

Аспекты контроля показателей функционирования, установленных для сети связи общего пользования

В предыдущем номере журнала опубликована первая часть цикла статей наших авторов – ученых и специалистов СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, ЛОНИИС и Федеральной службы по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций, вызвавшая значительный интерес читателей. В этом номере публикуется вторая статья этого цикла.

Редакция журнала

Б.С. Гольдштейн, зав. кафедрой СПбГУТ, д.т.н., проф.,
М.А. Маршак, начальник научного отдела ЛОНИИС,
Е.Д. Мишин, руководитель сертификационного центра ЛОНИИС,
Н.А. Соколов, профессор СПбГУТ, д. т.н.,
А.В. Тум, ведущий сотрудник Роскомнадзора по Санкт-Петербургу и Ленинградской области

Введение

Показатели качества обслуживания (в англоязычной технической литературе – quality of service, QoS) определяют принципы построения, эксплуатации и развития телекоммуникационной системы любого назначения. Федеральным законом «О связи» введен новый термин - сеть связи общего пользования (ССОП). С точки зрения системы понятий, принятой в электросвязи, ССОП можно рассматривать как совокупность телекоммуникационных сетей, которые предназначены для общего пользования. Это означает, что любой абонент, подавший соответствующее заявление и обязующийся соблюдать заранее заданные требования технического, экономического и юридического характера, должен быть подключен оператором связи к сети.

В Приложении № 1 к Приказу Министерства информационных технологий и связи РФ «Требования к организационно-техническому обеспечению функционирования сети связи общего пользования» [1] содержится перечень показателей качества обслуживания. Установленные в [1] нормы обязательны для разработчиков телекоммуникационного оборудования, проектировщиков ССОП и операторов сетей электросвязи. В процессе эксплуатации ССОП они должны контролироваться.

Обычно нормы показателей качества обслуживания основаны на рекомендациях Международного союза электросвязи (МСЭ), но далеко не всегда копируют их по ряду соображений технического, экономического и организационного характера. Одна из целей нашей статьи - установить соответствия между нормами, приведенными в [1] и в рекомендациях МСЭ. Кроме того, данная статья включает соображения авторов по контролю установленных норм в эксплуатируемых телекоммуникационных сетях. Статья состоит из двух частей. В настоящей первой части рассматриваются вопросы, связанные с услугами телефонной связи, которые предоставляются системами с «коммутацией каналов».

Вторая часть будет посвящена услугам IP-сети, ориентированной на мультисервисное обслуживание и использующей технологию «коммутация пакетов».

Обе технологии распределения информации сосуществуют в ССОП. Поэтому, решая задачи контроля качества обслуживания в ССОП, следует иметь в виду, что ССОП нужно

рассматривать как систему, использующую обе технологии коммутации. Общий подход к организации измерений показателей качества обслуживания в подобных сетях был изложен в [2].

Телефонная сеть общего пользования

Телефонная сеть общего пользования (ТФОП) -важнейший компонент ССОП. В ТФОП основным видом передаваемой информации является речь. Обслуживание трафика речи во всех странах приносит оператору связи основные доходы. Именно по этой причине в данной статье большое внимание уделяется качеству обслуживания в ТФОП.

Качество обслуживания трафика речи - предмет нескольких рекомендаций МСЭ. Для абонентов и операторов электросвязи важнейшее значение имеют рекомендации МСЭ серий E и Q. При разработке рекомендаций этих серий были учтены требования к услугам, которые поддерживаются цифровой сетью интегрального обслуживания (ЦСИО). Этот факт обычно отражается обозначением ТФОП/ЦСИО (в англоязычной технической литературе – PSTN/ISDN).

По многим позициям параметры качества обслуживания вызовов в ТФОП/ЦСИО, которые перечислены, например, в рекомендации E.721, похожи на аналогичные величины, приведенные в [1]. В обоих документах используются термины, предложенные в рекомендации МСЭ E.600. Правда, толкование некоторых терминов и численные значения ряда параметров различаются между собой. Эти различия обусловлены как объективными факторами (в частности, особенностями построения ТФОП), так и субъективными (например, подходами, используемыми при нормировании показателей). Для каждого показателя, рассматриваемого в этой статье, указываются те конкретные различия между нормами, которые введены в [1] и предложены МСЭ.

