

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Величкин А.И. Передача аналоговых сообщений по цифровым каналам. М.: Радио и связь, 1983. 240с.

**МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ 3G В РЕЖИМЕ РЕЧЬ-ДААННЫЕ**

Шорин О.А., Бабин А.И., Иванов А.М.

*Национальный институт радио и инфокоммуникационных технологий (НИРИТ) Москва, Россия*

В настоящее время сети подвижной радиосвязи (СПРС) бурно развиваются. Быстро растет спрос мобильных абонентов в мультимедийных услугах, таких как мобильный доступ в Internet, передача видеоизображений, асимметричные и интерактивные услуги широкополосной связи и так далее. Ожидается значительное повышение объема интегрального трафика в СПРС третьего поколения. Поэтому особую актуальность приобретает проблема разработки метода анализа пропускной способности системы подвижной радиосвязи (СПРС) в совмещенном режиме передачи речи и данных. Теория телетрафика использует при построении моделей аппарат и методы, развитые в теории массового обслуживания. К сожалению, большинство этих моделей и методов применимы только для весьма узкого класса ситуаций с простейшими предположениями о характере входного потока, дисциплине и распределении времени обслуживания. Проблемы, возникающие в современных системах связи, не могут анализироваться этими методами в точной обстановке. По этой причине единственным реальным средством получения численных значений характеристик качества функционирования систем связи является использование метода декомпозиции, когда построенная модель с помощью упрощающих преобразований разбивается на отдельные модули, каждый из которых анализируется независимо с использованием стандартных средств теории телетрафика.

Предполагается, что в систему поступают два потока: речь и данные с соответствующими интенсивностями,  $\lambda_1$  - интенсивность поступления пуассоновского потока речевой нагрузки;  $\lambda_2$  -

интенсивность поступления пуассоновского потока пакетов данных;  $\mu$  - параметр экспоненциального распределения времени передачи речевого сообщения. Речевое сообщение имеет абсолютный приоритет в получении каналов связи перед пакетом данных и так же, как пакет, использует для своей передачи единственный канал связи.

Для примера рассмотрим подсистему базовых станций сотовой связи стандарта GSM/GPRS(BSS). В состав BSS входит контроллер базовых станций BSC, который обслуживает потоки речи и данных, т.е. одной из его основных функций является управление распределением канального ресурса для поступающей нагрузки. В системе предполагается режим равного доступа любого из  $M$  абонентов к любому из  $L$  предоставляемых каналов. Каждый абонент системы имеет возможность передавать пакеты данных или речевые вызовы. Пакеты данных могут предназначаться для передачи только по освободившимся в данный момент каналам из общего числа  $L$  каналов. Из теории телетрафика известно, что среднее время обслуживания Пуассоновского потока требований  $T_{cp} = 1/\mu$ , поэтому будем считать, что все пакеты имеют одинаковую длину, равную  $\beta = 1/\mu$ . Соответственно нагрузка пакетной передачи данных определяется  $\rho_2 = \lambda_2 \beta$ , а

речевая нагрузка  $\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu}$ . В данном случае

передача пакетов осуществляется по  $l$  освободившимся каналам, то есть каждый абонент получает «случайный доступ» в один из  $l$  освободившихся каналов.

В силу независимости процесса передачи речевых сообщений от процесса поступления и обслуживания пакетов данных оценку значений  $N_1$  и  $L_{cp}$  можно вести в рамках стандартной модели теории телетрафика с потерями заблокированных вызовов, имеющей  $L$  полнодоступных каналов, Пуассоновский входной поток нагрузки интенсивности  $\lambda_1$ , экспоненциально распределённое время обслуживания со средним  $1/\mu$ . Доля сообщений речевой нагрузки, потерянных из-за отсутствия свободных для передачи каналов  $N_1$  определяется вследствие пуассоновского характера поступления речевых сообщений формулой Эрланга В.

$$N_1 = P_{отк1} = \frac{\left(\frac{\rho_1^L}{L!}\right)}{\sum_{k=0}^L \left(\frac{\rho_1^k}{k!}\right)} \quad (1)$$

Из теории телетрафика известно, что среднее число каналов, свободных от обслужива-

ния речевых вызовов, т.е. каналов, пригодных для передачи пакетов  $\bar{N} = L - \rho_1(1 - P_{отк1})$ .

