

На правах рукописи

НЬЯНГ Будал

**МОДЕЛИ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗОК В УЗЛАХ
УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ CAMEL**

05.13.13 – Телекоммуникационные системы и компьютерные сети

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2009

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича на кафедре Систем коммутации и распределения информации и в Научно-техническом центре Протей.

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

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Г. Г. Яновский

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
А. Р. Синяков

Ведущая организация: ЗАО "ИНТЕЛСЕТ"

Защита состоится «__» _____ 2009 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 219.004.02 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.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим высылать по указанному адресу на имя секретаря диссертационного совета.

Автореферат разослан «__» _____ 2009 г.

*Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент*

В.Х. Харитонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сегодня сфера телекоммуникаций проходит период фундаментальных изменений, таких как постоянный рост скоростей передачи, мобильность пользователей и усложнение услуг. В то же время, мы являемся свидетелями роста телекоммуникационной отрасли, выраженного в увеличении как количества пользователей и приложений, так и объема информационных потоков.

По мере увеличения количества услуг, внедренных Операторами связи, все более важной и сложной задачей становится управление сетевыми ресурсами для того, чтобы обеспечить необходимое качество услуг, предоставляемых абонентам. Особенно сложным является планирование интеллектуальных услуг на базе технологии CAMEL, которые, без ущерба для качества, могли бы гибко адаптироваться к изменению требований к использованию сетевых ресурсов. Именно этой причиной объясняется тот факт, что ситуация с перегрузкой элементов и узлов CAMEL периодически возникает в сети того или иного Оператора. Такие перегрузки, помимо того, что значительно снижают качество предоставляемой услуги, еще и ведут к крайней неудовлетворенности абонентов и приобретению ими негативного опыта при использовании CAMEL-услуг, что в дальнейшем может отразиться на популярности той или иной услуги, и, как следствие, на доходах Оператора. Последнее особенно важно в условиях открытого и насыщенного телекоммуникационного рынка, когда конкуренция между игроками идет практически за каждого абонента, и вопросы качества предоставляемых услуг начинают играть в этой борьбе все большую роль.

Задача стратегии управления нагрузкой – обеспечить оптимальное использование сетевых ресурсов в условиях, заданных физической и логической структурой контролируемой сети. Сети изначально разрабатываются для того, чтобы обеспечить оптимальное использование их ресурсов при обработке трафика определенной модели, под которую сети и проектируются. Однако новые услуги, внедряемые Операторами, и изменение поведения пользователей приводят к тому, что структура трафика изменяется, и сети становятся более чувствительными к перегрузкам. Данные, получаемые при контроле перегрузок, могут быть использованы для автоматического выявления долгосрочных тенденций, связанных с изменением структуры трафика, и формирования рекомендаций, касающихся перераспределения сетевых ресурсов.

В перспективных сетях, поддерживающих широкий спектр мультимедийных услуг, плата за пользование услугами будет начисляться (в том числе) на основе той полосы пропускания, которая выделяется пользователю (по аналогии с тем, как это сейчас происходит у провайдеров широкополосного доступа в Интернет), или которая фактически используется в процессе доступа к тем или иным услугам.

Более того, весьма вероятно, что цена полосы пропускания будет варьироваться сервис-провайдером в зависимости от окружающих условий (например, нагрузки сети), что может внести ценный вклад в оптимизацию ценообразования. В частности, при внедрении такой стратегии станет возможным детектировать изменения в поведении пользователей и, например, рекомендовать эксплуатирующему персоналу в определенных ситуациях увеличить цену полосы пропускания, с тем чтобы «охладить пыл» пользователей и тем самым снизить риск возникновения перегрузки.

Цель работы и задачи исследования. Целью диссертации является разработка моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, а также исследование вероятностно-временных характеристик (VBX) систем такой защиты.

Это исследование включает в себя разработку методов оценки вероятностно-временных характеристик систем защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL и определение рационального варианта модели защиты от перегрузок при известных исходных данных.

Исследование включает в себя разработку методов и механизмов защиты от перегрузок в серверах CAMEL и сравнение системы обслуживания без управления защитой от перегрузок с системой, в которой управление защитой от перегрузок предусмотрено.

Названная цель вызвала необходимость решения следующих задач:

1. Анализ методов и исследование механизмов защиты от перегрузок в системах «клиент-сервер»; построение структурно-функциональной модели системы управления услугами CAMEL.
2. Разработка математической модели организации управления защитой от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL и аналитические вычисления характеристик управления защитой.
3. Оценка VBX для сетей с разным количеством узлов; оптимизация характеристик управления защитой от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL.
4. Сравнительный анализ VBX системы обслуживания с управлением защитой от перегрузок и с системой без управления.
5. Разработка метода расчёта эффективности узлов CAMEL и пропускной способности каналов сигнализации/управления.

Состояние исследования. Исследованию модели защиты от перегрузок в Интеллектуальных сетях (IN) посвящены работы ряда авторов (B. Jennings, F. Lodge, P. Ginzboorg), однако в этих работах акцент делается на сигнализации OKC7 для фиксированных сетей ТфОП, на поиске оптимальных маршрутов и обходных путей в них.

Кроме того, авторы М.А. Шнепс-Шнеппе, А.Е. Кучерявый, А.В. Росляков проводили исследования систем предоставления услуг связи с использованием моделей защиты от перегрузок в классических Интеллектуальных сетях на базе ТфОП. Во всех этих работах акцент делается исключительно на исследовании механизмов управления такой защитой в фиксированной сети связи.

Методы исследования. В исследовании использованы методы теории массового обслуживания, методы алгоритмического моделирования с использованием сетей Джексона, а также модели и методы оптимизации систем.