Следует отметить, что некоторым аспектам нормирования показателей качества обслуживания свойствен универсальный характер. МСЭ нормирует большинство показателей для двух уровней нагрузки. Термин «нормальная нагрузка» соответствует словосочетанию «normal load condition». В отечественной технической литературе такую нагрузку иногда называют проектируемой. В рекомендации МСЭ E.500 «нормальная нагрузка» в сети определяется как типичная величина, для которой должен обеспечиваться уровень обслуживания, привычный для пользователей. Она идентифицируется индексом "A". В период повышения нагрузки (high load condition), который повторяется редко, показатели качества обслуживания не должны существенно ухудшаться. Повышенной нагрузке присвоен индекс "B"

Для обоих видов нагрузки нормирование параметров осуществляется в период ее наибольшего значения. В качестве длительности такого периода обычно выбирают один час. Отсюда появилась аббревиатура ЧНН - час наибольшей нагрузки. Для пучка соединительных линий (СЛ) нагрузка "A" в ЧНН составляет 0,7 Эрл. Для нагрузки "B" установлен уровень 0,8 Эрл. Следует подчеркнуть, что определение нагрузки "A" и "B" необходимо для решения проектных задач. По этой причине в [1] уровень нагрузки не оговаривается.

При нормировании параметров времени задержки для международных соединений авторы рекомендации E.721 исходили из двух условий. Во-первых, в соединении может быть использован один участок системы спутниковой связи - это приводит к заметному возрастанию времени распространения сигнала. Во-вторых, предполагается применение системы общеканальной сигнализации, которая определена спецификациями МСЭ.

Для установления некоторых соединений (например, с использованием услуг Интеллектуальной сети) требуется обращение к базам данных. В таких случаях допускается повышение времени установления соединения по сравнению с нормами, принятыми для ТФОП/ЦСИО.

Доля несостоявшихся вызовов

Этот показатель в [1] формулируется так: «Доля несостоявшихся вызовов из-за технических неисправностей или перегрузки сети связи в общем количестве попыток вызовов (потери вызовов) при установлении соединений». Он нормируется, как и все остальные показатели, для ЧНН. Возможность и целесообразность проведения измерений именно в ЧНН требует дополнительного изучения. В [1] приведены нормы для шести следующих видов соединений:

- в сети местной телефонной связи, функционирующей в пределах территории поселения с численностью населения более 3000 человек – не более 2 %;
- в сети местной телефонной связи, функционирующей в пределах территории поселения с численностью населения менее 3000 человек – не более 3 %;
- в сети зонной телефонной связи – не более 2 %;
- в сети междугородной и международной телефонной связи – не более 2 %;
- в сети подвижной связи – не более 5 %;
- с узлом обеспечения вызова экстренных оперативных служб – не более 0,1 %.

Эти нормы можно обозначить как π_i . Очевидно, что $i = \overline{1,6}$. Вычисления доли несостоявшихся вызовов (из-за технических неисправностей или перегрузки сети связи) для соединений между абонентскими терминалами Q_j основаны на математических соотношениях, в которых фигурируют переменные вида π_i .

Аппаратно-программные средства, создаваемые для контроля качества обслуживания в ССОП [2], способны автоматически вычислять показатели вида Q_j .

Схожие (но не идентичные) показатели вида $\pi_i^{МСЭ}$ нормированы в рекомендации МСЭ Q.543. Соответствующие вероятности определены для вызовов, которые либо потеряны, либо при их обслуживании задержки превзошли установленные нормы. Эти вероятности трактуются МСЭ как доли вызовов, при обслуживании которых не выполнены заданные качественные показатели. Значения вероятностей, определенные в рекомендации МСЭ Q.543, приведены в первой, второй, третьей и четвертой строках табл. 1. Данные вероятности определены для одной коммутационной станции. В нижеследующих строках этой же таблицы приведены вероятности из рекомендации E.721. Они относятся к соединению в целом.

