

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Автоматическая электросвязь
Специальность: Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Допущен к защите
Зав. кафедрой АЭС
Чезимбаева К.С. к.т.н., доцент
« » _____2014г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка

Тема Анализ моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL.

Магистрант	Сандыкбаев А.Ж. подпись (Ф.И.О.)
Руководитель диссертации	Данилина Г.П. подпись (Ф.И.О.)
Рецензент	Капалова Н.А. подпись (Ф.И.О.)
Консультант по ВТ	Туманбаева К.Х. подпись (Ф.И.О.)
Нормоконтроль	Абиров Ж.А. подпись (Ф.И.О.)

Алматы 2013г.

Аннотация

В данной магистерской диссертации представлен анализ существующих моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, их сравнительный анализ, и улучшенная модель защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL.

Целью магистерской диссертации является повышение эффективности функционирования мобильной сети связи в условиях перегрузки в узлах управления услугами CAMEL.

Для достижения поставленной цели выполнен обзор существующих моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, определение достоинств и недостатков данных моделей, сравнения их и преимущества в применении, а также предоставление улучшенной модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL.

Полученные результаты магистерской диссертации позволят найти оптимальные решения для эффективного функционирования применяемой сети в условиях перегрузки в узлах управления услугами CAMEL и оперативного его устранения.

Андатпа

Осы магистырлық диссертацияда CAMEL басқару қызмет тараптарын артық жүктемеден қорғайтын қолданыстағы үлгіні талдау және олардың салыстырмалы талдаулары, сонымен бірге CAMEL басқару қызмет тараптарын артық жүктеледен қорғайтын үлгіні жақсарту ұсынылған.

Магистырлық диссертацияның мақсаты CAMEL басқару қызмет тараптарын артық жүктеме жағдайында мобильдық байланыс жүесі қызметінің эффективтілігін артыру.

Қойылған мақсатқа жету үшін CAMEL басқару қызмет тараптарын артық жүктеледен қорғайтын қолданыстағы үлгілерге шолу жасалған. Осы ұсынылған үлгілердің артықшылықтарымен кемшіліктері, олардың қолданыстағы артықшылықтары және қорғанысты жақсарту үлгілері көрсетілген.

Магистырлық диссертацияны зертеу нәтижесі CAMEL басқару қызмет тараптарын артық жүктеме жағдайында қолданылатын жүйенің тиімді қызмет жасауна әкелетін ыңтайлы шешім табуға мүмкіндік береді.

Содержание

Введение	11
1 Сложности защиты от перегрузок при применении технологии CAMEL	13
1.1 Общие понятия технологии CAMEL	13
1.2 Логика предоставления услуг абонентам CAMEL	16
1.3 Специфика трафика системы CAMEL	16
1.4 Функциональные возможности серверов в системах клиент сервер	20
1.5 Перегрузки в интеллектуальных сетях	23
1.6 Модели систем обслуживания вызовов	29
1.7 Постановка задачи	32
1.8 Выводы	33
2 Математическая модель процесса функционирования системы управления услугами CAMEL	33
2.1 Функциональная модель систем управления услугами CAMEL	33
2.2 Математическая модель системы защиты от перегрузок в системе CAMEL	36
2.3 Вероятностно-временных характеристики интеллектуальной сети	38
2.4 Выводы	42
3 Обзор существующих моделей от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL	42
3.1 Механизмы защита от перегрузок в системе CAMEL	42
3.2 Незащищенная система обслуживания от перегрузок	43
3.3 Система обслуживания путем блокировки обращений от перегрузок	44
3.4 Система обслуживания путем задержки пребывания запросов в системе	49
3.5 Сравнения двух методов управления обработкой запросов	51
3.6 Выводы	52
4 Экспериментальные анализ эффективности защиты от перегрузок в узлах системы CAMEL	53
4.1 Экспериментальный опыт проверки метода посылки фильтрованного запроса	53
4.2 Виды услуг на базе технологии CAMEL	60
4.3 Управление услуг в сетях IMS с применением технологии CAMEL	60
4.4 Выводы	61
Заключение	63
Список сокращений	64
Список литературы	66

Введение

В настоящее время телекоммуникационная отрасль быстро прогрессирует, происходят фундаментальные изменения в увеличении скорости передачи, ориентация на требования пользователей, увеличение их количества, развитие сферы услуг и объемов информационных потоков.

С каждым годом мобильные операторы связи, создают и предлагают своим пользователям новые услуги, ориентированные на интересы потребителей. Для любой телекоммуникационной сети, для обеспечения необходимого качества услуг, одной из основных задач, является стратегия управления нагрузкой, что означает обеспечение оптимального использования сетевых ресурсов. Проблематичным является создание услуг с применением технологии CAMEL (Customized Application for Mobile Network Enhanced Logic), так как при внесении изменений в использовании сетевых ресурсов и их адаптации важно поддержание необходимого качества.

У многих операторов возникают проблемы связанные с перегрузкой элементов и узлов в CAMEL, которые влияют на качество телекоммуникационной услуги и ведет к росту неудовлетворенности клиентов и формирование негативного отношения к CAMEL-услугам, что в последующем приводит к снижению репутации на рынке и снижению конкурентно способности данного оператора связи. В настоящий момент в Казахстане ощущается острая конкурентная борьба за каждого абонента и вопросы качества предоставляемых услуг играют решающую роль.

Основной задачей в управлении нагрузкой является оптимальное использование сетевых ресурсов в условиях используемой сети. При разработке, проектировании и внедрении сетей, основной задачей является оптимальное использование ресурсов при обработке трафика. Новые виды услуг приводят к изменению трафика, что в последующем влияет на стабильность сети. Для того, чтобы уменьшить чувствительность сетей, можно использовать данные, получаемые при работе с перегрузками и создать список рекомендаций, связанных с переназначением сетевых ресурсов.

