

На правах рукописи

ПОТАПОВ
Дмитрий Александрович

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ
РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ
НА БАЗЕ ОТКРЫТЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ**

**05.12.13 - Системы,
сети и устройства телекоммуникаций**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2007

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

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Б.С. Гольдштейн

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
Я.С. Дымарский

кандидат технических наук,
Н.А. Соколов

Ведущее предприятие ОАО «ИНТЕЛТЕХ» (Санкт-Петербург)

Защита диссертации состоится « 5 » апреля 2007 г. в 16:30 часов на заседании диссертационного совета Д 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 « 5 » марта 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 219.004.01
доктор технических наук, профессор

В.Ю. Волков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В эпоху конвергенции сетей связи все большее значение придается развитию новых инфокоммуникационных услуг. Усиление конкуренции в отрасли, а также повышение требований пользователей телекоммуникационных сетей привели к появлению качественно новых методов и средств предоставления услуг, основывающихся на интеграции возможностей телефонных сетей и сети Интернет. Важной особенностью данных методов стало наличие открытого программного интерфейса управления услугами, позволяющего сторонним провайдерам услуг в короткие сроки реализовывать и внедрять новые инфокоммуникационные услуги. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка узлов услуг на базе открытых интерфейсов, таких как Parlay API. Эти принципиально новые подходы к предоставлению современных инфокоммуникационных услуг, ориентированных на сети связи следующего поколения (NGN), делают актуальными исследования моделей и методов предоставления новых услуг связи, предпринятые в данной диссертационной работе.

Цель и задачи работы. Целью данной диссертации является разработка моделей и методов организации инфокоммуникационных услуг в сетях NGN, а также исследование вероятностно-временных характеристик (VBX) серверов услуг на базе открытых интерфейсов.

Исследование включает разработку методов оценки VBX систем реализации услуг в NGN с использованием открытых интерфейсов и определение рационального варианта построения узла услуг по критерию качества реализации услуг и при заданных исходных данных.

Поставленная цель определила необходимость решения следующих задач:

1. Анализ вариантов реализации услуг связи в NGN с использованием открытых интерфейсов.
2. Построение структурно-функциональной модели реализации телекоммуникационных услуг на базе открытых интерфейсов.
3. Разработка математической модели организации инфокоммуникационных услуг.
4. Исследование механизмов управления перегрузками.
5. Разработка алгоритмов вычисления характеристик систем с использованием открытых интерфейсов.
6. Оценка VBX систем реализации услуг.
7. Оптимизация характеристик систем на базе открытых интерфейсов при заданных ограничениях на стоимость и на интенсивности обслуживания требований.
8. Сравнительный анализ VBX классических узлов услуг и систем с использованием открытых интерфейсов.
9. Разработка методики расчёта требуемой производительности серверов Parlay API и пропускной способности каналов передачи данных для подключения приложений.

Состояние вопроса. Исследованию систем с использованием прикладных программных интерфейсов посвящены ряд работ Т.Г. Чуриной, Стефана Лью, Д. Харела, Дж. Андерсена. Однако, в данных работах акцент делается на алгоритмическую логику и поиск тупиковых ветвей. Для данных исследований используются различные языки описания алгоритмов, такие как SDL, LOTOS, Estelle и сети Петри.

В работах В.М. Вишневого, М.А. Шнепс-Шнеппе, К. Найберга, М. Кихла проводятся исследования систем предоставления услуг связи с использованием моделей и методов, применимых для изучения систем на базе открытых интерфейсов. Однако, в данных работах акцент делается исключительно на исследовании механизмов управления перегрузками.

Методы исследования. В процессе исследования использованы методы теории систем массового обслуживания, теории сетей очередей, методы алгоритмического моделирования с использованием сетей Петри, модели и методы оптимизации систем.

Научная новизна диссертационной работы заключается в предложенной модели систем организации инфокоммуникационных услуг на базе открытых программно-прикладных интерфейсов, новых методах и результатах исследования процесса предоставления инфокоммуникационных услуг и анализе задержек при предоставлении инфокоммуникационных услуг узлами сети NGN.

Личный вклад. Все результаты, составляющие содержание диссертационной работы, получены автором самостоятельно.

Практическая ценность и реализация результатов. Полученные формулы, методы, алгоритмы позволяют найти оптимальные параметры и вычислить характеристики, определяющие качество предоставления информационных услуг системами на базе открытых интерфейсов.

Результаты работы использовались при разработке и построении ряда сервисных платформ ПРОТЕЙ, используемых на сетях операторов холдинга "Связьинвест", а также интеллектуальной сети ОАО «Кыргызтелеком». Использование результатов диссертационной работы подтверждается соответствующими актами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научно-технических конференциях СПбГУТ (2002 – 2004), на конференции «Развитие инфокоммуникаций: экономический и технологический аспекты», (Санкт-Петербург, 2003).

Публикации. Материалы, отражающие основное содержание и результаты диссертационной работы, опубликованы в материалах научно-технических конференций и журналах отрасли - всего в 8 работах, одна из которых написана в соавторстве.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает содержание, список сокращений, список обозначений, введение, четыре главы, заключение и список литературы. Объем пояснительной записки - 148 страниц, 51 иллюстрация, 14 таблиц, список литературы насчитывает 128 наименований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Функциональная модель узла услуг, отражающая принципы реализации инфокоммуникационных услуг связи с использованием открытых интерфейсов.

2. Математическая модель системы организации услуг, учитывающая свойства поступающей нагрузки и процессов её обслуживания, и результаты её исследования.

3. Алгоритмы вычисления характеристик системы.

4. Сравнение характеристик узлов услуг с использованием открытых интерфейсов и без них.

5. Решение оптимизационной задачи по минимизации средней длины очереди требований на модулях системы при заданных ограничениях на стоимость и двухсторонних ограничениях на интенсивности обслуживания требований.

6. Сравнение результатов решения оптимизационной задачи с использованием редуцированной и полной формулировки основной теоремы математического программирования.

7. Методика проектирования узлов услуг сети NGN и экспериментальная проверка научных результатов диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, 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 эволюции систем предоставления услуг связи и методов их исследования с использованием теории массового обслуживания (рис. 1). Как показано в данной главе, конвергенция телекоммуникационных сетей и сети Интернет создает предпосылки к появлению сети следующего поколения (NGN), использующей новые способы предоставления услуг связи. Данные способы должны позволить реализацию широкого набора современных услуг и при этом обеспечить гибкую и простую структуру сети для возможности быстрой разработки и внедрения новых услуг. Отличительной особенностью серверов услуг сети NGN является наличие прикладных программных интерфейсов, которые позволяют отделить область исполнения и разработки услуг от сетевой инфраструктуры.

