

Об ограничении скоростного потенциала V.34-модема электрическими характеристиками канала сети ТфОП

Кочеров А.В., Марков В.Ю., Перетяцько О.Н.

Вариант статьи опубликован в журнале «Вестник связи» №4, 2002

Введение

Телефонный модем в настоящее время является самым популярным средством доступа к информационным ресурсам, осуществления дистанционного обслуживания и управления удаленными объектами. Этот факт является общепризнанным как в мире [1], так и в нашей стране [2] и обусловлен как наличием разветвленной телефонной сети общего пользования (ТфОП), так и стоимостной доступностью каналов этой сети.

Прогресс модемной индустрии позволил за 20 последних лет в 28 раз увеличить скорость передачи данных (ПД) по двухпроводному каналу сети ТфОП с аналоговыми окончаниями. Еще в конце 80-х годов в потребительском секторе рынка преобладали модемы по рекомендации МСЭ-Т V.22, впервые принятой в 1980 году и обеспечивающей передачу со скоростью 1200 бит/с. Модемы, соответствующие первой редакции рекомендации МСЭ-Т V.34 [3], появившиеся в 1994 году, развивали скорость до 28800 бит/с. Рекомендация V.34 была позднее усовершенствована и ныне выпускаемые модемы способны передавать данные со скоростью до 33600 бит/с. О развитии протоколов физического уровня телефонных модемов в популярном изложении можно прочитать, например, в [4].



Столь стремительный рост скоростного потенциала модемов может приводить к парадоксальному ограничению возможностей доступа. Так скоростные ограничения, вызванные недостаточным качеством телефонных каналов, делают крайне затруднительной работу приложений, ориентированных на максимально возможную скорость передачи.

Практическая направленность исследований, положенных в основу данной статьи, заключается в том, чтобы разработать и обосновать подход, обеспечивающий возможность определения качества аналогового телефонного канала в единицах скорости передачи данных.

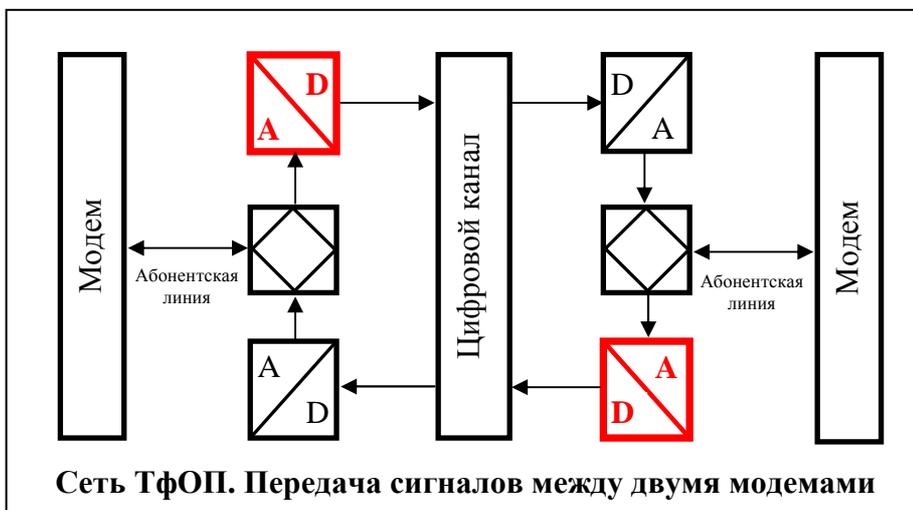
Казалось бы решение этой задачи тривиально и заключается в прямом определении скорости в цикле сеансов передачи данных с применением любого модема. Однако, именно разброс параметров помехозащищенности модемов не позволяет получать сопоставимые результаты. Поэтому для решения задачи прямого измерения скорости следовало бы разработать или «назначить» некий измерительный модем. Однако, реализация такого подхода осложнена в первую очередь не столько созданием или выбором такого модема, сколько доказательством состоятельности его метрологических характеристик.

По этим причинам представляется приемлемым традиционный подход, состоящий в проведении измерений ряда параметров канала на аналоговом уровне и определении гарантированной скорости передачи путем сопоставления измеренных величин с шаблонами предельных значений.

Современный телефонный модем. Физический уровень

Скорость 33600 бит/с является практически предельно возможной для телефонных каналов с аналоговыми окончаниями. Так, если рассмотреть канал, скоммутированный во фрагменте сети ТфОП, образованном только цифровыми телефонными станциями, то при передаче потока данных будут осуществляться следующие преобразования:

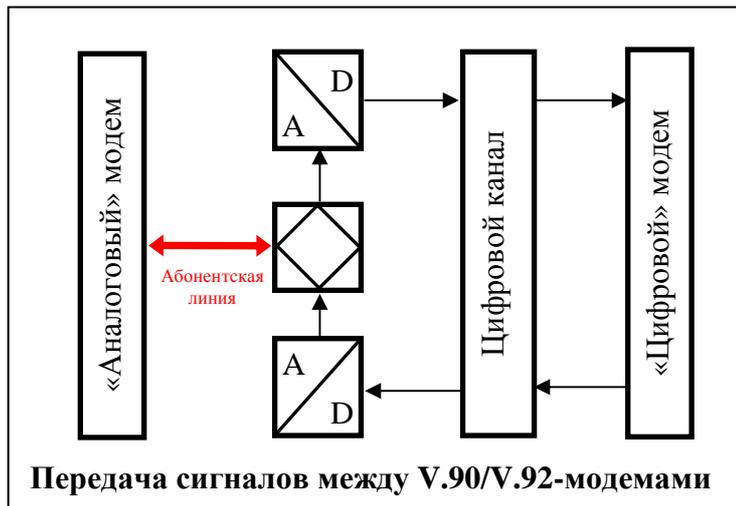
- модулятор модема прецизионно преобразует поток данных в аналоговый сигнал;
- этот сигнал по двухпроводной абонентской линии передается на вход абонентского комплекта станции, где
- после дифсистемы (преобразование двухпроводной линии в четырехпроводную) попадает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) кодека,
- сигнал в цифровой форме практически без искажений передается на удаленную станцию;
- цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) кодека удаленной станции преобразует сигнал в аналоговую форму и вводит его в дифсистему;
- по абонентской линии сигнал передается ко входу удаленного модема, который
- вновь прецизионно оцифровывает и демодулирует полученный сигнал, воспроизводя переданный поток данных.