В современных сетях, для поддержания достаточного спектра услуг, происходит оплата на основе разрешенного диапазона частот, выделяемых провайдером (например Казахтелеком) пользователю. Цена полосы пропускания определяется провайдером с учетом факторов, в том числе нагрузки сетей, что в свою очередь влияет на ценовую политику. Например, провайдер может предопределять решения абонентов в свою пользу, например увеличении стоимости полосы пропускания приведет снижению количества абонентов, тем самым снизит частоту проявления перегрузок. Таким образом, задача защиты сети от перегрузок является **актуальной**.

Целью магистерской диссертации является повышение эффективности функционирования мобильной сети связи в условиях перегрузки в узлах управления услугами CAMEL.

Исследования включает анализ применяемых моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, определение достоинств и недостатков данных моделей, сравнения их и преимущества в применении.

Исследования определяют анализ результативности функционирования применяемых методов защиты от перегрузок на серверах CAMEL, с ситуациями не применении их.

Для реализации цели необходимо решение следующих задач:

1. определить сложность защиты от перегрузок при применении технологии CAMEL;
2. проанализировать математическую модель процесса функционирования системы управления услугами CAMEL;
3. проанализировать существующие модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, определить их достоинства и недостатки;

4. учитывая плюсы и минусы существующих моделей, предложить улучшение в модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL

Научная новизна магистерской диссертации заключается в улучшения существующей модели защиты от перегрузок, путем посылки фильтрованного запроса в определенной пропорции p от общего числа сообщений, вместо отправления запроса фильтрации и результатов исследования управления этой защитой в узлах CAMEL.

Практическая значимость магистерской диссертации. Полученные результаты магистерской диссертации позволят найти оптимальные решения для эффективного функционирования применяемой сети в условиях перегрузки в узлах управления услугами CAMEL и оперативного его устранения.

Публикация. Материалы, данной диссертации докладывались на научно-технической конференции магистрантов АУЭС в октябре 2013 года, опубликованы в сборнике научных трудов «Энергетика, радиотехника, электроника и связь, часть 3. Радиотехника, электроника и связь».

1 Сложности защиты от перегрузок при применении технологии CAMEL

1.1 Общие понятия технологии CAMEL

В настоящее время между мобильными операторами происходит обостренная конкуренция, в связи со снижением показателя среднего дохода на одного абонента (ARPU) от голосовых вызовов, операторы вынуждены создавать и модернизировать новые виды услуг, тем самым привлекая новых абонентов.

Применяемые технологии обмена сообщениями SMS / EMS (картинки, логотипы, мелодии) не столь востребованы среди пользователей и даже появление технологии MMS не принесло ожидаемого результата и популярности. Одним из альтернативных и перспективных источников получения дохода и прибыли для мобильных операторов, является технология CAMEL.

CAMEL - набор стандартов, реализующих интеллектуальные услуги в GSM и UMTS сетях. Система управления услугами CAMEL состоит из системы защиты от перегрузок в шлюзах CAMEL и внешних приложений.

Данная технология позволяет существенно поменять спектр предоставляемого сервиса услуг, доступных абоненту в сети GSM, как в части голосовых вызовов между абонентами, так и в части обмена сообщениями (SMS) и выхода в Интернет (GPRS).

Востребованность данной технологии CAMEL заключается в предоставлении абоненту, находящегося в гостевой сети (роуминг), все услуги, которыми он пользовался в домашней сети, тем самым создается необходимое виртуальное домашнее окружение - Virtual Home Environment (VHE) и алгоритм доступа к услугам остается постоянным, как и в домашней сети, при этом абонент не зависит от гостевой сети. Огромным преимуществом использования данной технологии при нахождении абонента за рубежом, возможность оператора мобильной связи предоставлять информацию клиенту о стоимости данных услуг в настоящий момент.

При применении технологии не требуется дополнительной модернизации сетевого оборудования операторов (помимо собственно поддержки протокола CAMEL) или подключения голосовых каналов для передачи голосового трафика через транзитные узлы сети. За счет этого технология CAMEL является наиболее результативным средством предоставления клиентам дополнительных услуг, связанных с интеллектуальной маршрутизацией вызовов, и услуг для абонентов гостевой сети.

Одно из преимуществ услуг, применяемых «поверх» протокола CAMEL, заключается в отсутствии проведения международной стандартизации или какого-то специального взаимодействия между операторами мобильной связи. В связи с этим услуга предоставляемая оператором связи, с использованием технологии CAMEL, становится доступной всем абонентам оператора.

При разработке и внедрении эксклюзивных услуг, возможно два основных подхода. Первый подход, когда на сети оператора применяется комплекс SCP/SCCP, на основе которого инженеры оператора создают услуги. У данного подхода имеются существенные недостатки: срок окупаемости проекта или же его стоимость, наличие квалифицированных кадров для разработки, внедрения услуги и его продвижения на рынке. Вторым подходом подход к предоставлению услуг на базе технологии CAMEL.

Возможность предоставлению услуг на базе технологии CAMEL, заключается в установке шлюза вместо традиционного узла SCP, основным назначением которого является взаимодействие с коммутационными узлами MSC/SSP по протоколу CAP и обеспечение возможности управления вызовом в сети GSM со стороны внешних приложений, которые подключаются к серверу через прикладной программный интерфейс (API).

Одним из первых компаний реализующих данный подход является НТЦ «ПРОТЕЙ» (Россия). Шлюз CAMEL Gateway на базе технологии CAMEL предоставляет услуги роуминга prepaid абонентам в сетях мобильной связи стандарта GSM, а также других видов услуг с использованием протокола CAP.

Данный сервер CAMEL Gateway дает возможность управлять вызовом сети GSM со стороны внешних приложений, подключенные к шлюзу через прикладной программный интерфейс API.

Применение открытых API-интерфейсов дает новые возможности для контент- и сервис-провайдеров, так как создание аппаратно-программного комплекса, соответствующего узлу SCP сети и взаимодействующего с ним оборудованием сетей связи, по протоколам CAP, дает возможность для работы крупных телекоммуникационных компаний-разработчиков, а разработка программных приложений, даже сложных, под силу многим ИТ-компаниям.

