Страсти по PLC

Как ни странно, но есть еще те, кому не безразлична идея передачи данных по электрической проводке. Да, в мире немало людей, столкнувшихся с этим явлением лицом к лицу, кто-то, возможно, только собирается познакомиться с технологиями, открывающими такие возможности, для кого-то это уже состоявшийся удачный или неудачный опыт, а для кого-то - вчерашний день.

Итак, PLC. К сожалению, информации в сети не так много, как о том же Ethernet или Wi-Fi. Данной статьей постараюсь ответить на наиболее популярные вопросы некогда интересовавшие меня самого. PLC (Power Line Communication) - коммуникационная сеть, транспортом которой является обычная электропроводка квартиры, офиса или предприятия. Сети такого рода можно использовать для передачи данных и голоса. Электрический кабель буквально окружает современного человека. Он есть в домах, офисах и предприятиях, общественных местах. И это не удивительно, ведь провода являются единственным средством доставки электрического тока потребителю. Зачастую к электрифицированным объектам подходит не один, а несколько питающих кабелей. Связано это с использованием нескольких электрических фаз или дополнительных линий питания.

Само собой разумеется, что об использовании электрического кабеля, как средства коммуникации, задумывались давно. При реализации этой затеи подключение к сети сводилось бы к подключению вилки адаптера к розетке. Как следствие, была разработана новая спецификация, в основу которой легли разработки PLC и DPL (Digital PowerLine), которые велись ранее. Создана она была усилиями группы компаний, таких как Siemens, Nortel, Motorola и др., образовавших собой HomePlug Powerline Alliance. С появлением стандартов HomePlug 1.0, а затем и HomePlug AV PLC устройства в режиме BPL (Broadband over Power Lines — широкополосная передача через линии электропередачи) стали способны обмениваться данными на скорости до 200Мб/с.

Где же можно использовать технологию Power Line Communication? При правильном применении почти где угодно, но, главным образом, данная технология используется для организации локальной сети дома и офиса, а также в качестве технологии доступа на провайдерском уровне. К достоинствам данной технологии можно отнести легкую масштабируемость сети, возможность реализации системы "умный дом" (наподобие технологии Z-Wave :)), отсутствие дополнительных отверстий в стене и кабеля в квартире/доме.

История

На заре развития электрических сетей встал вопрос об организации обмена диспетчерской информацией между энергетическими узлами. Наиболее рациональным было использование уже имеющихся линий электропередач, нежели строительство отдельных телеграфных линий. Уже в начале 20-го столетия в США для обмена телеграфной информацией использовали ЛЭП постоянного тока. С развитием радиосвязи стало возможным использовать в этих же целях и сети переменного тока.

В настоящее время обмен диспетчерской информацией по линиям электропередач широко применяется как один из основных видов связи. Приемопередатчик подключается к ЛЭП через фильтр присоединения, образованный из конденсатора малой емкости (2200 — 6800 пикофарад), и высокочастотного трансформатора (автотрансформатора). Подобная система позволяет передавать как голосовую информацию, так и данные телеметрии и телеуправления. Идея технологии PLC заключается в использовании силовых линий для высокоскоростного информационного обмена.

Как выяснилось в процессе разработки и последующей эксплуатации, узким местом технологии являлась слабая помехозащищенность и низкая скорость передачи данных. В марте 2000 года результатом объединения нескольких крупнейших телекоммуникационных компаний стал HomePlug Powerline Alliance, организованный с целью совместного исследования, разработки и проведения испытаний, кроме того было решено принять единый стандарт на передачу данных по системам электропитания. Кстати, на настоящий момент в состав HomePlug Powerline Alliance входит более сотни организаций.

Прототипом PowerLine является технология PowerPacket фирмы Intellon, которая легла в основу единого стандарта HomePlug1.0 (принят альянсом HomePlug 26 июня 2001 года), в нем была определена скорость передачи данных до 14 Мб/сек. Однако на данный момент стандарт HomePlug AV поднял скорость передачи данных до 200 Мбит/с. А новый стандарт G.hn в ближайший год расширит полосу до 1 Гбит/с.

Стоит заметить, что HomePlug не единственный пакет существующих спецификаций. Помимо **HomePlug** имеются и другие — это широкополосная технология, поддерживаемая международной ассоциацией **UPA** (Universal Powerline Association), а также технология с одноименным названием, которая была разработана рядом влиятельных японских компаний, объединившихся в альянс **HD-PLC** (High-Definition Powerline Communications). В Европе вклад в разработку PLC-технологии внес альянс

OPERA (Open PLC European Research Alliance). Кратко расскажу о них.

OPERA

OPERA был основан европейскими компаниями-производителями и университетами в 2004 г. Альянс насчитывает более 40 участников. Целью были исследования и разработки в области интегрированных PLC-сетей для организации широкополосного доступа.

В 2006 году завершился первый проект альянса. Результатом завершения стал выход первой версии стандарта, которым поспешили воспользоваться многие производители PLC-оборудования. С января 2007 г. стартовал второй этап проекта, завершившийся в декабре 2008 г. Целью проекта стала разработка спецификаций, обеспечивающих возможность работы широкополосных систем с использованием в качестве физической среды существующей электропроводки. Отсюда и другое название — BPL (Broadband over Power Line).

BPL-технология обеспечивает высокоскоростную передачу данных (потоковое видео, IP-телефония и т.п.), а также организацию домашних локальных сетей. В число участников второго этапа проекта вошли ведущие европейские университеты Swiss Federal Institute of Technology (Швейцария), University of Dresden и University of Karlsruhe (Германия) и др., крупные технологические компании-разработчики DS2 (Испания) и CTI (Швейцария), а также европейские PLC-операторы EDEV-CPL (Франция), ONI (Португалия), PPC (Германия), коммунальные предприятия и OEM-производители — всего 26 участников. В основе предложенных альянсом спецификаций лежит технология, разработанная испанской компанией DS2, которая первой представила коммерческие микросхемы PLC-модемов, обеспечивающие пропускную способность канала связи на физическом уровне до 200 Мбит/с. Здесь предусматривается передача данных в полосе частот 10, 20 или 30 МГц. Способ модуляции — OFDM, число поднесущих — 1536. Для модуляции поднесущих используется модуляция типа ADPSK (Amplitude Differential Phase Shift Keying — амплитудно-дифференциальная фазовая манипуляция), что обеспечивает передачу до 10 бит на каждой поднесущей. Теоретически достижимая скорость передачи данных составляет 205 Мбит/с.

