

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СЕТИ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД К ТЕХНОЛОГИЯМ СЕТЕЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

*Сутягина Л.Н., Сутягин К.А.*

Рассматриваются существующие оценки качества работы сети оператора связи, предлагаемые оценки и система оценок с позиций возможности управления качеством в условиях взаимодействия существующей сети с коммутацией каналов и развивающейся сети с применением технологий следующего поколения (NGN). Предлагается эвристическая модель выбора критериев оценки качества, на основании которой можно определить и, при необходимости, скорректировать набор критериев оценки качества, которые являются управляемыми, то есть чувствительными к управляющим воздействиям, производимым с целью повышения качества.

### Постановка задачи

В настоящее время на телекоммуникационных сетях происходит переход от традиционных сетей, основанных на коммутации каналов, к сетям с коммутацией сообщений, так называемые сети следующего поколения (NGN). Этот переходный период находится на своем первоначальном этапе и может продлиться достаточно долго. Причина, прежде всего, в том, что не каждый абонент захочет платить за пользование услугами NGN и не каждый оператор в состоянии перевести на пакетную коммутацию всех абонентов, включая тех, которые не желают платить за новые услуги.

С другой стороны, практически все региональные операторы связи стремятся организовать систему управления качеством работы сети и, пока, добровольно получить на нее сертификат, что формально подтверждает наличие процессов борьбы за повышение качества работы сети. Сертификация предусматривает, по большей части, проверку выполнения установленного порядка организации системы управления качеством, подтвержденного оформлением соответствующих документов и не вникает в содержание оценки качества, которая у большинства операторов фиксированной связи базируется на системе показателей второй половины прошлого века. Внедрение технологий NGN предопределяет появление принципиально новых оценок качества оборудования сети; например задержка передачи голосовой информации, обеспечение гарантированной скорости передачи данных, особенно для мультимедийных услуг, оценка реальной пропускной способности

устройств обеспечивающих все виды трафика. В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т I.380/Y.1540 в сети NGN для реализации функций качества обслуживания – Class of Service (CoS) необходимо формирование следующих показателей [1]:

- задержка переноса пакетов;
- вариация задержки пакетов (джиттер);
- коэффициент потери пакетов;
- коэффициент ошибок по пакетам.

Вполне естественно, что документ такого уровня не дает конкретных рекомендаций по первичным источникам информации, на основании которой эти показатели могут быть определены. Тем более, что с позиций управления эксплуатацией сети важно определить не собственно показатель, а причину его «плохого поведения», если таковое имеет место.

В свете выше сказанного возникает задача оценки качества функционирования сети оператора связи в целом, а также отдельных ее объектов и структурных подразделений. Причем эта система должна не только оценивать качественные показатели, например по пятибалльной шкале, а являться основой для управления эксплуатацией оборудования сети и ее структурных подразделений.

### Существующие показатели оценки качества местной телефонной сети

До сих пор ГТС, основные провайдеры услуг фиксированной связи, отчитываются за качество предоставления услуг по весьма отвлеченным показателям, [2] которые активно критикуются в трудах представителей производства [3].

1. Количество заявлений в бюро ремонта на 100 абонентов.
2. Процент повреждений, устраненных в контрольные сроки.
3. Процент неработающих таксофонов.
4. Процент «непрошедений» при контрольных наборах.
5. Количество обоснованных жалоб.

Первый показатель в некоторой степени оценивает состояние сети и, в первую очередь, линейно-кабельных сооружений, так как большая часть нарушений связи происходит именно по причине повреждений на этом оборудовании. Для абонента

он абсолютно безразличен, ему важно сколько раз в бюро ремонта обращался именно он и насколько легко и удобно туда дозвониться. Значение второго показателя понятно только работникам ГТС, поскольку большинство абонентов не имеют понятия о контрольных сроках им важно только одно, чтобы замолчавший телефон заработал в кратчайшее время. Третий показатель характеризует не столько работу ГТС, сколько отношение населения к таксофонам, ибо известно, что одна из распространенных причин не работы телефонов автоматов – вандализм. Четвертый показатель также весьма глобален потому, что абоненту важно как может дозвониться именно он, а не общий коэффициент непрохождений. Пожалуй, только пятый показатель может претендовать на оценку качества работы с клиентом, и вопрос в том, кто определяет обоснованность жалоб.

Некоторые операторы по собственной инициативе вводят не подотчетный показатель: доля вызовов, окончившихся установлением соединения, и с удовлетворением отмечают его неуклонный рост, происходящий за счет увеличения количества телефонных аппаратов с автоответчиками.

### **Предлагаемые показатели оценки качества предоставления некоторых услуг**

В [4] рассматриваются возможные показатели оценки качества работы операторов связи с позиции квалиметрии [5], основанные на понятии моментной потребности.