Наличие сервера поддержки услуг на базе технологии CAMEL, предоставляет возможность сотовому оператору находить внешних сервис-провайдеров, которые создают новые услуги, предоставляемые абонентам, тем самым увеличивая конкурентоспособность.

Сервер поддержки услуг на базе технологии CAMEL обеспечивает возможность управления предоставлением услуг связи узлами сети GSM по командам от внешних приложений, подключаемых с использованием открытых API-интерфейсов. Единая стандартизация интерфейсов предоставляет возможность реализации услуг в больших масштабах, т. е. при перемещении абонента между зонами действия территориально удаленных GSM-операторов, как в домашней, так и в гостевых сетях.

Одной из наиболее актуальных услуг, предоставление которых может быть организовано, является услуга «горячего» биллинга для всех абонентов сотовой сети.

При исследовательских работах проанализирована разработка функциональной структуры шлюза CAMEL Gateway, разработанного Российской компанией НТЦ «ПРОТЕЙ».

На рисунке 1[1] приведена структура функционального шлюза CAMEL Gateway.

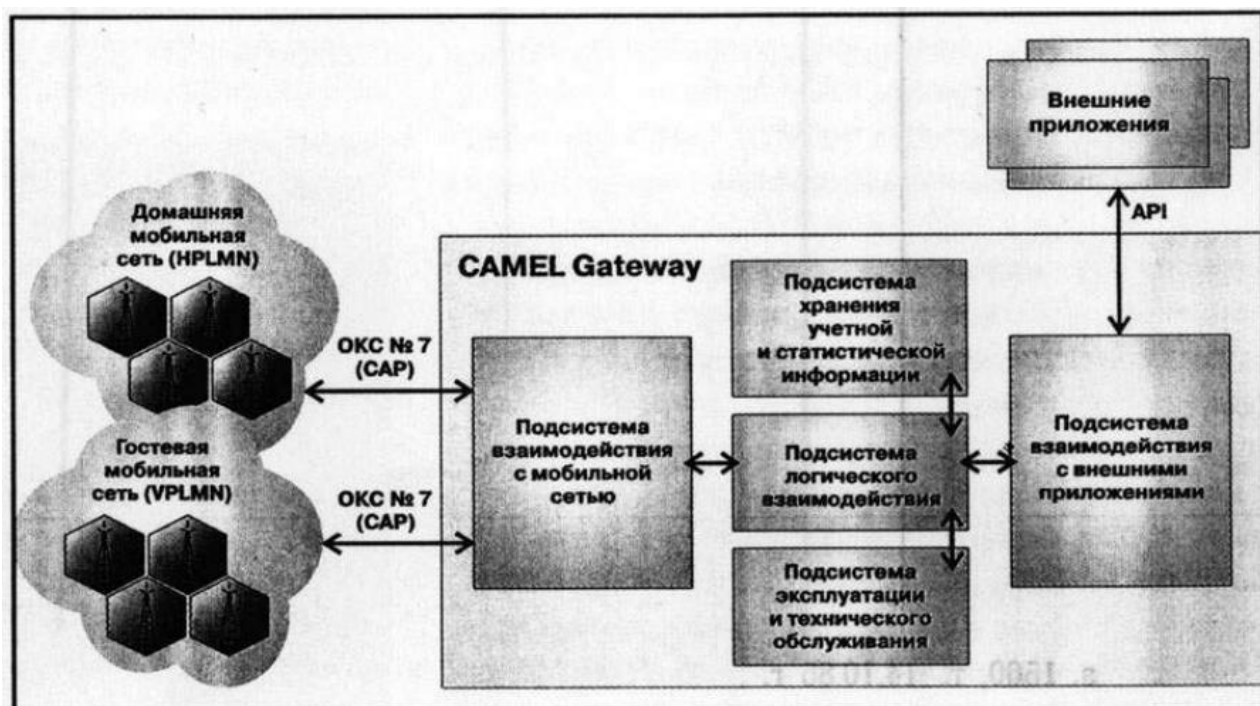


Рисунок 1 - Структура функционального шлюза CAMEL Gateway

CAMEL Gateway состоит из функциональных блоков:

- подсистема взаимодействия с мобильной сетью выполняет функции взаимодействия с мобильными сетями по протоколу сигнализации ОКС №7 (CAP);
- подсистема взаимодействия с внешними приложениями осуществляет функции взаимодействия с внешними API-приложениями;
- подсистема логического взаимодействия выполняет функции преобразования логики предоставления услуг абонентам на основе процедур API и CAMEL;
- подсистема хранения учетной и статистической информации осуществляет сбор, хранения статистики функционирования центра;
- подсистема эксплуатации и технического обслуживания осуществляет возможность конфигурирования и управления системой.

CAMEL Gateway представляет возможности:

- гибкую систему реализации предоставления услуг на основе возможностей CAMEL Phase 2 и Phase 3 и API-приложений;
- предоставление пакета prepaid- услуг абонентам на основе биллинга в реальном времени как в домашней, так и гостевой сети;
- контроль, учет и тарификацию входящих, исходящих и переадресованных вызовов в гостевой и домашней сети в режиме online;
- контроль, учет и тарификацию исходящих SMS-сообщений в гостевой и домашней сети;
- контроль, учет и тарификацию (повременно или побайтно) сессий GPRS в гостевой и домашней сети в режиме online;
- управление интерактивным взаимодействием с абонентом, организуемым на основе голосового меню ;
- применение голосовых приветствий (заставок) или оповещений;
- идентификация текущей зоны обслуживания абонента и информации о состоянии абонента в сети (занят, вне зоны действия сети и т. д.);
- осуществление логики маршрутизации вызова и логики тарификации услуг внешними приложениями, подключаемыми по API-интерфейсу;
- адаптацию формата данных, включаемых в записи о предоставляемых услугах (CDR), к требованиям оператора и провайдеров услуг;
- реализацию службы «Who Called», регистрирующей учет непринятых вызовов во время отсутствия абонента в зоне действия сети;
- осуществление виртуальных частных сетей (VPN);
- сбор статистики по предоставляемым услугам.