Критическим в данной цепи является преобразование, выполняемое АЦП ограниченной разрядности и вносящее по этой причине существенный шум квантования. В соответствии с рекомендацией МСЭ-T G.713, устанавливающей требования к каналу ИКМ в двухпроводном окончании, защищенность передачи псевдослучайного измерительного сигнала в нормальном диапазоне

значений входного уровня не должна быть ниже 32,4 дБ, причем в этом показателе не учитываются возможные помехи в абонентских линиях. Реальная защищенность передачи может превышать этот показатель и составлять около 40 дБ. Таким образом, считая, что эффективная ширина полосы телефонного канала составляет не менее 3100 Гц, теоретически возможный диапазон скорости передачи по Шеннону составит от 33400 до 41200 бит/с, в который, как видно, и вписывается верхний предел скорости, составляющий 33600 бит/с.

Принятая в 1998 году рекомендация V.90 позволяет создавать модемы, предназначенные в основном для доступа в Интернет. Рекомендация определяет требования к пользовательскому «аналоговому» модему и «цифровому» модему поставщика Интернет-услуг. Скорость нисходящего потока в сторону пользователя может составлять до 56000 бит/с, скорость восходящего ограничена значением 33600 бит/с. Появившаяся в 2001 году рекомендация V.92 способствует увеличению скорости восходящего потока до 48000 бит/с [1].



Работа модемов на скоростях до 56000 бит/с в рамках рекомендаций V.90/V.92 обеспечивается тем, что нисходящий поток данных вводится «цифровым» модемом непосредственно в цифровой канал передачи и в цифровой же форме практически без потерь доводится до оконечной или транзитной цифровой телефонной станции, где посредством ЦАП кодера воспроизводится уже аналоговый сигнал, передаваемый в сторону «аналогового» модема и демодулируемый последним. Преимущество такого способа передачи перед обычным состоит в отсутствии АЦП и, следовательно, в

отсутствии шума квантования, сопровождающего несущий сигнал. Однако, сама возможность работы V.90/V.92-модема обусловлена:

- А) цифровизацией сети ТфОП и обязательным наличием пары: «цифровой» модем у Интернет-провайдера и «аналоговый» модем у пользователя;
- В) отсутствием АЦП в коммутированном канале в направлении передачи от «цифрового» к «аналоговому» модему, то есть присутствием в канале единственного кодера, ЦАП которого формирует аналоговый сигнал, направляемый в сторону «аналогового» модема;
- С) высоким качеством передачи сигнала на участке кодер - «аналоговый» модем, то есть в абонентской линии (теоретическая защищенность для передачи в той же равной 3100 Гц полосе частот потока со скоростью 56000 бит/с должна быть не хуже 54,4 дБ).

Современные модемы поддерживают, конечно, и V.34-, и V.90/V.92-способы модуляции, а так как применению способа V.90/V.92 имеются несколько преград, то, как показывает опыт, модемы часто устанавливают V.34-соединение даже тогда, когда условие А соблюдено. В случае же нарушения условия А передача будет осуществляться только в рамках способа V.34 в диапазоне номинальных скоростей от 2400 до 33600 бит/с.

Скоростные возможности модемов

Проблема определения предельных значений параметров телефонного канала, ограничивающих скорость передачи при использовании модемов, ставилась давно. Наконец в 1999 году в отрасли «Связь» России была впервые введена система норм на электрические параметры каналов сети ТфОП [5]. Задачи, решение которых призван обеспечить ввод этих норм, состоят в обеспечении качества каналов национальной коммутируемой сети на уровне, гарантирующем, в частности, возможность передачи данных на скорости 2400 бит/с.

Принятие нормативов, гарантирующих столь скромный результат, вызвано известным разнообразием типов, характеристик и сроков эксплуатации оборудования связи, установленного на сетях страны. С другой стороны, переоснащение отрасли новым оборудованием производится весьма активно и уже к настоящему времени существуют фрагменты сети, коммутируемые каналы в которых обладают качеством, позволяющим осуществлять передачу данных с высокими скоростями. Тем не менее, соответствующие нормы до сих пор не разработаны по причинам большого количества параметров, лимитирующих скорость, взаимовлияний этих параметров и разбросом характеристик помехозащищенности различных модемов. И только на основании результатов значительного количества испытаний современных V.34-модемов, проведенных в последнее время, решение этой задачи стало возможным.

В ряде серий испытаний, осуществленных за последние три года тестовыми лабораториями различных компьютерных журналов [4], [6]-[8], определялась зависимость эффективной скорости ПД от комплекса одновременно действующих статических и динамических дестабилизирующих факторов, характерных для местной связи (Таблица 1).

Таблица 1. Дестабилизирующие факторы комплексных тестов помехозащищенности	
Частотная характеристика остаточного затухания	Воспроизводятся характерные для абонентских линий различной длины статические искажения затухания (затухание увеличивается с ростом частоты)
Всплески уровня шума на фоне постоянно действующего шума	Воспроизводятся характерные для местной связи случайные события (динамические возмущения)
Всплески уровня импульсных помех	
Кратковременные перерывы связи	

Тесты, проведенные лабораториями журналов, и тесты, проведенные для определения предельных значений параметров телефонного канала, ограничивающих эффективную скорость передачи данных, выполнялись при следующих одинаковых условиях:

- эффективная скорость передачи V определялась экспериментально как отношение размера переданного файла S [байт] к фактической длительности сеанса передачи T [с]: $V=S/T$ [байт/с] (для обозначения размерности эффективной скорости чаще применяется сокращение **CPS**);
- передаваемый файл представлял собой файл-архив необходимого размера или массив псевдослучайных значений;
- при передаче всегда применялся протокол коррекции ошибок V.42 [9];
- установление соединения производилось только в режиме V.34;
- воспроизведение телефонного канала производилось посредством имитатора AnCom Canal-5 [10].