В первой главе диссертационной работы рассматривается модель обслуживания вызовов, функциональная плоскость услуг и физическая архитектура систем на базе интерфейса Parlay API, как наиболее распространенного, специфицированного и характерного прикладного программного интерфейса.

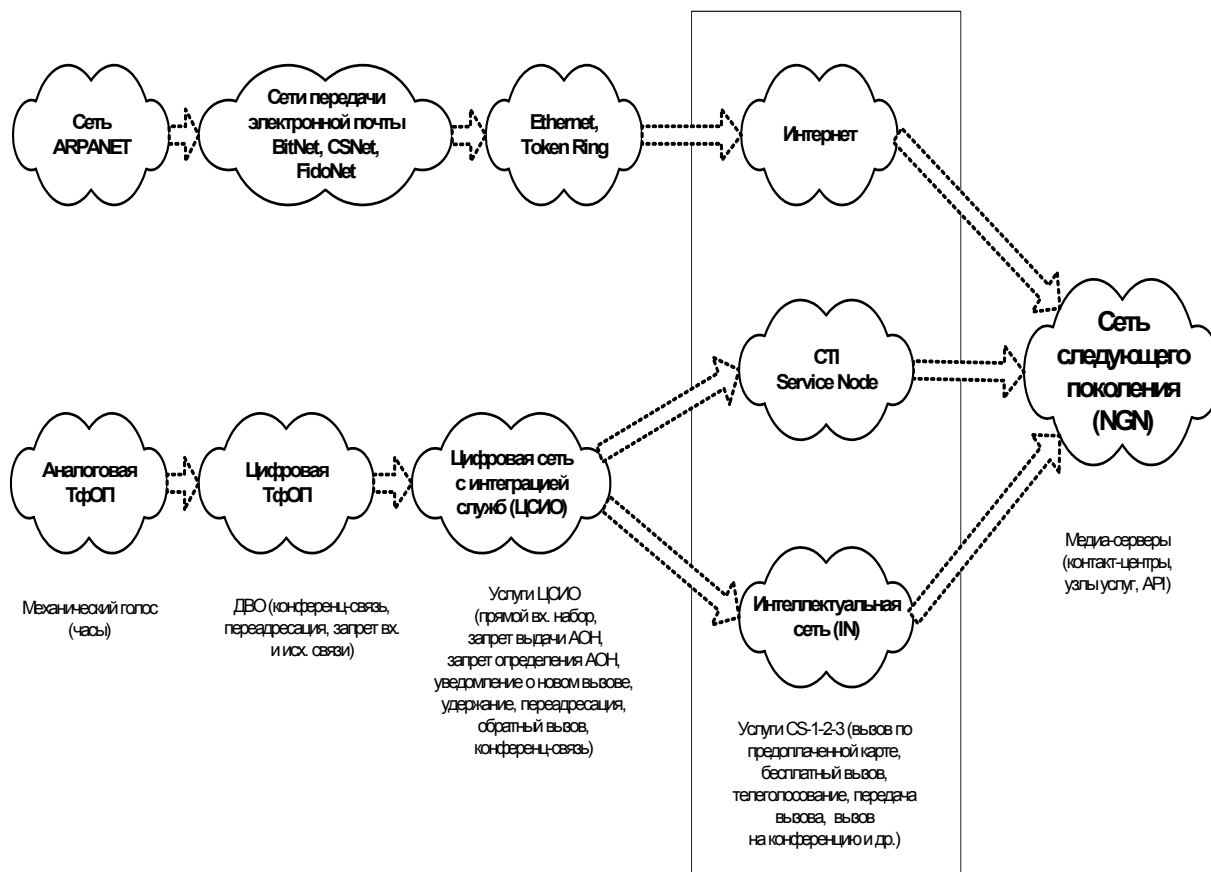


Рис. 1. Эволюция технологий предоставления услуг связи и компьютерных технологий

Обзор существующих моделей и методов анализа систем реализации услуг на базе API интерфейсов показал, что эта область является недостаточно изученной. В предшествующих работах по данной тематике делается акцент на алгоритмический анализ интерфейсов и методов предоставления услуг, без возможности вычисления и оценки вероятностно-временных характеристик. В главе определяются аналитические методы, которые могут быть использованы для исследования систем реализации услуг связи в сети следующего поколения.

В соответствии с проведенными исследованиями сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В главе 2 вводятся функциональные модели для распределенного и централизованного вариантов построения систем Parlay API, включающих сервер базовых услуг, серверы услуг и приложений. На основе функциональных моделей и анализа методов исследования систем предоставления услуг связи, проведенного в первой главе, разрабатывается математическая модель (рис. 2), позволяющая определять и исследовать ВВХ систем. Данная модель представляет собой конечное число обслуживающих узлов (M), между которыми циркулируют требования, переходящие в соответствии с маршрутной матрицей из одного узла в другой. Предусматривается вероятность поступления требований из внешнего источника, а также выход их из системы после завершения обслуживания.