На рисунке 2[1] приведена схема подключения CAMEL Gateway в сеть оператора мобильной связи

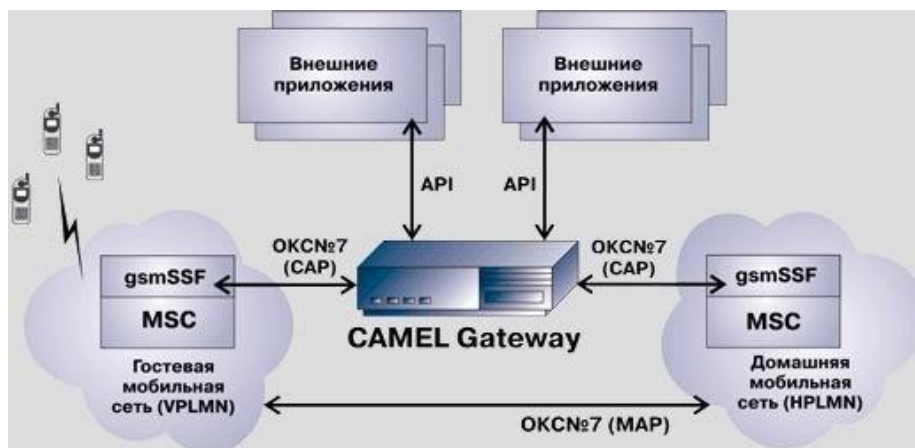


Рисунок 2 - Схема включения шлюза CAMEL Gateway в сеть оператора мобильной связи

CAMEL Gateway взаимодействует по протоколу CAP с коммутаторами сетей мобильной связи стандарта GSM. В сети происходит объединение гостевой и домашней сетей мобильной связи в единую сеть. Основным принципом взаимодействия сетей мобильной связи является поддержка коммутаторами MSC функций узла коммутации услуг (gsmSSF), а также поддержка HLR и гостевыми VLR, взаимодействующих по протоколу MAP. Шлюз CAMEL Gateway функционирует с внешними приложениями по протоколу TCP/IP через прикладной программный интерфейс API (смотреть рисунок 2).

1.2 Логика предоставления услуг абонентам CAMEL

Внешние API-приложениями определяют логику услуг, оказываемых абонентам, посредством взаимодействия с сетями мобильной связи через шлюз CAMEL Gateway. При необходимости абонента использовать ту или иную услугу CAMEL, происходит обмен информацией между домашним и гостевым регистрами по подписке абонента на услуги CAMEL (CSI).

При этом шлюз осуществляет контроль и управление вызовами, обменом SMS-сообщениями или сессиями GPRS, а также другие процедуры, предусмотренные для данной услуги, в соответствии с информацией, поступающей от внешних приложений. Каждый запрос коммутаторов MSC/gsmSSF зашифрован по определенному коду услуги, который в свою очередь определяет определенное внешнее приложение.

Взаимодействие между сетевыми узлами и узлами интеллектуальной сети содержит процедуры и данные об услугах, которые поддерживаются сетью мобильной связи, обслуживающей абонентов.

На основании вышеизложенного, можно утверждать, что наличие в сети мобильного оператора шлюза CAMEL Gateway, позволяет увеличить число и качество услуг.

Применяемая система обеспечивает возможность предоставления более обширного спектра услуг за счет взаимодействия гостевой или домашней сети абонента с различными IN-платформами.

Основным отличием от Intelligent Network Application Part, является независимость от производителя оборудования и возможность использования услуг при нахождении в гостевой сети (т. н. роуминг). Основным принципом интеллектуальных сетей состоит в переносе логики обработки вызова с коммутатора, который в этом случае отвечает только за коммутацию вызова и называется Service Switching Point (SSP), на внешний контролирующий узел — Service Control Point (SCP). Благодаря такому разделению появляется возможность реализовать новые услуги (а также модифицировать существующие) без длительных и дорогостоящих изменений в программном обеспечении коммутаторов[2].

Развитие протокола происходит этапами, которые называются Фазами. Каждая Фаза (на момент 2010 года их 4) добавляет в протокол новые возможности. В то же время сохраняется принцип обратной совместимости — узел с новой фазой обязан иметь возможность работы с узлами, которые используют более старые фазы протокола[2].

1.3 Специфика трафика системы CAMEL

На данный момент Операторы мобильной связи продолжают использовать технологию CAMEL (Customized Applications for Mobile Enhanced Logic)[1,3,4,5], внедряя в свои сети интеллектуальные услуги на основе данной технологии. Ключевым моментом данной технологии является возможность предоставления абоненту, находящемуся в гостевой сети, все те услуги доступные ему в домашней сети, т.е. создается виртуальное домашнее окружение, называемое по другому VHE (Virtual Home Environment). В таком VHE, алгоритм доступа сохраняется и не зависит от гостевой сети, что является важным

моментом в организации той или иной услуги. Помимо этого, Оператор может осуществлять тарификацию абонента в режиме online, что очень актуально при нахождении абонента в гостевой сети из-за высоких тарифов на данные услуги. Для осуществления таких возможностей, необходимо использовать сеть сигнализации Общекабельной системы сигнализации №7 или же ОКС7[6,7,8,9,10,11], которая осуществляет связь между гостевой сетью и IN (интеллектуальной платформой).

Развитие протокола происходит этапами, которые называются Фазы. Каждая Фаза (на момент 2010 года их 4) добавляет в протокол новые возможности. В то же время сохраняется принцип обратной совместимости – узел с новой фазой обязан иметь возможность работы с узлами, которые используют более старые фазы протокола. Возможности различных версий CAMEL приведены в таблице 1[12].

