

## Показатели функционирования мультисервисной сети связи общего пользования

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

*Заключительная статья цикла, состоящего из четырех частей, завершает обсуждение проблематики контроля показателей качества обслуживания с учетом перехода к сети связи следующего поколения. Однако интерес читателей к опубликованным материалам не позволяет нам совсем закрыть эту тему. Более того, Редакцией запланирован круглый стол под руководством члена редколлегии Г. А. Бубука, на который будут приглашены ведущие российские и зарубежные коллеги, занимающиеся и/или интересующиеся контролем показателей функционирования сетей NGN.*

*Редакция журнала*

### Введение

В публикациях [1-3] были изложены предложения авторов, касающиеся контроля показателей функционирования, которые нормируются для сети связи общего пользования. Главный акцент в этих статьях был сделан на уточнении совокупности показателей, которые должны контролироваться. В настоящем исследовании основное внимание уделяется методам обработки результатов контроля.

На первый взгляд, подобная задача не представляется актуальной, так как речь идет об обработке результатов статистических испытаний, теоретические основы которой хорошо известны. Более того, при разработке аппаратно-программных комплексов измерений, используемых в отечественных телефонных сетях [4, 5], для удобства пользователей реализовывались встроенные средства обработки полученных данных.

В процессе создания средств измерения нового поколения перед авторами возникли вопросы, которые стимулировали разработку ряда новых методов обработки полученных статистических результатов. Можно назвать, как минимум, три причины, актуализирующие исследования, посвященные описанию этих методов. Во-первых, пакетные технологии, используемые в сети следующего поколения класса NGN (Next Generation Network), имеют специфические особенности, которые должны быть учтены. Во-вторых, возрастают требования к точности измерения ряда показателей, которую невозможно обеспечить простым увеличением объема собираемой статистической информации. В-третьих, принципы нормирования некоторых показателей в нормативных документах Администрации связи России иногда отличаются от подхода, принятого Международным союзом электросвязи (МСЭ).

В разделах настоящей статьи рассматриваются решения трех перечисленных выше задач. С методологической точки зрения целесообразно начать с третьей из них, затем обратиться ко второй, а закончить первой.

## Два принципа нормирования показателей

Различие двух принципов нормирования показателей можно проиллюстрировать при помощи модели, показанной на рис. 1. Она содержит три сети, через которые установлено соединение между двумя терминалами. Взаимодействующие терминалы включаются в сети под номерами 1 и 3 через интерфейсы пользователь-сеть, обычно обозначаемые как UNI (User-Network Interface). На рис. 1 также показаны два межсетевых интерфейса NNI (Network-Network Interface).

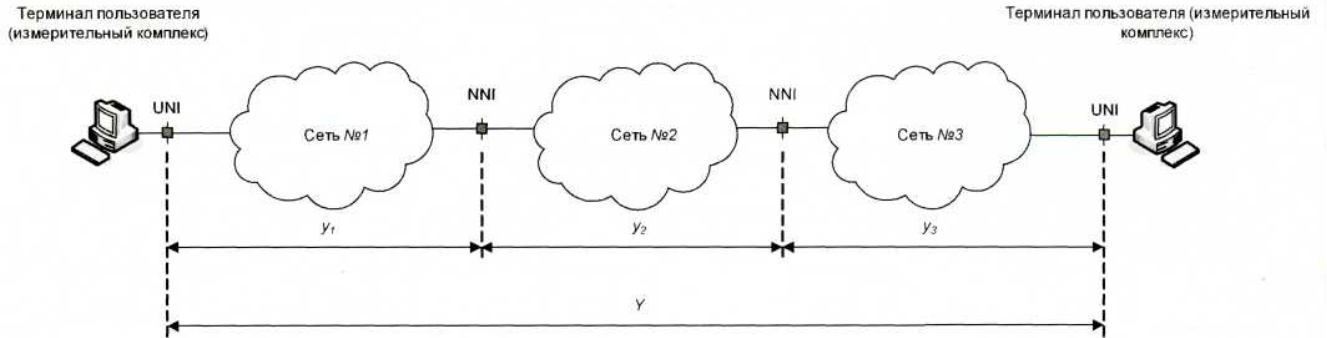


Рис. 1. Модель соединения, установленного через три сети

Через интерфейсы UNI вместо терминалов пользователей могут быть включены измерительные комплексы, которые позволяют контролировать основные параметры функционирования телекоммуникационной системы. С точки зрения пользователя услуг электросвязи интересны показатели, которые определяются между интерфейсами UNI. В качестве такого показателя на рис. 1 указано множество  $Y$ . Элементы этого множества представляют собой набор показателей работы сети, которые нормируются по принципу, называемому в технической литературе на английском языке «end-to-end» – из конца в конец. В отечественной литературе такие параметры обычно называют «сквозными» или «межконцевыми».