UPA

UPA была основана в 2004 г. В ее состав вошли ведущие производители электронного оборудования и исследовательские центры: Analog Devices, Ambient, Buffalo, Comtrend, Corinex, D-Link, NETGEAR, Korea Electrotechnology Research Institute, Toshiba и др. Целью ассоциации была разработка стандартов и нормативных документов, определяющих различные аспекты процесса передачи данных для ускорения развития PLC-рынка и продвижения систем передачи данных по электросетям на правительственном и корпоративном уровнях. Один из аспектов выполняемой UPA сертификации — совместная работа оборудования разных стандартов при использовании одной и той же физической среды передачи данных, т.е., к примеру, одновременное использование одной электросети для передачи потоков данных в соответствии со стандартами HomePlug и OPERA. Ассоциация UPA поддерживает основные спецификации, предложенные альянсом OPERA.

HD-PLC

HD-PLC основан японской корпорацией Panasonic Corporation, в состав которой вошли такие компании как AOpen, Advanced Communications Networks, Icron Technologies Corporation, I-O DATA DEVICE, Analog Devices, APTEL, Audiovox Accessories Corporation, Buffalo, OKI, Kawasaki Microelectronics, OMURON NOHGATA, Murata и др. Предложенная корпорацией Panasonic широкополосная технология HD-PLC предназначена для организации высокоскоростной передачи и приема данных по электросети и поддерживается альянсом CEPCA (Consumer Electronics Powerline Communication Alliance).

Этот альянс был образован в 2005 г. влиятельными японскими корпорациями Panasonic, Sony, Toshiba, Mitsubishi, Sanyo и Yamaha. Одно из направлений деятельности CEPCA — объединение усилий по разработке технологии, совместимой с различными стандартами, что потенциально позволит объединить сети передачи мультимедийных данных в пределах квартиры или здания. Конкурентами технологии HD-PLC являются технологии, продвигаемые ассоциациями HomePlug и UPA. Отличительной особенностью технологии HD-PLC является предложенный способ синтеза OFDM-сигнала. В отличие от принятого, к примеру, в технологии HomePlug AV способа формирования OFDM-сигнала с помощью инверсного быстрого преобразования Фурье (FFT), в технологии HD-PLC авторы предложили использовать Wavelet-преобразования. Wavelet OFDM — широкополосная технология передачи данных с использованием электросети, отличающаяся высокой спектральной эффективностью. В этой технологии для синтеза OFDM-сигнала используются Wavelet-преобразования. При этом теоретически достижимая скорость передачи данных составляет 210 Мбит/с.

Участники

Нужно понимать, что все перечисленные альянсы и ассоциации - это своего рода "клубы по интересам", ядро которых составляют несколько крупных производителей интегральных микросхем, преследующих коммерческую выгоду. На периферии же находятся производители модемов и прочего оборудования. Так были сформированы "некоммерческие" организации, развивающие и пропагандирующие "независимый от производителя" стандарт.

Ядро Homeplug Powerline Alliance составляют компании Cisco, Intel, LG, Motorola, Texas Instruments. Именно они являются союзниками компании Intellon, которая отражает американское направление развития данной технологии. Европейское же направление определяет компания DS2 поддерживаемая Европейским Союзом в рамках проекта OPERA. Более двух десятков компаний-партнеров DS2 объединились в ассоциацию UPA, в состав которой входят Buffalo, Corinex, D-Link, Intersil, Netgear, Toshiba и другие компании. Корпорация Panasonic в своих разработках придерживается спецификаций промышленного альянса CEPCA. На этот же стандарт ориентируются такие компании как Hitachi, Mitsubishi, Philips, Pioneer, Sanyo, Sony и др. К числу влиятельных международных организаций по стандартизации, несомненно, относятся Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и международный союз электросвязи и стандартизации (ITU). В состав этих организаций входят представители ведущих компаний многих стран мира.

В декабре 2008 г. институтом стандартизации ITU-T был принят международный стандарт на высокоскоростную передачу данных по линиям электросетей, телефонным и коаксиальным кабелям. Новый стандарт ITU-T (G.9960), называемый также G.hn, — это пакет спецификаций канального и физического уровней, который унифицирует принцип построения проводных домашних сетей. В конце 2008 г. впервые появился международный стандарт, позволяющий в полной мере использовать потенциал проводных сетей, в которых в качестве физической среды передачи данных используются линии электросети, коаксиальный или телефонный кабели. За обеспечением совместимости всех сетей, созданных на базе G.hn, наблюдает некоммерческая организация Home Grid Forum, одним из основателей которой является компания DS2.

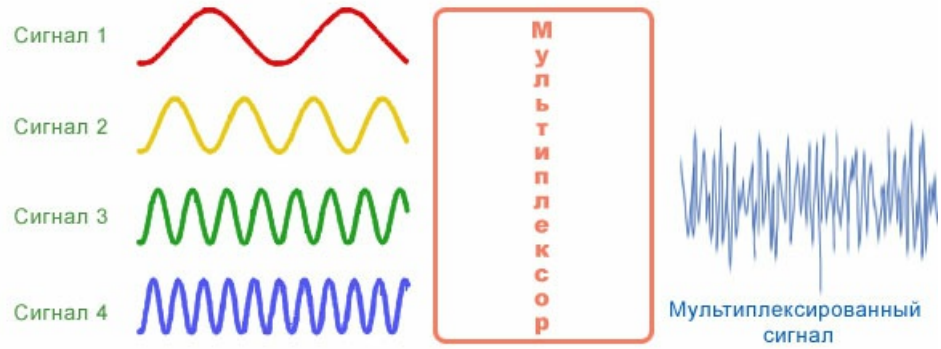
В конце 2008 г. компания DS2 объявила о намерении разработать микросхему PLC-модема, совместимую со спецификациями G.hn, UPA и OPERA. В июле 2005 г. институт IEEE объявил о создании рабочей группы, которая будет заниматься подготовкой стандарта Broadband PowerLine. Объектом изучения были приняты конкурирующие и несовместимые между собой спецификации использования электросетей для высокоскоростной передачи данных. Спецификации были представлены альянсом HomePlug Powerline Alliance, корпорацией Panasonic и компанией DS2.

В результате был одобрен первый проект стандарта: IEEE P1901 Draft Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications. В проекте стандарта предусматривается возможность использования на физическом уровне двух несовместимых между собой способов модуляции (FFT OFDM и Wavelet OFDM). Более того, допускалась возможность использования двух несовместимых между собой методов прямой коррекции ошибок.