Результаты исследования влияния качества телефонного канала на эффективную скорость передачи многих модемов потребительского сектора рынка показывают, что могут быть названы модели модемов, которые показали наилучшие результаты в комплексных тестах помехозащищенности [4], [6]-[8]. Список модемов приведен в Таблице 2.

Таблица 2. Результаты комплексных тестов помехозащищенности V.34-модемов		
Три модема – лидеры тестов	Количество модемов, участвовавших в тестах	Время и место проведения тестов
U.S.Robotics Courier V.Everything, ZyXEL U-336E и U-336S, IDC 2814 BXL+	9	1999 год, «Мир ПК» [6]
U.S.Robotics Courier V.Everything, ZyXEL Omni 56k, 3Com OfficeConnect Busines Modem	11	2000 год, «Hard'n'Soft» [7]
CNET 5614 XE/E210, U.S.Robotics Courier V.Everything, Acorp 56EMS	12	2000 год, «Компьютер Пресс» [8]
ZyXEL Omni 56k, U.S.Robotics Courier V.Everything, Cnet CN5614XE	16	2001 год, «Подводная лодка» [4]

Результаты детального исследования параметрической помехозащищенности V.34-модемов, приведенные в [8], показывают, что современные модемы обеспечивают компенсацию стационарных искажений передачи сигнала в значительных пределах. Данные компенсируемых искажений приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Стационарные искажения в телефонном канале, компенсируемые V.34-модемами			
Вид искажения	Максимальная величина искажения		Модемы, успешно компенсирующие искажения, из 12 протестированных. 2000 год, «Компьютер Пресс» [8]
Остаточное затухание, дБ	33	Затухание между абонентами сети ТфОП в соответствии с нормами [5] на частоте 1800 Гц для электронных станций не должно превышать 32 дБ	Acorp 56EMS CNET 5614 XE/E210, D-Link DU-560M INPRO IDC 5614 BXL/VR+ ZyXEL Omni 56K ZyXEL Omni 56K Plus U.S.Robotics 56K Faxmodem, U.S.Robotics Courier V.Everything
Неравномерность частотной характеристики группового времени прохождения (ГВП, Group Delay) в полосе частот 300...3400 Гц, мкс	16500	Соответствует 6-ти переприемам по низкой частоте в составном канале ТЧ. Согласно норм [11] к использованию для ПД допускается составной канал ТЧ с количеством переприемов до 6-ти	
Изменение частоты в канале связи (Carrier Shift), Гц	10	Нормы [11] не допускают изменение частоты более чем на 5 Гц	
Размах дрожания фазы (Phase Jitter), угловых градусов	22,5	По нормам [5] и [11] дрожание фазы не может превосходить 15 угловых градусов	

Шаблоны предельных значений параметров телефонного канала, ограничивающих эффективную скорость передачи данных V.34-модема

Таким образом, из широкой номенклатуры модемов потребительского сектора, можно выделить модемы, стабильно показывающие высокие результаты в проведенных тестах. Выбрав такие модемы в качестве эталонных, можно ставить задачу определения ряда шаблонов характеристик телефонного канала, удовлетворение которым обеспечит передачу данных с гарантированной эффективной скоростью именно этими эталонными модемами.

В качестве эталонных модемов для проведения исследований зависимости эффективной скорости передачи от влияния помех и искажений были выбраны модем U.S.Robotics Courier V.Everything и модем U.S.Robotics Sportster 33.6 Faxmodem. Выбор модемов U.S.Robotics произведен как на основе объективных критериев (Таблицы 2 и 3), так и с учетом их широкой распространенности и высокой репутации.

Против такого подхода могут возразить: «Вы предлагаете нормы, ориентируясь на лучшие модемы, но пользователь по массе причин может таковым и не владеть; так как же ему быть?» На это следует заметить, что ориентация не на лучшие, а на худшие образцы, практически выхолащивает задачу нормирования, так как сформированные нормы при этом будут иметь неоправданно высокий запас. Например, в тестах [8] был выявлен модем, неспособный компенсировать сдвиг частоты более 0,8 Гц. Принятие такого показателя в качестве нормы будет

способствовать признанию негодным к ПД весьма значительного количества телефонных каналов, так как, например, отраслевая норма сдвига частоты для каналов тональной частоты составляет для различных систем передачи от 0,5 до 5 Гц [11].

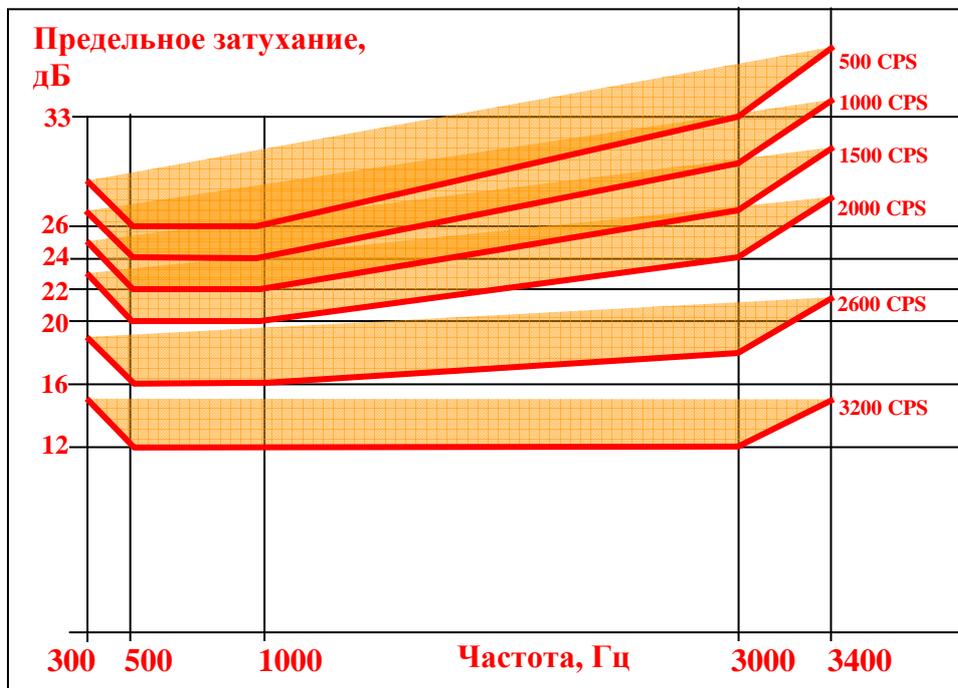
Теперь следует сформировать как можно более краткий перечень параметров, определяющих эффективную скорость передачи. Таблица 4 содержит полный список параметров телефонных каналов и обоснование причин отказа от включения в шаблоны предельных значений ряда параметров.