Т а б л и ц а 1 - Возможности CAMEL

	Запросы обслуживания		SMS		GPRS
	Mobile originating	Mobile terminating	Mobile originating	Mobile terminating	
CAP1	X	X	-	-	-
CAP2	X	X	-	-	-
CAP3	X	X	X	-	X
CAP4	X	X	X	X	X

Каждый раз в процессе разработки новых видов услуг, операторы мобильной связи, решают вопрос прогнозирования сигнального трафика, для дальнейшей проектировки сигнализации сети. Помимо этого с увеличением числа сетей, поддерживающих технологию CAMEL, увеличивается число самих абонентов, и кроме того, применение технологии CAMEL, предусмотрена ассоциацией 3GPP в качестве реализации интерфейса управления услугами в сетях 3G[13]. Так, возможности CAMEL содержит в себе обширного числа услуг как в домене канальной коммутации (CS), так и в пакетной коммутации (PS) [14,15].

Поэтому, Операторы мобильной связи, каждый раз анализируют параметры сигнального трафика по причине введения новых услуг в сеть[10].

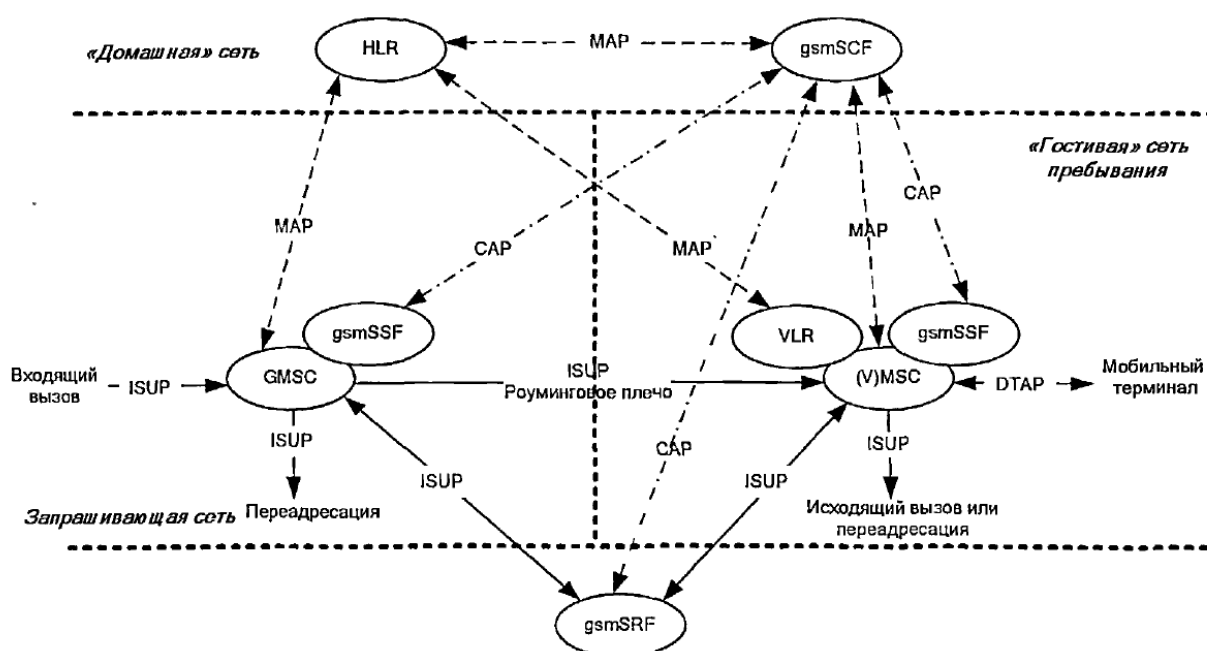


Рисунок 3 - Функциональная архитектура Интеллектуальной сети CAMEL

С применением технологии CAMEL, на участках сети GMSC\MSC-VLR-HLR и GMSC\MSC-gsmSCF происходит увеличение сигнального трафика ОКС7. Это обусловлено тем, что на участке GMSC\MSC-VLR-HLR - происходит передача информации об услугах при регистрации абонента в сети и при обслуживании входящего вызова(используется протокол MAP сигнализации ОКС7), а на участке GMSC\MSC-gsmSCF - управление данными услугами по протоколу CAP или же CAMEL Applications Protocol, через интерфейс gsmSSF-gsmSCF(смотреть рисунок 3[16]).

Рассмотрим принцип обслуживания интеллектуальных вызовов в мобильной сети на примере доставки входящего вызова к мобильному пользователю, приписанному к IN-платформе с предоплаченным обслуживанием (рисунок 4[10]).

Этот пример позволит рассмотреть сценарий сигнального обмена между элементами IN и сети GSM, а также увидеть отличительные особенности обслуживания такого вызова. Следует отметить, что система начисления платы при входящей связи не потеряла своей актуальности в мобильной сети в связи с вводом принципа «платит вызывающий абонент», так как этот принцип не действует в случае роуминга.

При организации входящей к мобильному пользователю связи с возможностью предоставления интеллектуальных услуг на базе технологии CAMEL начальное адресное сообщение IAM (протокола ISUP), содержащее номер вызываемого абонента (MSISDN), поступает в домашнюю сеть пользователя (HPLMN) к ближайшему центру коммутации GMSC.

GMSC запрашивает у регистра вызываемого пользователя (HLR) информацию о маршрутизации, т.е. выполняет процедуру HLR Interrogation, отправляя сообщение Send Routing Info — SRI (протокола MAP v.3). В этом сообщении GMSC указывает поддерживаемые им фазы CAMEL, чтобы регистр HLR, в случае если абоненту доступны услуги CAMEL, предоставил GMSC данные о подписке абонента на эти услуги.