Вместо показателя 4 целесообразно считать количество повторных попыток на установление соединения произведенных подряд, причем только для тех абонентов, у которых они состоялись, первоначальные удачные соединения учитываются не должны (современная техника коммутационных систем позволяет произвести такие измерения):

$$K_g = n_p / n_o, \quad (1)$$

где  $n_o$  – число установленных соединений;  $n_p$  – число повторных попыток для его установления;  $K_g$  – качество обслуживания вызовов.

Оценка поддержания услуг в работоспособном состоянии (показатели 1 и 2) может быть произведена по среднему время не работы ОТА (доступа к сети) и других связанных с доступом услуг не по вине абонента (фактически это потери доходов предприятия связи):

$$T(0) = T_n, \quad (2)$$

где  $T(0)$  – общие простои услуг;  $n$  – число случаев отсутствия доступа к услугам не по вине абонента;  $T$  – суммарное время не работы всех услуг, определяемое как

$$T = \sum_{i=0}^M (t_a - t_o)_i, \quad (3)$$

где  $t_o$  – время подачи заявки на неисправную работу (не работу) телефона (линии, аппаратуры уплотнения абонентских линий);  $t_a$  – время устранения повреждения,  $i$  – вид услуги;  $M$  – количество услуг данного абонента, основанных на доступе к сети.

Однако эти показатели пригодные для ряда видов обслуживания не являются универсальными и наиболее эффективны при выполнении вполне конкретных процедур.

### **Дифференциальный подход к оценке качества**

На любой сети имеются службы работы с клиентами, линейно-кабельные сооружения и оборудование коммутации. Естественно, что качество их работы не может быть оценено по одним и тем же параметрам. Отсюда следует вывод о необходимости дифференцированного подхода к оценке работы различных структурных подразделений и оборудования, которое за ними закреплено.

### **Оценка качества обслуживания клиента**

В условиях растущей конкуренции и появившейся вследствие этого тенденции достижения лояльности пользователя (иногда эти процессы называют «управления лояльностью абонента», что выглядит несколько прецизионно) особое значение получают показатели, оценивающие качество обслуживания клиента при непосредственном общении с ним. Это сервис-центры оператора связи (СЦОС) и центры обслуживания вызовов (ЦОВ). Согласно данным [6] примерно для 92% пользователей работа ЦОВ является одним из факторов, определяющим мнение клиента о компании связи – это притом, что пользователь общается с операторами через средства связи, находясь, как правило, в достаточно комфортной домашней обстановке. Можно с большой долей уверенности предположить, что клиент, проходящий в сервис-центр оператора связи еще в большей степени определяет свое отношение к компании по уровню обслуживания в этом подразделении. Вопросы оценки качества работы

ЦОВ достаточно подробно исследованы в [6] и других работах этих авторов.

Некоторые, но далеко не все, проблемы качества обслуживания клиентов в СЦОС рассмотрены в работах [7-8]. В них также используется подход определяемый понятием моментной потребности, что особенно важно для клиента, который может оказаться в «живой» очереди.

Известны математические модели, позволяющие рассчитать время пребывания клиента на обслуживании.

Для однолинейной схемы обслуживания – формула Полячека-Хинчина:

$$m(\bar{t}) = \bar{t}_m + \frac{\rho \bar{t}_m}{2(1-\rho)} \left[ 1 + \left( \frac{\sigma}{\bar{t}_m} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где  $m(\bar{t})$  – математическое ожидание времени обслуживания;  $\bar{t}_m$  – среднее время обслуживания клиента непосредственно оператором АРМ;  $\rho$  – коэффициент использования АРМ;  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение времени обслуживания клиента.

Для многолинейной системы – формула Эрланг-С:

$$D_v(A) = \frac{E_v(A)}{1 - \frac{A}{V} [1 - E_v(A)]}, \quad (5)$$

где  $A = \lambda/\mu$  – интенсивность поступающей нагрузки;  $V$  – число обслуживающих приборов (для данной системы число операторов или входящих линий) и

$$E_v(A) = \frac{A^v / V!}{\sum_{i=0}^v (A^i / i!)}.$$

Следует отметить одну особенность эффективности применения многолинейных систем в условиях СЦОС. При отсутствии единой очереди и занятости всех рабочих мест эта система фактически распадается на  $V$  однолинейных систем, поскольку клиент, занимая очередь, не может определить, как долго будет обслуживаться впереди стоящий посетитель, и может оказаться так, что на другом рабочем месте за время ожидания будет обслужено несколько клиентов с заявками более простого характера. Применяемая рядом операторов узкая специализация рабочих мест приводит, в сущности, к неполнодоступной системе, недостатки которой известны.

При времени обслуживания, близком к постоянному (прием и обработка заявлений в электронном виде), можно использовать формулу Кроммелина

$$P(\gamma > t) = 1 - \sum_{k=0}^{tv+v-1} P_k, \quad (6)$$

где  $p_k$  – вероятность того в системе находится  $k$  вызовов:

$$P_k = q_v \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} + \sum_{r=1}^k P_{v+r} \frac{\lambda^{k-r}}{(k-r)!} e^{-\lambda},$$

$q_v$  – вероятность того, что система находится в состоянии, не превышающем  $v$  вызовов;  $\lambda$  – параметр потока;  $p_{v+r}$  – вероятность того, что в системе находится  $v+r$  вызовов (то есть имеется очередь из  $r$  вызовов);  $r$  – число вызовов на ожидании. Значения  $q_v$  и  $p_{v+r}$  определяются по формуле Пуассона.