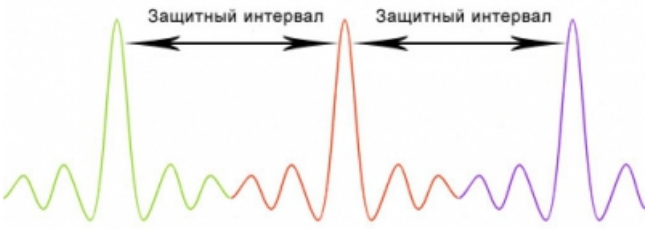
Один из них базируется на сверточных турбокодах, во втором используются коды LDPC — коды с малой плотностью проверок на четность. В настоящее время турбокоды применяются в системах спутниковой и мобильной связи, беспроводного широкополосного доступа и цифрового телевидения. В проекте стандарта отсутствуют ссылки на использование технологии, предложенной компанией DS2, а принятые за основу два варианта PHY существенно различаются между собой. В результате оборудование с разными видами модуляции не может взаимодействовать в одной сети, хотя оно и будет соответствовать требованиям стандарта IEEE P1901. *При написании были использованы материала этого сайта.*

В теории

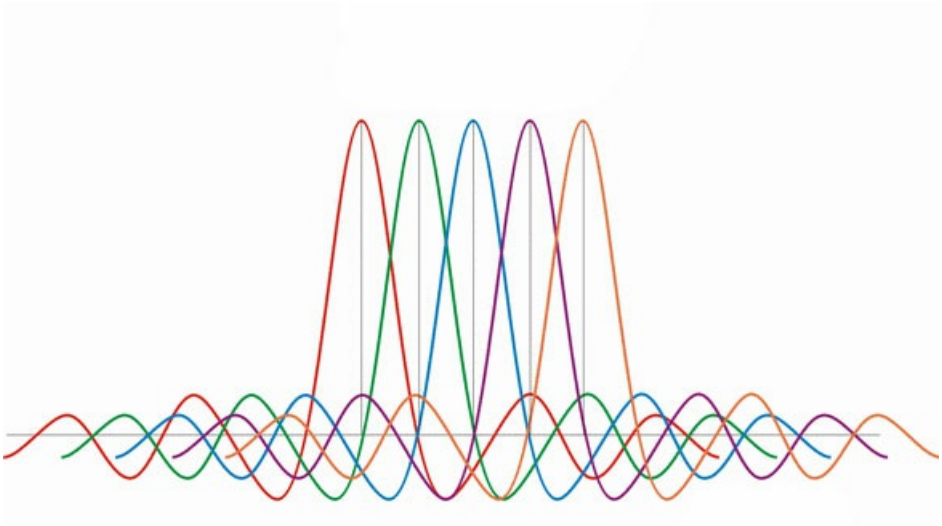
Основой технологии PowerLine является использование частотного разделения сигнала, при котором высокоскоростной поток данных разбирается на несколько относительно низкоскоростных потоков, каждый из которых передается на отдельной поднесущей частоте с последующим их объединением в один сигнал.



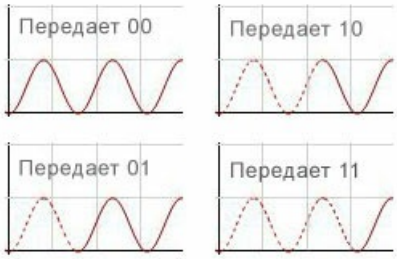
При частотном мультиплексировании (FDM - Frequency-Division Multiplexing) доступный спектр расходуется неэффективно. Связано это с наличием защитных интервалов (Guard Band) между поднесущими. Наличие защитных интервалов необходимо для предотвращения взаимного влияния сигналов.



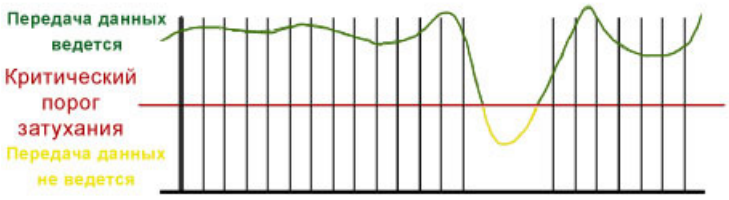
Поэтому используется ортогональное частотно-разделенное мультиплексирование (OFDM). Идея заключается в размещении центров поднесущих частот так, что пик каждого последующего сигнала совпадает с нулевым значением предыдущего. Как видно, доступная полоса частот при использовании OFDM расходуется более эффективно.



Перед объединением в один сигнал отдельные поднесущие частоты подвергаются фазовой модуляции - каждая своей последовательностью бит.

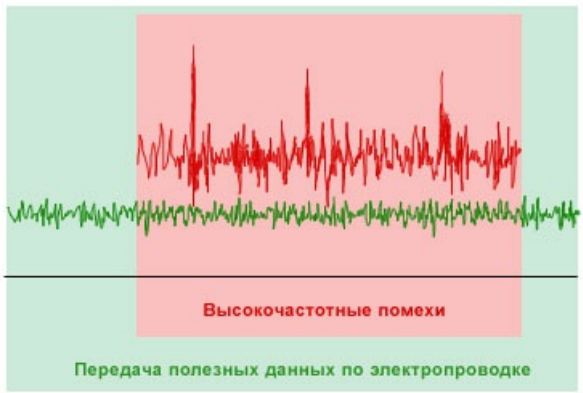


Затем наступает черед PowerPacket engine, в котором поднесущие собираются в единый информационный пакет (OFDM-symbol). В технологии PowerLine используются 1536 поднесущие частоты с выделением 84 наилучших в диапазоне 2-32 Мгц. Любая технология передачи данных нуждается в адаптации к физической среде, значит ей нужны средства обнаружения и устранения ошибок и конфликтов. PLC не исключение. При передаче сигналов по бытовой сети могут возникать большие затухания на определенных частотах, что приведет к потере данных. В технологии Powerline предусмотрен специальный метод решения этой проблемы - динамическое выключение и включение передачи сигнала (dynamically turning off and on data-carrying signals). Суть метода заключается в постоянном мониторинге канала с целью выявления участка спектра с превышением максимального порога затухания. В случае обнаружения такого участка передача данных в проблемном диапазоне частот прекращается до восстановления приемлемого значения затухания.



Сила технологии PowerLine, заключающаяся в использовании широкого спектра частот, одновременно является ее слабым местом. В различных странах спектр запрещенных для использования частот строго регламентирован. Работая, PLC-устройство способно "заглушить" радиоприем в используемом спектре. Эту проблему хорошо знают радиолюбители. Поэтому использование OFDM и широкого диапазона частот придают технологии PowerLine гибкость при использовании в различных условиях. Технически это реализуется путем настроек, так называемых Signal Mode и Power Mask на устройствах (в которых предусмотрена соответствующая возможность). Signal Mode - программный метод определения рабочего диапазона частот. Power Mask - программный метод ограничения спектра используемых частот. За счет этого устройства PowerLine могут спокойно сосуществовать в одной физической среде и не зашумлять диапазоны частот используемых радиолюбителями.

