

На правах рукописи

ЗАРУБИН

Антон Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТ-ЦЕНТРОВ NGN

05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2004

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Гольдштейн Борис Соломонович

Официальные оппоненты:

Д.т.н., проф. Яновский Г.Г., зав. каф. Сетей Связи СПбГУТ.
К.т.н. Кучерявый Е.А., Технологический институт, г. Тампере,
Финляндия (Tampere University of Technology).

Ведущая организация: ООО «Научно-технический центр Протей»

Защита состоится «___» _____ 2004 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета К 219.004.01 при Санкт-Петербургском Государственном Университете Телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета,
к.т.н., доцент

В.Х. Харитонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы и состояние вопроса. Конвергенция услуг и сетей связи затрагивает все области инфокоммуникаций. Вместе с переходом от телефонных сетей общего пользования (ТфОП) к сетям следующего поколения (NGN) можно наблюдать эволюцию традиционных центров обслуживания вызовов (ЦОВ) к Web контакт-центрам (Web-IPCC). В отличие от систем предшествующих поколений, контакт-центры ориентированы на обслуживание любого трафика, возможного в рамках NGN. Их задачей является предоставление пользователю любого удобного для него средства получения информационных услуг, будь то речевой или видео вызов, запрос по электронной почте или текстовый диалог. В силу новизны Web-IPCC, как элемента сетей NGN, сложной функциональности и комбинированной архитектуры, требуются новые методы расчета для анализа и синтеза контакт-центров. В связи с этим, актуальной является задача анализа вероятностно-временных характеристик (VBX) Web-IPCC, влияющих на качество предоставления информационных услуг пользователям.

Цель работы и задачи исследования. Целью работы является анализ VBX Web контакт-центров, разработка моделей и методов проектирования таких центров в составе сетей следующего поколения.

Поставленная цель определила необходимость решения следующих задач:

1. Разработка формализованного описания исследуемого объекта – Web контакт-центра на основе технологий IP.
2. Исследование потоков разнотипной нагрузки, поступающей на Web-IPCC, с целью определения их особенностей и особенностей их совместной обработки.
3. Построение моделей Web и операторской подсистем контакт-центра.
4. Исследование процессов обслуживания нагрузки Web подсистемой контакт-центра и разработка методов нахождения её основных VBX.
5. Разработка методов получения основных VBX операторской подсистемы контакт-центра со смешанной приоритетной дисциплиной обслуживания.
6. Исследование характеристик операторской подсистемы при обслуживании разнотипных потоков нагрузки по приоритетной дисциплине.
7. Разработка обобщенной методики проектирования Web контакт-центров.

Состояние вопроса. Определению основных параметров, влияющих на качество предоставления информационных услуг, посвящен ряд научных работ (например, В. Болотина, Д. Зе, М. Перри и др.), однако они ограничиваются, в основном, традиционными центрами обслуживания телефонных вызовов.

Следует отметить научные работы Г. Бернета и Э. Пекоза, где исследуются подходы к получению характеристик более сложных систем,

которые можно рассматривать, как прообраз современных контакт-центров. Возможность обслуживания изучаемыми системами потоков нагрузки, отличных от телефонной, и интеграция их с технологиями Web также должны учитываться в проводимых исследованиях. В связи с этим необходимо упомянуть работы М. Кровелла, А. Доуни, К. Линдемманна и М. Арлитта, посвященные экспериментальному изучению характеристик нагрузки, которая может поступать на Web-IPCC по каналам сети Интернет.

Методы исследования. Сложность математического описания Web контакт-центра приводит к необходимости решения задач исследования средствами комплексной модели. При решении поставленных в диссертации задач использовались методы теории стохастических процессов, теории систем массового обслуживания, теории фрактальных процессов и методы статистического моделирования случайных процессов на ЭВМ. В основу проводимых исследований положены работы Б. Гольдштейна, М. Кровелла и некоторых других авторов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в предложенной модели нового объекта инфокоммуникационных сетей – Web контакт-центра, модели процессов предоставления информационных услуг Web и методах исследования случайных задержек при предоставлении информационных услуг операторской подсистемой контакт-центра.

Личный вклад. Основные научные положения, теоретические выводы и рекомендации, содержащиеся в работе, получены автором самостоятельно.

Практическая ценность и реализация результатов. Полученные формулы, методы, алгоритмы и программы позволяют решить проблему построения Web контакт-центра, повысить характеристики, определяющие качество предоставления информационных услуг рассматриваемыми системами.

Результаты работы могут быть использованы научно-исследовательскими, производственными и эксплуатационными организациями при разработке, внедрении новых и усовершенствовании существующих центров информационных услуг.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на 57-й научной сессии, посвященной Дню радио, МТУСИ, 2002, VIII Международной конференции «Информационные сети, системы и технологии (МКИССиТ-2002)», 2002, 4-ой Международной конференции «Состояние и перспективы развития Интернет в России» Ассоциации Документальной Электросвязи, Москва, 2003, Всероссийской конференции «Проблемы и системы эксплуатационного управления сетями связи в условиях конвергенции», 2003, научно-технических конференциях СПбГУТ 2002 – 2004 гг.

