного источника, В	5–55
Напряжение питания по свободным жилам, В	9–60
Питание по свободным жилам от одного источника	До трех репитеров
Питание нагрузки транзитом через репитер	Через один репитер, до 30 Вт
Максимальная длина кабельного сегмента, м	
при местном питании	120
при дистанционном питании	100–120
Потребляемая мощность, не более, Вт	0,4

через инжектор, размещенный в начале или в конце линии. Их же можно питать и от блока питания, подключенного к любому из репитеров. Через репитер можно подавать питание на сетевое устройство и даже подключать маломощного потребителя энергии к репитеру через разъем для подключения блока питания.

РАЗРАБОТКА СЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ

Мы столкнулись с рядом проблем, которые были связаны с ЭМС, в частности – с коммутационными помехами при подаче питания в кабель, а также с наведенными помехами в цепи передачи данных от DC/DC-преобразователя при подаче напряжения 48 В по свободным жилам на несколько репитеров или транзитом через репитер на оконечное устройство. В результате интенсивность ошибок при максимальной длине сегмента была недопустимо высокой, снижалась скорость передачи при заданном качестве. Причем при питании от местного источника в пределах 5–48 В или дистанционном питании напряжением 10–12 В качество передачи данных не ухудшалось.

Причины этого очевидны, как и пути решения проблемы. Сложности были связаны, прежде всего, с ограниченными размерами устройства, а также лимитом по стоимости комплектующих.

Предполагается выпускать три модификации репитера:

- базовая модель;
- репитер с встроенной грозозащитой, схемотехника которой описана в [5];
- репитер для жестких условий эксплуатации (установка в уличных боксах), выполненный на элементной базе в индустриальном исполнении, залитый компаундом и имеющий защиту от перенапряжений.

Репитер собран в пластиковом корпусе с различными вариантами крепления (стена, рейка DIN). На лицевые панели выведены разъемы RJ-45 и гнезда двух типоразмеров для подключения блока питания. Боковые стенки выполнены из прозрачного поликарбоната, что позволяет видеть светодиоды, индицирующие режим работы и питания репитера.

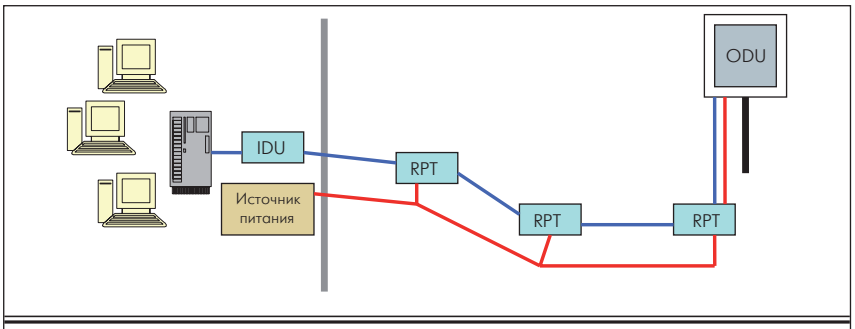


Рис.4. **Подача питания на репитеры и абонентскую станцию WiMAX**

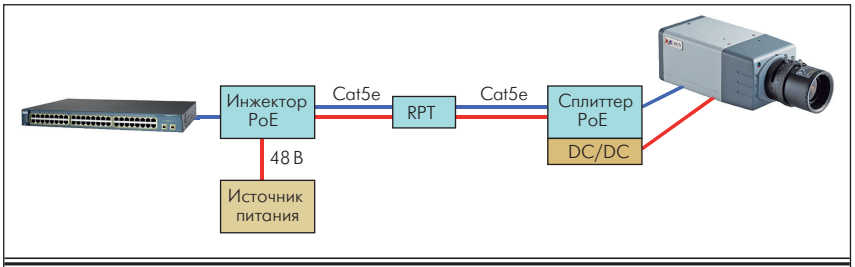


Рис.5. **Подача питания на репитер и IP-камеру**

ПРИМЕНЕНИЕ РЕПИТЕРОВ. ЛИНЕЙКА ОБОРУДОВАНИЯ COMMENG

Разработанный репитер имеет достаточно узкое применение, но в самых разнообразных областях – везде, где применяется технология передачи данных по медному кабелю Fast Ethernet.

В проекте развития сети одним из операторов предусмотрено подключение локальной сети к сети WiMAX (рис.4). Внешний блок (ODU) абонентской станции WiMAX расположен на значительном удалении от помещения, где установлен сервер и внутренний блок абонентской станции (IDU), поэтому для его подключения необходимо три репитера RPT. Репитеры устанавливаются вне помещения в боксах с высокой степенью защиты от внешних воздействий. Напряжение питания

Таблица 2. **Оборудование COMMENG, образующее технологически совместимую линейку с репитерами**

Устройство	Наименование	Стадия готовности
Репитер Fast Ethernet	RPT-100B-TX PoE FW	Опытная эксплуатация, запуск в серию – февраль 2011 года
с опцией грозозащиты	RPT-100B-TX Pro PoE FW	
для жестких условий эксплуатации	RPT-100B-TX PoE FW HD	Ведется разработка
Инжектор/сплиттер питания по свободным жилам на 1 и 2 порта	PoET FW PoET 2-FW	Серийное производство
со встроенной грозозащитой	PoET Pro FW PoET Pro 2-FW	Серийное производство
Сплиттер для выделения питания из свободных жил с DC/DC-преобразователем 48–36/12 В и 5 В	PoET FW Sp 48/12 PoET FW Sp 48/5	Проведена разработка, запуск в серию – март 2011 года
То же, с опцией грозозащиты	PoET Pro FW Sp 48/12 PoET Pro FW Sp 48/5	
Источник бесперебойного питания постоянным током	UPS DC	Ведется разработка

48–54 В подается в ODU по одному кабелю с данными, по свободным жилам.