Другой существенной проблемой, теперь уже для самих устройств PLC, являются импульсные помехи, источниками которых могут быть различные зарядные устройства, галогеновые лампы, включение или выключение различных электроприборов.



Сложность ситуации заключается в том, что, используя вышеописанный метод, устройство PLC не успевает адаптироваться к быстроизменяющимся условиям, ведь их длительность может быть равна одной микросекунде и меньше. Для решения подобной проблемы используется каскадное кодирование битовых потоков перед их модуляцией и последующей передачей в сеть. Суть помехоустойчивого кодирования состоит в добавлении в исходный информационный поток избыточных битов, которые используются декодером на приемном конце для обнаружения и

исправления ошибок. Каскадирование блочного кода Рида-Соломона и простого сверточного кода, декодируемого по алгоритму Витерби, позволяет исправлять не только одиночные ошибки, но и пакеты ошибок, что значительно увеличивает целостность передаваемых данных.

Кроме того, помехоустойчивое кодирование увеличивает безопасность передаваемой информации в общей среде передачи. Так как в качестве среды передачи данных выбрана сеть бытового электропитания, то в один момент времени передачу могут начать сразу несколько устройств. Для разрешения коллизий используется метод CSMA/CA. Благодаря добавлению в кадры данных, передаваемых в сетях PowerLine, полей приоритезации, стало возможным передавать голос и видео через IP.

На практике

HomePlug 1.0

Первая «электрическая» спецификация стандарта HomePlug была разработана и принята уже после года работы альянса – в середине 2001 года. Данная спецификация описывает следующие правила функционирования локальной сети:

- в качестве сетевой топологии используется «шина»;
- максимальная скорость передачи данных составляет 14 Мбит/с;
- максимальный диаметр сети составляет 100 м (на практике расстояние может составлять более 1000 м, но с более низкой скоростью передачи данных);
- допускается применение репитеров, что позволяет увеличить расстояния передачи данных до 10 000 м;
- используются адаптивные механизмы изменения частоты или отключения определённых каналов при обнаружении сильных помех;
- применяется сервис качества QoS (Quality of Service) с четырьмя уровнями качества доставки;
- для шифрования данных используется метод DES с 56-битным ключом шифрования.

По прошествии небольшого промежутка времени появилась неофициальная версия HomePlug 1.0 с пометкой Turbo, технические характеристики которой повторяли характеристики HomePlug 1.0 с единственным, но значительным отличием: скорость передачи данных была увеличена до 85 Мбит/с.

HomePlug AV

Принятие в 2005 году спецификации HomePlug AV стало знаменательным событием, поскольку позволило использовать этот стандарт для работы с большими потоками информации, например с видеопотоком в HD-качестве (HDTV). Если проанализировать данную спецификацию детально, то можно заметить, что при ее разработке были пересмотрены многие подходы, которые применялись при разработке спецификаций HomePlug 1.0 и HomePlug 1.0 Turbo. Спецификация HomePlug AV имеет следующие возможности:

- максимальная скорость передачи данных составляет 200 Мбит/с;
- передача данных ведется в диапазонах частот 2-28 МГц и 4-32 МГц;
- используется метод доступа к передающей среде CSMA/CA;
- применяется сервис качества QoS (Quality of Service);
- для шифрования данных используется технология AES со 128-битным ключом шифрования.

В настоящее время подавляющее большинство конечных подключений осуществляется посредством прокладки кабеля от высокоскоростной линии до квартиры или офиса пользователя. Это наиболее дешевое и надежное решение, но если прокладка кабеля невозможна, то можно воспользоваться имеющейся в каждом здании системой силовых электрических коммуникаций. При этом любая электрическая розетка в здании может стать точкой выхода в Интернет. От пользователя требуется только наличие PowerLine-модема для связи с аналогичным устройством, установленным, как правило, в электрощитовой здания и подключенным к высокоскоростному каналу.

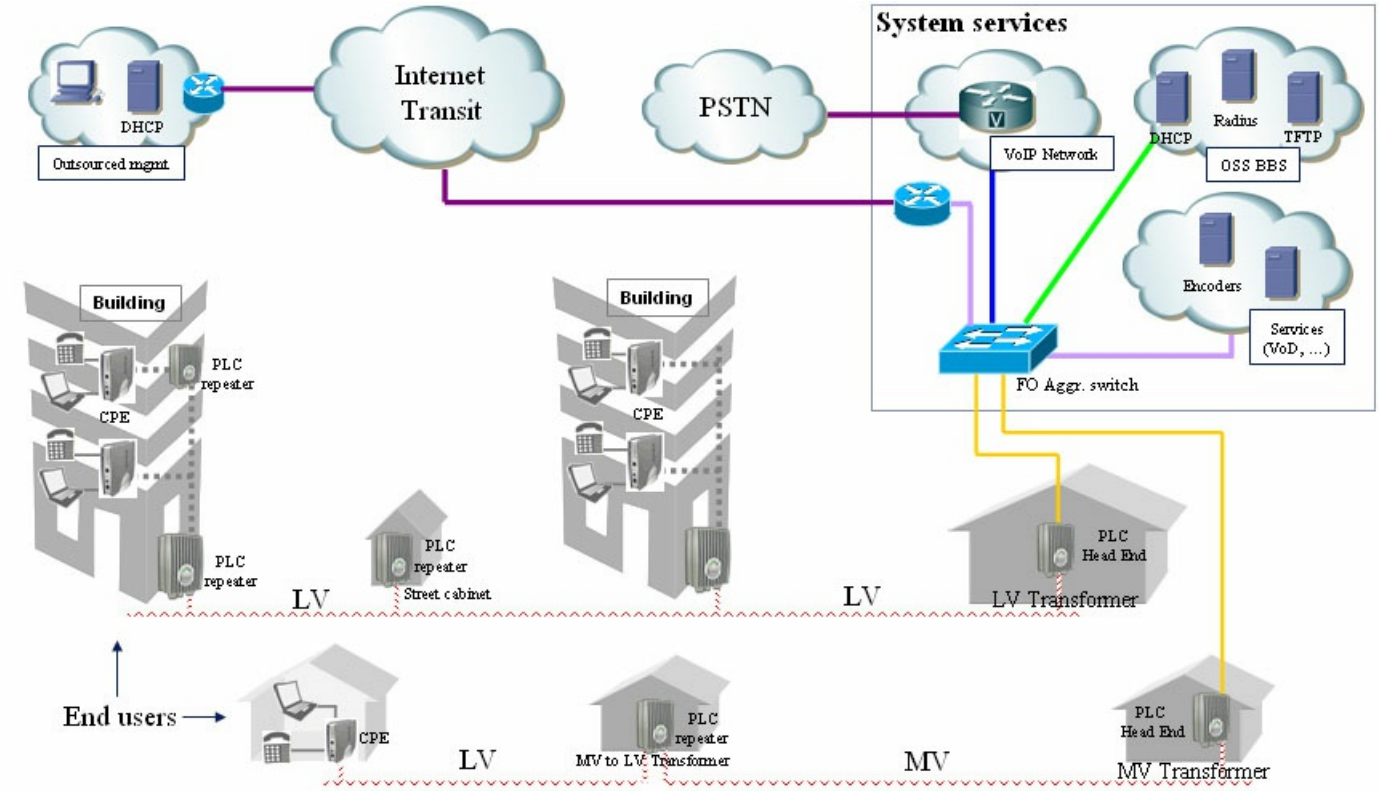
А также, PLC идеальное решение последней мили в коттеджных посёлках и в малоэтажной застройке, в связи с тем, что организация альтернативных каналов связи выходит в стоимости в 4 и более раз дороже, чем готовая электропроводка.