Публикации. Материалы, отражающие основное содержание и результаты диссертационной работы опубликованы в трудах научно-технических конференций и журналах отрасли – всего 18 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация включает содержание, список сокращений, список обозначений, введение, четыре главы, заключение, библиографический список и одно приложение. Работа содержит 138 страниц текста, включая приложение, 29 рисунков, 1 таблицу и библиографический список из 126 наименований.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Функциональная модель контакт-центра, отражающая принципы поступления и обслуживания пользовательских запросов на информационные услуги.
2. Декомпозиция Web-IPCC на подсистемы в целях его исследования.
3. Математические модели контакт-центров, учитывающие самоподобные свойства поступающей нагрузки и процессов её обслуживания.
4. Анализ ВВХ подсистем контакт-центра средствами имитационного моделирования на ЭВМ.
5. Смешанная приоритетная организация дисциплины обслуживания разнотипных потоков нагрузки, поступающих на контакт-центр.
6. Обобщенная методика проектирования Web-IPCC.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, рассматривается состояние исследуемого вопроса, формулируется цель работы, перечисляются основные научные результаты диссертации и её краткое содержание. Приводятся основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава работы посвящена обзору архитектур и математических моделей предшествующей Web контакт-центрам ступени развития систем предоставления информационных услуг – Call-центрам. В главе рассмотрена эволюция систем до современных Web-IPCC, её влияние на способы моделирования изучаемых систем, дан обзор основных методов и подходов к исследованию и построению таких систем.

Главная, в контексте данной диссертационной работы, особенность Web контакт-центра, по сравнению с предшествующими системами – это способность обслуживать запросы разных типов, поступающие из разных телекоммуникационных сетей. Разнообразие типов обрабатываемых вызовов приводит к существенным различиям рассматриваемых систем по сравнению с системами прошлого поколения.

Запросы поступают на Web-IPCC с разной интенсивностью от источников разного типа, допускают разную длительность ожидания и разную продолжительность обслуживания, т.е. различаются параметрами, которые определяют характеристики, на основании которых обычно производится распределение вызовов и организация очередей.

Можно выделить следующие особенности Web контакт-центров, приводящие к необходимости создания нового подхода к анализу такого рода систем.

При реализации контакт-центров, обслуживающих потоки запросов, допускающих отложенную обработку или большую, по сравнению с остальными запросами, задержку при обслуживании, возможно использование механизма приоритетов. Это позволяет дифференцировать качество предоставления информационных услуг для разных типов запросов.

Например, система, обрабатывающая вызовы из ТфОП, сетей IP-телефонии, запросы, поступающие по электронной почте и средствам диалогового обмена текстовыми сообщениями, может быть построена, как СМО со смешанной абсолютно-относительной дисциплиной приоритетов. Однако ни в зарубежных, ни в отечественных научных кругах практически нет работ, рассматривающих эту возможность по отношению к появляющимся сейчас Web контакт-центрам.

Другая особенность изучаемых систем состоит в том, что Web контакт-центр содержит в своем составе компонент не менее важный, чем операторская подсистема, а именно Web-сервер, анализ характеристик которого должен проводиться отдельно, в силу его технических особенностей. Как показывают экспериментальные исследования, здесь не применимы известные методики расчета СМО с входящими пуассоновскими потоками и показательным распределением времени обслуживания. Необходимо учитывать возможные медленно-затухающие свойства процессов поступления и обслуживания запросов.

В соответствии с проведенными в первой главе исследованиями сформулированы задачи диссертационной работы. Они приводят к необходимости проведения дальнейшего анализа Web-IPCC в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.

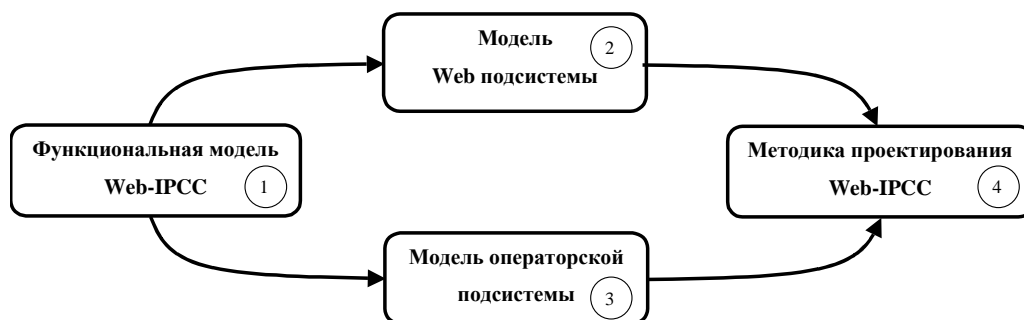


Рис.1. Структура диссертационной работы.