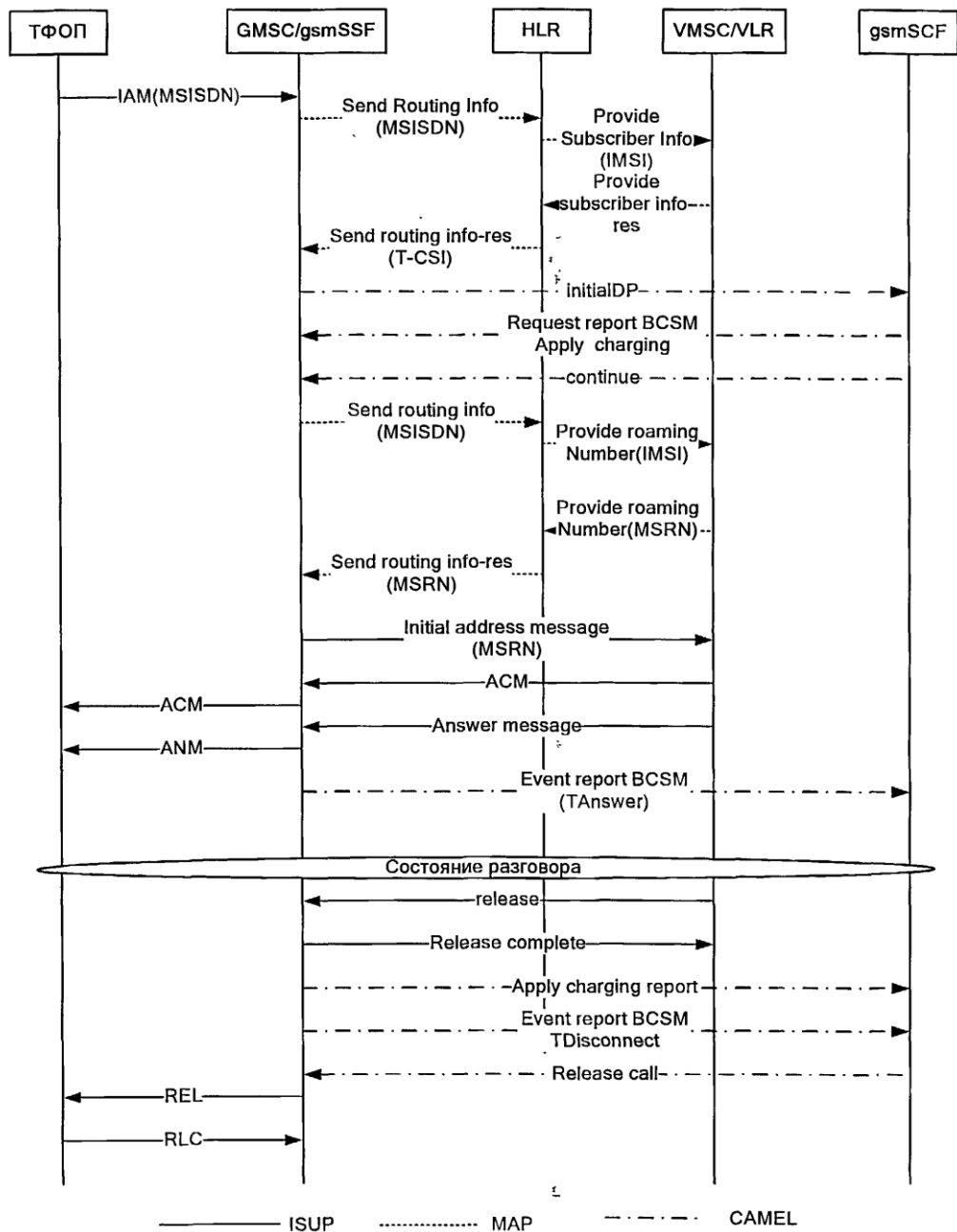


Рисунок 4 - Процедура установления входящей связи к мобильному пользователю с обслуживанием на IN-платформе и процедура прекращения этой связи

При применении технологии CAMEL, Home Location Register(далее HLR) осуществляет запрос Provide Subscriber Info — PSI (MAP v.3) в регистр Visitor Location Register(далее VLR) гостевой сети, где находится пользователь. Данный запрос PSI включает в себе информацию о номере соты, в котором находится абонент, географическую информацию и его статус. При этом данный запрос может использоваться в случае нахождения абонента в домашней сети -HPLMN, для точного определения его расположения и осуществление тарификации за использованные услуги.

Идентификация абонента, подписанный на услуги CAMEL (Terminating — CAMEL

Subscription Information, T-CSI) осуществляется через сервисный ключ, адрес gsmSCF и т. п. и полученная информация с VLR, направляются в центр коммутации GMSC. Далее центр коммутации - GMSC посылает запросы Initial Detection Point (DP) в определенный пункт сети, который выполняет функции gsmSCF, для дальнейшего обслуживания вызова согласно полученных инструкций.

При возможности обслуживания вызова, gsmSCF посылает запрос Request Report BCSM (RRB). В сообщении RRB указываются события(ответ или отсутствие ответа, занятость абонента и т.д), которые определены как контрольные точки (Detection Points), в присутствии которых, gsmSCF должен знать. К тому же RRB или в другом сообщении, присутствует данные Apply Charging (ACH), которые означают информацию для начисления платы(лимит длительности разговора). В конце передачи инструкций gsmSCF, направляется сообщение Continue — «Продолжение обслуживания», в GMSC, о возможности продолжения услуги связи.

Для связи GMSC необходим роуминговый номер абонента— MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number), в следствии этого GMSC обращается в HLR. Данный процесс называется Double HLR Interrogation, который устанавливает входящую связь абонента к услугам технологии CAMEL. На данном этапе в сообщении SRI поле Suppress T-CSI осуществляется уведомление HLR о подавлении ключа T-CSI и о необходимости получения MSRN. С использованием запроса Provide Roaming Number, VLR передает MSRN, который в итоге устанавливает связь.

