"ДЛИННЫЙ" ETHERNET становится еще длиннее

А.Семенов, д.т.н., профессор МГСУ,
С.Сидоренко, директор НПП "Информсистема",
Д.Терентьев, технический директор ООО "КОММЕНЖ",
В.Руденко, начальник лаборатории НПП "Информсистема" / vrudenko@yandex.ru

УДК 654.152, DOI: 10.22184/2070-8963.2017.63.2.42.48

Испытания, проведенные компанией "Информсистема", демонстрируют, что совместное использование двух способов увеличения дальности передачи данных в сетях ШПД при их построении на симметричном кабеле – уменьшение затухания и применение репитеров с дистанционным питанием – позволяет применять технологию Fast Ethernet при длине "медных" линий, в несколько раз превышающей привычные 100 м.

В приоритете – комбинированные технологии

Физический уровень сетей доступа может быть реализован на основе кабельных трактов или средств радиосвязи. Беспроводный доступ эффективен в специфических "экологических нишах", и поэтому исключается из дальнейшего рассмотрения. "Фиксированное" решение может быть построено в оптическом, медножильном и комбинированном вариантах. Комбинированные технологии – FTTC (Fiber to the Curb – волокно до микрорайона, квартала или группы домов) и FTTB (Fiber to the Building – волокно до здания) составляют успешную конкуренцию оптической FTTD (Fiber to the Desktop – волокно до стола клиента), причем ряд операторов отдают предпочтение именно комбинированным технологиям. Откуда такая нелюбовь к прогрессу?!

Анализ абонентского трафика современных сетей ШПД показывает, что высокая пропускная способность оптического кабеля в подавляющем большинстве случаев оказывается невостребованной, поскольку среднестатистический пользователь не воспринимает в полном объеме информацию, поступающую к нему со скоростью свыше 50 Мбит/с и тем более не наполняет канал столь скоростным потоком. А это означает, что возможностей 100-мегабитного Fast Ethernet (100 BASE-TX или IEEE 802.3u) вполне достаточно для удовлетворения его потребностей.

Данная особенность позволяет существенно упростить организацию последних метров последней мили, реализовав ее на симметричном кабеле. Такой подход выгоден по целому ряду критериев, главный из которых – возможность отказа от оптической технологии, требующей существенных инвестиций, высокой оснащенности и культуры персонала, что региональным компаниям зачастую не по силам.

Из офиса – в поле, в умный дом и Интернет вещей

Технология Ethernet, определяющая канальный уровень модели OSI, изначально разрабатывалась для применения в ЛВС офисного назначения, что и определило ее главные свойства. Ими же можно в полной мере воспользоваться и в случае распространения Fast Ethernet на сети ШПД (передача всех видов информации, наличие встроенных интерфейсов в разнообразных устройствах, дешевизна и доступность, совместимость оборудования разных производителей).

Фактором, стимулирующим рост объемов внедрения Ethernet в бытовых областях, становится умный дом: уже устанавливаемые в новостройках счетчики воды и электричества выпускаются со встроенным интерфейсом, что позволяет обеспечить дистанционный съем показаний этих устройств. Немаловажно и наличие многочисленного корпуса специалистов от суперпрофессионала до монтера, который не знает закон Ома, но без проблем может установить разъем на кабель, подключить IP-камеру, точку доступа или прибор учета...

Большой плюс стандарта IEEE 802.3u – возможность использования технологии Power over Ethernet для питания оконечных устройств. Кроме стандартных вариантов PoE IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009 доступно также решение Passive PoE с передачей тока дистанционного питания (ДП) по свободным жилам кабеля. Ряд производителей оборудования (например, систем IP-видеонаблюдения) для увеличения передаваемой мощности наращивают напряжение ДП до максимально разрешенного значения в 60 В, а также используют все четыре пары кабеля.

Проблемы Ethernet на сетях доступа

Заимствование технологии Ethernet для применения на сетях доступа носит во многом вынужденный характер и определяется наличием у потенциальных потребителей компьютеров и прочих сетевых устройств с интегрированными в них сетевыми картами. При ее переносе на новую область начинают проявляться некоторые ограничения, которые снижают экономическую эффективность решения в целом.

