**Симметричный доступ на «последней миле»**

В. Гришкин, компания «Эквант»

Как организовать доступ удаленных бизнес-абонентов к сетям передачи данных и телефонии? Для одного из наиболее экономичных на сегодняшний день решений -подключения по существующим медным линиям и организации передачи цифрового потока 2,048 Мбит/с - нужны два модема и свободная медная пара. Однако преодоление ограничений, связанных с пропускной способностью кабеля, наличием свободных пар, необходимостью установки дополнительного оборудования, удаленностью абонентов и их количеством, может превратить простую на первый взгляд задачу в уравнение со многими неизвестными, количество которых будет напрямую определять величину затрат на его решение. Как же с минимальными затратами преодолеть расстояние и увеличить пропускную способность? Ответы на этот и другие вопросы, наиболее часто задаваемые операторами, интеграторами и поставщиками телекоммуникационного оборудования, - предмет данной статьи.

**Дальность передачи**

Использование выделенных медных пар для подключения удаленных абонентов и организации абонентских выносов на сегодняшний день является наиболее экономичным решением. Плата за экономию - ограничение пропускной способности и дальности передачи.

С появлением современных технологий кодирования и передачи возможности цифровых систем передачи (ЦСП) значительно расширились. Что же касается дальности, то разработчики, похоже, «выжали» из медной пары все, что могли. В реальных условиях путем передачи 2-мегабитного потока без переприема на расстояние 3,5-5 км (максимальное при использовании симметричного кабеля с диаметром жилы 0,4-0,5 мм) может быть решено не более 60% задач по организации симметричного доступа на «последней миле». Использование MSDSL-модемов, позволяющих за счет уменьшения скорости повысить дальность, лишь частично решает эту проблему: сокращение числа передаваемых каналов ведет к снижению качества, а следовательно, и стоимости предоставляемых услуг, и зачастую принимается операторами только как крайняя мера.

В цифровых системах передачи, работающих по выделенным медным линиям, для увеличения дальности передачи и обеспечения максимальной пропускной способности наиболее оптимальными являются два способа - использование многопарных систем передачи и использование регенераторов. Диаметр сечения жилы кабеля тоже играет немаловажную роль, однако с точки зрения подготовки решения повлиять на этот параметр мы не можем. Прокладка кабеля большего сечения увеличивает стоимость решения, а снизить сопротивление среды передачи «напрямую», объединением нескольких пар, невозможно из-за переходных помех, возникающих между парами в кабеле, не имеющими повива.

**Многопарные системы передачи xDSL**

В случае, если есть возможность использовать для передачи несколько пар, лучшим решением будут многопарные ЦСП. Долгое время таковыми считались HDSL-модемы, позволяющие использовать для передачи две пары. Идея, заложенная в основу таких устройств, проста. По каждой паре передается половина потока. В результате за счет сужения полосы передаваемого сигнала можно получить довольно существенный выигрыш в расстоянии по сравнению с аналогичными однопарными ЦСП (рис. 1).

HDSL-системы, использующие линейный код САР и 2B1Q, обеспечивают максимальную скорость передачи данных 2,048 Мбит/с. Кроме того, в режиме резервирования при выходе из строя одной из пар приоритетные тайм-слоты могут передаваться по оставшейся паре со скоростью до 1 Мбит/с. Такие модемы довольно долго считались лидерами по дальности передачи и по функциональности, но, как это нередко бывает, преимущества решения постепенно превратились в его недостатки. Развитие клиент-серверных приложений и рост объемов передаваемого трафика все чаще сдерживал «узкий» канал доступа. В результате необходимость увеличения пропускной способности, даже при наличии свободных пар в кабеле, влекла за собой удвоение затрат на оборудование, требуемое для организации дополнительного канала передачи данных, что, в свою очередь, резко снижало привлекательность и конкурентоспособность таких решений.

Стандарт передачи G.SHDSL, ставший дальнейшим развитием симметричной технологии передачи, позволил современным ЦСП значительно улучшить свои функциональные характеристики. Во-первых, максимальная скорость передачи цифрового потока по одной медной паре возросла до 2,310 Мбит/с. Во-вторых, увеличилось число пар для передачи, используемых одним модемом. И, наконец, появилась возможность высокоскоростной передачи за счет объединения медных пар путем инверсного мультиплексирования. Системы передачи, реализовавшие эти функции, обеспечили передачу данных по двум парам на скоростях до 4 Мбит/с, а по трем или четырем -до 6 Мбит/с. Это позволило реализовать полноценное резервирование потока Е1 внутри ЦСП (рис. 2).