PowerLine-технология может быть использована при создании локальной сети в небольших офисах (до 10 компьютеров), где основными требованиями к сети являются простота реализации, мобильность устройств и легкая расширяемость. При этом как вся офисная сеть, так и отдельные ее сегменты могут быть построены с помощью PowerLine-адаптеров. Часто встречается ситуация, когда необходимо включить в уже существующую сеть удаленный компьютер или сетевой принтер, расположенный в другой комнате или в другом конце здания. Такая проблема легко решается с помощью PowerLine-адаптеров.

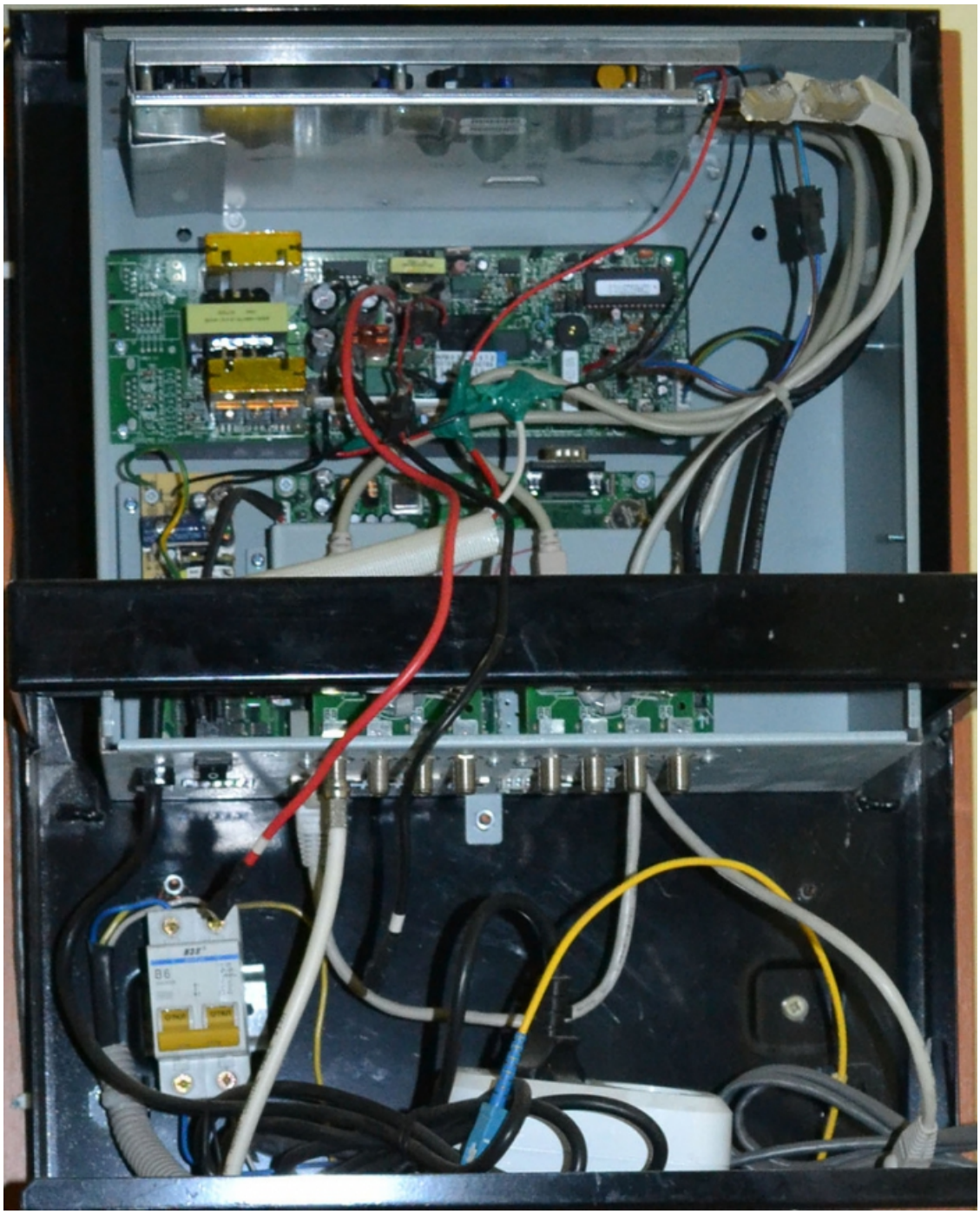
PowerLine-технология может быть использована при реализации идеи «умного дома», где вся бытовая электроника связана в единую информационную сеть с возможностью централизованного управления. Благодаря тому, что PLC использует готовые коммуникации, PowerLine-технология может быть использована в автоматизации технологических процессов, связывая блоки автоматизации по электропроводам или другим видам проводов. В связи с тем, что PLC может работать на различных проводах (не обязательно электрических), становится возможным применение технологии в охранных пожарных системах, а также для организации систем видеонаблюдения.

Имеются и отрицательные стороны: например, необходимость подключения всех адаптеров локальной сети к одной фазе. К ним также относится недостаток топологии «шина» – скорость делится между всеми устройствами сети.