Так как процесс передачи пакетов зависит от процесса поступления и обслуживания речевых сообщений оценку значений можно вести в рамках стандартной модели теории телетрафика с потерями заблокированных вызовов, имеющей  $\bar{\lambda}$

полнодоступных каналов, Пуассоновский входной поток нагрузки интенсивности  $\lambda_2$ , длиной пакета  $1/\mu$ .

Подставив это выражение в формулу Эрланга В получим искомое  $N_2$

$$N_2 = P_{отк 2} = \frac{\left(\frac{\rho_2^i}{i!}\right)}{\sum_{k=0}^i \left(\frac{\rho_2^k}{k!}\right)} \quad (2)$$

Среднее число каналов системы, занятых передачей речевых сообщений,  $L_{cp}$  и пакетов данных  $\bar{l}$  определяются как соответствующие средние значения:

$$\begin{aligned} L_{cp} &= \rho_1 (1 - P_{отк 1}) \\ \bar{l} &= L - \rho_1 (1 - P_{отк 1}) \end{aligned} \quad (3)$$

Алгоритм оценки доли успешно переданных пакетов и времени их пребывания в системе основан на том, что доля потерянных речевых сообщений достаточно мала. Построим вспомогательную модель, объединив в исходной модели поступающие потоки речевых сообщений и пакетов данных в один поток пакетов. Понятно, что доля потерянных пакетов и среднее время пребывания пакета в системе на передаче, посчитанные для вспомогательной модели, будут верхними оценками для соответствующих характеристик исходной модели. Это так, поскольку во вспомогательной модели пакет, являющийся аналогом заблокированного и, следовательно, потерянного в исходной модели речевого сообщения, теперь становится в очередь на повторную передачу с некоторой задержкой. Таким образом, во вспомогательной модели передается больший по сравнению с исходной моделью объем нагрузки, обеспечивая верхний характер соответствующих оценок. Найденные оценки доли потерянных пакетов и среднего времени пребывания пакета в системе на передаче, будут близки к их истинным

значениям в силу достигнутой на первом этапе расчетов степени малости потерь речевых сообщений.

Схема функционирования модели, используемой для оценки характеристик пакетов данных, выглядит следующим образом. У нас имеется система связи с  $L$  полнодоступными каналами, на которую поступает пуассоновский поток пакетов данных интенсивности  $\lambda_1 + \lambda_2$ . Время передачи пакета имеют одинаковую длину, равную  $1/\mu$ . Если все имеющиеся  $L$  каналов системы заняты, то пакет через некоторое время предпринимает попытку повторной передачи.

Доля пакетов данных, получивших отказ из-за занятости всех каналов системы, оценивается величиной  $N_{сум.}$ , которая вследствие пуассоновского характера поступления пакетов определяется как доля времени пребывания упрощенной модели в состоянии, когда в системе находятся  $L$  пакетов на обслуживании

$$N_{сум.} = P_{отк. сум.} = \frac{\left(\frac{(\rho_1 + \rho_2)^L}{L!}\right)}{\sum_{k=0}^L \left(\frac{(\rho_1 + \rho_2)^k}{k!}\right)} \quad (4)$$

Доля пакетов данных, потерянных из-за прерывания их передачи по каналу поступившим приоритетным речевым сообщением,  $N_{пер.}$  оце-

нивается как отношение интенсивностей соответствующих событий в упрощенной модели

$$N_{пер.} = \frac{\lambda_1 N_{сум.}}{\lambda_2} \quad (5)$$

Значение общей доли потерянных пакетов данных  $N_{\Sigma ном}$  оценивается как сумма долей пакетов, потерянных по указанным выше причинам,

$$N_{\Sigma ном.} = N_{сум.} + N_{пер.} \quad (6)$$

Доля успешно доставленных пакетов данных  $N_{усп.}$  оценивается как величина, дополнительная к  $N_{\Sigma ном.}$

$$N_{усл.} = 1 - N_{\Sigma ном.} \quad (7)$$

Среднее число каналов анализируемой модели системы подвижной радиосвязи, занятых на передачу пакетов данных,  $\bar{l}_{cp}$  определяется как соответствующее среднее значение:

$$\bar{l}_{cp} = (\rho_1 + \rho_2)(1 - P_{отк. сум.}) \quad (8)$$

Среднее время пребывания пакета на передаче  $T_{преб.}$  находится по формуле Литтла

$$T_{преб.} = \frac{\bar{l}_{cp}}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

Для того чтобы выяснить возможно ли предложенную выше методику использовать при проектировании реальных СПР была разработана программа имитационного моделирования. В данном случае имитационное моделирование применяется для оценки погрешности, возникающей при использовании расчетных моделей вместо точных.