Главной проблемой становится ограниченная спецификационная дальность действия стандартного сетевого адаптера по кабельным трактам на основе симметричной витой пары. В свое время она была установлена равной 100 м, и промышленность не стремилась к ее наращиванию из-за отсутствия запросов со стороны пользователей. Свою роль в сложившемся положении дел сыграло и то, что стоимость офисных информационных систем начинает расти при массовом использовании трактов длиннее 70 м. Это не приветствовалось заказчиками и никак не толкало промышленность на увеличение дальности.

Ситуация с длинами трактов существенно меняется на сетях доступа. Так, по данным

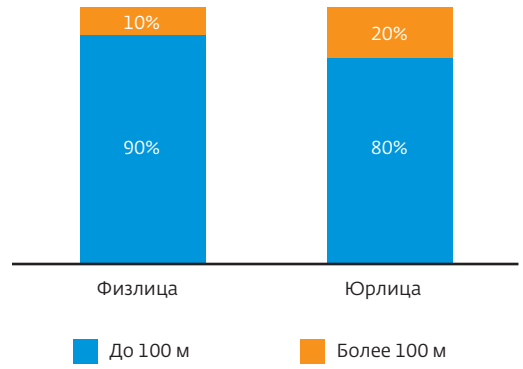


Рис.1. Протяженность абонентских участков

Ростовского филиала ПАО "Ростелеком", доля участков с длиной более 100 м составляет от 10 до 20% общего объема создаваемых линий (рис.1).

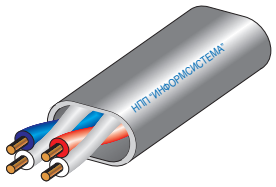
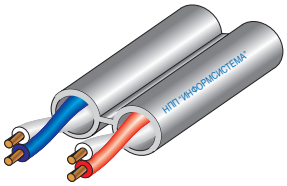
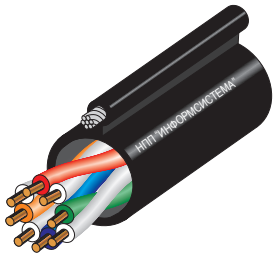
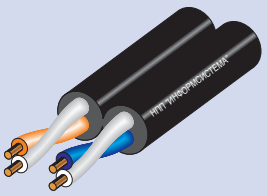
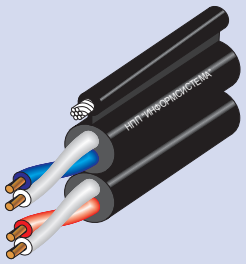
Увеличение средней длины линии на сетях доступа объясняется тем, что из-за отсутствия в типовых жилых зданиях выделенных технических помещений приходится отказываться от характерной для офисов многоуровневой структуры в пользу централизованной архитектуры. В таких условиях добиться требуемой дальности связи свыше 100–120 м можно двумя способами – уменьшением затухания кабеля при должной защищенности от помех и регенерацией (восстановлением) сигналов.

Цифровые малопарные кабели для сетей широкополосного доступа

В России действуют два отечественных стандарта [1, 2], нормирующих характеристики кабелей с медными жилами для применения на сетях доступа. Основное отличие между этими документами состоит в том, что в первом случае характеристики задаются в частотном диапазоне до 2 МГц на длине в 1 км, а во втором – в диапазоне 1–100 МГц и выше на длине в 100 м. Кроме того, в стандарте [2] детально прописан ряд специфических требований к отдельным параметрам, позволяющих применять эти кабели в структурированных кабельных системах, соответствующих стандарту [3].

Параметры цифровых малопарных кабелей производства НПП "Информсистема"

Таблица 1. Основные типы малопарных кабелей для сетей широкополосного доступа, выпускаемые НПП "Информсистема"

Назначение кабеля	Особенности	Внешний вид	Марка, количество пар, диаметр токопроводящих жил
Для прокладки по внутренним стенам зданий и в помещениях	ПЭ изоляция, ПВХ оболочка		ТЦПВ 2х2х0,52
			ТЦПВ 4х2х0,52
			ТЦПВ 2х2 х0,64
			ТЦПВ 4х2х0,64
	Сдвоенная (сиамская) конструкция		ТЦПВп 2х2х0,52
			ТЦПВп 2х2х0,64
Для прокладки в коллекторах, по стенам зданий вне помещений	ПЭ изоляция и оболочка		ТЦПП 2х2х0,52
			ТЦПП 2х2х0,64
			ТЦПП 4х2х0,52
Для подвески на опорах	Подвесная конструкция, ПЭ изоляция и оболочка, возможен экран (э)		ТЦППт 2х2х0,52
			ТЦППт 2х2х0,64
			ТЦППт 4х2х0,52
			ТЦППт 4х2х0,64
			ТЦППтэ 2х2х0,64
Для прокладки в коллекторах, по стенам зданий вне помещений	Сдвоенная конструкция с монолитной ПЭ оболочкой, ПЭ изоляция, возможен подвесной вариант (т)		ТЦПмПп 2х2х0,64
			ТЦПмПп 2х2х0,9
Для подвески на опорах			ТЦПмППт 2х2х0,64
			ТЦПмППт 2х2х0,9