Научная новизна диссертационной работы заключается в предложенной модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, новых методах и результатах исследования этой защиты и анализе временных задержек при перегрузке в узлах CAMEL.

Личный вклад. Все результаты, составляющие содержание работы, получены автором лично. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежит основная роль в постановке и решении задач и при обобщении полученных результатов.

Практическая ценность и реализация результатов. Полученные формулы, методы, алгоритмы позволяют найти оптимальные параметры и вычислить характеристики, определяющие качество предоставления интеллектуальных услуг на базе технологии CAMEL.

Теоретические исследования, выполненные в работе, доведены до инженерных решений. Основные результаты работы использованы в НТЦ Протей при построении платформы интеллектуальных услуг по технологии CAMEL, используемых в сети Оператора ОАО «Мегафон».

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и были одобрены на ежегодных научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых специалистов СПбГУТ, на 59-й, 60-й и 61-й научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ, на двух конференциях AFRICACOM «South Africa», на конференции «Joint Advanced Student School: The Turbo Principle in Communications», а также на заседаниях кафедры Систем коммутации и распределения информации СПбГУТ в 2005, 2006, 2007, 2008 и 2009 годах.

Публикации. Материалы, отражающие основное содержание и результаты диссертационной работы, опубликованы в изданиях научно-технических конференций и в журналах отрасли – всего в 7 работах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем пояснительной записки 118 страниц, 36 иллюстраций, 5 таблиц, список литературных источников насчитывает 116 наименований. В качестве приложений приведены акты о внедрении результатов диссертационной работы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Структурно-функциональная модель системы управления услугами CAMEL.
2. Математическая модель системы управления защитой от перегрузок в узлах CAMEL, учитывающая свойства поступающей нагрузки и процессов её обслуживания.

3. Решение задачи расчета задержек передачи запросов по сигнальным каналам узлов CAMEL, расчеты задержки запросов и определение пропускной способности каналов.
4. Алгоритмы вычисления характеристик механизмов защиты от перегрузок.
5. Сравнение двух механизмов защиты от перегрузки.
6. Обобщенная методика защиты от перегрузок узлов CAMEL и экспериментальная проверка научных результатов диссертации.

СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, рассматривается состояние исследуемой проблемы, сформулированы цели и задачи работы, перечислены основные научные результаты, полученные в диссертации, определены практическая ценность и область применения результатов, приведены сведения об апробации работы и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведен обзор существующих методов защиты от перегрузок в Интеллектуальных сетях и методов их исследования с использованием теории массового обслуживания и теории очередей.

Как показано в этой главе на примере реализации входящей связи для абонентов, предварительно оплативших услуги связи, (prepaid-абонентов) использование технологии CAMEL приводит к появлению большого числа новых сообщений, которых не было ранее при установлении базового сеанса входящей связи в сети GSM. Это требует учитывать изменение объема сигнальных данных при расчете нагрузки сети сигнализации/управления, а также объема оборудования, необходимого для стабильной работы сети сигнализации/управления, т.е. производительности узлов управления.

С учетом роста сигнальной нагрузки в первой главе диссертационной работы производится анализ существующих методов управления такой защитой. Рассмотрен наиболее распространенный метод защиты от перегрузок в системах клиент-сервер с очередями, использующих фильтрацию, а также характеристики идеализированных и реальных систем с использованием механизмов защиты от перегрузок. Обозначены наиболее важные задачи, связанные с применением этого метода:

- принцип выбора фильтрации;
- синхронизация интервалов управления между клиентом и сервером при передаче запросов фильтрации;
- синхронизации информации о текущем трафике.

Дальнейшее исследование существующих моделей управления при перегрузках связано с анализом работ, посвященных исследованию перегрузок в Интеллектуальных сетях, а именно, с механизмом

прореживания потока вызовов *call gapping*, который наиболее часто используется для управления защитой от перегрузок в узлах MSC/gsmSSF.

В этой же главе рассматривается улучшенный вариант механизма *call gapping*, который направлен на сокращение количества сообщений фильтрации, за счет чего уменьшается процент служебной информации. Недостатком такой системы является негибкий метод определения вероятности получения сообщения ответа, из-за чего данный метод сложно применим на практике, в частности, при роуминге.

На рис. 1 представлен пример подхода *call gapping* для прореживания потока вызовов путем фильтрации.

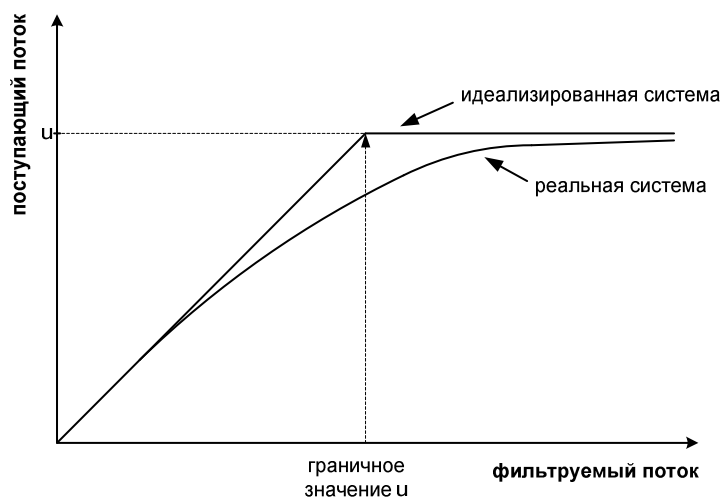


Рис. 1. Подход к прореживанию *call gapping* потока вызовов путем его фильтрации

В этой же главе рассматриваются математические модели, которые используются для анализа интеллектуальных сетей, в частности, работа М.А. Шнепс-Шнеппе, использующего модель обслуживания вызовов с очередями. В его работе учитываются возможные варианты защиты от перегрузок на основе классического алгоритма ITU-T для фиксированных сетей.