Очевидно, что для сети в целом основной интерес связан с показателями, которые приведены в трех последних строках таблицы. По ним можно оценить долю вызовов между пользовательскими терминалами $Q_j^{МСЭ}$, которые обслуживаются с ненадлежащими качественными показателями. Из методологических различий в определении величин π_i и $\pi_i^{МСЭ}$ следует неравенство вида $Q_j \neq Q_j^{МСЭ}$. Тем не менее можно выбрать аппроксимации, устанавливающие важные для практических задач соотношения: $Q_j \approx F(Q_j^{МСЭ})$ и $Q_j^{МСЭ} \approx F^{-1}(Q_j)$. Эти аппроксимации полезны в случае использования методик обработки результатов измерений, созданных применительно к показателям,

которые установлены МСЭ. Возможность сопоставления критериев позволяет сравнивать установленные уровни качества связи. Кроме того, эта возможность может быть полезной для решения спорных вопросов, вызванных жалобами на низкое качество международных соединений.

Для рассматриваемого показателя такое сопоставление возможно при условии, что к несостоявшимся вызовам, определенным в [1], в ТФОП/ЦСИО относятся также те формально установленные соединения, в которых нарушается хотя бы одна из норм, относящихся к качеству обслуживания. Например, если в установленном соединении шумы превышают установленный порог, то вызов следует считать несостоявшимся.

Следует подчеркнуть, что в системе понятий МСЭ сети внутризоновой связи не существует. Соответствующие соединения относятся к междугородным. Аналогично соединения, для установления которых набираются географические или негеографические коды (*ABC* или *DEF* соответственно), считаются междугородными. С учетом принципов построения российской ТФОП часть таких вызовов следует считать внутризоновыми. К ним относятся следующие:

- соединения, устанавливаемые в пределах зоны нумерации (как правило, в границах территории субъекта Федерации) с терминалами фиксированной связи;
- соединения, устанавливаемые с терминалами мобильной связи; которые зарегистрированы в центре коммутации подвижной связи, расположенном в том же субъекте Федерации;
- соединения, устанавливаемые с терминалами фиксированной связи через сети нескольких операторов, расположенные в одном субъекте Федерации.

Сопоставление норм, приведенных в [1], и показателей, которые содержатся в рекомендациях МСЭ, осуществляется на основании математических методов. Им будет посвящена отдельная статья. Необходимо упомянуть два показателя, которые приведены в [1]. Речь идет о соединениях с терминалами сетей подвижной связи и вызове операторов рабочих мест экстренных оперативных служб. Соответствующие нормы в рекомендациях МСЭ не рассматриваются. По этой причине установление соответствия не представляется возможным и целесообразным.

Таблица 1.

Тип соединения	Нагрузка "А"	Нагрузка "В"
Внутристанционное	10^{-2}	4×10^{-2}
Исходящее	5×10^{-3}	3×10^{-2}
Входящее	5×10^{-3}	3×10^{-2}
Транзитное	10^{-2}	10^{-3}
Местное	2×10^{-2}	3×10^{-2}
Междугородное	3×10^{-2}	$4,5 \times 10^{-2}$
Международное	5×10^{-2}	$7,5 \times 10^{-2}$

Задержка сигнала «Ответ станции»

В [1] данный показатель определяется следующим образом: «Время с начала передачи информации о занятии абонентской линии до момента получения пользовательским

(оконечным) оборудованием от оконечного узла связи сети местной телефонной связи сигнала готовности к приему номера (время отклика узла связи)». Для российской ТФОП это время может превышать 2 секунды с вероятностью 0,05.

Данный параметр связан с предыдущей оценкой качества обслуживания при внутрисканционной и исходящей связи в ТФОП. Следует подчеркнуть, что для мобильного терминала этот параметр не имеет смысла. Установление соединения начинается после набора номера вызываемого абонента вне зависимости от способа реализации этой процедуры (нажатие кнопок, вызов голосом, выбор из заранее составленного списка). Похожая ситуация характерна для современных бесшнуровых телефонов. Можно сначала набрать номер вызываемого абонента, а потом нажать кнопку, инициирующую получение сигнала «Ответ станции». Сразу после распознавания этого сигнала начинается процесс установления соединения.