соответствуют требованиям стандартов [1] или [2]. Номенклатура серийной кабельной продукции представлена в табл.1.

При использовании таких кабелей дальность передачи на скорости 100 Мбит/с составляет 150–350 м [4].

Возможность передачи питания поверх данных

Стандарты IEEE 802.3af-2003 и IEEE 802.3at-2009 предполагают два режима передачи питания: A (совместно с данными) и B (по свободным жилам кабеля). Режим Passive PoE реализуется по свободным парам, что упрощает оборудование и повышает его надежность. Увеличение максимальной мощности оконечных устройств достигается уменьшением сопротивления цепи передачи: применением для питания всех четырех пар кабеля и/или увеличением диаметра проводников.

Фактором, значимо ограничивающим применение стандартного PoE на сетях ШПД, становится низкая стойкость приемников дистанционного питания PD (встроенных в оборудование или же в составе сплиттеров), а также источников дистанционного питания PSE (встроенных в коммутаторы или же в составе инжекторов) к воздействию импульсных помех и всплесков напряжения в линии. Причина заключается в том, что трансиверы (и все остальные компоненты схемы, реализующей интерфейс) подключены к линии передачи через трансформаторы и гальванически с ней развязаны. Источники PSE и приемники PD гальванически с линией не развязаны и поэтому оказываются весьма уязвимыми к воздействию помех и всплесков напряжения в линии. Этим объясняется большая популярность режима передачи Passive PoE, когда к цепи питания подключается преобразователь DC/DC, значительно более надежный, чем микросхема контроллера PoE.

В стандартных вариантах PoE сначала определяется, совместимо ли подключенное устройство (PD), затем выполняется классификация PD по потребляемой мощности, и только потом подается полное напряжение. Цель такой процедуры состоит в блокировке подачи напряжения питания в устройство, которое для этого не предназначено. Кроме того, автоматизируется сам процесс подключения.

Для применения на сетях доступа такая совместимость не имеет решающего значения, так как

Таблица 2. Образцы кабелей, задействованные для испытаний

Марка кабеля	Длина, м
ТЦППт 4х2х0,52	160
ТЦППт 4х2х0,64	210
ТЦППт 2х2х0,52	160
ТЦППт 2х2х0,64	210
ТЦПП 2х2х0,52	160
ТЦПВ 2х2х0,52	150
ТЦПмППт 2х2х0,9	350

Таблица 3. Пропускная способность линий без репитера

Марка кабеля	Длина кабеля, м	Максимальная пропускная способность, Мбит/с, при объеме передаваемой информации 10 МБ
ТЦППт 4х2х0,52	160	86,3–90,8 (для двух пар)
ТЦППт 4х2х0,64	210	87,5–90,6 (для двух пар)
ТЦППт 2х2х0,52	160	84,5–90,8
ТЦППт 2х2х0,64	210	87,3–90,3
ТЦПП 2х2х0,52	160	86,3–90,6
ТЦПВ 2х2х0,52	150	88,2–90,4
ТЦПмППт 2х2х0,9	350	87,4–90,5

перечень оборудования заранее известен и согласован в проекте или ТЗ. Гораздо важнее обеспечить надежную работу в сложной помеховой обстановке, что позволяет только режим Passive PoE.

Отметим также, что передавать питание в режиме Passive PoE можно и поверх данных, что позволит организовывать линии на двухпарных кабелях вместо четырехпарных.

Особенности исполнения и применения репитеров для сетей ШПД

В настоящее время ООО "КОММЕНЖ" (Санкт-Петербург) серийно выпускает репитеры RPT 100B-TX версии 2.0 в нескольких исполнениях – для установки в помещении, в пластиковом боксе, в исполнении Outdoor. Питание репитеров осуществляется по свободным жилам в режиме Passive PoE. Выпускаются также инжекторы Passive PoE, совместимые с репитерами.