Таблица 4. Перечень параметров телефонного канала, ограничивающих эффективную скорость передачи данных для V.34-модемов			
Наименование параметра	Ввести в шаблон	Причины обоснования или отказа от нормирования	
Частотная характеристика остаточного затухания (АЧХ)	√	Работоспособность модема должна обеспечиваться наличием стандартной полосы эффективно передаваемых частот (300...3400 Гц), что обязательно должно проверяться при измерениях	
Неравномерность ГВП	√	Типовые неравномерности частотной характеристики ГВП успешно (см. Таблицу 3) компенсируются в значительных пределах соответствующими подсистемами модемов, однако, неравномерность ГВП может иметь нетиповое протекание, например, вследствие наличия катушек Пупина, возможно установленных в абонентских линиях	
Изменение частоты в канале	√	Изменение частоты на величину более отраслевой нормы наблюдается редко и успешно (см. Таблицу 3) компенсируется модемами. Тем не менее, известны случаи наличия изменения частоты более чем на 12 Гц	
Защищенность передачи от сопровождающих помех (Сигнал/Шум)	√	Высокая избирательность селективного и режекторного фильтров, применяемых в современных измерительных устройствах, позволяет одним соотношением Сигнал/Шум характеризовать влияние на процесс ПД: - и шума квантования, - и собственного шума канала, - и селективных помех, - и нелинейных искажений (появление в спектре сигнала высших гармоник), - и дрожания фазы и амплитуды (паразитная модуляция несущего сигнала с отстройкой от него на $\pm k \times 50$ Гц)	
Нелинейные искажения	-		
Селективные помехи	-		
Собственный шум канала	-		
Паразитная модуляция сигнала	-		
	Дрожание фазы	-	
	Дрожание амплитуды	-	
Эхо слушающего	√	Эхо слушающего оказывает на процесс демодуляции столь же разрушающее воздействие, что и шум	
Эхо говорящего	-	Влияние эхо говорящего успешно подавляется контуром эхокомпенсации модема	
Случайные события	Импульсные помехи	√	Деструктивное влияние на процесс демодуляции скачка амплитуды эквивалентно воздействию перерыва связи. Скачки фазы, появляющиеся, например, вследствие рассинхронизации систем ИКМ, достаточно продолжительное время отрабатываются контуром ФАПЧ модема, что приводит к существенно большим потерям, чем потери при воздействии импульсной помехи.
	Перерывы связи		
	Скачки фазы		
	Скачки амплитуды	-	По этим причинам при наличии нормирования влияния импульсных помех и перерывов специальное нормирование скачков амплитуды не представляется необходимым

Определим шаблоны предельных значений параметров телефонного канала, ограничивающих эффективную скорость передачи V.34-модемов, для шести значений скорости: 500, 1000, 1500, 2000, 2600 и 3200 CPS.

Допустимое изменение частоты в канале связи установим равным 10 Гц, что вдвое превосходит отраслевую норму [11], но успешно компенсируется модемами (Таблица 3).

Предельные значения остаточного затухания (АЧХ) зададим соответствующими протеканию зависимостей АЧХ, характерному для местной связи, и обусловленному в основном затуханием в абонентских и соединительных линиях. Характеристику затухания, соответствующую минимальной скорости, построим относительно величины затухания на частоте близкой к верхней границе тонального спектра (3000 Гц) и равной максимально преодолеваемому модемами затуханию, составляющему 33 дБ (Таблица 3).

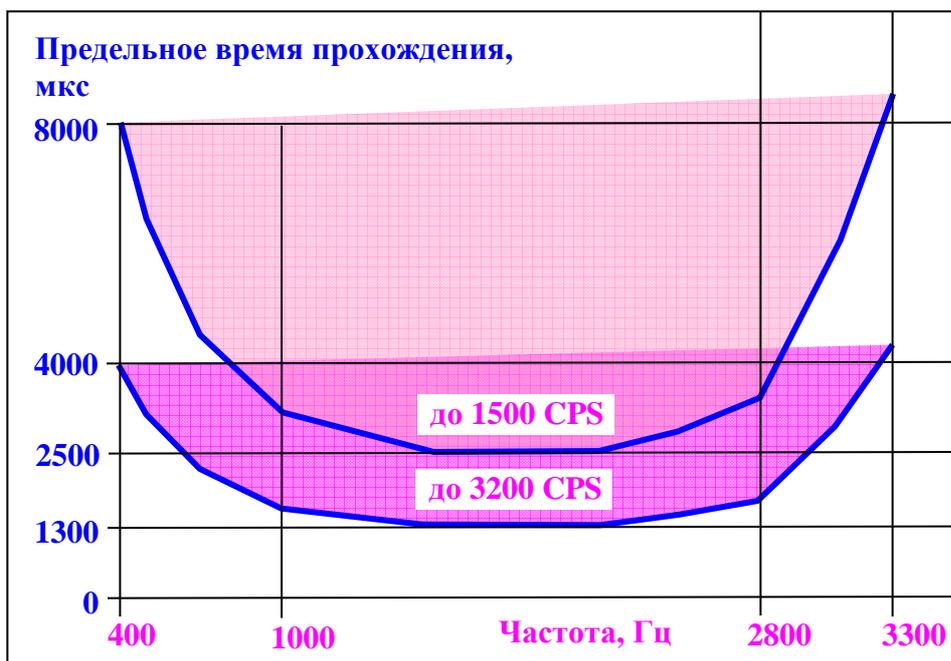


Расслоение характеристик затухания выбрано таким, что на частоте 3000 Гц затухание при переходе от меньшей скорости к большей уменьшается ровно настолько, насколько должна улучшаться определяемая ниже защищенность сигнала:

- эффективная скорость изменяется от минимальной до максимальной,
- затухание на частоте 1800 Гц уменьшается от 33 до 12 дБ,
- защищенность (Сигнал/Шум) увеличивается от 15 до 36 дБ.

На крайних частотах спектра (300 и 3400 Гц) допускается увеличение затухания на 3 дБ (такое увеличение затухания на краях диапазона частот свойственно каналообразующей аппаратуре).

Предельные значения частотной характеристики относительного группового времени прохождения сигнала (ГВП) выбраны для низких значений эффективной скорости в соответствии с допустимыми для 6-ти пере приемов искажениями (Таблица 3) согласно норм [11]. Для высоких скоростей требования по протеканию характеристики ГВП ужесточены вдвое.



Влияние случайных событий на эффективную

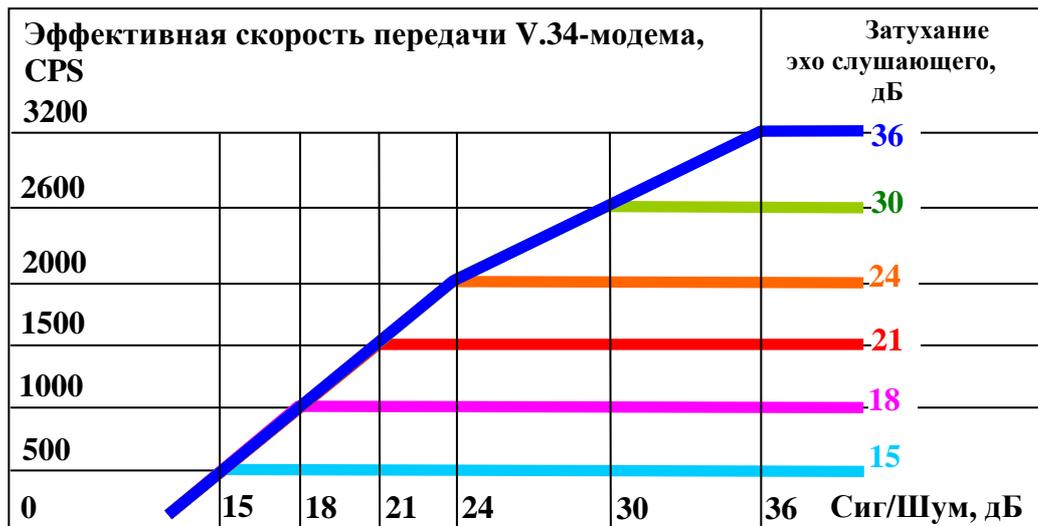
скорость парировается средствами модемного протокола коррекции ошибок и количественно будет оценено ниже. Таким образом, основными факторами, непреодолимо ограничивающими скорость передачи, являются сопровождающие искажения, которые можно характеризовать двумя параметрами:

- соотношением уровней полезного сигнала и сопровождающих помех (Сигнал/Шум, SNR) при частотной характеристике затухания (АЧХ), обеспечивающей эффективную передачу стандартной полосы частот, и
- затуханием уровня сигнала эхо слушающего по отношению к уровню принимаемого полезного сигнала.

При неизменности частотных характеристик затухания и времени прохождения было проведено исследование влияния на эффективную скорость передачи изменения соотношения Сигнал/Шум при указанных значениях затухания эхо слушающего.

Результаты такого параметрического анализа показывают, что при улучшении условий по

соотношению Сигнал/Шум, скорость передачи возрастает до той поры, пока ее не начинает ограничивать влияние эхо слушающего. Определение предельно допустимых значений соотношения Сигнал/Шум и затухания эхо



производится в «угловых точках» характеристик.

Нормативное значение уровня выходного сигнала модема равно минус 10 дБм. Пик-фактор модемного сигнала составляет около 10 дБ, таким образом максимальные мгновенные значения уровня на выходе модема могут достигать величины 0 дБм и передача этих пиков каналом связи должна осуществляться без амплитудных искажений.

Для получения уверенности в отсутствии перегрузок и наличии достаточной защищенности передачи необходимо использовать специально для этого предназначенный псевдослучайный сигнал по рекомендации МСЭ-Т О.131, имеющий калиброванный пик-фактор равный 10,5 дБ. Уровень О.131-сигнала при выполнении измерений следует устанавливать численно равным уровню модемного сигнала, то есть минус 10 дБм.

Дополнительно для комбинаций ограничивающих эффективную скорость значений параметров канала была произведена экспериментальная оценка влияния случайных событий на эффективную скорость передачи. Влияние случайных событий воспроизводилось введением в канал всплесков импульсных помех с частотой следования 10 Гц, характерной для импульсного набора номера.

Соотношение уровней полезного сигнала и максимального мгновенного уровня воспроизводимой помехи выбиралось на 18 дБ ниже, чем соответствующее критическое соотношение Сигнал/Шум, исходя из следующих соображений:

- пик-фактор шума, ограничивающего скорость передачи, составляет около 12 дБ (то есть, если, например, для скорости 1500 CPS лимитирующая защищенность сигнала равна 21 дБ, то предельное соотношение уровня сигнала и максимально возможного мгновенного пик-уровня шума составит $21-12=9$ дБ и это еще не приводит к появлению ошибки демодуляции);
- считая, что превышение пик-уровня над допустимым на 6 дБ «обеспечивает» возникновение ошибки демодуляции, получим $12+6=18$ дБ.