В [2] изложены соображения о целесообразности применения автоматизированного контроля всех нормируемых показателей. С этой точки зрения рассматриваемый период для ТФОП может рассчитываться как время с момента замыкания шлейфа абонентской линии до получения акустического сигнала «Ответ станции». При использовании бесшнуровых терминалов время замыкания абонентской линии отсчитывается с момента нажатия той клавиши, которая либо имитирует снятие микрофонной трубки, либо начинает выдачу предварительно набранного номера вызываемого абонента.

Аналогичная картина складывается с сотовыми телефонами. Более того, сигнал «Ответ станции» в сетях мобильной связи не передается абоненту в виде акустического сообщения. По этой причине данный показатель необходимо объединить с показателем «задержка установления соединения», рассматриваемым ниже. В этом случае нормы для обоих показателей модифицируются. Алгоритм выполнения соответствующей операции будет изложен в отдельной статье.

Для большинства терминалов ТФОП (как сети фиксированной связи) длительность задержки сигнала «Ответ станции» остается важным показателем. Чрезмерная задержка в получении этого сигнала связана с вероятностью отказа в обслуживании. Это утверждение можно объяснить при помощи функций распределения времени задержки $S(t)$ и доли потерянных вызовов $P(t)$, показанных на рис. 1.

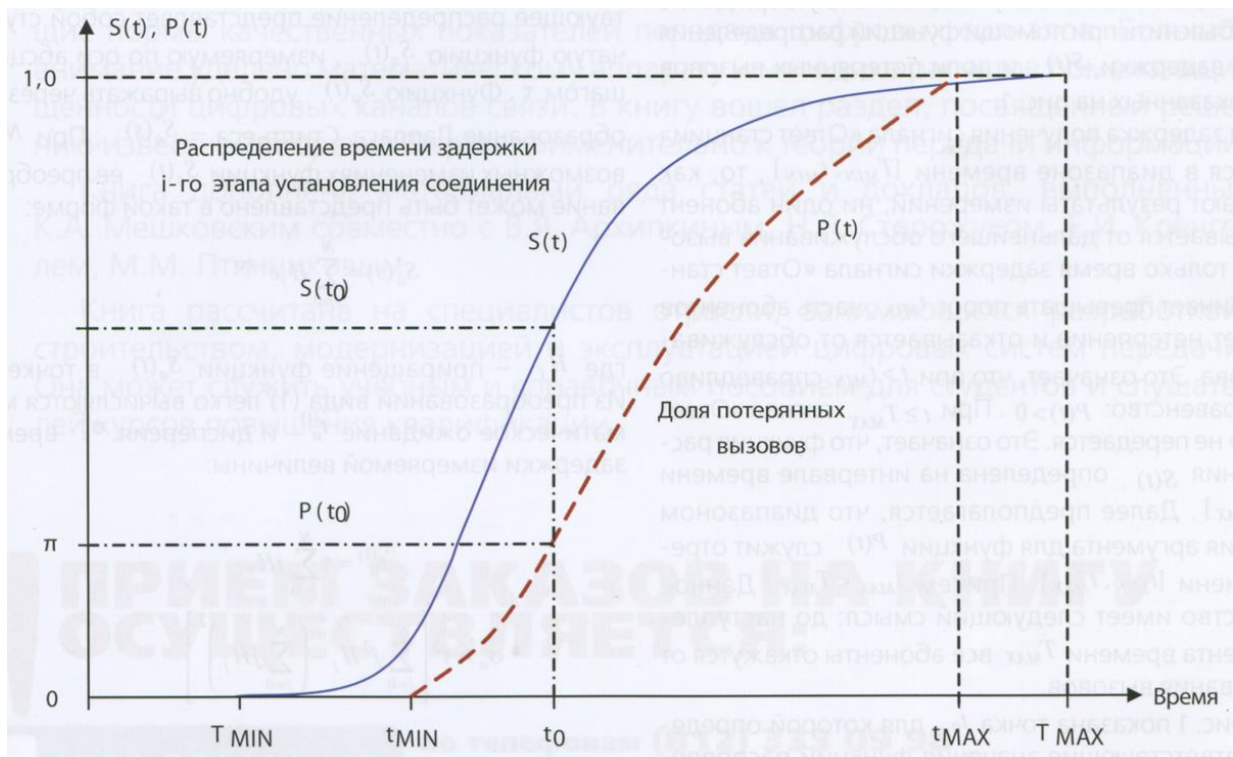


Рис. 1. Связь времени задержки с вероятностью потери вызова.