Во второй главе разработана функциональная модель системы Web контакт-центра, состоящая из следующих компонент: множество разнотипных источников, инфокоммуникационные сети, операторская подсистема, подсистема Web, подсистема автоматизированных информаторов и подсистема управления.

Исследования диссертационной работы сосредоточены на моделях и методах для определения ВВХ первых двух подсистем обслуживания запросов Web-IPCC. В рамках данной работы искомыми характеристиками качества предоставления информационных услуг для операторской

подсистемы принято среднее время реакции контакт-центра на запрос пользователя (среднее время пребывания запроса в очереди) и среднее время пребывания запроса в подсистеме. Для Web подсистемы искомыми характеристиками являются среднее время пребывания запроса в подсистеме и средняя скорость передачи данных пользователю.

Касательно процессов поступления и обслуживания потоков нагрузки, на основании ряда экспериментальных исследований, в диссертационной работе установлено следующее.

Интерфейсы операторской подсистемы Web-IPCC могут быть разделены на три основные группы: речевых, текстовых диалоговых и текстовых с отложенной обработкой.

Для речевой группы интерфейсов особенности ВВХ поступающих потоков известны ещё из базовых работ по теории телетрафика. Потоки речевых вызовов, приходящие на операторскую подсистему от большого числа возможных источников имеют распределение интервалов времени между поступающими запросами соответствующее показательному распределению и, аналогичное распределение времени обслуживания запросов.

В этой же главе приводятся подтверждения того, что процессы поступления запросов на установление сессий связи, приходящих через текстовые интерфейсы соответствуют показательному распределению. Для процессов обслуживания запросов сделан вывод о необходимости учета их медленно-затухающих свойств.

Определяются также особенности поступления и обработки потоков запросов для Web подсистемы исследуемого контакт-центра. В ряде случаев, процесс поступления запросов на Web подсистему может иметь самоподобный характер.

Для моделирования процессов обслуживания запросов подсистемой Web, учитывая только процесс передачи документов пользователю, необходимо рассматривать медленно-затухающие распределения. Это является следствием соответствующего поведения размеров документов на Web-серверах, причем определение вида и параметров распределения должно производиться для каждого конкретного случая отдельно.

Точное аналитическое моделирование Web подсистемы контакт-центра осуществляется при помощи СМО вида $M/LN/1$, $M/P/1$ и $M/BP/1$.

Приближенное аналитическое моделирование Web подсистемы контакт-центра производится СМО вида $LN/LN/1$ и $LN/BP/1$, а также $LN/P/1$, с использованием известных аппроксимаций для моделей СМО $G/G/1$. Выбор Парето (P), ограниченного Парето (BP) и логнормального (LN) характера процесса обслуживания и логнормального характера общей поступающей нагрузки обоснован упоминавшимися экспериментальными исследованиями.

В диссертационной работе получено следующее выражение для определения времени пребывания запроса в системе для модели $M/LN/1$:

$$T = b + \frac{\lambda \cdot e^{2\sigma_b^2 + 2m_b}}{2[1 - \lambda \cdot b]}; \quad (1)$$

$$b = \exp\left(\frac{1}{2}\sigma_b^2 + m_b\right), \quad (2)$$

где σ_b, m_b - параметры логнормального распределения для процесса обслуживания; b – первый начальный момент логнормального распределения времени обслуживания запросов; λ - параметр поступающего потока запросов.

Для определения времени пребывания запроса в системе для модели M/P/1 получено выражение:

$$T = b + \frac{\lambda a k^2}{2(a-2)(a-1)^2[1 - \lambda \cdot b]}; \quad (3)$$

$$b = \frac{a}{(a-1)}k, \quad (4)$$

где a, k - параметры распределения Парето для времени обслуживания запросов; b – первый начальный момент Парето распределения времени обслуживания запросов. Приведенные для распределения Парето выражения справедливы при условии $a > 2$, в случае его невыполнения необходимо обратиться к имитационному моделированию на ЭВМ.

Выражение для определения времени пребывания запроса в системе для модели M/BP/1:

$$T = b + \frac{\lambda a(p^2 k^a - p^a k^2)}{2(2-a)(p^a - k^a)[1 - \lambda \cdot b]}; \quad (5)$$

$$b = \frac{a}{(1-a)(p^a - k^a)}(pk^a - p^a k), \quad (6)$$

где a, p, k - параметры ограниченного распределения Парето для времени обслуживания запросов; b – первый начальный момент ограниченного Парето распределения времени обслуживания запросов.

Для получения приблизительных аналитических выражений времени пребывания запроса в очереди для моделей СМО вида LN/LN/1, LN/BP/1 и LN/P/1 используется общая аппроксимационная формула для модели СМО G/G/1:

$$W \approx \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{C_A^2 + C_B^2}{2} \cdot b, \quad (7)$$

где W – время ожидания в очереди; C_X^2 - квадрат коэффициента вариации стохастического процесса X , $C_X^2 = DX/(MX^1)^2$; ρ - коэффициент загрузки системы; A, B – процессы поступления и обслуживания запросов.