В дальнейшем при выборе порога анализа импульсных помех (Таблица 5) этот порог

назначается на 16 дБ ниже уровня сигнала в точке измерения, полагая, что запас $18-16=2$ дБ соответствует типовому значению погрешности воспроизведения порога анализа импульсных помех, а уровень измерительного гармонического сигнала равен уровню выходного сигнала модема, составляющему минус 10 дБм.

Количественная оценка проявления случайных событий производится по показателю «Процент секунд интервалов, испорченных помехами и перерывами связи», принятом при нормировании каналов сети ТфОП [5].

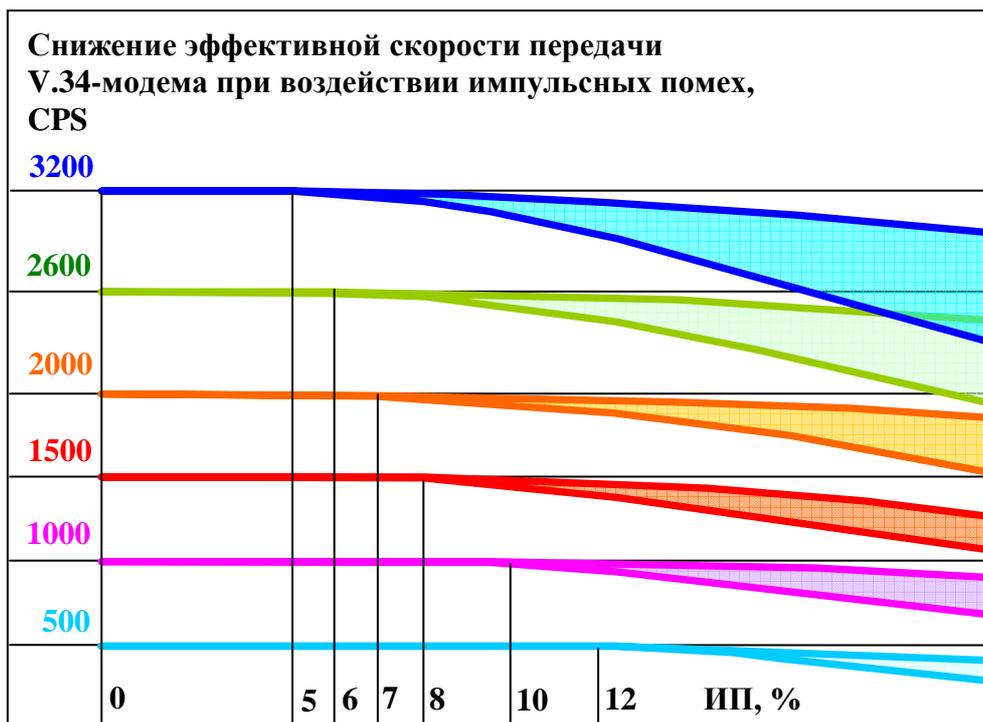
Исследование зависимости эффективной скорости от действия случайных помех производилось путем воспроизведения всплесков импульсных помех с периодом следования от 2 до 21 с, что при выполнении контроля канала обеспечивало процент секунд, испорченных помехами, от 50% до 4% соответственно.

Недостатком количественного определения влияния случайных событий процентом испорченных секунд является то, что и в случае искажения секундного интервала единственной помехой, и в случае наличия множества помех, «вписавшихся» в секундный интервал, итоговые оценки будут весьма близки. Поэтому для определения влияния «меры испорченности» секунды на эффективную скорость модельные длительности всплесков выбирались равными 0,2, 0,4 и 0,8 с, то есть «портилась» или часть, или почти вся секунда.

Полученные зависимости отражают снижение эффективной скорости передачи при увеличении процента секунд, пораженных помехами, и могут быть разделены на две области:

- область со слабо выраженной зависимостью эффективной скорости от увеличения процента пораженных секунд и
- область с ярко выраженной неоднозначностью зависимости скорости от процента пораженных секунд и длительности всплесков помех.

Именно в области с ярко выраженной зависимостью обычно наблюдается «проявление характера» модема, что проявляется в том, что под воздействием интенсивной помеховой обстановки модем может многократно инициировать процесс изменения скорости соединения. Это отчасти приводит к столь существенному разбросу значений эффективной скорости и неоднозначности характеристики. Точки, принимаемые в качестве максимально допустимых значений процента испорченных секунд, выбираются на границе этих областей, чем исключается неоднозначность.



Вопрос влияния скачков фазы на скорость передачи данных исследован в [12].

Приведенные результаты позволяют сформировать ряд шаблонов предельных значений параметров канала коммутируемой телефонной сети, удовлетворение которым гарантирует соответствующую эффективную скорость передачи при соблюдении определенной дисциплины проведения измерений. В Таблице 5 представлены такие шаблоны, а так же данные о параметрах измерительных сигналов и режимах измерения.