Если задержка получения сигнала «Ответ станции» находится в диапазоне времени $[T_{MIN}, t_{MIN}]$, то, как показывают результаты измерений, ни один абонент не отказывается от дальнейшего обслуживания вызовов. Как только время задержки сигнала «Ответ станции» начинает превышать порог t_{MIN} , часть абонентов проявляет нетерпение и отказывается от обслуживания вызова. Это означает, что при $t > t_{MIN}$ справедливо такое неравенство: $P(t) > 0$. При $t \geq T_{MAX}$ сигнал «Ответ станции» не передается. Это означает, что функция распределения $S(t)$ определена на интервале времени $[T_{MIN}, T_{MAX}]$. Далее предполагается, что диапазоном изменения аргумента для функции $P(t)$ служит отрезок времени $[t_{MIN}, t_{MAX}]$. Причем $t_{MAX} < T_{MAX}$. Данное неравенство имеет следующий смысл: до наступления момента времени T_{MAX} все абоненты откажутся от обслуживания вызовов.

На рис. 1 показана точка t_0 , для которой определены соответствующие значения функций распределения задержки сигнала «Ответ станции» – $S(t_0)$ и потери вызова $P(t_0)$. Очевидно, что обе функции связаны между собой. С практической точки зрения важен эффект влияния чрезмерной задержки сигнала «Ответ станции» на вероятность отказа от обслуживания вызовов. Если приемлемой величиной отказа в обслуживании на этапе ожидания сигнала «Ответ станции» считается уровень π , то квантиль функции распределения $S(t)$ – β , который следует нормировать для рассматриваемого этапа обслуживания вызова, определяется следующим образом: $\beta \leq t_0$.

В рекомендации МСЭ Q.543 задержка сигнала «Ответ станции» нормируется для нагрузок "А" и "В". Значения установленных показателей приведены в табл. 2.

Нормируемый показатель	Нагрузка "А"	Нагрузка "В"
Среднее значение	0,4 с	0,8 с
95% -ый квантиль	0,6 с	1,0 с

Очевидно, что для российской ТФОП установлен 95% -ый квантиль на уровне 2 с. Это в два раза больше, чем допускается по международным стандартам для нагрузки "В". Если целесообразна проверка для российских и международных норм, то принципы тестирования ТФОП не меняются: необходим лишь выбор соответствующего пункта в меню аппаратно-программных средств измерения [2].

Измеряемое время задержки сигнала «Ответ станции» следует считать случайной величиной. Соответствующее распределение представляет собой ступенчатую функцию $S_a(t)$, измеряемую по оси абсцисс с шагом τ . Функцию $S_a(t)$ удобно выражать через преобразование Лапласа-Стилтьеса $S_a^*(s)$. При $N+1$ возможных изменениях функции $S_a(t)$ ее преобразование может быть представлено в такой форме:

$$S_a^*(s) = \sum_{j=0}^N H_j e^{-j\tau s} \quad (1),$$

где H_j – приращение функции $S_a(t)$ в точке $j\tau$. Из преобразований вида (1) легко вычисляются математическое ожидание $t_a^{(1)}$ и дисперсия σ_a^2 времени задержки измеряемой величины:

$$t_a^{(1)} = \tau \sum_{j=0}^N j H_j,$$

$$\sigma_a^2 = \tau^2 \left[\sum_{j=0}^N j^2 H_j - \left(\sum_{j=0}^N j H_j \right)^2 \right] \quad (2),$$

Значение $t_a^{(1)}$ позволяет определить степень соответствия измеряемой величины нормам, которые приведены во второй строке табл. 2. Нормы для 95%-го квантиля, приведенные в [1] и в третьей строке табл. 2, сравниваются со значениями функции $S_a(t)$, которая измеряется непосредственно. Поведение функции $S_a(t)$, если ее вид известен, в значительной мере определяется параметрами $t_a^{(1)}$ и σ_a^2 .

Выражения (1) и (2) применимы и для оценки других параметров, нормированных в [1]. Отличия будут заключаться только в нижних индексах. В соотношениях (1) и (2) индекс "а" образован от слова answer (ответ). Для установления соединения вводится индекс "s" (set up), для ответа абонента – "u" (user), для разъединения – "r" (release).