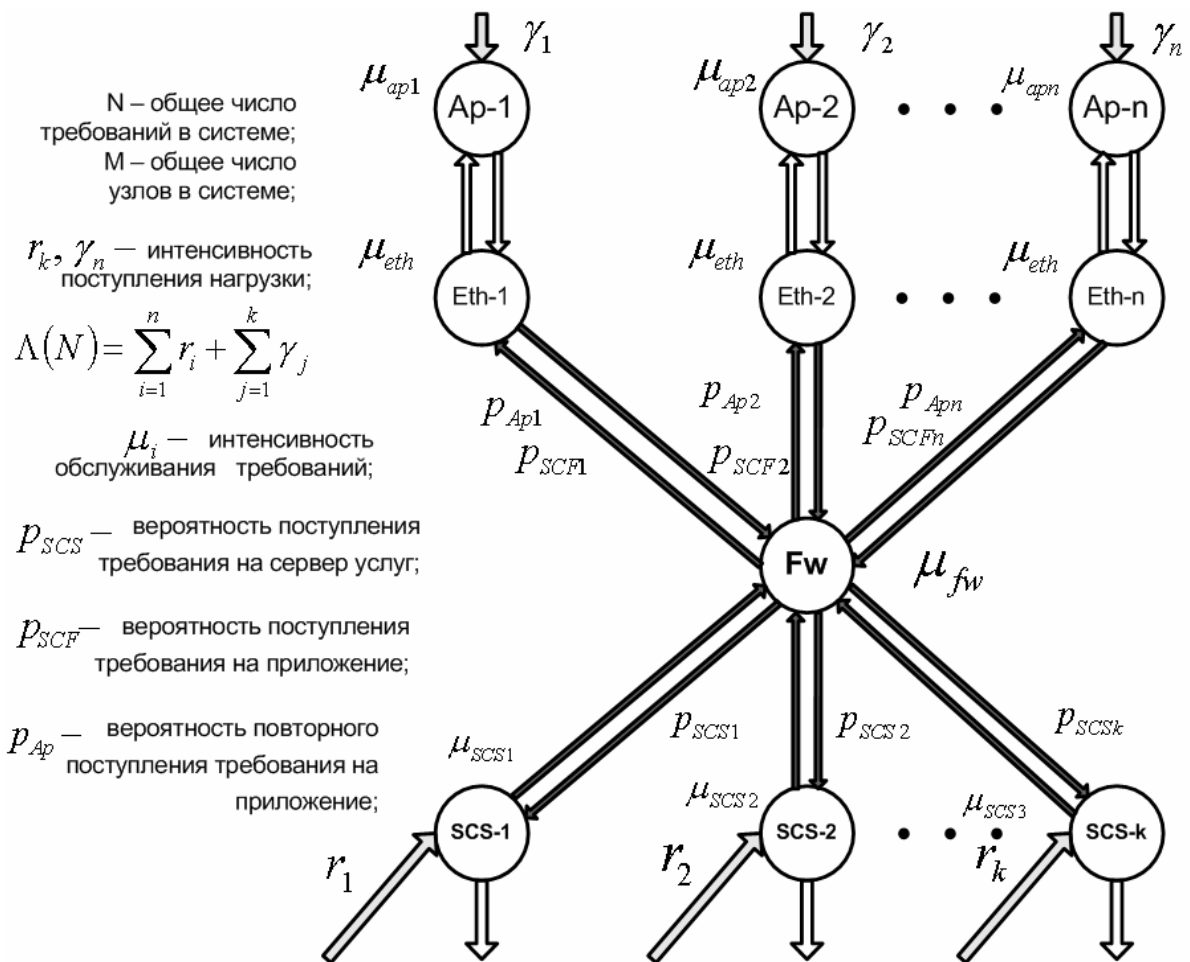


Рис. 2. Математическая модель системы с использованием открытых интерфейсов

Будем считать, что на вход системы поступает пуассоновский поток требований, так как основная нагрузка на систему формируется в виде телефонных вызовов, а время обслуживания требований в узлах системы распределено по показательному закону. Такая система называется открытой сетью массового обслуживания. Если в момент поступления требования все обслуживающие приборы узла заняты, то требование занимает место в очереди, где ожидает начала обслуживания. При этом требования обслуживаются в порядке их поступления. Под узлом обслуживания системы с использованием открытых интерфейсов будем понимать систему массового обслуживания, состоящую из l одинаковых приборов ($1 \leq l \leq \infty$) и буфера объемом C ($0 \leq C \leq \infty$).

В рамках данной работы искомыми характеристиками качества предоставления услуг системами на базе открытых интерфейсов приняты пропускная способность, средняя длина очереди требований и среднее время пребывания требования в узлах системы.

Основой для исследования открытых сетей массового обслуживания с интенсивностью входного потока $\Lambda(N)$ является формула Джексона для стационарных вероятностей:

$$P(n) = \frac{\Lambda^*(N)}{G(N)} \cdot \prod_{i=1}^M Z_i(n_i), \quad (1)$$

где $\Lambda^*(N) = \prod_{i=1}^M \Lambda(i-1)$ при $M = 1, 2, \dots$ – обозначение произведения интенсивностей

входного потока; $Z_i(n_i) = \frac{e^{n_i}}{\prod_{j=1}^{n_i} \mu_i(j)}$ – величины, характеризующие соотношение

коэффициентов передачи узла в степени n_i к произведению интенсивностей

обслуживания требований; $G(N) = \sum_{n \in S(N, M)} \Lambda^*(N) \cdot \prod_{i=1}^M Z_i(n_i)$ – нормализующая

константа, определенная из условия нормировки $1 = \sum_{n \in S(N, M)} P(n)$.

Через $S(N, M)$ обозначено множество M -мерных векторов с неотрицательными целочисленными координатами:

$$S(N, M) = \left\{ n; n_i \geq 0, \sum_{i=1}^M n_i = N \right\}.$$

Если интенсивность входного потока не зависит от числа сообщений в сети и равна $\Lambda(N) = \Lambda^{n_i}$, то выражение для $\Lambda^*(N)$ принимает следующий вид:

$$\Lambda^*(N) = \prod_{R=1}^M \Lambda(R-1) = \prod_{i=1}^M \Lambda^{n_i}.$$

В этом случае формула (1) преобразуется к виду

$$P(n) = \prod_{i=1}^M P_i(n_i),$$

где $P_i(n_i)$ – стационарная вероятность того, что в i -м центре, рассматриваемом изолированно, находится n_i требований:

$$P_i(n_i) = P_i(0) \cdot \Lambda^{n_i} \cdot Z_i(n_i).$$

Применение теории открытых сетей для исследования системы реализации услуг позволяет получить решение в мультипликативной форме, допускающей декомпозицию системы на отдельные узлы. Несмотря на то, что потоки в открытых сетях массового обслуживания с произвольной матрицей не пуассоновские.

Используя формулу (1), получены следующие выражения для определения характеристик системы.

Распределение требований для фиксированного общего числа требований в системе для i -го центра имеет вид:

$$P_i(n, N) = \frac{1}{G(N)} \cdot \sum_{n \in S(N, M), n_i = n} \Lambda^*(N) \cdot \prod_{j=1, j \neq i}^M Z_j(n_j) = \frac{\Lambda^*(n) \cdot Z_i(n)}{G(N)} \cdot g_i(N - n, m).$$

Полное распределение требований для i -го центра определяется:

$$P_i(n) = \sum_{\{N\}} P_i(n, N) = \frac{\Lambda^*(n) \cdot Z_i(n)}{G(N)} \cdot \sum_N g_i(N - n, m).$$

Данные характеристики выражены через вспомогательную функцию $g_i(n, m)$, равную:

$$g_i(n, m) = \sum_{n \in S(N, M), n_i \neq N-n} \Lambda^*(N-n) \cdot \prod_{j=1}^M Z_j(n_j) \quad (2)$$

Функцию (2) можно рассматривать как нормализующую константу для сети, в которой отсутствует i -й центр и находится n -требований.