Таблица 5. Шаблоны значений параметров канала сети ТфОП, ограничивающих эффективную скорость передачи данных для V.34-модемов

Измерительный сигнал и значения параметров настройки	Параметр канала		Гарантируемая эффективная скорость, CPS						
			500	1000	1500	2000	2600	3200	
Псевдослучайный (O.131) <i>Длит. 20 с</i> <i>Уровень -10 дБм*</i>	Соотношение Сигнал/Шум, не менее, дБ		15	18	21	24	30	36	
Гармонический (SIN) <i>Длит. 2 минуты,</i> <i>Уровень -10 дБм*</i> <i>Част. 1020 Гц</i>	Изменение частоты, не более, Гц		10						
	Скачков фазы за 2 минуты	<i>Порог анализа, угл.град</i>	15						
		не более, шт.	10			6			
	Импульсные помехи (ИП) и перерывы связи (ПС)	<i>Порог анализа относительно уровня сигнала на выходе канала</i>	<i>ИП, дБ</i>	1	-2	-5	-8	-14	-20
<i>ПС, дБ</i>			-3						
Многочастотный (МЧС) <i>Длит. 20 с</i> <i>Уров. -15 дБм</i>	АЧХ, не более, дБ	Частота, Гц	300	29,0	27,0	25,0	23,0	19,0	15,0
			500	26,0	24,0	22,0	20,0	16,0	12,0
			750	26,0	24,0	22,0	20,0	16,0	12,0
			1000	26,0	24,0	22,0	20,0	16,0	12,0
			1250	26,9	24,8	22,6	20,5	16,2	12,0
			1500	27,8	25,5	23,3	21,0	16,5	12,0
			1800	28,8	26,4	24,0	21,6	16,8	12,0
			2100	29,9	27,3	24,7	22,2	17,1	12,0
			2400	30,9	28,2	25,5	22,8	17,4	12,0
			2700	32,0	29,1	26,2	23,4	17,7	12,0
	3000	33,0	30,0	27,0	24,0	18,0	12,0		
	3400	37,4	34,2	31,0	27,8	21,4	15,0		
	ГВП, не более, мкс	Частота, Гц	400	8000			4000		
			500	6400			3200		
			700	4500			2300		
			1000	3200			1600		
			1300	2800			1400		
			1600	2500			1300		
			1900	2500			1300		
			2200	2500			1300		
2500			2900			1500			
2800			3400			1700			
3100	6000			3000					
3300	8500			4300					
Эхо <i>Длит. 30 с</i> <i>Уров. -10 дБм*</i> <i>Част. 1600 Гц</i> <i>Импульс 1000 мс</i> <i>Пауза 1000 мс</i> <i>Время измер. 10 мс</i>	Затухание эхо слушающего, не менее, дБ		15	18	21	24	30	36	

* При затухании в полосе частот от 300 до 3400 Гц, составляющем менее 5 дБ, следует проводить измерения при уровне равном минус 15 дБм.

Известны случаи малых, даже отрицательных, значений затухания скомутированного канала. Малое затухание, как это не странно, может приводить к снижению эффективной скорости передачи вплоть до полной потери возможности установления модемного соединения. Причиной этого могут быть перегрузка АЦП кодека станции, перегрузка аналоговой системы передачи или перегрузка входа модема.

Уровень выходного сигнала модема при настройке по умолчанию должен составлять минус 10 дБм согласно [13]. Условия измерений, приведенные в Таблице 5, соответствуют этому типовому значению уровня.

Для того, чтобы модем имел бы возможность работы с максимально возможной скоростью необходимо потребовать, чтобы затухание в диапазоне частот от 300 до 3400 Гц составляло бы не менее 5 дБ. Если же это условие не может быть выполнено, то:

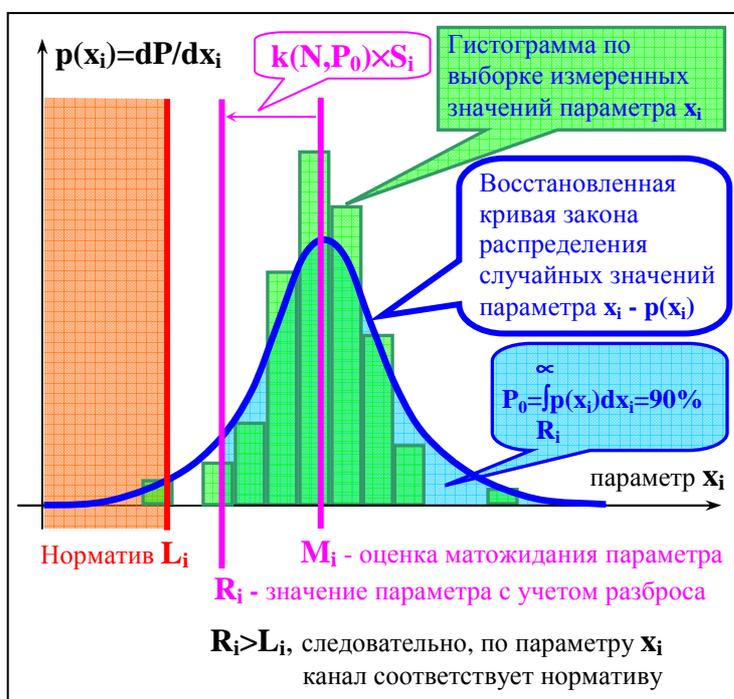
- для определения гарантируемой эффективной скорости передачи следует проводить измерения с применением уровней сигналов SIN, O.131, МС и ЭХО равным минус 15 дБм;
- на каналах с затуханием менее 5 дБ должны быть использованы модемы, обеспечивающие установку пониженного уровня передаваемого сигнала; уровень передачи модемов следует устанавливать равным минус 15 дБм, что допускает [13].

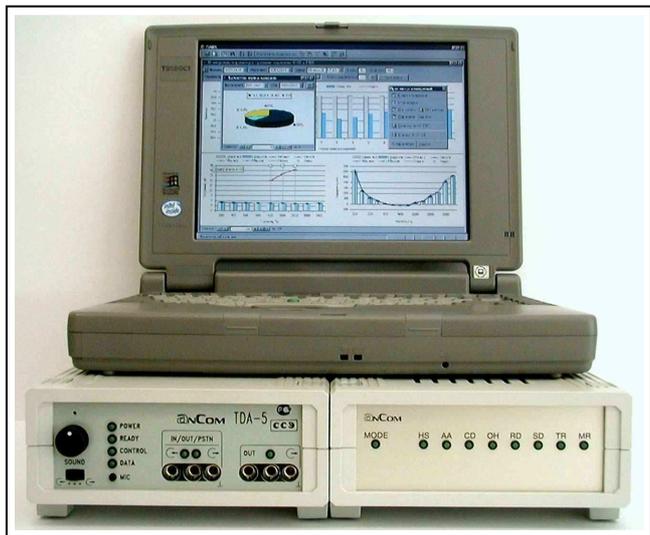
Измерение каналов сети ТфОП

Следует более подробно остановиться на дисциплине проведения измерений. Отраслевые нормы качества каналов коммутируемой сети [5] помимо собственно предельно допустимых значений параметров каналов определяют и метод измерений этих параметров. Метод заключается в том, что измерение канала связи между двумя оконечными абонентскими установками производится путем выполнения измерительного цикла, состоящего из заданного количества вызовов. Измерению в каждом вызове подлежат выбранные параметры канала. Результаты измерений в рамках цикла подвергаются статистической обработке – определяются оценки математического ожидания M_i и среднего квадратического отклонения S_i (то есть разброса) каждого i -го измеренного параметра.