Задержка установления соединения

Этот показатель в [1] формулируется в такой редакции: «Время с момента, когда пользовательское (оконечное) оборудование вызывающего абонента или пользователя услугой связи передало всю информацию, необходимую для установления соединения, до момента, когда это оборудование получило от узла связи сигнал о состоянии пользовательского (оконечного) оборудования вызываемого абонента или пользователя услугой связи (время установления соединения)». В [1] приведены нормы для трех видов соединений:

- в сети местной телефонной связи – не более 6,6 с;
- в сети зонавой телефонной связи – не более 2,7 с;
- в сети междугородной и международной телефонной связи – не более 5,4 с.

В российской ТФОП время может превышать установленные пороги с вероятностью 0,05. Следовательно, указанные величины можно считать 95%-ми квантилями соответствующих функций распределения.

Для этого показателя существует некоторое противоречие при установлении соединения с мобильного терминала: так как сложно установить время окончания набора номера, можно оперировать постоянной величиной – временем передачи полного (международного) номера вызываемого абонента. Именно в такой форме номера чаще всего хранятся в памяти мобильного терминала.

В рекомендации МСЭ Е.721 задержка установления соединения нормируется для разных видов связи. Величины, нормированные МСЭ, указаны в табл. 3.

Сопоставление норм, установленных в [1] и содержащихся в рекомендациях МСЭ, возможно только для местных соединений. В [1] 95%-ый квантиль определен на уровне 6,6 с. Эта величина близка к норме МСЭ для нагрузки "А" – 6,0 с, но существенно меньше, чем аналогичный показатель для нагрузки "В" – 9,0 с. Для сопоставления норм, относящихся к другим видам соединений, может быть использован подход, который основан на анализе свертки функций распределения. Методика такого анализа будет приведена в отдельной статье.

Таблица 3.

Вид связи	Нагрузка "А"		Нагрузка "В"	
	Среднее значение	95%-ый квантиль	Среднее значение	95%-ый квантиль
Местное соединение	3,0 с	6,0 с	4,5 с	9,0 с
Междугородное соединение	5,0 с	8,0 с	7,5 с	12,0 с
Международное соединение	8,0 с	11,0 с	12,0 с	16,5 с

Задержка сигнала «Ответ абонента»

В [1] данный показатель определяется следующим образом: «Время с момента получения пользовательским (оконечным) оборудованием вызывающего абонента или пользователя услугой связи от узла связи сети местной телефонной связи информации об ответе от пользовательского (оконечного) оборудования вызываемого абонента или пользователя услугой связи до момента установления соединения между пользовательским

(оконечным) оборудованием вызывающего и вызываемого абонента или пользователя услугой связи (время выполнения соединения)». В [1] приведены нормы для трех видов соединений:

- в сети местной телефонной связи – не более 1,5 с;
- в сети зонавой телефонной связи – не более 1,0 с;
- в сети междугородной и международной телефонной связи - не более 1,0 с.

Эти интервалы времени могут превышать установленные значения с вероятностью 0,05. Как и для показателя «задержка установления соединения», три вышеприведенные нормы для задержки сигнала «Ответ абонента» можно рассматривать как 95%-ые квантили функций распределения.

С учетом целесообразности проведения автоматизированного контроля начало отсчета задержки сигнала «Ответ абонента» следует начинать с момента замыкания шлейфа абонентской линии вызываемого терминала. Это событие наступает сразу же после снятия вызываемым абонентом микрофонной трубки простейшего терминала фиксированной связи или выполнения аналогичной процедуры в более сложном оконечном устройстве. Завершается исследуемый отрезок времени при проключении разговорного тракта.

Сопоставление норм, установленных в [1] и содержащихся в рекомендации МСЭ Е.721, возможно, как и в предыдущем случае, только для местных соединений. В [1] 95%-ый квантиль определен на уровне 1,5 с. Эта величина совпадает нормой МСЭ для нагрузки "А". Для нагрузки "В" в рекомендации МСЭ аналогичный показатель установлен на уровне 2,0 с.