Когда вызываемый абонент отвечает на звонок, GMSC отправляет сообщение Event Report BCSM (ERB) - “отчет о событии базового процесса обслуживания вызова Ответ (TAnswer) с указанием контрольной точки входящей стороны и информирует об этом gsmSCF.

По окончании разговора, GMSC отправляет в gsmSCF сообщение Apply Charging Report (ACR), в котором содержится данные для начисления платы за услуги связи, после получает сообщения о разъединении Release (протокол ISUP). gsmSCF получает отчет о событии ERB Разъединение - TDisconnect” при отбое вызываемого абонента. На данном этапе сеанс связи окончен.

В данном соединении мы видим, что появляется огромное число новых сообщений (на рисунке 4 они обозначены штрих пунктиром), при входящих вызовах абонентов с подпиской на услуги CAMEL, в отличии от обычного сеанса связи в сети GSM. В следствии этого, необходимо учитывать изменение объема сигнального трафика при расчете нагрузки сети ОКС7 и объема оборудования, которое обеспечит стабильную работу сети сигнализации, иными словами емкость пучков сигнальных звеньев [10].

1.4 Функциональные возможности серверов в системах клиент-сервер

На рисунке 5[7] приведена схема взаимодействия сервера и клиента, посредством сигнальных потоков. Сервер включает в себя базу данных(БД), который принимает запросы от абонента. В момент получения запроса от абонента сервером, начинается транзакция, впоследствии которого, сервер отправляет ответ на данный запрос. При отсутствии ответа на запрос, в течении 30 секунд, абонент производит повторный запрос либо осуществляет его отмену[17].

Производительность сервера зависит от его мощности, т.е. с повышением мощности сервера, увеличивается его функциональные возможности. Зависимость такого сервера мы можем увидеть на рисунке 6а[8]. Но существует предел функциональных возможностей сервера, предел количества запросов на которые сервер может ответить за единицу времени (рисунок 6б[8]). При увеличении количества запросов свыше определенного порогового уровня, сервер становится перегруженным. При этом сервер, будет получать больше количество запросов передавая все меньшее количество ответов (рисунок 6с[8]). Это

возникает в связи с нарастанием утраты доступных системе ресурсов. Так, сервер компьютера выделяет все больше и больше свободной памяти для буферизации запросов, что приводит к уменьшению рабочей памяти, оставшейся для вычисления ответов.

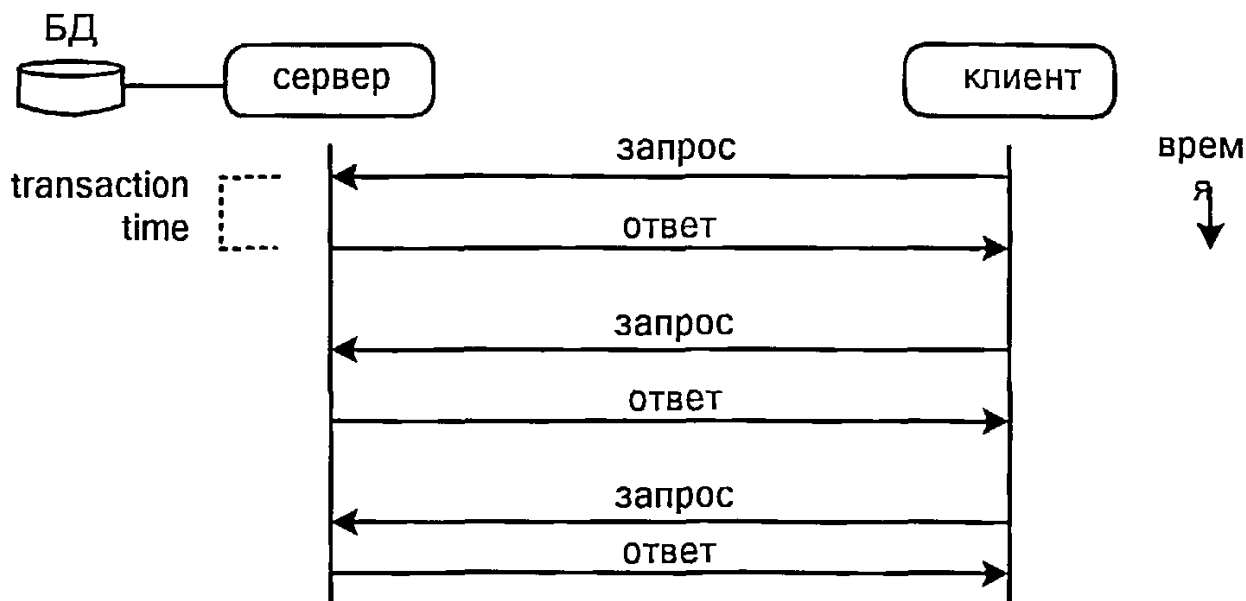


Рисунок 5 - Два компьютера - клиент и сервер

На сервере информация протоколируется в виде данных "запрос"- "ответ".

Основной задачей любого метода защиты от перегрузок применяемых серверов является регулирование числа ответов от числа запросов, создание более идеальных условий, как приведено в примере графика на рисунке (рисунок 6b) [17].

В следующих пунктах описываем метод, при котором защита сервера от перегрузки частично зависит от клиента.

Для защиты серверов от перегрузок, осуществляется путем применения фильтрации запросов, сервер посылает клиенту сообщения "фильтрация запросов". Данное сообщение делится на два параметра: первый параметр, отвечает за скорость запросов, а второй - за продолжительность самой фильтрации. Как только, до клиента достигает сообщение о фильтрации запросов, происходит процедура фильтрации трафика запросов, и скорость будет u . При этом возможно, что часть запросов отклоняется в обслуживании и не доходит до сервера. Продолжительность фильтрации указывается в передаваемом сообщении. К тому же клиент может получить сообщение о другой фильтрации, в таком случае скорость корректируется, и соответственно время фильтрации увеличивается.