Во второй главе вводится структурно-функциональная модель, на основе которой строятся математическая модель системы защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL и упрощенная математическая модель системы защиты от перегрузок в шлюзе CAMEL. Основными элементами системы управления услугами CAMEL являются система защиты от перегрузок в шлюзах CAMEL и внешние приложения услуг CAMEL. Шлюз CAMEL Gateway взаимодействует с коммутаторами сетей мобильной связи стандарта GSM по протоколу CAP. Тем самым узлы гостевой и домашней сетей мобильной связи объединяются в Интеллектуальную сеть. Необходимым условием взаимодействия сетей мобильной связи является поддержка коммутаторами MSC функций узла

коммутации услуг (gsmSSF), а также поддержка возможностей обмена информацией домашним (HLR) и гостевыми (VLR) регистрами.

При построении математической модели узла управления услугами CAMEL с учетом механизмов управления перегрузками в диссертационной работе учитывалось, что

- система управления услугами CAMEL состоит из независимых объектов: серверов коммутации услуг и серверов управления услугами CAMEL;

- для взаимодействия между объектами модели используется протокол CAP системы ОКС7;

- взаимодействие шлюза CAMEL с внешними приложениями производится по протоколу TCP/IP через интерфейс API.

Для исследования перегрузок в IN-узлах рассматривается модель без внешних приложений, так как сигнальный обмен между сетевыми узлами и узлами IN содержит те процедуры и данные об услугах, поддержка которых обеспечивается сетью мобильной связи, обслуживающей пользователей в соответствии с поддерживаемой версией стандарта CAMEL.

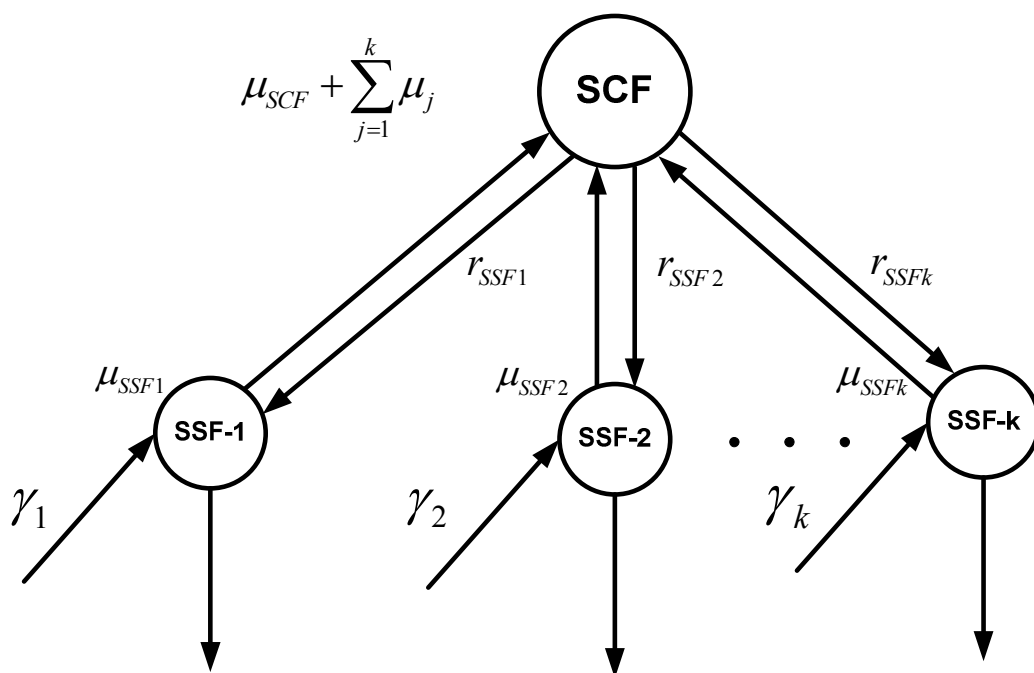


Рис.2. Математическая модель узлов управления услугами CAMEL для защиты от перегрузок

На основе математической модели (рис. 2) вычисляются ВВХ системы, такие как среднее количество запросов, пребывающих в системе, среднее время задержки запросов в системе и их зависимость от интенсивности поступающей нагрузки, интенсивности обслуженной нагрузки, числа узлов коммутации услуг (gsmSSF).

На основе этой же математической модели для шлюза CAMEL могут быть созданы аналитические методы исследования ВВХ системы. Такие модели полезны, в частности, когда они приводят к так называемым решениям в виде произведения.

Если во всех этих моделях поступающие потоки пуассоновские, время обслуживания в каждом узле распределено по экспоненциальному закону и не зависит от узла коммутации услуг (MSC/gsmSSF) и от узла управления услугами (gsmSCF), а маршруты от одной системы обслуживания к другой выбираются случайно с фиксированными вероятностями, то легко показать, что решения для такой системы получаются в виде произведения. Такие системы называются сетями Джексона (*Jackson networks*) по имени ученого, впервые показавшего, что они приводят к решению в виде произведения.

Рассмотрим сеть с M узлами, в j -м узле которой находится СМО с одной очередью и m_j обслуживающими приборами, время обслуживания в каждом из которых распределено экспоненциально со средним значением μ_j^{-1} . Пуассоновский поток источника имеет интенсивность λ . Типичная система обслуживания с указанием вероятностей перехода от узла к узлу системы (вероятностей маршрутов), включая возвращение на собственный вход, показана на рис. 3.