Математическое ожидание числа сообщений в i -м узле, среднее время пребывания требований в i -м узле $T_i(N)$ и интенсивность выходящего потока требований (пропускная способность) из i -го узла $\lambda_i(N)$ получены из распределения требований $P_i(n, N)$:

$$\lambda_i(N) = \sum_{n=1}^N P_i(n, N) \cdot \mu_i(n), \quad (3)$$

$$L_i(N) = \sum_{n=1}^N n \cdot P_i(n, N), \quad (4)$$

$$T_i(N) = \frac{L_i(N)}{\lambda_i(N)}. \quad (5)$$

Полученные выражения зависят от нормализующей константы, представляющей сумму произведений $Z_i(n)$. При этом суммирование должно производиться по всем возможным комбинациям (по всем состояниям множества M -мерных векторов $S(N, M)$, мощность которого C_{N+M-1}^{M-1}). Таким образом, прямой расчёт нормализующей константы при достаточно большой сети и возможного количества требований в ней не всегда возможен.

Для определения нормализующей константы для закрытых сетей МО используются методы, в основе которых рекуррентный метод Бузена, названный в дальнейших работах методом свертки. Несмотря на то, что метод Бузена разработан для вычисления характеристик замкнутых сетей МО, он также может быть использован для вычисления нормализующей константы открытых сетей при ограничении максимального количества требований в системе.

Алгоритм расчёта Бузена сводится к простой итеративной процедуре. Нормализующая константа равна $G(N) = \sum_{n \in S(N, M)} \Lambda^*(N) \cdot \prod_{i=1}^M Z_i(n_i)$, где множитель $Z_i(n_i)$ в общем виде (для случая когда интенсивность обслуживания требований узла зависит от нагрузки) имеет следующий вид:

$$Z_i(n_i) = \frac{e_i^{n_i}}{\prod_{j=1}^{n_i} \mu_i(j)}.$$

Для определения алгоритма вычисления нормализующей константы введем в рассмотрение функцию

$$g(n, m) = \sum_{n \in S(n, m)} \Lambda^*(n) \cdot \prod_{i=1}^m Z_i(n_i).$$

Очевидно, что $g(N, M) = G(N, M)$ при $n = \overline{0, N}$, тогда

$$g(n, m) = \sum_{n \in S(n, m)} \Lambda^*(n) \cdot \prod_{i=1}^m Z_i(n_i) = \sum_{R=0}^n \left[\sum_{n \in S(n, m), n_m=R} \Lambda^*(n) \cdot \prod_{i=1}^m Z_i(n_i) \right] = \sum_{R=0}^n Z_m(R) \sum_{n \in S(n-R, m-1)} \Lambda^*(n) \cdot \prod_{i=1}^{m-1} Z_i(n_i) = \sum_{R=0}^n Z_m(R) \cdot g(n-R, m-1). \quad (6)$$

Формула (6) позволяет осуществить рекуррентное вычисление $g(n, m)$ при начальных условиях $g(n, 1) = \Lambda^*(n) \cdot Z_1(n)$, $n = \overline{1, N}$ и $g(0, m) = \Lambda^*(0)$, $n = \overline{1, N}$.

Табличное представление метода Бузена показано в табл. 1.

Искомое значение нормализующей константы $G(N)$ складывается из значений, полученных в крайнем правом столбце. Точность вычисления $G(N)$ определяется количеством рассмотренных требований в системе.

Таблица 1. Табличное представление метода Бузена

$n \setminus m$	1	2	...	$m-1$	m	...	M
0	$\Lambda^*(0)$	$\Lambda^*(0)$...	$\Lambda^*(0)$	$\Lambda^*(0)$...	$\Lambda^*(0)$
1	$\Lambda^*(0) \cdot Z_1(1)$	$g(0,1) \cdot Z_2(1) + g(1,1) \cdot Z_2(0)$...				
⋮	⋮						
$n-1$	$\Lambda^*(0) \cdot Z_1(n-1)$				$g(n-1, m)$		$g(n-1, M)$
n	$\Lambda^*(0) \cdot Z_1(n)$			$g(n, m-1)$	$g(n, m)$		$g(n, M)$
⋮	⋮						
N	$\Lambda^*(0) \cdot Z_1(N)$						$g(N, M)$

В данной главе диссертационной работы проводится исследование свойств характеристик открытых однородных сетей МО аналогично методу, использованному для закрытых сетей, для оптимизации вычислительных систем и сетей на базе открытых интерфейсов.

Проведенные исследования позволили сформулировать и решить следующую оптимизационную задачу - определение минимальной средней длины очереди ожидания серверов системы:

$$\min_{\mu_i} L_i(N) = \frac{\Lambda^*(n)}{G(N)} \cdot \sum_{n=1}^N Z_i(n) \cdot n \cdot g_i(N-n, m),$$

при заданном ограничении на общую стоимость системы

$$S = \sum_{i=1}^M c_i \cdot \mu_i^{\alpha_i} = S^*, \quad \mu > 0,$$

где $G(N)$ - нормализующая константа сети, $c_i = R_i \cdot \left(\frac{\omega_i}{a_i}\right)^{a_i}$; R_i, c_i - стоимостные коэффициенты в узле i ; b_i - быстродействие устройства в i -м узле; a_i - коэффициент нелинейности в узле i ; ω_i - общее число транзакций, необходимых к обработке для одного требования в узле i ; S^* - ограничения на стоимость системы.

Оптимальное решение задачи определяется методом неопределенных множителей Лагранжа. Составив функцию Лагранжа $Q = L + \gamma \cdot (S^* - S)$, где γ - множитель Лагранжа, и взяв частные производные и приравняв их к нулю, получим:

$$\mu_1^{\alpha_1} = \frac{S^*}{\frac{c_1 \cdot a_1}{D_1(N)} \cdot \sum_{i=1}^M \frac{D_i(N)}{a_i}}; \quad (7)$$

$$\mu_i^{\alpha_i} = \frac{D_i(N)}{D_1(N)} \cdot \frac{c_1 \cdot a_1}{c_i \cdot a_i} \cdot \mu_1^{\alpha_1}, \quad i = \overline{2, M}. \quad (8)$$

Вектор μ^* , являющийся решением системы уравнений, доставляет максимум целевой функции $L(\mu)$ при выполнении ограничения $S(\mu) = S^*$.