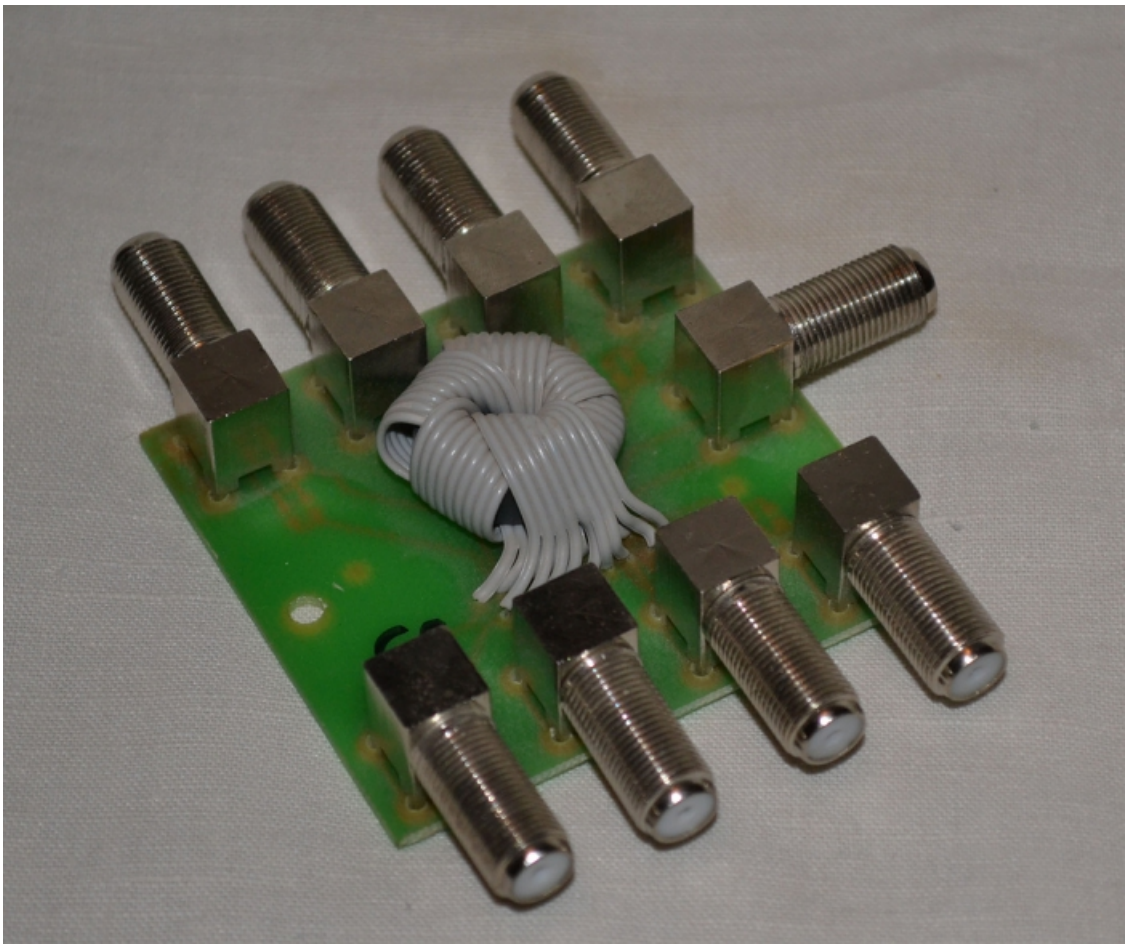
Приведу пример реализации технологии в сети интернет-провайдера. Существуют различные варианты реализации технологии.

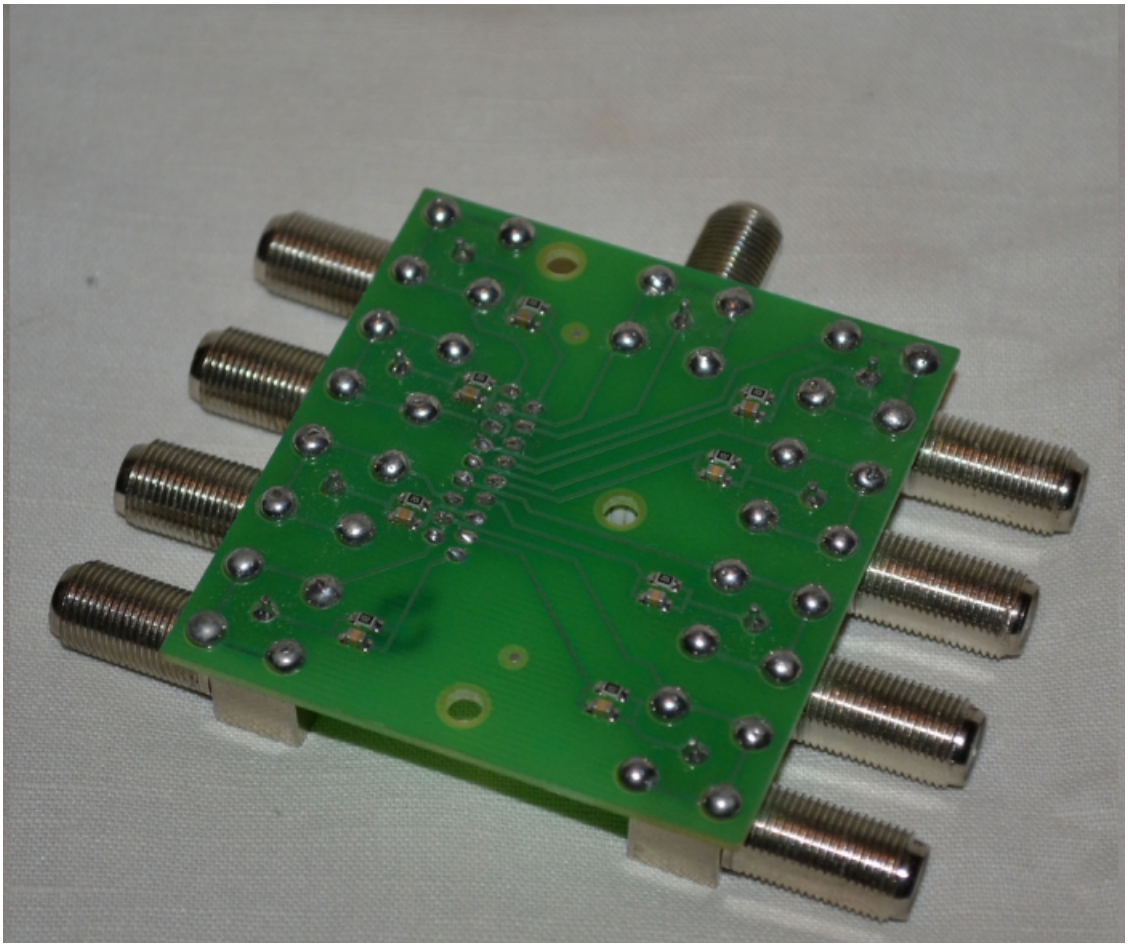


Я расскажу об одном, возможно самом простом. Подключение к Ethernet коммутаторам не представляет из себя чего-то необычного. PLC-контроллер устанавливается в ящик вместе с коммутатором на доме. Подключаются они друг к другу стандартным патч-кордом в 100мб/с FastEthernet порты. Ящик, в зависимости от модели PLC-контроллера или Head End'а (далее HE), может выглядеть по-разному.