Известно, что выражение (7) является верхней границей неравенства $W_{Min} \leq W \leq W_{Max}$, т.е. соответствует его значению W_{Max} . Нижней же границе W_{Min} соответствует выражение

$$W_{Min} = \frac{\lambda b^{(2)} - \lambda(b)^2 - b(2 - \rho)}{2(1 - \rho)}. \quad (8)$$

Все существующие приближенные выражения для СМО G/G/1 дают более точные параметры при больших значениях загрузки и $C_A^2 \leq 2$.

Для модели СМО вида LN/LN/1 выражения для вычисления приближенного значения среднего времени пребывания запроса в системе имеют вид:

$$\begin{aligned} T &= b + W; \\ W &= \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \frac{C_A^2 + C_B^2}{2} \cdot b; \\ C_A^2 &= e^{\sigma_\lambda^2} - 1; \\ C_B^2 &= e^{\sigma_b^2} - 1; \\ \rho &= \lambda \cdot b; \\ b &= \exp\left(\frac{1}{2} \sigma_b^2 + m_b\right); \\ \lambda &= \frac{1}{\exp\left(\frac{1}{2} \sigma_\lambda^2 + m_\lambda\right)}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\sigma_\lambda, m_\lambda$ - параметры логнормального распределения для процесса поступления запросов, σ_b, m_b - параметры логнормального распределения для процесса обслуживания, C_A^2 - квадрат коэффициента вариации процесса поступления, C_B^2 - квадрат коэффициента вариации процесса обслуживания.

Полученные для модели СМО вида LN/P/1 искомые выражения имеют вид:

$$\begin{aligned}
T &= b + W ; & (10) \\
W &= \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{C_A^2 + C_B^2}{2} \cdot b ; \\
C_A^2 &= e^{\sigma_\lambda^2} - 1 ; \\
C_B^2 &= \frac{1}{a(a-2)}, \text{ для } a > 2 ; \\
\rho &= \lambda \cdot b ; \\
b &= \frac{a}{(a-1)} k ; \\
\lambda &= \frac{1}{\exp\left(\frac{1}{2} \sigma_\lambda^2 + m_\lambda\right)},
\end{aligned}$$

где a - параметр распределения Парето для процесса обслуживания запросов, значение остальных параметров раскрывалось выше.

Для модели СМО вида LN/BP/1:

$$\begin{aligned}
T &= b + W ; & (11) \\
W &= \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{C_A^2 + C_B^2}{2} \cdot b ; \\
C_A^2 &= e^{\sigma_\lambda^2} - 1 ; \\
C_B^2 &= \frac{b^{(2)} - (b)^2}{(b)^2}, \text{ для } k \leq x \leq p, 0 \leq a \leq 2 ; \\
\rho &= \lambda \cdot b ; \\
b &= \frac{a(pk^a - p^a k)}{(1-a)(p^a - k^a)} ; \\
b^{(2)} &= \frac{a \cdot (p^2 k^a - p^a k^2)}{(2-a)(p^a - k^a)} ; \\
\lambda &= \frac{1}{\exp\left(\frac{1}{2} \sigma_\lambda^2 + m_\lambda\right)},
\end{aligned}$$

где a, p, k - параметры ограниченного распределения Парето для процесса обслуживания запросов; $b^{(2)}$ - второй момент ограниченного Парето распределения времени обслуживания запросов.

Также, во второй главе диссертации разработаны имитационные модели Web подсистемы для СМО вида LN/P/1, LN/LN/1, LN/BP/1 и модель исходящего канала подсистемы Web для СМО вида $(n \times ON/OFF)P/D/1$.

При известном среднем времени пребывания запроса в системе T , может быть получено значение средней скорости передачи данных в ответ на запрос пользователя, отражающее качество предоставления информационной услуги пользователю:

$$S = \frac{Fs}{T}, \quad (12)$$

где S - средняя скорость передачи данных в ответ на один запрос; F_s – средний размер документов подсистемы Web.

Результаты, полученные во второй главе, положены в основу методики проектирования Web контакт-центров, алгоритм которой приводится в четвертой главе работы.

В третьей главе на основе анализа разработанной модели операторской подсистемы контакт-центра предложен метод расчета ВВХ подсистемы с учетом возможных медленно-затухающих свойств процессов обслуживания запросов некоторых типов. Проведено сравнение различных дисциплин процесса обслуживания запросов в операторской подсистеме.

По аналогии с описанием Web контакт-центра в целом, предложенным во второй главе, выделяются компоненты, составляющие операторскую подсистему: множество накопителей вызовов (очереди) и получатели вызовов – множество обслуживающих приборов.