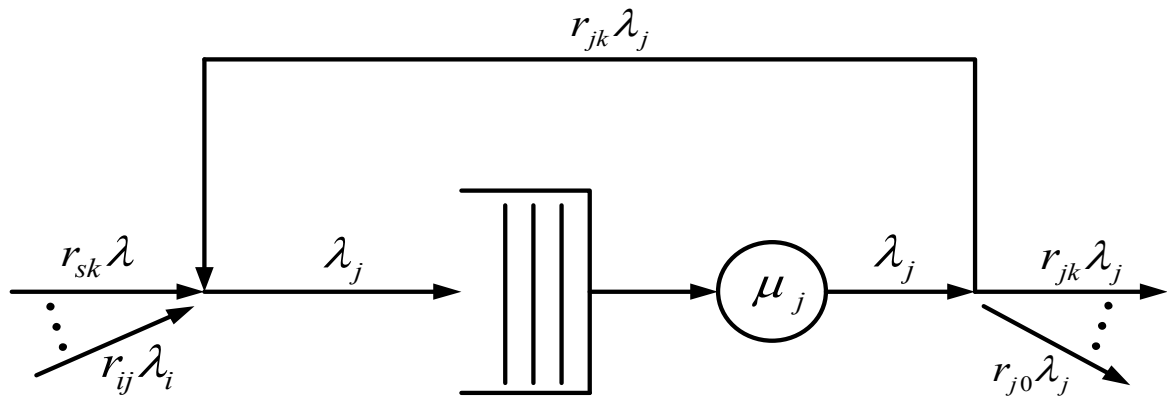


Рис. 3. Модель узла управления услугами

Вероятность того, что запрос после завершения обслуживания в узле j направляется в узел k , обозначена символом r_{jk} . Интенсивность обслуживания, как обычно, обозначена μ_j . Мы должны получить условие

$$r_{j0} = 1 - \sum_{k=1}^M r_{jk}, \quad (1)$$

где цифрой 0 обозначен пункт назначения.

Другое необходимое условие для входа и выхода каждого узла - непрерывность потока запросов. Обозначая интенсивность поступления запросов (или интенсивность уходов при бесконечной очереди запросов) через λ_j , получаем

$$\lambda_j = r_{sj} \lambda + \sum_{i=1}^M r_{ij} \lambda_i. \quad (2)$$

Наша цель – определить вероятность $p_j(x_j)$ того, что в узле j пребывает x_j запросов. Рассчитаем сначала векторную вероятность $p(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_M) = p(x)$.

В диссертации проведено доказательство теоремы Джексона в обозначениях и терминах этой работы:

$$p(x) = \prod_{j=1}^M p_j(x_j), \quad (3)$$

$$p_j(x_j) = (1 - \rho_j) \rho_j^{x_j}. \quad (4)$$

Разные узлы, хотя и связаны между собой и объединяются уравнениями непрерывности (1) и (2), ведут себя так, как если бы они были независимы.

В диссертации показано, что решение (3) и (4) удовлетворяет концепции глобального равновесия для векторной вероятности $p(x)$. Показано также, что векторная вероятность равна

$$p(x) = \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j} \right)^{x_j} p(x_1, x_2, \dots, 0, \dots, x_M) = \prod_{j=1}^M \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j} \right)^{x_j} p(0). \quad (5)$$

Чтобы найти $p(0)$, т.е. вероятность того, что все M узлов обслуживания пусты, необходимо просуммировать векторную вероятность $p(x)$ по всем возможным состояниям и приравнять результирующую сумму единице. Тогда

$$\sum_x p(x) = p(0)S = 1, \quad (6)$$

где сумма S выражается в виде

$$S = \sum_x \left[\prod_{j=1}^M \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j} \right)^{x_j} \right]. \quad (7)$$

Для осуществимого случая сумма S должна быть конечной. А если так, то теория указывает, что решение является единственным. При $S < \infty$ знаки суммы и произведения могут быть переставлены. Тогда, произведя указанное суммирование и обозначая через ρ_j отношение λ_j / μ_j , получим

$$S = \prod_{j=1}^M \sum_{x_j=0}^{\infty} \rho_j^{x_j} = \prod_{j=1}^M (1 - \rho_j)^{-1}. \quad (8)$$

На основании (6), (7) и (8) получается окончательный результат

$$p(x) = \prod_{j=1}^M (1 - \rho_j) \rho_j^{x_j} . \quad (9)$$

В качестве примера применимости равенства (9) приведем результаты расчета задержки запросов в системе CAMEL. Средняя задержка передачи запроса по каналу управления в системе описывается формулой

$$\bar{W}_{\text{зан}} = \sum_{i=1}^M \frac{\lambda_i}{\gamma_{\text{внеш}}} \cdot \left[\frac{1}{Q \cdot C_i - \lambda_i} \right], \quad (10)$$

где

C_i - средняя скорость передачи по i -му каналу,

$1/Q$ – средняя длина запроса,

$1/Q \cdot C_i$ – среднее время передачи запроса по каналу i .

Обозначим через γ_{jk} трафик, поступающий в систему для тех обращений с запросами, которые возникают в узле j и предназначены для узла k .

Среднее число запросов в единицу времени, проходящих по i -му каналу сигнализации/управления, равно $\lambda_i = \sum_j \sum_k \gamma_{jk}$.

Интенсивность полного внешнего трафика, поступающего в систему CAMEL, определим как $\gamma_{\text{внеш}} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M \gamma_{jk}$.

