

# Модели поведения абонентов и оператора мобильной связи в ситуациях снижения QoS

Я.В. Ромашев,  
студ., yromashev94@gmail.com,  
НИЯУ МИФИ, г. Москва

В работе предложен метод, посредством которого осуществляется расчёт показателей вероятности отказа от услуг связи абонентами мобильной сети, систематически недовольных услугами мобильной связи, предоставляемыми оператором на данной территории в течение заданного промежутка времени, и сопоставление данных показателей на различных участках сети для выявления наиболее критичных мест. Расчёт показателей отказов в обслуживании абонентов на определённом участке сети осуществляется на основе классического метода моделирования Эрланга Б. Выбор решений по нахождению наиболее уязвимых участков сети, производится на основе Детерминированных моделей принятия решений. Данный метод разработан для расчёта увеличения пропускной способности сети мобильной связи по средствам дробления ячеек сот, т.е. переходу к более мелким ячейкам сети мобильной связи на густонаселенной территории.

In this paper, a method is proposed on the basis of which a calculation of the probability of refusal a systematically non-satisfied communication services by mobile network subscribers. Communication services are provided by the operator in a certain territory within a specified period of time. The calculated indicators are compared on different sections of the network to identify the most critical places. Calculation of indicators of failures in the maintenance of subscribers in a certain section of the network is carried out on the basis of Erlang's B classical modeling method. The choice of solutions for finding the most vulnerable sections of the network is made on the basis of Deterministic decision models. This method is designed to calculate the increase in the capacity of the mobile communication network by means of cell crushing, i.e. transition to smaller cells of the mobile network in a densely populated territory.

## 1. Постановка задачи

Важным признаком, по которому клиенты выбирают того или иного поставщика услуг, является обеспечение должного уровня качества обслуживания (QoS) и систематическое предоставление низкого уровня качества обслуживания приведёт к отказу от услуг данного поставщика.

Основным критерием качества обслуживания абонентов в сетях мобильной связи, является минимальная доля отказов в обслуживании в любой момент времени. Для минимизации числа отказов на заданной территории, оператору мобильной связи необходимо иметь достаточную пропускную способность сети, которая рассчитывается при проектировании данного участка. Со временем, при миграции абонентов, в каких-то участках сети возникает острая необходимость в увеличении пропускной способности данного участка для сохранения должного уровня качества обслуживания.

В данной работе предлагается метод решения задачи выбора наиболее предпочтительного участка для модернизации сети, что позволит избежать отказа абонента от услуг данного оператора по причине неудовлетворённости качеством обслуживания.

## 2. Описание метода моделирования

Для решения поставленной задачи осуществляется последовательное использование различных методов моделирования. Последовательность использования методов моделирования показана на рисунке 1.

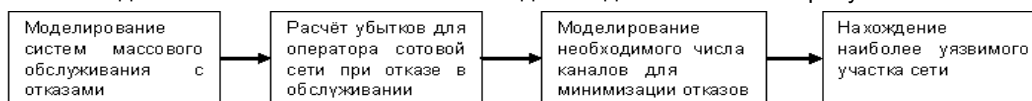


рис. 1 Последовательность использования методов

## 3. Моделирование систем массового обслуживания с отказами

Нахождение вероятности отказа в обслуживании абонентов, осуществляется на основе модели Эрланга с потерями. Моделями Эрланга с потерями называются такие системы, в которых вызовы поступают согласно Пуассоновскому распределению с заданной интенсивностью и обслуживаются группой серверов в том случае, если все серверы заняты, потоки блокируются и уходят из системы. При этом мы допускаем, что:

- интервалы между попытками вызова случайные;
- длительность вызовов также случайна;
- время на установление соединения крайне мало;
- заблокированные вызовы не рассматриваются;
- вызовы, обслуживаются в порядке их поступления.