В процессе обработки реальной статистики или при проведении измерений можно получить оценки всех элементов множества  $Y$ . Эти оценки образуют множество  $\hat{Y}$ . Его элементы следует рассматривать как совокупность случайных величин. Обычно каждая случайная величина представляется средним значением и квантилем. Такие же значения можно установить для каждой сети. Для выбранной модели они обозначены так:  $Y_1, Y_2, Y_3$ . Можно утверждать, что  $Y = f(Y_1, Y_2, Y_3)$ . Если речь идет о средних значениях параметра  $X$ , являющегося элементом множества  $Y$ , а компоненты этого параметра – величины  $x_i$  (в рассматриваемом примере  $i = 1, 2, 3$ ) взаимно независимы, то справедливо следующее соотношение:

$$X^{(1)} = x_1^{(1)} + x_2^{(1)} + x_3^{(1)} \quad (1)$$

Верхний индекс указывает на порядок момента случайной величины. Первый момент – среднее значение (математическое ожидание) случайной величины.

Для квантилей случайной величины соотношение вида (1) не будет правильным. Функцию  $X = f(x_1, x_2, x_3)$  получить очень сложно. Более того, точное решение подобной задачи обычно не представляется возможным.

Традиционная практика МСЭ по нормированию показателей качества обслуживания в телекоммуникационных сетях заключается в следующем: сначала определяются нормы вида  $X$  (для всего множества  $Y$ ) – обычно эти величины устанавливаются на основании требований, приемлемых для пользователей; далее производится декомпозиция величин  $X$  для различных видов соединений – это позволяет нормировать все необходимые значения  $x_i$ . Следует отметить, что рассматриваемая задача может иметь несколько решений. Окончательное решение должно быть согласовано операторами сетей, вовлеченных в процесс предоставления услуги. Характерный пример такого подхода можно найти в рекомендациях МСЭ Y.1541 и Y.1542, которые посвящены качеству обслуживания в NGN.

В [6] приведены нормы показателей функционирования, которыми должны руководствоваться российские операторы сети связи общего пользования. Для сетей телефонной связи в [6] чаще заданы нормы вида  $x_1, x_2, x_3$ . Каждая величина вида  $x_i$  относится к отдельной сети и ее важному фрагменту. Например, для телефонной сети общего пользования (ТфОП) величины вида  $x_i$  нормируются по отдельным уровням иерархии. В этом случае объективное измерение случайных величин  $\hat{x}_i$  представляет сложную процедуру. В частности, если измерительный комплекс подключается через интерфейсы UNI, прямое измерение величины  $x$  для междугородной сети невозможно. Когда все значения вида  $\hat{x}_i$  известны, можно получить оценку  $X$  и сравнить ее с нормой  $\hat{X}$ . Получение оценок вида  $\hat{X}$  не всегда представляет собой простую процедуру, схожую с формулой (1). Например, для оценок квантиля случайной величины приходится оперировать сверткой функции распределения, что, как известно, требует использования сложного математического аппарата.

В результате проведенных исследований была разработана методика, позволяющая объединить подходы, использованные в [6] и в рекомендациях МСЭ. Методика основана на анализе моделей в виде сетей массового обслуживания. Она реализована в виде набора программ по обработке результатов измерений тех параметров, которым посвящены три предыдущие публикации [1-3].

### Повышение точности измерений

Традиционный способ повышения точности измерений заключается в увеличении объема измерений. Используя результаты, приведенные, например, в [7], для заданного уровня относительной ошибки –  $\delta$  можно оценить требуемое количество измерений случайной величины –  $n$  с коэффициентом вариации –  $k_x$

$$n = \frac{z_a^2 \times k_x^2}{\delta^2} \quad (2)$$

Величина  $z_a$  – квантиль нормального распределения для доверительной вероятности, равной  $(1-\alpha)$ . Чаще всего эта вероятность выбирается равной 0,95 или 0,99. Тогда значение квантиля будет составлять примерно 1,960 или 2,576 соответственно. Значение числителя в формуле (2) обычно близко к единице. Следовательно, для точности менее 1% объем необходимых измерений превышает уровень  $10^4$ . Во многих случаях такое количество измерений сделать очень сложно или практически невозможно. По этой причине целесообразно найти способ снижения количества измерений. Одно из решений,

позволяющих менять количество измерений в зависимости от полученных результатов, предложено в [4, 5]. Продуктивен также метод последовательных испытаний [7].