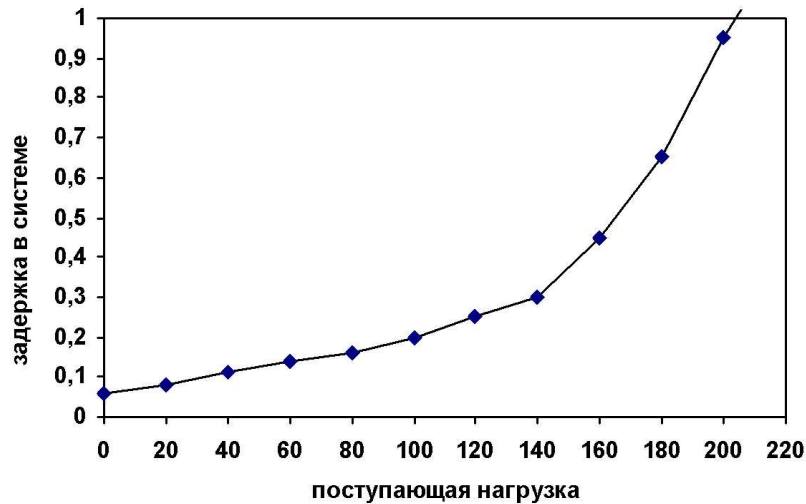


Рис.4. Зависимость задержки от нагрузки системы

При нагрузке больше 140 запросов/с задержка в системе начинает быстро нарастать.

Определим длину пути L_{jk} как число последовательно связанных каналов в этом пути и назовем ее n_{jk} . Тогда средняя длина всех путей в сети:

$$\bar{n} = \frac{\lambda_{пол}}{\gamma_{внеш}} = \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \frac{\gamma_{jk}}{\gamma_{внеш}} \cdot n_{jk} . \quad (11)$$

Рассмотрим теперь интенсивность полного трафика в сети. Вклад трафика между узлами j и k в полный трафик равен $\gamma_{jk} \cdot n_{jk}$, т.к. при движении по Интеллектуальной сети γ_{jk} запросов в секунду пройдут n_{jk} участков. Следовательно:

$$\lambda_{пол} = \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{k=1}^{M-1} \gamma_{jk} \cdot n_{jk} . \quad (12)$$

При анализе сети в работе используется теорема Форда-Фалкерсона о минимальном и максимальном потоке, который сеть может переносить между парой узлов (gsmSSF - gsmSCF).

Выражая среднюю задержку запроса $\bar{W}_{зан}$ через среднюю длину пути, получим:

$$\bar{W}_{зан} = \sum_{i=1}^{M-1} \frac{\lambda_i}{\gamma_{внеш}} \cdot \left(\frac{1}{Q \cdot C_i - \lambda_i} \right) = \bar{n} \cdot \sum_{i=1}^{M-1} \frac{\lambda_i / \lambda_{пол}}{Q \cdot C_i - \lambda_i} . \quad (13)$$

В сети, которая нагружена очень слабо ($\lambda_{пол} \rightarrow 0$), задержка запроса вычисляется по формуле:

$$W_0 = \bar{n} \cdot \sum_{i=1}^{M-1} p_i \cdot \frac{1}{Q \cdot C_i} . \quad (14)$$

Нагрузку, превышающую пропускную способность сети, т.е. $\gamma_{внеш} \rightarrow \gamma_{нс}$, можно найти следующим образом:

Для некоторого значения нагрузки $\gamma_{внеш}$ нужно определить наибольшее отношение – $\max_{0 < i < M} \frac{\lambda_i}{Q \cdot C_i}$.

Следует найти наименьшее $\gamma_{нс}$, при которой интенсивность нагрузки канала превысит его пропускную способность:

$$\gamma_{нс} = \frac{\gamma_{внеш}}{\max_{0 < i < M} \frac{\lambda_i}{Q \cdot C_i}} . \quad (15)$$

Для любой реальной сети процедура выбора маршрутов зависит от текущего трафика, и если нагрузка какого-либо канала сигнализации/управления превышает его пропускную способность, запрос направляется по обходным каналам.

Необходимо минимизировать время пребывания запроса в сети, удовлетворяющее ограничению: $D = \sum_{i=1}^{M-1} d_i \cdot C_i$, где d_i - стоимость пропускной способности i -го канала.

Для решения задачи будем варьировать пропускную способность C_i каналов сигнализации/управления.

Для минимизации средней задержки запроса $\bar{W}_{зан}$ в системе используем функцию Лагранжа и на этой основе получаем следующий результат

$$C_i = \frac{\lambda_i}{Q} + \frac{D_e}{d_i} \frac{\sqrt{\lambda_i \cdot d_i}}{\sum_{i=1}^{M-1} \sqrt{\lambda_i \cdot d_i}}, \quad (16)$$

где D_e – добавочная стоимость канала.

При таком наборе значений пропускной способности каждый канал будет иметь, по крайней мере, пропускную способность λ_i/Q и, кроме того, некоторую дополнительную пропускную способность.