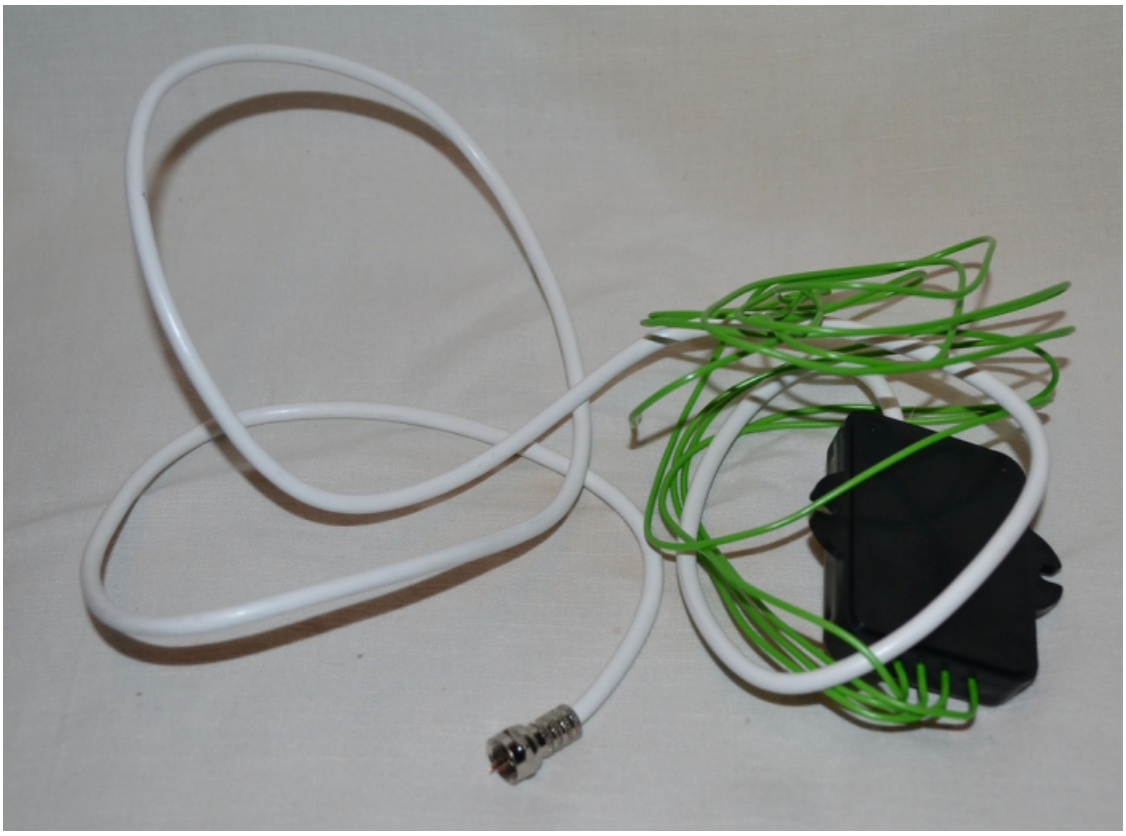
PLC-сигнал передается по коаксиальному кабелю, который, с одной стороны, подключается к НЕ, с другой, к сплиттеру. Сплиттер - это своего рода переходник, используемый для подключения нескольких НЕ в доме. Такая необходимость может возникнуть при большом количестве подключений или при высоких требованиях к пропускной способности канала связи.



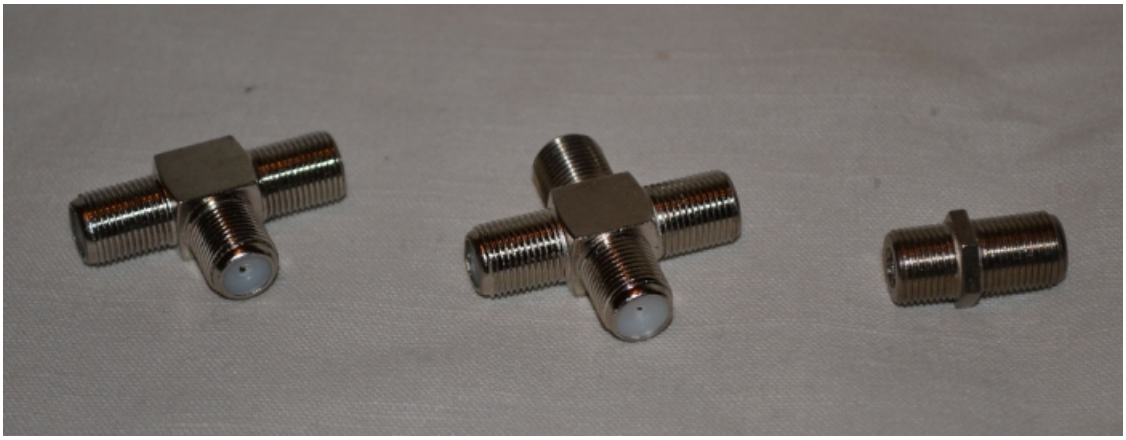


В случае использования нескольких HE производятся настройки Power Mask с выбором Signal Mode. Принятие этой меры необходимо для однозначного определения актуального HE для конкретного CPE клиента. В противном случае будет возникать ситуация с переключением CPE между HE, а значит и переавторизацией после каждого переключения.

Количество переключений определяется стабильностью связи между HE и CPE. С настройкой Signal Mode сильно разгуляться не выйдет, там всего несколько вариантов, а вот Power Mask можно настраивать достаточно гибко. В распоряжении инженера 256 битное поле данных, в рамках которого можно разрешать или запрещать работу в том или ином спектре частот. На данном этапе мы имеем две независимых сети: электрическую и сеть данных. Как же получить сеть способную передавать данные через вожделенную среду? Тут не обойтись без устройства "вливающего" PLC сигнал в электрические провода. Таким устройством является инжектор или, как его еще называют, каплер, а процесс "вливания" - инжектирование.