При организации Web-IPCC, обрабатывающего вызовы из ТфОП, сети IP-телефонии, а также электронную почту и запросы систем диалогового обмена текстовыми сообщениями, улучшить ряд ВВХ системы позволяет механизм приоритетов. Методы расчетов подобных Web контакт-центров до сих пор практически не предлагались, в то время как математический аппарат для этого существует.

В диссертационной работе рассматривается смешанная абсолютно-относительная приоритетная дисциплина обслуживания запросов, когда оператор, обрабатывающий, например, запрос по электронной почте может приостановить его обслуживание для ответа на телефонный вызов.

Операторская подсистема представлена совокупностью отдельных элементов, каждый из которых в любой момент времени может обслуживать лишь один запрос. В зависимости от типа, запросы отличаются по интенсивности поступления и времени обслуживания. Каждый элемент обслуживания включает в себя накопитель вызовов. В зависимости от типа поступающих запросов они попадают в ту или иную очередь накопителя, с учетом приоритетности обслуживания.

Выбор данной модели операторской подсистемы определяется стремлением к учету функциональных возможностей современных разработок в области контакт-центров (например, Протей, Аваа и др.). Кроме того, при применении модели приоритетного обслуживания с параллельными обслуживающими приборами и общим накопителем затрудняется учет возможности разделения операторов на квалификации, интеллектуальных алгоритмов распределения запросов и выполнения условия возвращения прерванного вызова на дообслуживание к первоначальному оператору.

Совокупность правил, реализованных в рассматриваемой приоритетной организации процесса обработки разнородных запросов, состоит в следующем. Из списка находящихся на ожидании запросов выбирается запрос с наименьшим значением приоритета. Получение запроса с приоритетом, отличным от приоритета обслуживаемого может вызвать прерывание последнего, в зависимости от принадлежности обслуживаемого запроса определенному уровню абсолютного приоритета. Поступление запроса, приоритет которого принадлежит тому же или более низкому уровню, прерывания не вызывает. Таким образом, реализуется приоритетная схема обслуживания со смешанными абсолютно-относительными приоритетами.

Исследование ВВХ СМО, реализующих приоритетную дисциплину обслуживания вызовов, проводилось в большом числе научных работ разного направления. Для решения задач диссертационной работы используется соответствующим образом адаптированная математическая модель СМО, примененная в работах Б. Гольдштейна.

В этой модели, для анализа системы с абсолютно-относительными приоритетами, используется следующее представление приоритетов. Пусть имеется N потоков запросов на предоставление информационных услуг, которым поставлено в соответствие N приоритетов.

Пусть эти приоритеты распределены по K уровням. Обслуживание запроса любого приоритета уровня k ($k=2, 3, \dots, K$) прерывается при появлении другого запроса, приоритет которого соответствует меньшему значению k ($k=1, 2, \dots, K-1$). На каждом уровне k располагается M_k приоритетов, запросы которых не прерывают друг друга. Таким образом, приоритеты можно описывать в виде пар чисел (k, m) , где m – номер уровня относительного приоритета. На уровне k таких пар будет $(k, 1), (k, 2), \dots, (k, M_k)$.

Разбиение вида $\Xi = \{M_1, M_2, \dots, M_K\}$ однозначно определяет приоритетную организацию алгоритмов процесса обслуживания запросов на информационные услуги.

При этом запрос приоритета (k, m) поступает на обслуживание тогда и только тогда, когда в очереди отсутствуют более приоритетные запросы и не обрабатывается запрос более высокого приоритета или более низкого относительного, но того же абсолютного приоритета.

Исследуемая в настоящей работе система обладает следующими свойствами.

Поступающий трафик составляет N пуассоновских потоков разнотипных запросов с параметрами $\lambda(k, m)$.

Классификация потоков запросов строится по типам поступающей информации и допустимому времени на её обработку. Нагрузку на операторскую подсистему и контакт-центр в целом создают запросы от абонентов телефонных сетей и сетей подвижной связи, пользователей сетей IP-телефонии и Интернет.

Запросы поступают на обслуживание в соответствии с системой абсолютно-относительных приоритетов, этой же системой определяются условия прерывания запросов. В случае прерывания обслуживания заявки запросом более высокого приоритетного уровня затраченное время не теряется и впоследствии обслуживание, которое было отложено, продолжается с прерванного места. Дообслуживание проводится на собственном приоритете. Запросы, имеющие одинаковый приоритет, обслуживаются по принципу FIFO.

Исследование проводится при условии неопределенности времени, требуемого для обслуживания (k, m) -запроса. Т.е., времена обслуживания запросов на предоставление информационных услуг приоритета (k, m) , являются случайными величинами с функциями распределения $B_{k, m}(t)$, первыми моментами $b(k, m)$ и вторыми начальными моментами $b^{(2)}(k, m)$.

Для такой системы стационарный режим имеет место при суммарном коэффициенте загрузки R , меньшим единицы:

$$R = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{M_i} \lambda(i, j) b(i, j) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{M_i} \rho(i, j) < 1, \quad (13)$$

где $\rho(i, j)$ - коэффициент загрузки системы запросами (i, j) -приоритета.