Минимальная средняя задержка запроса в системе, пропускная способность каналов которой выбрана оптимально, может быть записано в виде:

$$\bar{W}_{зан} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{M-1} \sqrt{\lambda_i \cdot d_i} \right)^2}{\gamma_{внеш} \cdot Q \cdot D_e}. \quad (17)$$

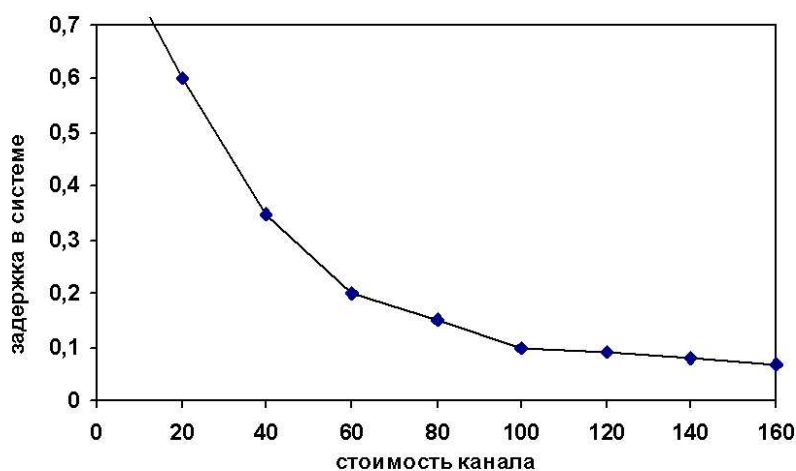


Рис. 5. Зависимость задержки от добавочной стоимости канала

Из рис. 4 и 5 видно, что защита от перегрузок используется для поддержания работоспособности серверов при обработке запросов в периоды резкого повышения нагрузки, а также для сохранения ресурсов сети СAMEL для предоставления услуг в условиях перегрузки. При разработке механизма такой защиты возникают две задачи: во-первых, как определить начало перегрузки и, во-вторых, как защищать сеть от перегрузки. Для определения начала перегрузки могут быть использованы результаты измерений интенсивности входящих потоков и среднего времени пребывания запроса в системе или переполнение очередей

запросами сверх установленных порогов. Применяемые методы защиты от перегрузки предусматривают механизмы управления интенсивностью потоков запросов, поступающих в систему на обработку.

В третьей главе рассмотрены две модели защиты от перегрузки в узлах управления услугами CAMEL.

Модель защиты от перегрузки путем блокировки обращений представляет собой систему обслуживания с конечной очередью, в которой удерживаются не более N обращений, а когда их станет ровно N , все новые обращения к услугам CAMEL блокируются. По этой причине необходимо различать два вида эффективности: эффективность работы с обращениями, т.е. число обращений, которые система может принять в единицу времени и эффективность обработки запросов, т.е. число запросов, обрабатываемых в единицу времени. Время обработки запросов изменяется также в зависимости от параметра N управления защитой от перегрузки. При уменьшении N соответственно уменьшается время обработки запросов, но за счет уменьшения эффективности работы с обращениями.

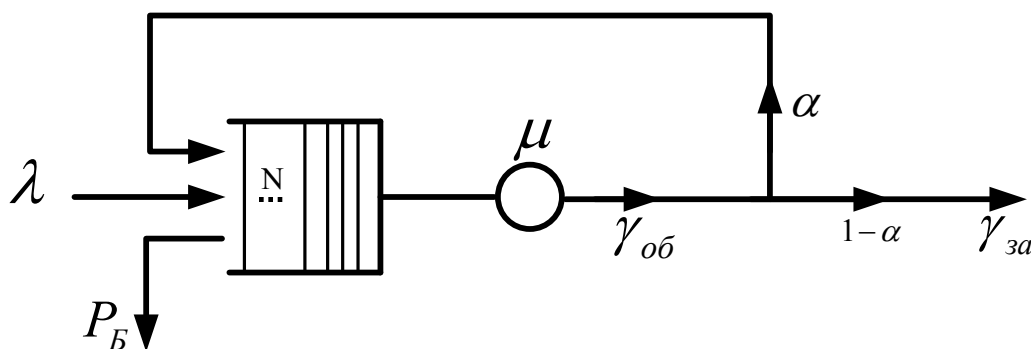


Рис. 6. Модель блокировки обращений

Рассмотрим теперь влияние блокировки обращений на эффективность. При уменьшении размера N буфера обращений они будут блокироваться более часто, и эффективность уменьшится. Вероятность блокировки обращения в точности равна

$$P_B = \frac{\rho^N (1 - \rho)}{[1 - \rho^{N+1}]}. \quad (18)$$

Относительно эффективности можно говорить для любых значений обслуженной нагрузки ρ , нормируя эффективность работы с обращениями относительно $\mu(1 - \alpha)$, т.е. максимального числа запросов в единицу времени в модели на рис. 6 ($1/\mu$ - это среднее время обработки запросов и $1/\mu(1 - \alpha)$ - среднее время работы с обращением). Определено, что нормированная эффективность работы с обращениями равна $g_{об} / m(1 - \alpha) = r(1 - P_B)$.