Приведенное решение оптимизационной задачи для открытых сетей массового обслуживания найдено без определения ограничений на величину μ_i . Как доказано в работах Я.С. Дымарского, такой метод может приводить к ошибкам, поэтому в диссертационной работе данная задача оптимизации решена с односторонним и двухсторонним ограничениями на интенсивность обслуживания требований.

Для решения оптимизационной задачи с двухсторонним ограничением на интенсивность обслуживания требований использовалась полная формулировка основной теоремы математического программирования, т.е. функция Лагранжа:

$$Q = L + \gamma \cdot (S^* - S) + \sum_{i=1}^M \xi_i (d_i - y_i), \quad \text{где } y_i \text{ переменные равные } y_i = \mu_i - \mu_{i0}, \quad \mu_{i0}$$

переменные, удовлетворяющие условию $\mu_{i0} = \min(\mu_i) > \lambda_i$, $\mu_{i_{\max}}$ - максимальные интенсивности обслуживания требований и $d_i = \mu_{i_{\max}} - \mu_{i0}$, $i = \overline{1, M}$.

Решением функции Лагранжа является система уравнений:

$$\mu_i = \begin{cases} d_i + \mu_{i0}, & i \in Z_1 = (1, 2, \dots, h), \\ \mu_{i0} \cdot \left(\frac{a_i \beta_i}{\gamma} \right)^{\frac{1}{a_i}}, & i \in \bar{Z}_1 \text{ и } \gamma < \beta_i, \\ \mu_{i0}, & i \in \bar{Z}_1 \text{ и } \gamma \geq \beta_i, \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{где } \beta_i = -\frac{D_i(N)}{c_i \cdot a_i \cdot (\mu_{i0})^{a_i}}, \quad \eta_i = -\frac{D_i(N)}{c_i \cdot a_i \cdot (d_i + \mu_{i0})^{a_i}}, \quad \gamma = -\frac{D_i(N)}{c_i \cdot a_i \cdot (y_i + \mu_{i0})^{a_i}}.$$

По полученным результатам главы 2 составлены зависимости основных характеристик системы (математического ожидания числа требований,

среднего времени пребывания требований и пропускной способности) от таких параметров, как количество узлов системы, поступающей нагрузки, интенсивности обслуживания нагрузки, вероятности повторного обслуживания заявки и др.

Результаты, полученные во второй главе диссертационной работы, положены в основу сравнительного анализа систем с использованием открытых программных интерфейсов и классических систем предоставления интеллектуальных услуг, проведенного в третьей главе. Примеры расчёта характеристик систем с открытыми интерфейсами, а также решения конкретных оптимизационных задач приводятся в четвертой главе.

В главе 3 на основании формул, полученных во второй главе, представлен пример вычисления основных характеристик узла услуг. В качестве примера рассматривается система с двумя серверами услуг, с которой взаимодействуют три приложения, реализующие определенные услуги. Используя аналитический метод Бузена, проводится вычисление нормализующей константы. Для определения распределения числа требований в модулях системы, вычисляются значения вспомогательной функции $g_i(n, m)$. После чего определяются пропускная способность, средняя длина очереди и среднее время пребывания требования в узлах системы.

В соответствии с поставленными задачами проводится сравнение характеристик классического узла услуг и системы на базе открытых интерфейсов. Зависимость среднего времени пребывания в системе требований для систем с открытыми интерфейсами и классическим узлом услуг представлена на рис. 3. Вычисления характеристик узла услуг проводились также с использованием формул (3)-(5). При этом учитывалось, что в классическом узле услуг отсутствует сервер базовых услуг и объединены функции коммутации и управления услуг.

Как видно из графика, при небольших нагрузках обработка требований в системе Parlay осуществляется медленнее. Это связано с архитектурными особенностями системы, т.е. разделением функций между серверами услуг и приложениями, добавлением процедур аутентификации и задержками при взаимодействии узлов системы через сеть передачи данных.

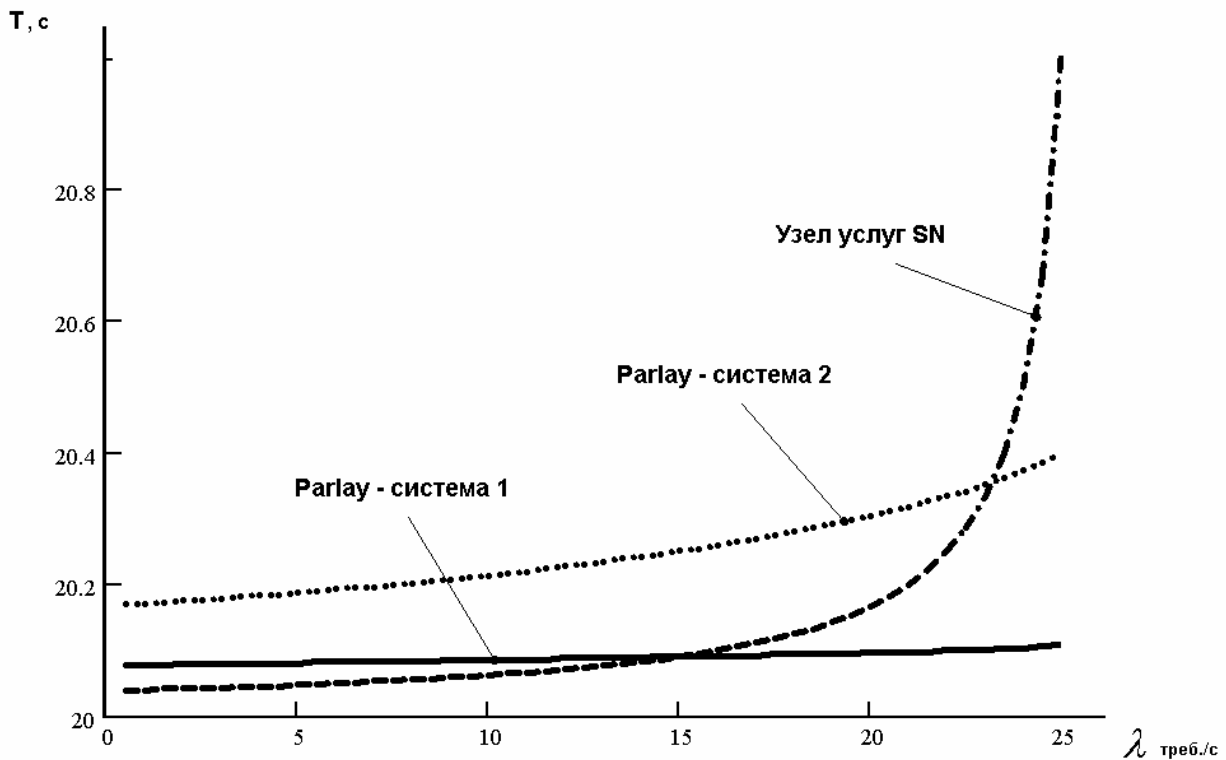


Рис. 3. Зависимость среднего времени пребывания требования в системе от интенсивности поступления требований на серверы услуг