### Особенности измерений в сети NGN

Измерения параметров функционирования сети, как правило, выполняются за счет подключения измерительных комплексов (рис. 1) через интерфейсы UNI. Можно считать, что сеть (или совокупность сетей) представляет собой «черный ящик», о качестве работы которого можно судить по результатам измерений ряда переменных.

Правила интерпретации полученных результатов для ТфОП predeterminedены теми принципами построения системы телефонной связи, которые известны всем участникам рынка услуг сетей с коммутацией каналов. Для NGN сформировать подобные правила существенно сложнее. Анализ результатов оценки показателей функционирования сети в период одновременного существования двух технологий распределения информации (каналов и пакетов) будет представлять собой очень сложную задачу. Речь идет об анализе, который позволит разработать практические рекомендации для улучшения показателей качества обслуживания трафика, а не о решении простой задачи относительно степени соответствия измеренных величин установленным нормам.

В настоящее время нет общепринятого мнения об использовании приоритетов для переноса IP-пакетов различного рода через сеть NGN. Более того, отсутствие четкой стратегии перехода к NGN не позволяет корректно установить количество переходов с одной технологии коммутации на другую. Эти обстоятельства актуализируют разработку новых методов обработки результатов тех измерений, которые связаны с параметрами функционирования сети при переходе к NGN.

Аппаратно-программные средства измерений, которые разработаны в соответствии с положениями, изложенными в [1~3], позволяют не только достоверно измерять все нормируемые показатели, но и анализировать возникающие проблемы. Опуская сложные математические выражения, проиллюстрируем это утверждение на примере, показанном на рис. 2. Предлагаемая модель содержит  $L$  сетей, часть которых основана на идеологии NGN.

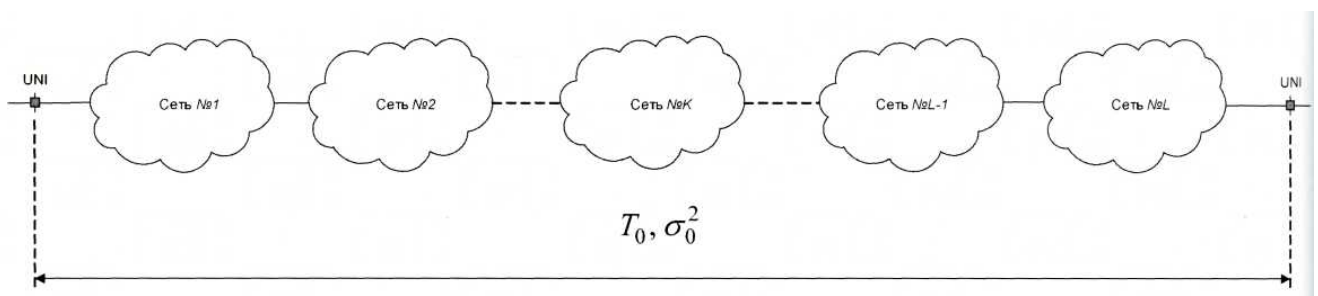


Рис. 2. Модель соединения, установленного через  $L$  сетей

Предположим, что между стыками UNI передаются IP-пакеты. Это означает, что сети под номерами 1 и  $L$  основаны на технологии NGN. Измерительные комплексы, включенные в интерфейсы UNI, позволяют получить оценки  $\hat{T}_0$  и  $\hat{\sigma}_0^2$ , которые связаны с важными параметрами случайной величины – длительностью задержки IP-пакетов между двумя терминалами:

- $T_0$  – математическое ожидание времени задержки переноса пакетов между интерфейсами UNI;
- $\sigma_0^2$  – дисперсия времени задержки переноса пакетов между интерфейсами UNI.

Если вернуться к модели, приведенной на рис. 1, то можно установить следующие соответствия: для первой из предложенных моделей  $L = 3$ ; параметры  $T_0$  и  $\sigma_0^2$  следует рассматривать как два элемента из множества  $Y$ ; для обоих параметров  $T_0$  и  $\sigma_0^2$  справедливо соотношение (1).