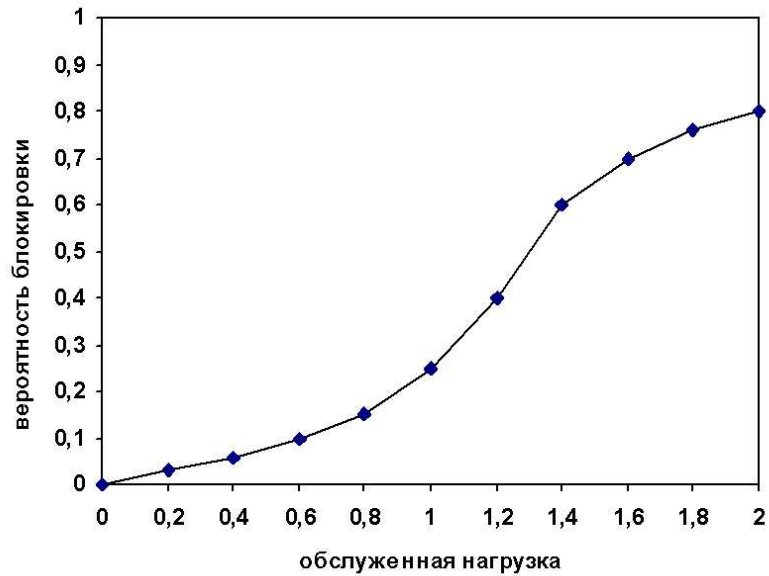


Рис. 7. Вероятность блокировки обращений как функция обслуженной нагрузки

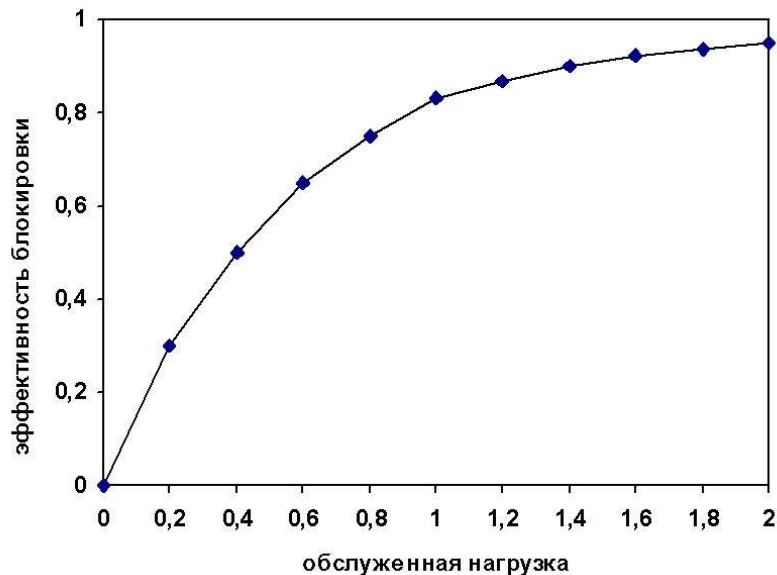


Рис. 8. Эффективность блокировки обращений как функция обслуженной нагрузки

Вероятность блокировки становится очень большой, и большинство обращений отклоняется, но очередь обращений всегда заполнена до максимального значения N , а эффективность обработки запросов достигает максимально возможного значения $\mu(1-\alpha)$ запросов в единицу времени. На рис. 7 и 8 эти понятия поясняются, соответственно, для вероятности блокировки P_B и эффективности управления блокировкой обращений $\gamma_{об} / \mu(1-\alpha)$.

Модель управления защитой от перегрузок путем задержки пребывания запросов в системе устроена так, что в ней имеется две очереди: одна с конечной очередью к шлюзу CAMEL (gsmSCF),

содержащей не более N запросов, и с внешней очередью ожидающих начала обработки запросов, которые после ожидания переходят во внутреннюю очередь к шлюзу.

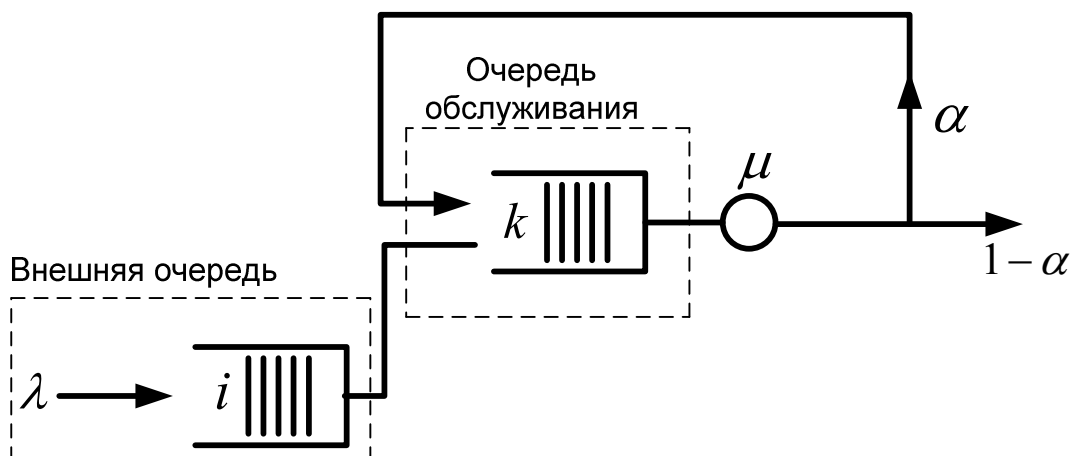


Рис. 9. Модель задержки запросов в системе

Если в очереди к системе ждут N запросов (включая находящийся на обслуживании), новые запросы поступают во внешнюю очередь. Если же в этой очереди находится меньше N запросов, они направляются непосредственно в очередь к gsmSCF. Предполагается, что в этой модели переход из одной очереди в другую происходит мгновенно. Внешняя очередь может рассматриваться как содержащая запросы, ожидающие ответ, и как задержки в этой очереди, которые мы будем называть задержками ответа. В этой схеме управления нет блокировок, поскольку внешняя очередь предполагается бесконечной.

Целью управления является регулировка задержки ответа, которая определяет общую задержку переноса запроса из одной очереди в другую. При уменьшении параметра управления, что соответствует более жесткой защите, задержка обработки запросов уменьшается за счет возрастания внешней очереди или за счет задержки ответа. Задержка обработки запросов, очевидно, зависит от среднего числа запросов во внутренней очереди.