Итак, имеется расчетный механизм, проверенный многократно, проблема состоит в том, что на сегодняшний день отсутствует методика применения этих моделей для задач СЦОС.

### Качество работы линейно-кабельных сооружений

Так называемая «последняя миля» является основой для доступа большинства пользователей ко всем услугам поэтому показатель (3) представляется наиболее объективным и интегрированным.

### Оценка качества работы коммутационного оборудования

В условиях перехода к NGN возможны следующие виды коммутации:

- абонент NGN – коммутация NGN – абонент NGN;
- абонент NGN – коммутация NGN – коммутация каналов (КК) – абонент КК.
- абонент КК – КК – коммутация NGN – абонент NGN;
- абонент КК – КК – абонент КК.

При этом содержанием передаваемых сообщений может являться голос, дискретная информация или медийное наполнение.

Все современные средства коммутации позволяют контролировать множество различных параметров качества, причем априорно достаточно трудно определить какой из них является наиболее весомым. С точки зрения возможности управления качеством показано [9], что критерием

выбора объектов для применения управляющих воздействий является дисперсия данного параметра по различным объектам.

Пусть имеется множество сопоставимых параметров оценки качества работы систем коммутации по различным объектам сети:  $\{x_1; x_2; \dots; x_n\}$ , причем каждому из них соответствует дисперсия  $\{D(x_1); D(x_2); \dots; D(x_n)\}$ .

Отношения предпочтения параметров с точки зрения возможности управления распределяются следующим образом:  $x_i \succ x_{i+k}$ , если  $D(x_i) > D(x_{i+k})$ , в соответствии с известными величинами дисперсий назначаются нормированные веса каждого из параметров:  $W = D_i / \sum_{j=1}^n D_j$ .

По результатам управляющих воздействий веса могут быть откорректированы с использованием метода наименьших общих модулей (метод наименьших общих квадратов применим только при нормальном законе распределения). Таким образом через несколько итераций определяются параметры для управления качеством работы коммутационного оборудования сети.

### Литература

1. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. М.: Изд. ФГУП ЦНИИС, 2006. – 280 с.
2. Нормативные документы Министерства связи РФ. Показатели качества работы городс-

кой телефонной сети [электронный документ] – Режим доступа: <http://www.minsvyzi.ru> – 12.05.2007.

3. Васильев В.Ф. Основы создания и эксплуатации телекоммуникационной инфраструктуры крупного города и перспективы ее развития. Качество обслуживания. Ч. 3. М: Информсвязьиздат, 1992. – 71 с.
4. Сулягин К.А., Сулягина Л.Н. Квалиметрическая оценка качества обслуживания клиентов операторами связи // Труды LX-1 сессии НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню Радио. Т. 1. М.: 2005. – С. 165-166.
5. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. М: Экономика, 1982. – 256 с.
6. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Математические модели центров обслуживания вызовов. М: ИРИАС, 2006. – 336 с.
7. Сулягин К.А. Математические модели работы по обслуживанию клиента в сервис-центре оператора связи // Тезисы докл. XIII РНТК ПГАТИ., Самара, 2006. – С. 52-53.
8. Сулягин К.А. Аналитические методы оценки размеров очереди при обслуживании клиентов в сервис-центре оператора связи // Материалы VII МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». Самара, 2006. – С. 65-67.
9. Сулягин К.А. Критерий оценки эффективности управления распределением эксплуатационных ресурсов сети связи // Тезисы докл. XI РНТК ПГАТИ. Самара, 2004. – С. 53-54.

УДК 621.396.98

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЧИСЛА БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНО ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

*Логвинов А.В.*

В работе предлагается методика оптимизации числа базовых станций и высоты подъема их антенн для сотовой связи. Методика основана на математическом аппарате дифференциальной геометрии и тензорного исчисления.

### Введение

Обеспечение уверенной мобильной радиосвязи можно решить двумя способами:

1. Поставить базовые станции большой мощности везде, где требуется обеспечить мобильную радиосвязь. Такое решение требует больших экономических затрат, повышенное использование частотного ресурса.

2. Оптимизировать число базовых станций по их количеству, мощности, использованию частотного ресурса.

Для обеспечения уверенной мобильной радиосвязи с наименьшими экономическими затратами вопрос оптимизации числа базовых станций весьма актуален. В условиях сильно пересеченной местности задача оптимизации значительно усложняется, так как на область уверенного приема существенное влияние оказывает рельеф местности. На практике вопрос оптимизации числа базовых станций в условиях сильно пересеченной местности встречается, например, в горах, где ландшафт имеет ярко выраженную кривизну