С увеличением поступающей нагрузки характеристики систем на базе Parlay меняются незначительно, в то время как время обработки запросов на узле услуг растет. Таким образом, при определенных значениях использование открытых интерфейсов становится целесообразным.

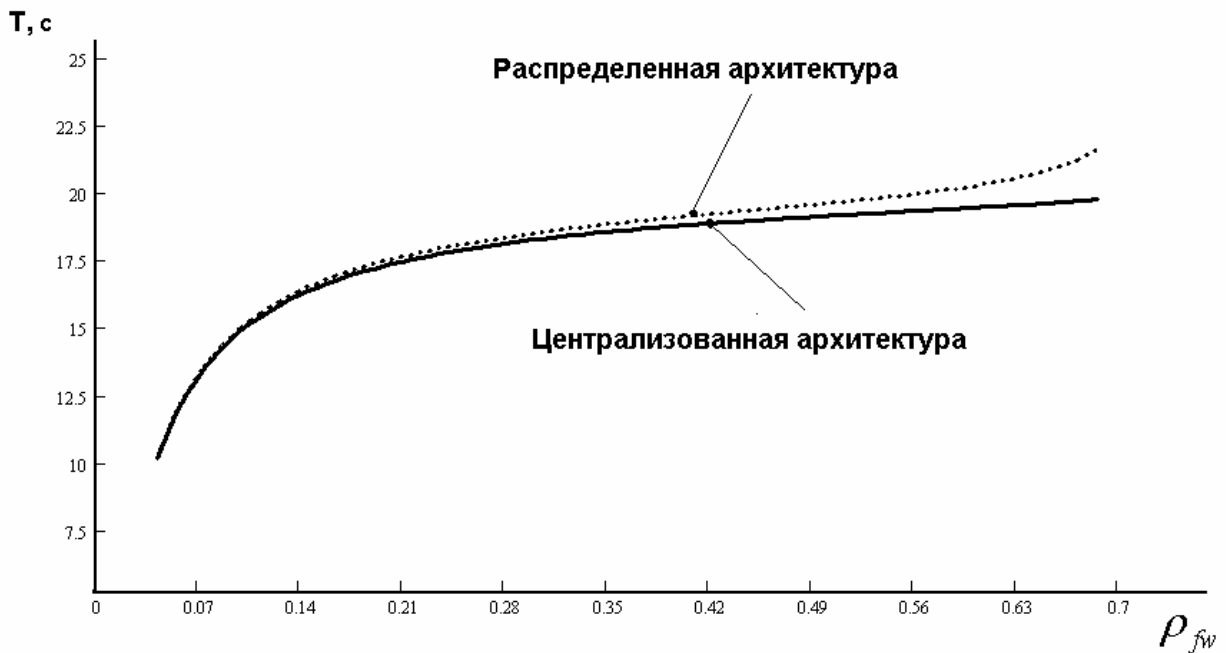


Рис. 4. Зависимость среднего времени пребывания требования в системе от коэффициента использования сервера базовых услуг

На рис. 4 представлены графики для централизованной и распределенной архитектуры построения системы с открытыми интерфейсами. Характеристики систем начинают значительно отличаться только при большой загрузке каналов передачи данных.

В заключение главы 3 составляется методика оценки производительности серверов и пропускной способности сети передачи данных.

Глава 4 посвящена вопросам практической реализации услуг на базе систем с использованием открытых интерфейсов. Приведены примеры современных услуг связи, варианты их реализации на основе открытых интерфейсов. Приводятся расчёты, выполненные для ИС ОАО «Кыргызтелеком», для определения оптимальных характеристик узлов сети.

Интеллектуальная сеть ОАО «Кыргызтелеком» (рис. 5), реализованная на базе платформы Протей с использованием открытых интерфейсов, обеспечивает предоставление практически всего списка наиболее востребованных услуг ИС.