Основная задача заключается в получении выражений для математического ожидания времени пребывания в системе запроса (k, m) -приоритета.

Среднее время пребывания в системе запроса приоритета (k, m) обозначается через $T(k, m)$. Вводятся обозначения: $W(k, m)$ – среднее время ожидания начала обслуживания запроса на предоставление информационной услуги приоритета (k, m) , $V(k, m)$ – среднее полное время обслуживания поступившего на Web-IPCC запроса приоритета (k, m) , т.е. время о начала предоставления информационной услуги до завершения.

Очевидно, что:

$$T(k, m) = W(k, m) + V(k, m). \quad (14)$$

В работе определены следующие аналитические выражения:

$$V(k, m) = \frac{b(k, m) - \theta(k, m) \cdot \sum_{j=1}^{m-1} \rho(k, j)}{1 - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\varphi(k, m-1)} \rho(i, j)}; \quad (15)$$

$$W(k, m) = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\varphi(k, m)} \lambda(i, j) b^{(2)}(i, j) + \left[1 - \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{M_i} \rho(i, j) \right] \cdot \sum_{j=m+1}^{M_k} \rho(k, j) \cdot \gamma(k, j)}{\left[1 - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\varphi(k, m)} \rho(i, j) \right] \left[1 - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\varphi(k, m-1)} \rho(i, j) \right]}, \quad (16)$$

где $\theta(k, m)$ - математическое ожидание времени от последнего прерывания в обслуживании до завершения обслуживания запроса приоритета (k, m) ; $\gamma(k, j)$ – математическое ожидание времени обслуживания запроса приоритета (k, j) в присутствии запроса приоритета (k, m) , при $m < j$, а $\varphi(a, b) = \begin{cases} M_i, & i < a; \\ b, & i = a. \end{cases}$

$$\theta(k, m) = \begin{cases} b(k, m), & k = 1; \\ \frac{1}{\sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{M_i} \lambda(i, j)} \int_0^{\infty} \left[1 - \exp \left\{ -t \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{M_i} \lambda(i, j) \right\} \right] dB_{k, m}(t), & k > 1. \end{cases} \quad (17)$$

$$v(k, j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \cdot \frac{b^{(2)}(k, j)}{b(k, j)}, & k = 1; \\ \frac{b(k, j) - \theta(k, j)}{b(k, j) \cdot \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=1}^{M_i} \lambda(i, j)}, & k \neq 1. \end{cases} \quad (18)$$

В предыдущих главах отмечались особенности поступления и обслуживания потоков нагрузки на операторскую подсистему Web-IPCC. Говорилось, что распределение интервалов между поступающими запросами соответствует показательному распределению, в то время как процессы обслуживания некоторых потоков, поступающих через текстовые интерфейсы, могут иметь медленно-затухающие свойства.

До сих пор результаты экспериментальных исследований процессов обслуживания текстовых запросов непосредственно в контакт-центрах не публиковались. Это вызывает необходимость дополнительных наблюдений в процессе внедрения подобных систем. Кроме того, получение искомым

аналитических выражений при распределении времен обслуживания запросов по логнормальному закону, Парето, Вейбула и некоторым другим, затруднено самим математическим аппаратом модели приоритетной СМО. Дальнейшее изучение вопроса проводилось методом имитационного моделирования на ЭВМ с использованием модификации разработанного программного обеспечения, применявшегося для моделирования в условиях показательных распределений.

Исследование показало, что на обслуживание высокоприоритетных речевых запросов медленно-затухающий характер обслуживания текстовых запросов не влияет. В случае реализации абсолютно-относительной приоритетной дисциплины, метод, учитывающий только показательные распределения времен обслуживания, может быть применен для точного определения ВВХ обслуживания речевых запросов.

Четвертая глава содержит общую методику проектирования Web-IPCC, разработанную на основе результатов предыдущих разделов работы. Приводятся уточнения относительно предлагаемых имитационных моделей, описание элементов, обеспечивающих функционирование Web контакт-центра Протей-РВ и особенности применения для них подходов, представленных во второй и третьей главах работы, а также пример применения разработанной методики.

Предлагаемые в работе средства имитационного моделирования позволяют, наряду с аналитическими методами, определять искомые параметры, а в некоторых случаях являются более предпочтительным или единственно возможным средством. Кроме того, они применяются для проверки результатов разработанных аналитических методов расчета ВВХ Web-IPCC.

На рис. 2 представлена SDL-диаграмма разработанной методики проектирования Web контакт-центров, которая позволяет определить требуемую пропускную способность канала подсистемы Web и необходимое число рабочих мест операторской подсистемы.