Нормированию подлежит не среднее значение параметра M_i , а значение с учетом разброса, вычисляемое по формуле $R_i = M_i \pm k(N, P_0) \times S_i$. Коэффициент $k(N, P_0)$ зависит от количества проведенных сеансов измерений N и заданной вероятности P_0 удовлетворения нормативу L_i . Нормами [5] установлены значения необходимого числа вызовов $N=15$ и доверительной вероятности $P_0=90\%$. Знак “+” или “-” в приведенной формуле выбирается исходя из характера нормируемого параметра; так, например, для затухания выбирается знак “+”, а для соотношения сигнал/шум - знак “-”. Канал коммутируемой сети считается соответствующим нормам, если значения R_i всех нормируемых параметров с учетом разброса удовлетворяют нормативам L_i .

Данный метод опробован при проведении паспортизации каналов сети ТфОП во всероссийском масштабе и на этом основании предлагается к использованию для определения гарантированной скорости передачи данных.





В качестве инструментального средства для измерения каналов сети ТфОП может быть применен измерительный комплекс AnCom ПАИК [14], программное обеспечение которого поддерживает описанную дисциплину и позволяет автоматически выполнять измерительные сценарии, шаблонами в которых могут служить обоснованные в данной статье совокупности предельно допустимых значений.

Можно констатировать, что имеющиеся инструментальные средства и впервые разработанная система шаблонов открывают возможности количественного определения показателей качества телефонных каналов в единицах потенциально возможной скорости

передачи V.34-модемов. Это позволяет операторам связи, измерив свою сеть и определив в ней критические применительно к современным задачам направления связи, целенаправленно улучшать характеристики сети.

Литература

- [1] Модемы для коммутируемых линий. Стивен Шухарт-младший. Сети и системы связи. №4, 30 марта 2001. http://www.ccc.ru/magazine/depot/01_04/read.html?0202.htm
- [2] Статистический анализ качества предоставления Интернет-услуг модемным пользователям. А.В.Голышко, В.А.Ершов, В.И.Цыбаков. Вестник связи. №7, 2001. http://www.vestnik-sviazy.ru/archive/07_2001/index.html
- [3] Рекомендация V.34. Модем, работающий на скоростях передачи данных до 28800 бит/с, предназначенный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования и на арендованных двухточечных двухпроводных линиях телефонного типа. Перевод А.Кувалдина. <http://www.analytic.ru/documents.html>
- [4] Надежная связь: Internet у вас дома. С.Самарин, А.Кузнецов. Подводная лодка, №7, 2001. <http://www.pl-computers.ru/article.cfm?ID=495>
- [5] Эксплуатационные нормы на электрические параметры каналов сети ТфОП. Введены приказом Госкомсвязи РФ №54 от 05.04.1999. <http://www.analytic.ru/documents.html>
- [6] Идеальный модем. С.Андрианов, К.Яковлев. Мир ПК, №6, 1999. <http://www.osp.ru/pcworld/1999/06/022.htm>
- [7] Возвращение к модемам. П.Митронов. Hard'n'Soft, №5, 2000. <http://www.flashcom.ru/html/modems/tesths.shtml>
- [8] Тестирование внешних модемов. С.Пахомов, С.Самохин. Компьютер Пресс, №8, 2000. http://www.cpress.ru/NewsTestLab/Archiv/2000_08_modems/index.htm
- [9] Рекомендация V.42 (Женева, 1996). Процедуры коррекции ошибок для оконечных устройств, использующих асинхронно-синхронные преобразования. Перевод А.О.Пасковатого. <http://www.analytic.ru/documents.html>
- [10] Имитатор телефонных каналов AnCom Canal-5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. http://www.analytic.ru/support_canal5.html
- [11] Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризональных первичных сетей. Введены приказом Минсвязи РФ №43 от 15.04.1996. Метрология и измерительная техника в связи, №6, 2000, №1 и №2, 2001.
- [12] О влиянии отсутствия синхронизации АТС на электрические характеристики коммутируемого телефонного канала, в том числе и на пропускную способность канала передачи данных. О.Н.Перетяцько, А.В.Кочеров. Вестник связи. №3, 2002. http://www.vestnik-sviazy.ru/archive/03_2002/index.html
- [13] Аппаратура передачи данных, предназначенная для работы на каналах телефонной сети общего пользования, телефонной сети «Искра» и некоммутируемых каналах тональной частоты. Программа и методика сертификационных испытаний. Утверждена начальником Управления сертификации Минсвязи России в 2000 г.
- [14] Нормирование и система измерения качества коммутируемых телефонных каналов. Л.И.Зубовский, А.О.Пасковатый. Метрология и измерительная техника в связи, №1 1998. http://www.analytic.ru/telecom_articles.html

Сведения об авторах:

Кочеров Андрей Владимирович,
заместитель директора компании «Аналитик-ТС»,
(495)775-6011
andrey@analytic.ru
<http://www.analytic.ru>

Марков Владислав Юрьевич,
студент МГТУ им.Баумана

Перетяцько Олег Николаевич,
инженер филиала «Яртелеком»
(0852)73-97-20, 45-21-00
pon@tues.yartelecom.ru
<http://www.yartelecom.ru>