Вероятность того, что все каналы в системе заняты, а, следовательно, вызов будет заблокирован, называется формулой Эрланга-В (1):

$$P_b = \frac{a^K}{\sum_{i=0}^K \frac{a^i}{i!}} \quad (1)$$

где  $P_b$  – вероятность отказа в обслуживании,  $K$  – количество каналов в системе;  $a$  – предполагаемая нагрузка или интенсивность трафика, Эрл.[1]

Для случая с множеством исследуемых промежутков  $t$  формула Эрланга-В принимает следующий вид (2):

$$Pb(t) = \frac{\frac{a(t)^{K(t)}}{K(t)!}}{\sum_{i=0}^{K(t)} \frac{a(t)^i}{i!}} \quad (2)$$

Поскольку величина  $a(t)$  - приведенная плотностью потока заявок. Это есть не что иное, как среднее число заявок, приходящееся на среднее время обслуживания одной заявки (3):

$$a(t) = \frac{\lambda(t)}{\mu} \quad (3)$$

где  $\lambda(t)$  - средняя плотность вызовов в заданный интервал времени, а  $\mu$  - среднее время обслуживания одного вызова в единицу заданного интервала времени.

$$\mu = \frac{1}{T_{об}} \quad (4)$$

где  $T_{об}$  - среднее время обслуживания вызова. [2]

Поскольку величина  $a$ , в общем случае, является безразмерной величиной интенсивности нагрузки, то становится очевидным, что для решения конкретной практической задачи, необходимо будет определить единицы измерения интервала времени (например: Минута, Час, День и т.д.) для сопоставления оцениваемых величин.

Для нахождения числа абонентов, которым отказано в обслуживании в заданный интервал времени воспользуемся следующей формулой:

$$Com(t) = Собщ(t) * Pb(t) \quad (5)$$

где  $Com(t)$  – число абонентов, которым отказано в обслуживании за заданный интервал времени,  $Собщ(t)$  – общее число абонентов, обслуженных в оцениваемый промежуток времени.

Найденный показатель необходим для расчёта предполагаемых издержек, которые получит компания при отказе неудовлетворённых качеством обслуживания абонентов от услуг данного оператора за прогнозируемый промежуток времени.

#### 4. Расчёт убытков для оператора сотовой сети при систематическом отказе в обслуживании абонентов

Для расчёта убытков для оператора связи при систематическом отказе в обслуживании, нужно посчитать сумму всех отказов за оцениваемый промежуток времени и умножить её на доход, приносимый каждым абонентом.

Количество убытков для оператора при отказе абонента от услуг связи ( $Pr$ ) – данный показатель определяется по следующей формуле:

$$Pr = D * \sum_{t=1}^N (Com(t) * F(t)) \quad (6)$$

где  $D$  – средний доход с клиента в фиксированный промежуток времени (например: за 1 календарный год),  $F(t)$  – функция изменения предполагаемого числа абонентов отказавшихся от услуг оператора.

В данной работе под функцией изменения  $F(t)$  понимается зависимость, по которой систематически недовольные услугами связи, на конкретном участке сети, абоненты, решают сменить мобильного оператора при  $t$  повторной неудачной попытке связи за оцениваемый период времени  $N$ . Данная зависимость может иметь различный вид и зависеть от статистически вычисленной оператором вероятности процента отказов систематически недовольных обслуживанием абонентов (7),(8),(9).

Предполагается, что функция  $F(t)$  может задаваться одним из следующих способов, как показано ниже (рис. 2-4).