Изменение среднего числа запросов в каждой из двух очередей при изменении параметра управления может быть легко показано на примере. Выберем точку большой нагрузки $\rho = 0,9$. Тогда среднее число запросов в обеих очередях всегда будет равно $\rho/(1-\rho)$ независимо от параметра управления. На рис. 10 показаны соответствующие кривые зависимости от параметра управления N в каждой из двух очередей.

Среднее число \bar{N} запросов во внутренней очереди можно интерпретировать как меру нагрузки центрального процессора, хотя прямое сравнение затруднительно из-за различия характеристик двух методов управления. Управление же путем задержки ответа ведет к ограничению задержки обработки запросов путем ограничения количества

вновь поступающих запросов, которые должны ожидать во внешней очереди.

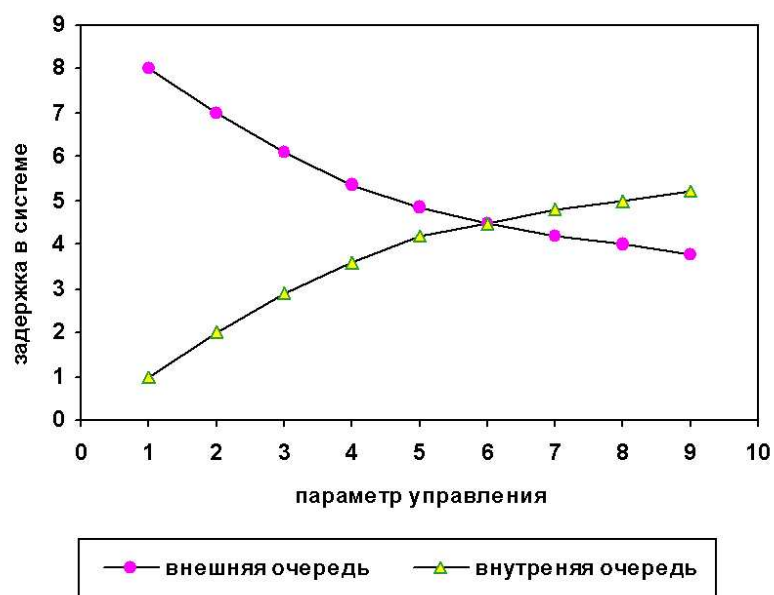


Рис. 10. Влияние параметра управления на среднюю длину очереди

Изучение двух механизмов управления перегрузками показывает, что они могут быть подобраны так, чтобы обеспечить одинаковые результаты в том, что касается задержки обработки запросов во внешней очереди и времени обработки запросов центральным процессором.

В четвертой главе проведена экспериментальная проверка системы управления нагрузкой, создаваемой услугами CAMEL в Интеллектуальных сетях на основе ПО НТЦ Протей для платформ CAMEL.

В этой главе проведено сравнение ВВХ, полученных аналитически, с экспериментальными данными. Сравнение результатов показывает, что те и другие данные совпадают с точностью до 5% .

Подтверждено также, что платформа Протей может использоваться для построения и для защиты существующих систем предоставления услуг CAMEL.

В заключении в краткой форме перечислены основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В работе рассмотрены модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL. Исследованы аналитические методы анализа вероятностно-временных характеристик защиты от перегрузок в этих узлах.

В работе получены следующие основные результаты:

1. Функциональная модель объекта исследования диссертационной работы – системы управления услугами CAMEL, учитывающая алгоритмы реализации услуг CAMEL, и основные характеристики функционирования систем реализации услуг: производительность, задержка сообщений и время ответа, определенные в соответствии с рекомендациями ETSI.

2. Аналитические модели защиты от перегрузок, применяемые для управления нагрузкой в Интеллектуальных сетях. В качестве аналитического метода исследования ВВХ выбрана теория открытых сетей Джексона. С использованием основной теоремы для открытых сетей в общем виде, получены формулы для вычисления характеристик системы: средняя задержка, производительность, средняя длина очереди.

3. Разработаны два метода защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL: метод блокировки запросов и метод задержки запросов т.е. создание внешнего буфера.

4. Поставлена и решена задача определения задержки в системе, анализ пропускной способности системы. Исследованы показатели эффективности управления защитой от перегрузки при входящей связи.

5. Выполнено сравнение двух методов защиты от перегрузок в интеллектуальных узлах. Доказана эффективность комбинированной защиты при значительных нагрузках и большом разнообразии услуг.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Boudal Niang, Freinkman V.A. A core element of network convergence. Communications Africa, April/May 2007.

2. Будал Ньянг. Механизм защиты CAMEL-шлюзов от перегрузок при обработке массового потока вызовов. 60-й НТК профессорско-преподавательского состава СПбГУТ, Санкт Петербург 2007.

3. Будал Ньянг, Гольдштейн Б.С., Потапов Д.А., Финстербуш Ш. 2-я попытка организации услуг третьей стороны. Вестник связи. № 4, 2008. *(В перечне ВАК)*.

4. Будал Ньянг. Модели защиты CAMEL ML-шлюзов. 62-я научная конференция СПбГУТ, Санкт Петербург 2008.

5. Будал Ньянг. Проблемы защиты от перегрузки в CAMEL-шлюзах. Вестник связи. № 8, 2008. *(В перечне ВАК)*.

6. Будал Ньянг. Анализ перегрузок в CAMEL-шлюзах. 61-НТК СПбГУТ, Санкт Петербург 2009.

7. Будал Ньянг. Исследование перегрузок в CAMEL-шлюзе. 63-я научная конференция СПбГУТ, Санкт Петербург 2009.

Подписано к печати 29.10.2009.

Тираж 80 экз. Объем 1 печ. л. Заказ №

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