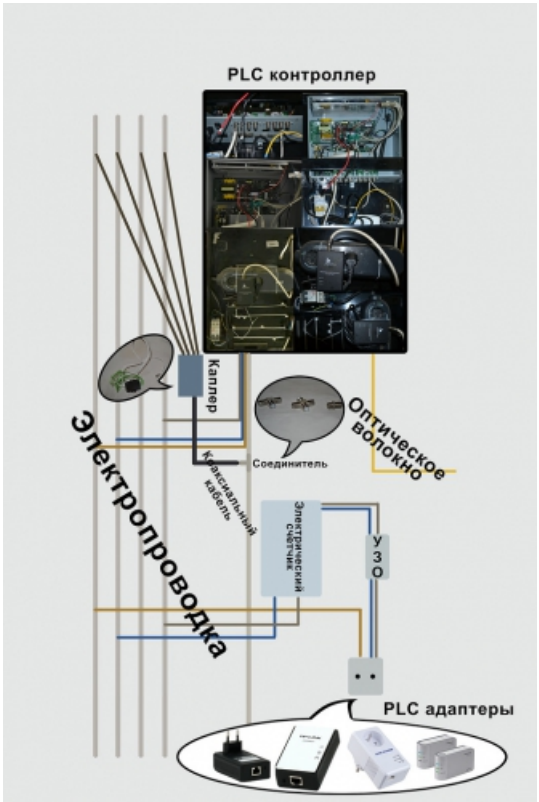


Для соединения коаксиальных кабелей используются специальные соединители.



Инжектировать можно и с помощью ферритовых колец. Да, не только фильтрами защищающими от шумов они могут быть. Тут стоит сказать, что далеко не каждый феррит подходит, а монтаж далеко не так прост, как хотелось бы. В результате монтажа ферритового кольца, сигнал инжектируется, но результат будет однозначно хуже, чем при использовании каплера.

После этого конечный пользователь уже может получить доступ к сети через электрическую розетку. Но ключевое слово здесь "может". Существует множество факторов влияющих на уровень сигнала и на возможность передачи данных по электрической сети. Их нужно выявлять путем замеров уровня сигнала на разных участках сети и устранять наиболее подходящим способом. Обычно это высокий уровень шумов на нижних этажах, например, девятиэтажного здания, или сильная зашумленность, в участке электрической цепи после УЗО (в направлении к потребителю). В этих ситуациях эффективно использовать шунт, который является своего рода "обходным путем" для PLC сигнала передаваемого в электросети. При слабом сигнале можно сделать дополнительное инжектирование при помощи все того же ферритового кольца или каплера. В конечном счете, схема подключения выглядит примерно так:



В сухом остатке

В заключении скажу, что технология PowerLine таит в себе множество подводных камней и не так проста в реализации и использовании, как о ней пишет производитель. Вполне неплохо данная технология подойдет в использовании на предприятиях для управления автоматизированными линиями. Строить локальную сеть дома на подобной технологии, наверное, экономически невыгодно,

ведь один из самых дешевых PLC-адаптеров стоит порядка 1200 рублей. Следует учесть, что устройств нужно минимум два, а значит, сумма решения возрастает уже до двух с половиной тысяч рублей, при этом нет гарантии, что такая сеть будет работать стабильно 24x7. Но тут, как говорится, каждый решает сам, что для него приемлемо.

Что же касается использования Power Line в сети провайдера, то, скорее всего, время PLC уже прошло. В первую очередь, потому что комфортно работать в сети могут 1-15 пользователей, дальше могут начаться проблемы со скоростью и стабильностью подключения. В настоящее время ситуация когда HE перегружен редкость, т.к. большинство домов, вошедших в зону покрытия сети, подключены по технологии Ethernet. У PLC есть одно серьезное преимущество: услуга готова предоставиться любому потенциальному клиенту. Что это значит?

Если сравнивать с тем же Ethernet, то клиент сначала должен оставить заявку, заключить договор на предоставление услуг, после чего придут монтажники, просверлят, протянут, обожмут и готово - услугой можно пользоваться. С PLC иначе. Клиент делает заявку по телефону, на сайте, либо через ICQ, в конце концов, он может просто прийти в офис продаж для заключения договора и получения оборудования. Инсталляция оборудования крайне проста: нужно включить модем в розетку. По истечении 10 минут подключение уже будет работать (если, конечно, нет проблем с сигналом в квартире). При этом пользователь и не подозревает, что модем устанавливает связь с HE, авторизуется на RADIUS, вносится в базу данных, за ним закрепляются конфигурационные параметры, формируемые в виде отдельного конфигурационного файла, которые модем загружает и применяет. И только после этого клиентское оборудование получает ip адрес, с которым может работать в сети. С этого момента оборудование считается инсталлированым. Последующие подключения за этим же HE осуществляются менее чем за минуту.

При использовании CPE за другим HE (другой адрес или другой подъезд) инсталлировать оборудование придется повторно. Процесс проходит настолько гладко, что некоторые пользователи и не догадываются о том, сколько сотен метров кабелей и различного рода устройств, от HE до BGW, за их модемом.

Однажды обратился клиент и раздраженно недоумевал, как это так, у него не заработал интернет на даче. У себя дома и у друзей с его модемом ведь все работает! И это не единичный случай, бывали клиенты, переезжающие даже в другой город с оборудованием, выданным им во временное пользование. На просьбу сдать оборудование последовал ответ, дескать нет времени, кроме того клиент собирался продолжить использование этого оборудования. Оператор попытался убедить клиента все-таки отдать оборудование компании, аргументировав тем, что оно для него все равно бесполезно, и подключиться к интернету там, в другом городе, не удастся. Ответ был преисполнен сарказма: "Розетки там тоже есть". Ну что тут скажешь...

К плюсам технологии PLC можно отнести то, что мощность передатчика составляет 75 мВт, а это позволяет избежать регистрации оборудования как радиочастотного. Почему это важно? Нам, простым смертным, не стоит забывать о радиолюбителях, чьи интересы охраняются законодательством и в случае ущемления прав или зашумления избранного радиочастотного диапазона, на их защиту встанет Роспотребнадзор. О сложившихся баталиях и инженерных решениях можно написать отдельную большую статью. Скажу лишь то, что топор войны зарыт, шаткий мир поддерживается оперативным реагированием инженеров на обращения радиолюбителей.

Теперь очередь недостатков технологии. Помимо стоимости оборудования, это еще и зависимость от количества работающих CPE за одним HE. Это обстоятельство определяется шинной топологией сети. Не нужно забывать о высокочастотных шумах, появляющихся в сети вследствии включения электроприборов или при использовании импульсных блоков питания, энергосберегающих ламп и т.п. В некоторых случаях придется буквально выбирать: или подключение к сети в темноте или без интернета, но в освещенной комнате. Ирония иронией, но все это кажется смешным до тех пор пока не придется столкнуться с проблемой лицом к лицу. Кроме того, на качество и скорость связи оказывает отрицательное влияние качество электропроводки, наличие скруток (снижение скорости до полного пропадания) тип, мощность бытовых электроприборов и устройств.

Надеюсь, что материал, представленный в данной статье, даст ответы на некоторые вопросы, возможно, возбудит здоровый интерес к технологии.