Полностью нормы МСЭ, которые определены для трех видов связи, приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Вид связи	Нагрузка "А"		Нагрузка "В"	
	Среднее значение	95%-ый квантиль	Среднее значение	95%-ый квантиль
Местное соединение	0,75 с	1,5 с	1,0 с	2,0 с
Междугородное соединение	1,5 с	3,0 с	2,0 с	4,0 с
Международное соединение	2,0 с	5,0 с	3,3 с	6,5 с

Задержка разъединения соединения

Формулировка данного показателя в [1] приведена в таком виде: «Время с момента, когда пользовательское (оконечное) оборудование абонента или пользователя услугой связи начало передавать узлу связи сети местной телефонной связи информацию, необходимую для разъединения, до момента, когда это оборудование переходит в состояние готовности к установлению нового соединения (время разъединения)». Вероятность того, что эта величина превысит 1 с, составляет 0,05. Следовательно, и эта норма задана как 95%-ым квантиль функции распределения.

МСЭ в рекомендации Е.721 предлагается такой же показатель для нагрузки "В". Табл. 5 содержит все нормы, установленные МСЭ.

Нормируемый показатель	Нагрузка "А"	Нагрузка "В"
Среднее значение	0,4 с	0,6 с
95% -ый квантиль	0,6 с	1,0 с

При автоматизированном контроле задержку процесса разъединения соединения приходится оценивать косвенно. Дело в том, что после завершения соединения нет никакой возможности определить время окончания процесса освобождения устройств, задействованных для обслуживания вызова (без использования специально разработанных алгоритмов взаимодействия с аппаратно-программными средствами коммутационной станции).

Предположим, что сразу после окончания сеанса связи вновь замыкается шлейф абонентской линии.

Через время t_x , для оценки которого измеряются математическое ожидание $t_x^{(1)}$ и дисперсия σ_x^2 , получен сигнал «Ответ станции». Выше были изложены принципы оценки среднего значения времени задержки сигнала «Ответ станции» – $t_a^{(1)}$ и соответствующей дисперсии σ_a^2 . Эти четыре величины позволяют оценить задержку разъединения соединения. Если скоро два рассматриваемых процесса взаимно независимы, математическое ожидание $t_r^{(1)}$ и дисперсия времени разъединения соединения определяются следующим образом:

$$t_r^{(1)} = t_x^{(1)} - t_a^{(1)}, \quad \sigma_r^2 = \sigma_x^2 - \sigma_a^2 \quad (3)$$

Для сетей сотовой связи необходима разработка (и исследование) более сложных моделей. Они будут рассмотрены в статье, посвященной методике обработки результатов измерений показателей, нормированных в [1].

Предварительные выводы

Выводы названы предварительными по той причине, что нами еще не рассмотрен ряд показателей, связанных с технологией «коммутация пакетов». Однако изложенные соображения позволяют констатировать три существенных положения:

1. В Приложении 1 к «Требованиям к организационно-техническому обеспечению функционирования сети связи общего пользования» показатели, которые связаны с длительностью задержки, заданы в виде 95%-го квантиля соответствующей функции распределения. Это усложняет процессы измерения показателей и обработки полученных данных.
2. Принципы нормирования ряда показателей в «Требованиях к организационно-техническому обеспечению функционирования сети связи общего пользования» в ряде случаев отличаются оттого способа, который принят МСЭ, что затрудняет сопоставление эксплуатационных характеристик качества обслуживания.
3. Для мобильных терминалов и бесшнуровых телефонов необходимо разработать методику, позволяющую увязать нормируемые показатели с особенностями функционирования данных типов конечных установок.

Эти выводы будут дополнены рядом соображений, вошедших во вторую часть статьи. Материал обеих частей статьи позволит перейти к методике обработки результатов измерений показателей функционирования сети связи общего пользования.

Литература

1. «Требования к организационно-техническому обеспечению функционирования сети связи общего пользования». – Приказ Министерства информационных технологий и связи РФ № 113 от 27.09.2007 г.
2. Гольдштейн Б.С, Маршак М.А., Мишин Е.Д., Соколов Н.А., Тум А.В. Контроль показателей качества обслуживания с учетом перехода к сети связи следующего поколения // Техника Связи. - 2009.