Окончательно утверждать о справедливости применения разработанной модели для систем подвижной радиосвязи можно только после анализа совпадения выборочной оценки плотности, или гистограммы, полученной в ходе реализаций программы имитационного моделирования с расчетной формой. В рамках математической статистики для этого широко используют критерий согласия Неймана-Пирсона.

Вектор гистограммы представляет собой  $\bar{P} = (\hat{P}_1, \dots, \hat{P}_L)^T$ , где  $P_v = N_v / N$ ,

$$Z = N \sum_{v=1}^L \frac{(\hat{P}_v - p_v \hat{\theta})^2}{p_v(\hat{\theta})} \quad (9)$$

Суть цитируемой теоремы и критерия состоит в том, что при увеличении выборки ( $N \rightarrow \infty$ ) и справедливости применяемой параметрической модели  $W(r/\bar{\theta})$ , распределение статистики  $Z(9)$  сходится к стандартному  $\chi^2_{L-s-1}$ , где  $q = L - s - 1$  – число степеней свободы,  $s$  – размерность вектора параметров  $\bar{\theta}$ .

$v = (1, \dots, L)$ ,  $N_v$  – число испытаний, попавших в интервал с индексом  $v$ . Вектор расчетных вероятностей формируется как

$$\bar{p}(\hat{\theta}) = (p_1(\hat{\theta}), \dots, p_L(\hat{\theta}))^T, \text{ где } \bar{p}(\hat{\theta}) = \int_{X_v} W(r/\hat{\theta}) dr$$

$v = (1, \dots, L)$ .  $X_v$  –  $v$ -й интервал,  $W(r/\bar{\theta})$  – используемая параметрическая модель для плотности распределения анализируемой выборки наблюдений  $\bar{r} = (r_1, r_2, \dots, r_N)^T$ .  $\hat{\theta} = \varphi(\bar{P})$  – оценка максимального правдоподобия неизвестного параметра  $\bar{\theta}$ , выполненная по выборке  $\bar{r}$ .

Степень рассогласования гистограммы и расчетного вектора вероятностей в критерии Неймана-Пирсона

В данном случае  $L=12$ ,  $s=4$ ,  $N=100$  и  $q=7$ . По таблице телетрафика находим 5- %-ный уровень значимости  $\chi^2_p = 14,07$  и вычисляем  $\chi^2 = 9,8$ . Так как это значение значительно меньше критического значения, то можно применять предложенную модель для анализа систем подвижной связи в совмещенном режиме.

### Технические науки

#### ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДЛИНУ ПОЛЕТА ОТБИТОЙ РУДЫ, ПРИ ЕЕ ВЗРЫВОДОСТАВКЕ

Богуславский Э.И., Волик И.А.

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Санкт-Петербург, Россия

Система разработки с доставкой руды силой взрыва относится к классу систем с открытым очистным пространством. Отличительной особенностью системы является создание условий для максимального использования кинетической энергии взрыва. Сущность системы с взрыводоставкой заключается в подготовке наклонной

камеры (от 15 до 45°), длина камеры зависит от длины взрыводоставки. В днище камеры проходят выпускные отверстия, для проветривания проходят два штрека в кровле и почве камеры. Бурение производится из наклонного бурового восстающего, сбитого со штреками, отбойка производится веерами скважин. Высота камеры составляет 5 - 20 м, ширина камеры 15-30 м. Необходимо отметить, что во всех случаях угол падения залежи определяет угол наклона камеры, а мощность – высоту камеры ( $\alpha_{p.т.} = \alpha_{камеры}$ ,  $m_{p.т.} = H_{камеры}$ ). Впервые идея использования силы взрыва для доставки руды до рудоприемных