Состояния S1 – S7 и старт процесса определяют время, в течение которого процесс определения искомых параметров контакт-центра находится в режиме ожидания последовательного ввода исходных данных – общего назначения контакт-центра, удовлетворительной скорости передачи данных пользователю, пропускной способности исходящего канала, данных по входящим потокам запросов, удовлетворительного времени ожидания обслуживания и числа РМО операторской подсистемы.

Приложение содержит тексты программ имитационного моделирования, выполненные на языке GPSS.

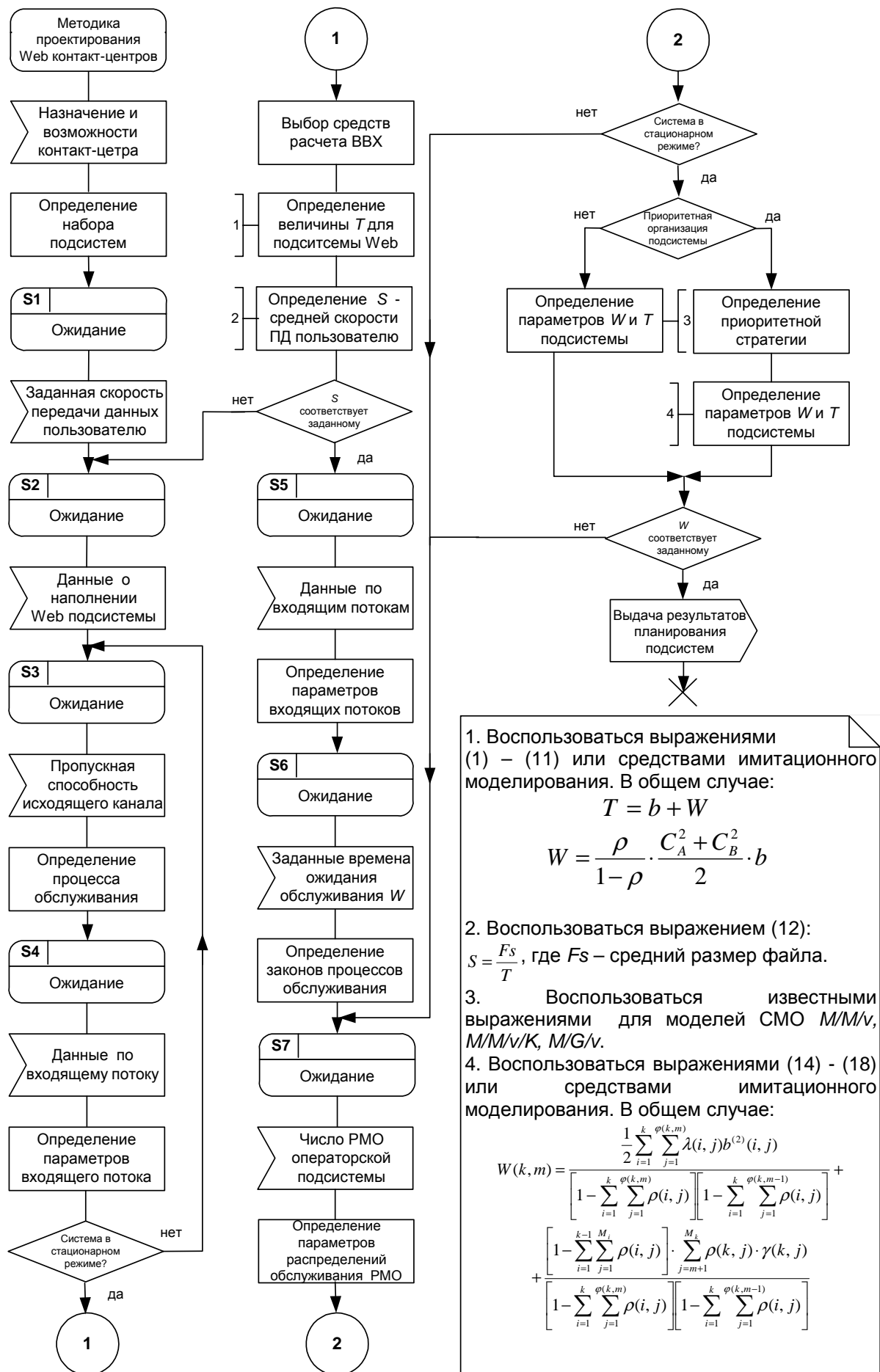


Рис. 2. SDL-диаграмма методики проектирования Web контакт-центров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе исследованы процессы поступления и обработки запросов на предоставление информационных услуг контакт-центрами NGN. Проанализированы методы расчета ВВХ, определяющих качество предоставления информационных услуг.

В работе получены следующие основные результаты.