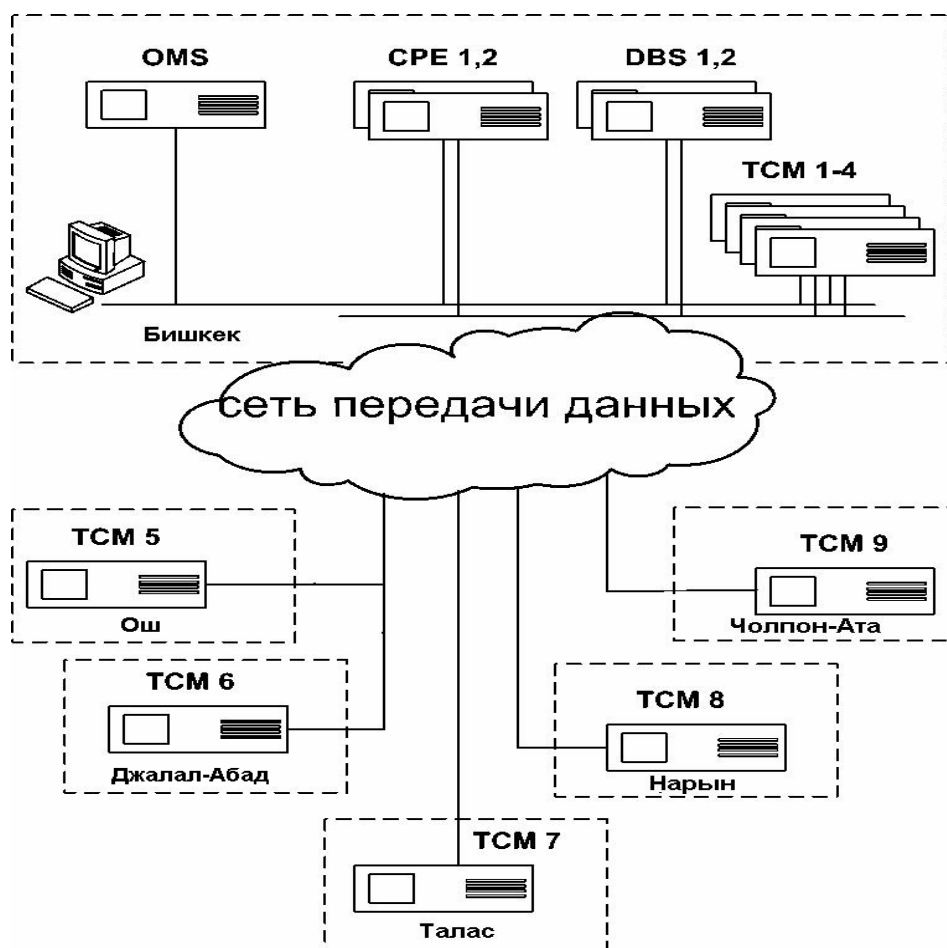


Рис. 5. Распределенная интеллектуальная сеть ОАО «Кыргызтелеком»

Для расчета требуемой производительности серверов данной сети были использованы математические модели и формулы, полученные во второй главе диссертационной работы. Основной задачей при исследовании данной сети было решение оптимизационной задачи по определению минимальной длины очереди на узлах системы при заданном ограничении по общей стоимости сети.

С целью проверки разработанных методов, данная задача была решена как упрощенным методом, так и с использованием полной формулировки основной теоремы математического программирования.

Для определения вектора μ^* , являющегося решением системы уравнений (7, 8 и 9), вычисления были проведены в несколько этапов. Используя характеристики стандартных серверов и исходные данные по нагрузке, были получены данные, необходимые для решения системы уравнений. Затем значения вектора μ^* были повторно использованы для достижения более точного результата. В табл. 2 представлены значения, полученные шестью итерациями при использовании метода среднеарифметических значений.

Таблица 2. Определение интенсивности обслуживания узлов сети с использованием среднеарифметических значений (треб./с)

	TSM-1	TSM-2	TSM-3	TSM-4	TSM-5	TSM-6	TSM-7	TSM-8	TSM-9	CPE-1	CPE-2	DBS-1	DBS-2
1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	1,000	1,000	1,000	1,000
	0,110	0,110	0,110	0,110	1,620	0,281	0,037	0,037	0,037	0,634	0,634	1,015	1,015
2	0,105	0,105	0,105	0,105	0,860	0,190	0,068	0,068	0,068	0,817	0,817	1,008	1,008
	0,167	0,167	0,167	0,167	0,039	0,132	0,117	0,117	0,117	1,642	1,642	1,478	1,478
3	0,136	0,136	0,136	0,136	0,449	0,161	0,093	0,093	0,093	1,230	1,230	1,243	1,243
	0,181	0,181	0,181	0,181	0,199	0,311	0,119	0,119	0,119	0,888	0,888	1,388	1,388
4	0,159	0,159	0,159	0,159	0,324	0,236	0,106	0,106	0,106	1,059	1,059	1,316	1,316
	0,146	0,146	0,146	0,146	0,384	0,165	0,101	0,101	0,101	1,304	1,304	1,281	1,281
5	0,152	0,152	0,152	0,152	0,354	0,200	0,103	0,103	0,103	1,182	1,182	1,298	1,298
	0,162	0,162	0,162	0,162	0,336	0,228	0,109	0,109	0,109	1,037	1,037	1,352	1,352
6	0,157	0,157	0,157	0,157	0,345	0,214	0,106	0,106	0,106	1,109	1,109	1,325	1,325
	0,153	0,153	0,153	0,153	0,352	0,202	0,104	0,104	0,104	1,196	1,196	1,292	1,292

Необходимость использования данного метода поясняет следующий рисунок. Если при повторных вычислениях не использовать среднеарифметические значения интенсивностей обслуживания, то получаемый результат не сходится.

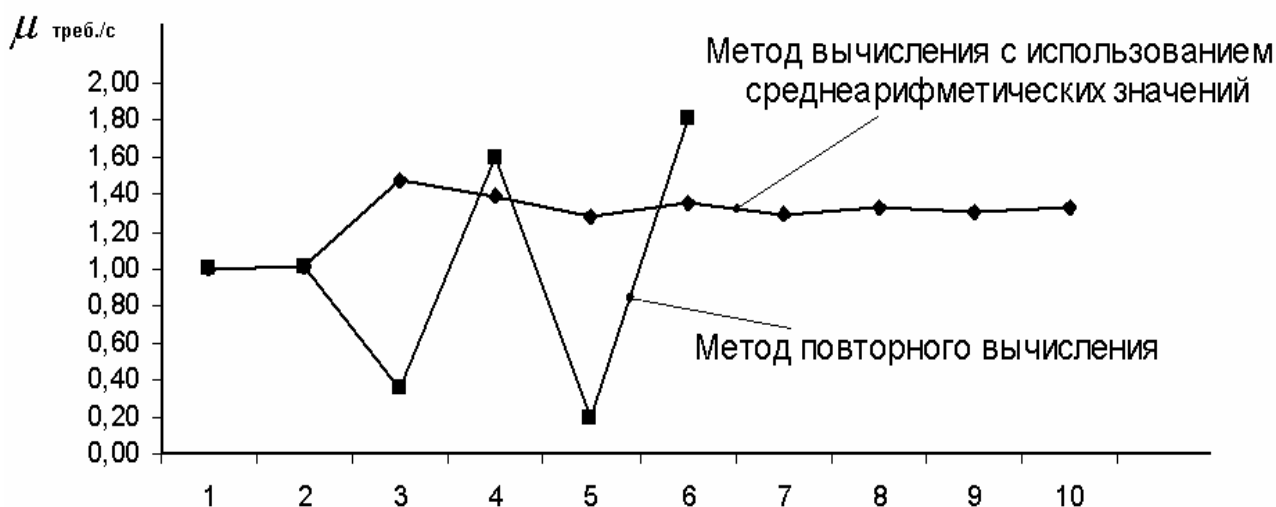


Рис. 6. Определение интенсивности обслуживания узла DBS-2

В ходе решения оптимизационной задачи с применением полной формулировки основной задачи математического программирования также потребовалось применение повторных вычислений с использованием полученных интенсивностей обслуживания.