За счет функции multi-speed, обеспечивающей «обмен дальности на скорость» и многопарную передачу, заметно увеличилась дальность передачи данных с заданной скоростью. Так, например, при передаче потока Е1 по трем парам магистрального кабеля МКСБ 7x4x1,2 мм дальность передачи без переприема возросла до 35-40 км. При использовании свободных пар в кабеле такое решение в зависимости от дальности на 30-50% дешевле аналогичного решения с применением HDSL-регенераторов (рис. 3). Для аналогичного решения по организации высокоскоростного доступа разница в цене на скорости 6 Мбит/с составляет более 50% (рис. 4).

Экономический эффект при использовании многопарных ЦСП очевиден. Передача на скоростях свыше 2 Мбит/с и преодоление необходимого расстояния за счет использования свободных пар в кабеле позволили оператору подключать удаленных абонентов и предоставлять услуги высокоскоростного доступа в максимально короткие сроки, избежав затрат на установку и обслуживание дополнительного оборудования. Преимущество такого решения -не только в отказе от регенераторов, но и в повышении общей надежности системы и ее производительности.

**Регенераторы**

Увеличение дальности передачи за счет использования дополнительных пар имеет существенный недостаток -наличие свободных пар в кабеле. Если при замене многожильных телефонных кабелей на оптику свободной «меди» на городских сетях довольно много, то на магистральных и внутризоновых сетях связи количество пар, даже при высвобождении кабеля, весьма ограничено. Более того, специфика систем передачи, работающих на магистральных линиях связи, не позволяла использовать традиционные HDSL-устройства в качестве альтернативы аналоговым системам передачи с частотным разделением каналов.

Для решения задачи цифровизации, а также организации линий связи большой протяженности требуются ЦСП, реализующие дополнительные возможности, среди которых:

организация большого числа переприемов при передаче потока Е1 на большие расстояния;

расстояние между пунктами переприема до 26 км;

дистанционное питание регенераторов;

обеспечение качества передаваемого сигнала согласно требованиям, предъявляемым к магистральным системам передачи;

высокая надежность и защищенность ЦСП;

возможность контроля как всего тракта, так и каждого участка переприема в отдельности;

расширенный температурный диапазон использования регенераторов в НУП.

Наряду с этим в процессе поэтапного перехода на ЦСП требуется обеспечить совместимость с аналоговыми системами при работе в одном кабеле, а в некоторых случаях возможность вставки/выделения канальных интервалов в пунктах переприема и наличие служебной связи. Такие системы уже больше пяти лет применяются операторами связи на своих сетях и получили довольно широкое распространение. Однако гибкость и функциональность таких систем весьма ограниченны. При необходимости частичной реализации приведенных выше требований либо передачи потока на относительно небольшие расстояния (до 100-120 км) использовать магистральные ЦСП дорого, а зачастую и малоэффективно. Низкая функциональность, недостаточная масштабируемость и гибкость таких систем и, как следствие, высокая стоимость решений обусловлены такими факторами, как:

ограничение пропускной способности 2 Мбит/с; работа только в двухнарном режиме; отсутствие резервирования;

ограничение набора интерфейсов (как правило, G.703, G.704);

использование внешних источников питания по числу передаваемых потоков Е1;

работа на кабеле с диаметром жилы не менее 0,9 мм;

несовместимость регенераторов с другими ЦСП производителя;

низкая плотность монтажа оборудования, предназначенного для размещения на оконечных пунктах и в регенераторах;

высокая потребляемая мощность. Помимо этого различные дополнительные модули, обеспечивающие передачу дистанционного питания по фантомным цепям, а также реализующие корректировку передаваемого сигнала, заметно «утяжеляют» такие системы, при очевидной их бесполезности на линиях с небольшим числом переприемов.