1. Разработано формализованное описание объекта исследования диссертационной работы – контакт-центра NGN.
2. Исследованы потоки вызовов, поступающие на основные подсистемы контакт-центра, определены их особенности и особенности их совместной обработки.
3. Предложены функциональные модели основных подсистем контакт-центра, позволившие определить подходы к расчету ВВХ отдельных подсистем.
4. Разработаны аналитические и имитационные модели для определения ВВХ Web подсистемы контакт-центра.
5. Разработаны аналитическая и имитационная модели для определения ВВХ операторской подсистемы контакт-центра.
6. Проведено сравнение приоритетной и беспriorитетной дисциплин обслуживания вызовов в операторской подсистеме. Доказано превосходство приоритетной дисциплины.
7. Разработана имитационная модель и проведено исследование ВВХ операторской подсистемы с учетом медленно-затухающих свойств процессов обслуживания.
8. На основании результатов диссертационной работы разработана схема обобщенной методики проектирования контакт-центров.
9. Решен вопрос моделирования ряда сложных процессов обслуживания со смешанными и ограниченными законами распределения.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Зарубин А.А. Построение биллинговых систем для сетей IP-телефонии на базе протокола RADIUS // 55 Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов. 9 – 13 апреля 2001 г./Тезисы докладов. СПбГУТ. – СПб, 2001. – с.12.
2. Зарубин А.А. Исследование вероятностно-временных характеристик сервера аутентификации и учета, построенного с применением технологии RADIUS // 54 Научно-техническая конференция профессорско-

- преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов. 28 февраля – 1 января 2002 г./Материалы. СПбГУТ. - СПб, 2002. – с.12.
3. Зарубин А.А. Эволюция биллинга IP-услуг//Электросвязь. – М., 2002. – №4. – с. 40 – 42.
 4. Гольдштейн А.Б., Зарубин А.А., Саморезов В.В., Шурыгина С.Б. Программные коммутаторы и современные ТфОП//Технологии и средства связи. – М., 2002. – №2. – с. 96 – 99.
 5. Зарубин А.А. Предоставление интеллектуальных услуг в мультисервисных сетях//57 Научная сессия, посвященная Дню радио. 15 – 16 мая 2002 г., Москва. Труды. Том 1/М.: МТУСИ, 2002. – с. 52 – 54.
 6. Зарубин А.А. Анализ развития систем предоставления инфокоммуникационных услуг – концепция Parlay/OSA//Информационные сети, системы и технологии (МКИССиТ-2002), Information Networks, System and Technologies (ICINSAT-2002). 16 – 19 сентября 2002 г. Труды VIII Международной конференции. – СПб., 2002. – с. 347 – 354.
 7. Зарубин А.А., Саморезов В.В. Развитие систем предоставления инфокоммуникационных услуг//ИнформКурьер-Связь. – М., 2003. – №5. – с. 62 – 66.
 8. Зарубин А.А. Контакт-центры для «Электронной России»//ИнформКурьер-Связь. – М., 2003. – №7. – с. 50 – 51.
 9. Зарубин А.А. Формула контакт-центра//Сети и Системы Связи. – М., 2003. – №8. – с. 52 – 55.
 10. Зарубин А.А. Контакт-центры для eCommerce? Нужен контакт-центр!//Connect! Мир связи. – М., 2003. – №7. – с. 48 – 51.
 11. Зарубин А.А. Современные инфокоммуникационные услуги и концепция Open System Access. Методические рекомендации к практическим занятиям (спец. 200900)/СПбГУТ, СПб, 2003. – 34 с.
 12. Зарубин А.А. Микропроцессорное программное управление. Архитектура IХА. Методические рекомендации к практическим занятиям (спец. 200900)/СПбГУТ, СПб, 2003. – 35 с.

13. Зарубин А.А. Call- и контакт-центры. Решения российских разработчиков//Технологии и средства связи. – М., 2003. – №3. – с. 62 – 68.
14. Зарубин А.А. Call и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей//Вестник связи. – М., 2003. – №8 – с. 85 – 88.
15. Зарубин А.А. // Вопросы создания и применения контакт-центров в условиях интеграции информационных и телекоммуникационных технологий//В сб. 4-ая Международная конференция «Состояние и перспективы развития Интернет в России», Ассоциация Документальной Электросвязи, Москва, 2003 г. – с. 161 – 163.
16. Зарубин А.А., Вольский В.А. Call-центр для технического обслуживания абонентов и CRM//Проблемы и системы эксплуатационного управления сетями связи в условиях конвергенции: Всероссийская конференция. 9 – 11 декабря 2003 г. Сборник трудов. – СПб., 2003. – с. 83 – 91.
17. Гольдштейн Б.С., Зарубин А.А. Контакт-центры мультисервисных сетей связи. Методические рекомендации к практическим занятиям (спец. 200900)/СПбГУТ, СПб, 2004. – 67 с.
18. Зарубин А.А. Call- и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей//56 Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов. 26 – 30 января 2004 г. Материалы/СПбГУТ. – СПб., 2004. – с. 7.

Подписано к печати __. __ 2004.

Объем 1 печ.л. Тираж 80 экз. Зак.

Тип. СПбГУТ, 191186 СПб, наб. р. Мойки, 61

Бесплатно