После проведения аналогичного количества итераций для вычисления интенсивностей обслуживания серверов системы двумя методами были получены практически одинаковые результаты. Однако, как видно из рис. 7, разброс значений в последнем методе значительно меньше, а следовательно, он является более точным при вычислении приближенных значений. С другой стороны, для вычисления характеристик с использованием упрощенного алгоритма требуется значительно меньше операций.

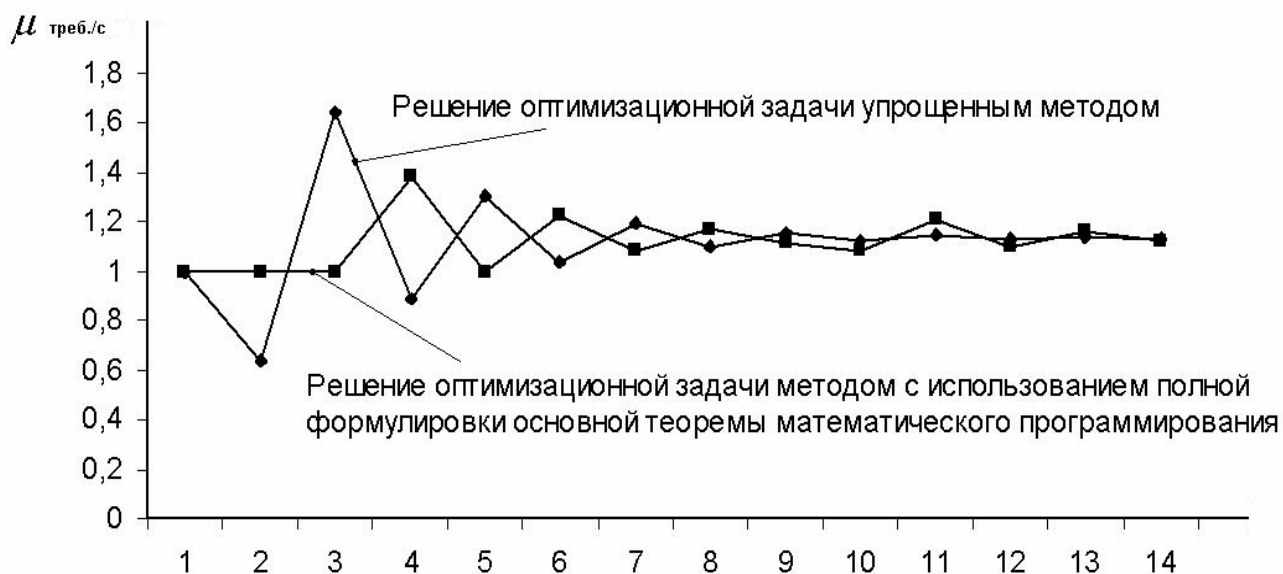


Рис. 7. Определение оптимальных интенсивностей обслуживания сервера CPE-1

Результаты вычисления позволили с высокой точностью определить требуемые характеристики для каждого узла сети, необходимые для обслуживания вызовов с заданным качеством и при ограничении по стоимости системы в целом.

Наблюдение за характеристиками системы ОАО “Кыргызтелеком”, находящейся в коммерческой эксплуатации более двух лет, показали высокую степень точности математического моделирования и эффективность разработанной методики проектирования.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе рассматривались процессы поступления и обработки запросов на выполнение услуг системами на базе открытых программно-прикладных интерфейсов. Исследовались аналитические методы анализа ВВХ, позволяющие определить качество предоставления услуг с целью определения оптимального построения узла услуг на основе открытых интерфейсов.

Получены следующие основные результаты:

1. Разработана функциональная модель и определены основные характеристики объекта исследования диссертационной работы – системы реализации услуг в NGN на базе открытых интерфейсов.

2. Разработана аналитическая модель системы реализации услуг на базе открытых интерфейсов. При использовании основной теоремы для открытых сетей Джексона, получены формулы для вычисления ВВХ системы: средняя задержка, производительность, средняя длина очереди.

3. Показана возможность применения метода Бузена в качестве вычислительного метода определения нормировочной константы.

4. Поставлена и решена оптимизационная задача определения минимальной средней длины очереди ожидания серверов системы при заданном ограничении по стоимости системы и двухстороннем ограничении на интенсивности обслуживания требований.

5. Выполнено сравнение характеристик классического узла услуг и системы на базе открытых интерфейсов. Показана эффективность архитектуры с использованием открытых интерфейсов при значительных нагрузках и большом разнообразии услуг.

6. Полученные аналитические методы применены для разработки и внедрения систем с открытыми интерфейсами на различных сетях.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Потапов Д.А. Алгоритмы реализации новых телекоммуникационных услуг с использованием технологий компьютерной телефонии // 54-я НТК: мат-лы. / СПбГУТ. - СПб, 2002. С. 13-14.
2. Потапов Д.А. Эволюция интеллектуальной сети в XXI веке: PIN подход // Биллинг. Компьютерная телефония. 2002. № 2. С. 7-9.
3. Потапов Д.А., Фрейнкман В.А. Открытые интерфейсы управления услугами при переходе к мультисервисным сетям // НК Экспо-Телеком: тез. докл. – СПб, 2002.
4. Потапов Д.А. Моделирование и анализ временных и вероятностных характеристик с помощью цветных сетей Петри // 55-я НТК: мат-лы. / СПбГУТ. - СПб, 2003. С. 4-5.
5. Потапов Д.А. Интеллектуальная платформа для построения узла услуг нового поколения. Возможности, варианты применения, опыт внедрения услуг. Контакт-центры и CRM в бизнесе современных телекоммуникационных операторов // НК «Развитие инфокоммуникаций: экономический и технологический аспекты»: тез. докл. – СПб, 2003. С. 3-4.
6. Потапов Д.А. Вероятностно-временные характеристики функционирования систем Parlay API // 56-я НТК: мат-лы. / СПбГУТ. - СПб, 2004. С. 7.
7. Потапов Д.А. Предоставление услуг с помощью открытых интерфейсов // Вестник связи. 2005. № 1. С. 44-48.
8. Потапов Д.А. Исследование характеристик Parlay-шлюза // Вестник связи. 2005. № 10. С. 74-78.

Подписано к печати 08.02.2007.

Объем 1 печ.л. Тираж 80 экз. Зак. 11

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