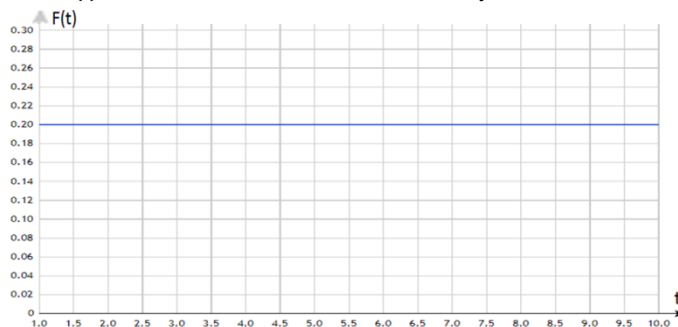


рис. 2 Функция «Среднее значение» для  $S(t)=20\%$

1) Функция среднее значение

$$F(t) = St, \quad t \in [1, N], \quad N=1..n, \quad St=const \quad (7)$$

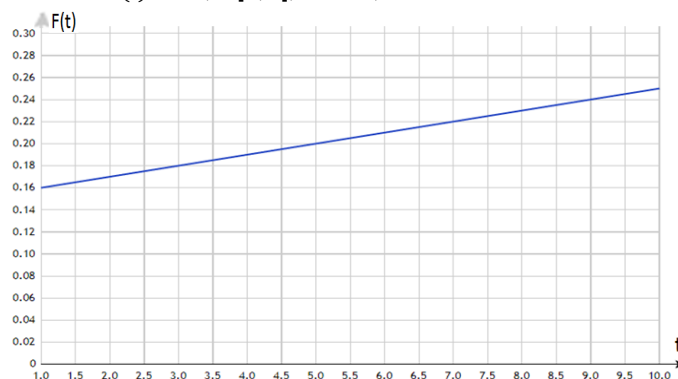


рис. 3 Функция роста, проходящая через среднее значение для  $S(t)=20\%$

2) Функция роста, проходящая через среднее значение

$$F(t) = St + \left(t - \frac{N}{2}\right) * \frac{0,1}{N} = St + \left(\frac{0,1t}{N} - \frac{0,1}{2}\right), F(t) \in (0,1), t \in [1, N], N = 1..n, St = \text{const} \quad (8)$$

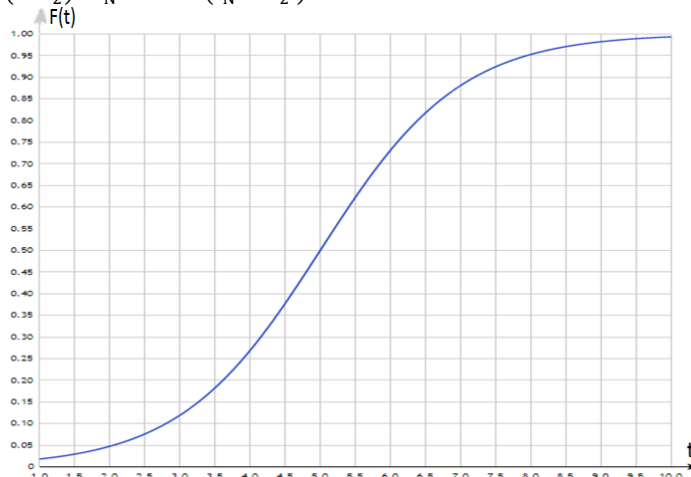


рис. 4 Экспоненциальная функция роста для S(t)=20%

3) Экспоненциальная функция роста

$$F(t) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\frac{t-N}{2}\right) \frac{10}{N}}}, F(t) \in (0,1), t \in [1, N], N=1..n \quad (9)$$

### 5. Моделирование необходимого числа каналов для минимизации числа отказов абонентов

Повторно применяя метод описанный ранее с постепенным увеличением задаваемого числа каналов (K) в модели Эрланга Б, до тех пор, пока суммарная средняя вероятность отказов в обслуживании для оцениваемых данных не станет меньше или равна одному проценту, что является вероятностью отказов при стационарной работе любой сети мобильной связи (10).

$$\sum_{t=1}^N \frac{Pb}{K} \leq 1\% \quad (10)$$

При найденном значении вероятности отказов в обслуживании запоминается число каналов (K) и для данного числа каналов рассчитывается стоимость увеличения пропускной способности для данного участка сети (Pm).

### 6. Нахождение наиболее уязвимых участков сети

На основе детерминированных моделей принятия решений с различными принципами оптимизации, находится наиболее уязвимый участок сети по множеству следующих критериев[3]:

- Pr – кол-во убытков для оператора связанных с уходом абонентов;
- Pm – кол-во средств необходимых на модернизацию сети;
- Pser – стоимость обслуживания;
- S – техническое состояние объекта;
- и другие критерии.

### Заключение

В работе предложен метод, посредством которого осуществляется расчёт показателей вероятности отказа от услуг связи абонентами мобильной сети, систематически недовольных услугами мобильной связи, предоставляемыми оператором на данной территории в течение заданного промежутка времени, и сопоставление данных показателей на различных участках сети для выявления наиболее критичных мест. На основе полученных результатов появляется возможность предотвратить полученные в дальнейшем убытки и сохранить высокий уровень лояльности клиентов компании.

Предложенные модели могут быть использованы для оценки потерь для оператора сотовой связи, связанных с уходом абонентов из-за недостаточно высокого качества обслуживания на конкретной территории к конкурирующему поставщику услуг.

### Литература

1. Анализ трафика – Cisco, практическое руководство. – Cisco, 2010.
2. Велькович С. Описание счета формулы Эрланга Б и Энгсета. – статья, 2010.
3. Рыков А.С. Системный анализ Модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. – М.: Издательский дом МИСиС, 2009. – 608с.
4. Шишлин Б.В. УМП Теоретические основы систем мобильной связи. – ФГБОУ ВПО «ПВГУС», 2012.