Общие направления применения репитеров на сетях ШПД на базе технологий Ethernet были определены ранее [5–8]. Кроме того, указанные репитеры поддерживают питание малопортовых коммутаторов по транзитной схеме. Это снимает зависимость операторов от энергоснабжающей организации и позволяет организовывать при необходимости систему бесперебойного питания [6, 7].

В ближайшее время номенклатура репитеров будет дополнена устройствами с питанием Passive PoE поверх данных с использованием фантомных цепей и подключением источника через средние точки трансформаторов [6]. Это заметно улучшает экономику создаваемой линии за счет возможности перехода на двухпарные кабели вместо четырехпарных.

Во всех репитерах предусмотрена защита от перенапряжений и импульсных помех.

Испытания

НПП "Информсистема" и ООО "КОММЕНЖ" планируют в 2017 году вывести на рынок комплексное решение, включающее в себя кабели, монтажные материалы, репитеры и инжекторы. Предложенный комплекс ориентирован на организацию сетей ШПД, использующих технологию Ethernet при общей протяженности линии на основе симметричного кабеля до 1 км и скорости информационного обмена 100 Мбит/с. Целью проведенных испытаний стала проверка работоспособности предлагаемого комплекса при максимальной длине линии.

Для организации дистанционного питания репитеров применялись обе разновидности инжекторов с передачей напряжения дистанционного питания как по свободным, так и по сигнальным парам кабеля.

В экспериментах использовались репитеры RPT 100B-TX v2.0 и инжекторы PoET IS f/f. С учетом их схемотехнических особенностей в первом физическом сегменте применялся четырехпарный кабель (две пары использовались для подачи питания).

Для питания репитеров возможно применение любого имеющегося в наличии источника

Рис.2. Схема с местным питанием репитера

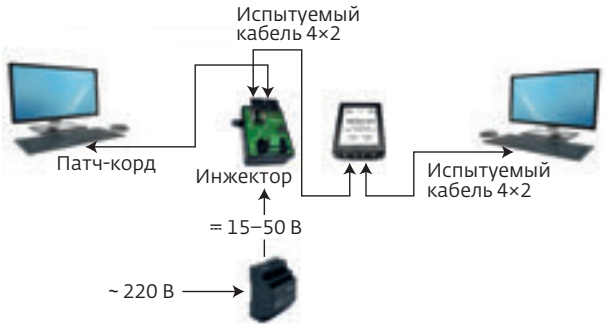


Рис.3. Схема с дистанционным питанием репитера

постоянного тока напряжением 15–60 В, обеспечивающего ток до 50 мА. В экспериментах были задействованы популярные блоки питания DRC-24V30W1A.

Опытная линия состояла из двух отрезков кабеля серии ТЦП, между которыми был включен репитер. Схемы испытательного стенда для различных вариантов подачи электропитания на репитеры представлены на рис.2 и 3.

Функции тестирующего оборудования выполняли компьютеры с сетевыми картами Qualcomm Atheros AR8131 PCI-E Gigabit Ethernet Controller (NDIS 6.30). Переход на карты Realtek PCIe GBE Family Controller не влиял на результаты.

Данные по длинам кабелей различных марок приведены в табл.2.

Пропускная способность линии определялась с помощью ПО LAN Speed Test v3.4.0 (актуальная версия программы размещена на сайте разработчика http://www.totusoft.com).

В качестве репера использовалась линия, реализованная на одном отрезке кабеля без репитеров. Результаты таких тестов представлены в табл.3.

Линия увеличенной длины собиралась из двух кабельных сегментов, в разрыв которой устанавливался репитер. Концы кабелей с диаметром жил 0,52 мм оконечивались стандартными восьмиконтактными модульными вилками RJ45 (прямое подключение). Кабели с жилами большего диаметра подключались к компьютерным розеткам с IDC-контактами; распределительным коробкам КРТМ-10×2; защитным устройствам с модулями КМ-3Н; защитным устройствам производства ООО "КОММЕНЖ". Подробная информация о применении различных оконечных устройств приведена в [4].

Дополнительно с целью наращивания протяженности линии проверялась возможность установки второго репитера, то есть линия собиралась из трех сегментов. Такая конфигурация не влияла на итоговый результат.

Результаты измерения пропускной способности линий передачи, состоящих из двух отрезков кабеля с репитером (рис.2 и 3) представлены в табл.4.