Сначала следует убедиться, что оценки  $\hat{T}_0$  и  $\hat{\sigma}_0^2$  позволяют достоверно судить о величинах  $T_0$  и  $\sigma_0^2$  соответственно. После этого необходимо провести детальный анализ пары  $\hat{T}_0$  и  $\hat{\sigma}_0^2$ . Используя ряд теоретических положений, можно показать, что величины  $\hat{T}_0$  и  $\hat{\sigma}_0^2$  служат достаточным основанием для важных выводов о корректности системных решений, касающихся перехода к NGN. Более того, можно не только вынести суждение о выполнении норм  $T_0$  и  $\sigma_0^2$ , но и прогнозировать изменение величин  $\hat{T}_0$  и  $\hat{\sigma}_0^2$  при тех или иных изменениях в сетях, находящихся между интерфейсами UNI.

Еще одна важная особенность измерений в сети NGN заключается в том, что на ряд параметров трафика существенно влияет способ поддержки тех видов услуг, которые связаны с передачей больших объемов информации. Один из характерных примеров – построение системы IPTV (передачи телевизионных программ по IP-сети). В тех случаях, когда хранение телевизионных программ осуществляется централизованно (например, в едином центре в каждом субъекте Федерации), величина внутризонального трафика будет весьма существенной. При размещении центров хранения телевизионных программ ближе к местам расположения потенциальных абонентов величина внутризонального трафика IPTV станет снижаться. В перспективе возможна ситуация, когда соответствующий трафик будет в основном замыкаться в пределах сетей доступа.

В составе программного обеспечения современных измерительных комплексов можно реализовать не только возможности измерения различных параметров трафика, но и алгоритмы косвенной оценки востребованности информации со стороны пользователей. Эти алгоритмы позволяют решить задачи, которые в [1] были сформулированы как оценка элементов множества  $\{Z_1^{III}, Z_2^{III}, \dots, Z_c^{III}\}$ . Это множество образовано теми параметрами, которые не оцениваются непосредственно в процессе измерения.

## Заключение

Традиционно в журнале «Техника Связи» не публикуются статьи, содержащие большое количество формул. По этой причине авторы ограничились только основными (преимущественно качественными) выводами, связанными с методами обработки тех данных, которые могут быть получены при измерении показателей функционирования телекоммуникационных сетей.

ЛОНИИС на протяжении нескольких десятилетий занимается исследованиями и разработками, касающимися важнейших показателей функционирования ТфОП. Именно на базе ТфОП происходит формирование NGN. Кроме того, трафик речи продолжает вносить основной вклад в доходы операторов связи. Эти обстоятельства стимулировали

исследования, результаты которых представлены в настоящей статье и трех предшествующих публикациях [1~3].

Начатые нами исследования продолжаются. Концепция построения NGN еще только формируется, и ряд положений, касающихся измерения параметров функционирования, будет безусловно уточняться. Расширение спектра поддерживаемых услуг также потребует дополнения методик обработки результатов измерений. Важная особенность проводимых работ состоит в том, что их конечная цель заключается не только в создании научно обоснованной методики, но и в ее практической реализации в составе аппаратно-программных средств, поставляемых ЛОНИИС.

## Литература

1. 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. – №Х.
2. Гольдштейн Б.С, Маршак М.А., Мишин Е.Д., Соколов Н.А., Тум А.В. Аспекты контроля показателей функционирования, установленных для сети связи общего пользования. Часть I. // Техника Связи. – 2009. – №У
3. Гольдштейн Б.С, Маршак М.А., Мишин Е.Д., Соколов Н.А., Тум А.В. Аспекты контроля показателей функционирования, установленных для сети связи общего пользования. Часть II. // Техника Связи. – 2009.-№Z.
4. Арцишевский В.В., Гольдштейн Б.С, Зайдман Р.А., Маршак М.А. О методике проведения испытаний на качество функционирования АТС. // Телекоммуникационные технологии. – 1996. – № 2.
5. Арцишевский В.В., Гольдштейн Б.С, Маршак М.А. Тестирование качества функционирования сети связи общего пользования. // Метрология и измерительная техника в связи. – 2001. – №3.
6. «Требования к организационно-техническому обеспечению функционирования сети связи общего пользования». – Приказ Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации № 113 от 27.09.2007г.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М. : Издательский центр «Академия», 2005.