Общая длина всех сегментов кабеля составляет порядка 400 м, поэтому падение напряжения в нем слишком велико, и питание на репитеры подается по отдельному силовому кабелю, сопротивление которого значительно меньше. Для подачи напряжения питания в ODU по свободным жилам кабеля используется ближайший к нему репитер (в качестве инжектора PoE).

В тех случаях, когда относительно мощный потребитель питается от низкого напряжения (например, IP-камера с рабочим напряжением 5 В и мощностью 10–12 Вт), для снижения потерь необходимо применять DC-DC-преобразователь (рис.5). Через инжектор в свободные жилы кабеля подается напряжение 48–36 В, от которого питается репитер и встроенный в сплиттер DC-DC-преобразователь (табл.2).

Отметим, что приведенный в табл.2 источник бесперебойного питания (ИБП) не совсем обычен. Фактически это блок аккумуляторов с электронной схемой, которая выполняет функции защиты от перезаряда и глубокого разряда аккумулятора, а также сопряжения с внешним источником питания и нагрузкой. В качестве источника питания может служить как сплиттер из серии PoET, так и обычный блок питания с соответствующим типу ИБП выходным напряжением.

Линейка ИБП включает устройства с номинальными напряжениями 6, 9 и 12 В с емкостью 2 или 4 А·ч. ИБП может использоваться не только для питания сетевого оборудования (например, коммутаторов или репитеров) при пропадании питания, но и для компенсации пиков потребления различных устройств, создающих неравномерную нагрузку, например IP-камер с изменяемой фокусировкой и механическим приводом.

Отметим, что при проектировании сети необходимо учитывать напряжение питания и потребляемую репитерами и другими устройствами мощность, падение напряжения в линии [4]. Необходимо помнить и об ограничении по току в жилах кабеля. В инжекторах Passive PoE, используемых для питания репитеров, а также в репитерах предусмотрена защита от перегрузки по току и короткого замыкания.

В результате рекламной компании в поисковых системах Yandex и Google, начатой в середине июля 2010 года, ежедневно поступает несколько запросов на покупку репитеров. К сожалению, продажи серийного оборудования начнутся только в первом квартале 2011 года. Но лишь благодаря тесному общению с потенциальными потребителями мы смогли уточнить технические требования, определить области и схемы применения, сориентироваться в перспективах на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филимонов А.** Построение мультисервисных сетей Ethernet. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
2. **Терентьев Д.Е.** Технология PoE и репитеры расширяют возможности применения Ethernet на «последней миле»./Сб. докладов конференции «Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации линейно-кабельных сооружений СТЛКС-2010».
3. **Терентьев Д.Е., Пашкевич А.Ю., Сергеев А.В.** Оборудование COMMENG для сетей ETHERNET: передача питания и данных по одному кабелю, не соответствующая стандартам PoE. – Первая миля, 2010, №2.
4. **Джонс М.** Анализ потребления мощности в схемах с Ethernet. – Компоненты и технологии, 2010, №10.
5. **Терентьев Д.Е., Пашкевич А.Ю., Сергеев А.В.** Оборудование COMMENG для сетей ETHERNET: средства защиты и измерения. – Первая миля, 2010, №1.

ЗАВОД “ИНКАБ” УДВОИЛ ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА

С января по сентябрь 2010 года завод “Инкаб” произвел 11837 км оптического кабеля, что вдвое больше, чем в аналогичный период 2009 года. В третьем квартале объем производства составил 5124 км оптического кабеля.

Наибольшим спросом пользовался кабель, предназначенный для подвеса на опорах воздушных линий связи, контактной сети железных дорог и линий электропередач, в том числе – при высоких требованиях по устойчивости к внешним электромагнитным воздействиям.

В сентябре 2010 года завод “Инкаб” ввел в эксплуатацию машину для наложения брони на кабель и запустил дополнительную линию ошлангования, что позволило заводу увеличить выпуск продукции с 1200 до 2500 км кабеля в месяц.

По словам генерального директора завода “Инкаб” Александра Смильгевича, “увеличение объемов производства связано с несколькими факторами. Во-первых, в связи со строительством новых сетей связи возрос спрос на нашу продукцию среди операторов связи. Во-вторых, благодаря работе наших дилеров, увеличились поставки оптического кабеля по России и СНГ. Кроме того, мы сократили сроки производства оптического кабеля, запустив в сентябре новое оборудование.

М.Крамаренко, SP Media