При установке второго репитера протяженность линии увеличивается в 1,5 раза, что демонстрирует рис.4.

Заключение

Результаты проведенных экспериментов позволяют констатировать следующее:

- совместная работа двух отечественных производителей позволила достичь значительного синергетического эффекта в области создания оборудования для построения сетей ШПД;
- использование репитеров Fast Ethernet открывает перспективы увеличения предельной протяженности линий связи сетей ШПД до 1 км;
- репитеры не влияют на качественные показатели передаваемого сигнала вне зависимости от используемой схемы организации питания;
- увеличение дальности связи с помощью репитеров Fast Ethernet имеет большие рыночные перспективы: необходимость в использовании этой разновидности активного сетевого оборудования возникает не только в специальных

Таблица 4. Пропускная способность линий с репитером

Марка кабеля	Длина, м		Максимальная пропускная способность, Мбит/с, для различных объемов передаваемой информации		
	кабеля	линии	10 МБ	100 МБ	300 МБ
ТЦППт 4х2х0,52	160	320	85,7–90,6	83,7–89,5	84,3–89,5
ТЦППт 2х2х0,52	160				
ТЦППт 4х2х0,52	160	320	87,2–90,2	83,2–89,4	83,6–89,3
ТЦПП 2х2х0,52	160				
ТЦППт 4х2х0,52	160	310	87,4–90,4	83,5–90,1	84,1–90,1
ТЦПВ 2х2х0,52	150				
ТЦППт 4х2х0,64	210	420	85,3–90,9	83,4–89,4	83,9–89,7
ТЦППт 2х2х0,64	210				
ТЦППт 4х2х0,52	160	510	84,3–90,5	83,3–89,7	83,8–89,2
ТЦПмППт 2х2х0,9	350				
ТЦПмППт 2х2х0,9	350	700	85,4–90,4	84,1–88,9	84,4–89,4
ТЦПмППт 2х2х0,9	350				

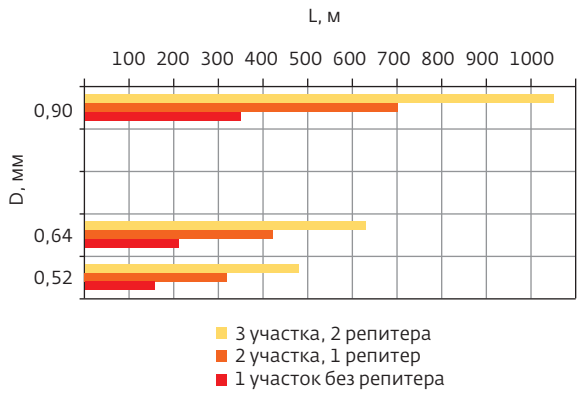


Рис.4. Зависимость предельной дальности связи от диаметра жил и количества переприемных участков

областях применения, но и на сетях доступа у 10–15 % абонентов.

Электропитание на репитеры может быть подано с любой стороны линии, в том числе из помещения абонента.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53538-2009. Многопарные кабели с медными жилами для цепей широкополосного доступа. Общие технические требования.
2. ГОСТ Р 54429-2011. Кабели связи симметричные для цифровых систем передачи. Общие технические условия.
3. ISO IEC 11801 Information technology. – Generic cabling for customer premises – Edition 2.2 2011-06. Информационные технологии. Структурированная кабельная система для помещений заказчиков. Издание 2.2. 2011, июнь.
4. **Ефременко Д.В., Семенов А.Б., Сидоренко С.А., Руденко В.И.** Кабели для "длинного" Ethernet: о чем говорит рынок // Первая миля. 2016. № 4. С. 38–42.
5. **Терентьев Д.Е.** Технология PoE и репитеры расширяют возможности применения Ethernet на "последней миле" // Доклад на конференции "Современные технологии проектирования, строительства и эксплуатации линейно-кабельных сооружений связи". – СПб, 2010.
6. **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. С. 50–57.
7. **Терентьев Д.Е.** Увеличение дальности передачи данных и электропитание оконечных устройств по кабелю Cat 5e: новая линейка оборудования COMMENG для сетей Ethernet // Первая миля. 2010. № 5–6. С. 30–34.
8. **Терентьев Д.Е.** FAST ETHERNET по "меди" на 500 метров // "Техника связи". 2010. № 2. С. 4–8.