С появлением технологии G.SHDSL, как и в случае с многопарными ЦСП, у производителей появились дополнительные инструменты для создания системы нового поколения, которая может не только стать адекватной заменой, но и значительно превзойти по функциональности магистральные системы передачи. Идеальным решением, легшим в основу ЦСП нового поколения, стали модемы операторского класса, в которых, в отличие от офисных решений, уже заложены повышенные требования по функциональности, производительности и надежности. Тем не менее в процессе разработки было решено немало задач, нацеленных на реализацию всех необходимых требований и минимизацию стоимости такого решения. Так, благодаря специально разработанному алгоритму восстановления сигнала удалось расширить возможности приемопередатчика, что позволило обеспечить параметры стыка G.703 в норме при прохождении через большое число переприемов. За счет улучшения качества исполнения цифровой фильтрации удалось снизить чувствительность к шумам и увеличить дальность передачи до 26 км при использовании двух пар магистрального кабеля МКСБ 1,2 мм. Серьезные изменения претерпела и схема электропитания. Источники питания в системах нового поколения значительно превосходят своих собратьев, применяемых в магистральных ЦСП. Они имеют более высокий запас по функциональному и температурному режиму комплектующих и обеспечивают низкий уровень выходных пульсаций и электромагнитного излучения. Не менее важным оказалось решение задачи защиты системы электропитания и входных цепей ЦСП, которая принимает на себя все перепады и помехи в электрических цепях, особенно при передаче дистанционного питания. Реализованная схема обеспечивает не только защиту от низкочастотных (высокочастотных) помех и коротких импульсов, возникающих в линии, но и автоматическое отключение системы при резких перепадах напряжения или тока и автоматическое включение после устранения такого воздействия.

Таким образом, удалось обеспечить автоматическое восстановление работоспособности системы в целом в максимально короткие сроки и без вмешательства человека.

Снижение потребляемой мощности оконечного оборудования и регенераторов позволило расширить возможности встроенных в станционные модули источников дистанционного питания и увеличить число устройств, способных питаться по линии. Благодаря высокой степени интеграции станционных устройств, в оконечных модулях могут размещаться до четырех независимых модемов, каждый со своим независимым источником дистанционного питания. Потребляемая мощность регенератора составляет порядка 3 Вт.

При подаче дистанционного питания с оконечных пунктов мы можем установить каскадно (друг за другом) до четырех регенераторов в линии с участком переприема до 26 км. Пропускная способность ЦСП нового поколения также значительно возросла. Работая в двухпарном режиме, один регенератор позволяет передавать данные со скоростью до 4 Мбит/с. При работе в однопарном режиме этот же регенератор работает как два независимых устройства, передающих два 2-мегабитных потока. При этом один регенератор может передавать потоки с разными интерфейсами, например G.703 и N х 64 (V.35, V.36, Х.21) или Ethernet. Возможно также локальное питание регенераторов, при котором количество устройств на линии может достигать восьми. В зависимости от условий эксплуатации могут использоваться корпусы для регенераторов с различным классом защиты от IP 55 до IP 68 и возможностью размещения различного числа регенераторов в зависимости от числа организуемых линий. При оценке качества передаваемого сигнала регенераторы обеспечивают измерение параметров на каждом участке переприема в соответствии с рекомендациями G.826. Немалым преимуществом стала и возможность автоматического восстановления работоспособности всего тракта после кратковременного пропадания питания в аппаратуре, размещенной на оконечных пунктах, а также после пропадания дистанционного питания на регенераторных пунктах из-за обрыва рабочих пар кабеля.

**Экономический эффект**

Еще более впечатляет экономия, полученная в результате реализации систем передачи нового поколения для организации линий связи большой протяженности, что позволило отказаться от неоправданных затрат и одновременно повысить надежность, функциональность и производительность системы. Стоимость такого решения оказалась ниже даже самых «облегченных» версий магистральных ЦСП, используемых при небольшом числе переприемов.

В качестве примера па рис. 5 показана стоимость решения для организации передачи потока Е1 на участке линии симметричного междугородного кабеля МКСБ 7x4x1,2 внутризоновой связи между двумя обслуживаемыми пунктами длиной 80,4 км с тремя необслуживаемыми усилительными пунктами. Как видим, разница и в процентном, и в денежном отношении довольно велика. Более того, при необходимости увеличения числа передаваемых потоков Е1 стоимость снижается еще больше по сравнению со стоимостью аналогичного решения с использованием магистральных ЦСП. Причина - отсутствие необходимости в установке дополнительных регенераторов, конструктивов и источников дистанционного питания. Масштабируемость и гибкость системы позволяют не только ощутимо снизить затраты на этапе запуска, но и избежать дополнительных расходов при подключении новых абонентов. Очевидно, что рентабельность такого решения значительно выше аналогичного, использующего магистральные ЦСП. Снижение затрат, эксплуатационные преимущества и производительность ЦСП нового поколения существенно повышают экономическую эффективность цифровизации магистральных сетей и сетей доступа.

Благодаря увеличению дальности передачи и пропускной способности у оператора появилась возможность предложить решения по организации доступа для различных категорий клиентов. В результате повышения конкурентоспособности предоставляемых услуг и удовлетворения большего объема спроса растут и доходы от предоставления услуг симметричного доступа к сетям передачи данных и телефонии.

**Список литературы**

Журнал «ИнформКУРЬЕРСвязь» № 8, 2005 год.