Данный метод защиты подразумевает собой выбор параметров фильтрации. Если выбрать большую длительность и низкую скорость, это означает меньшее число запросов будет обработана и меньше денег для сервера. Маленькая длительность и высокая скорость, может привести к перегрузке сервера, от огромного входящего трафика. Поэтому предлагается, разделить уровень поступающих запросов на зоны, которые называются "уровни перегрузки", параметры фильтрации которого, для каждого уровня постоянны (смотреть рисунок 7[8]). Если сервер сможет определить уровень перегрузки, то оператору достаточно загрузить параметры фильтрации в формате "level: duration, u ", для настройки компьютера.

Данный метод не совершенен, потому что основная задача лежит на операторе, и решается в ручную. В лучшем случае, выборка параметров фильтрации должна определяться самим компьютером для разрешений перегрузок сервера.

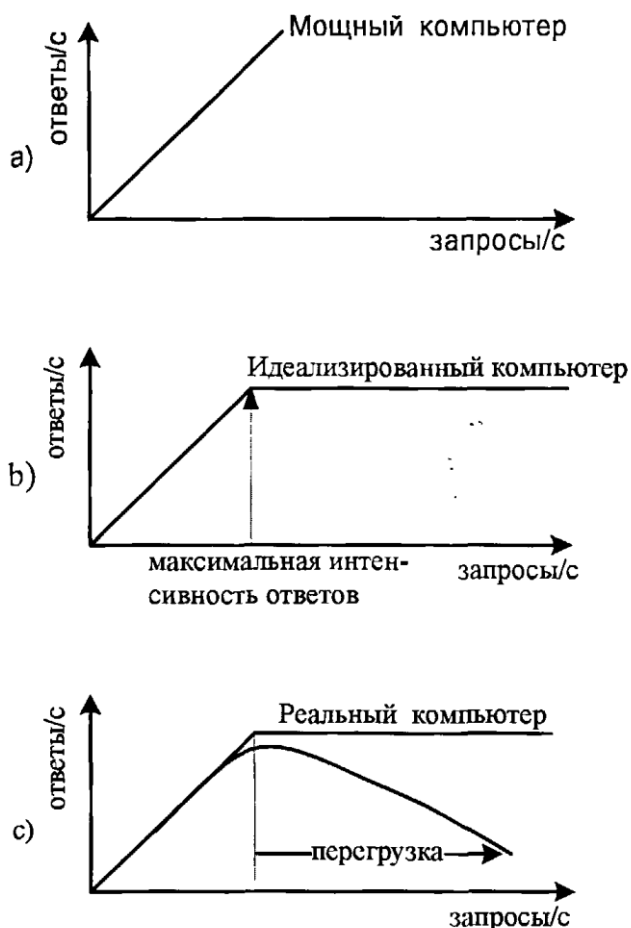


Рисунок 6 - Графики нагрузки серверов для мощного, идеализированного и реального компьютера

- a) Мощный компьютер обработает любое число входящих запросов.
- b) Компьютер функционирующий в идеальных условиях- определяется предельным уровнем обработки ответов. При условии, если количество входящих запросов достигает предельного уровня, то в таком случае, количество обработанных становится постоянным. Часть входящих запросов будут без ответными.
- c) Реальный компьютер, обрабатывает входящие запросы до момента, определяющий мощностью компьютера, после компьютер приходит в состояние перегрузки и производительность его падает.



Рисунок 7 - Характеристики нагрузки (ответа) серверов разделены на уровни. В пределах каждого уровня существуют постоянные параметры фильтрации

Итак, первой задачей были определены параметры фильтрации, сервер решает вопрос о потребности отправки запроса фильтрации. При первых сигналах близких к перегрузки, сервер должен послать первый запрос фильтрации. После при окончании срока запроса или изменения параметров фильтрации, сервер осуществляет повторный запрос. При осуществлении фильтрации клиентом с правильной скоростью и длительностью[17], сервер не должен осуществлять запрос вновь.

В данном механизме есть существенный недостаток того, что нет обратной связи для запросов фильтрации, потому что сервер после отправки запроса на фильтрацию не знает, каким образом далее клиент будет фильтровать исходящие запросы. В данном случае если источником запросов является только один клиент, то задача сервера является решаемой и некритичной для ее решения, в этом случае сервер просто проверяет количество запросов исходящих от клиента. Если же источников больше, чем один то это требует огромной работы.

Следующий момент сервера - это синхронизация, т.е. необходимо поддерживать постоянную связь и синхронизировать ее с компьютером.

Данный метод защиты очень схож с защитой в системах CAMEL. Можно провести аналогию: gsmSCF (GSM Service Control Function) это - сервер, gsmSSF (GSM Service Switching Function) это - клиент. Из-за отсутствия схемы синхронизации в протоколе связи gsmSCF-gsmSSF, синхронизация защиты в интеллектуальных платформах становится затруднительной.

Огромное внимание к исследованиям защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, к механизмам работы в условиях перегрузки и к другим проблемам перегрузок обусловлено реальной сетевой прагматикой. Рассмотрим проблемы исследования перегрузок в Интеллектуальных сетях CAMEL.

1.5 Перегрузки в интеллектуальных сетях

В момент возникновения большого трафика в интеллектуальной сети, gsmSCF возможен перегружен. gsmSCF или сервер CAMEL, имеет систему защиты от перегрузок, так называемый механизм распределения нагрузки, который работает по методу "call gapping". Данный метод, просто "отрезает" потоки сообщений к gsmSSF. gsmSCF определяет момент перегрузки или другими словами, условие перегрузки и фильтрации трафика MSC/gsmSCF. Если механизм активен, то MSC/gsmSSF ограничивает или прекращает обслуживать часть входящих вызовов [17,18].

Рассмотрим данную ситуацию на примере одного gsmSCF и двух MSC/gsmSSF (смотреть на рисунке 8[18]). В gsmSCF существует порядок уровней, каждый уровень находится за точкой управления доступом. Вся связь с уровнем проходит через точку доступа. В данных точках, копятся стат. данные о трафике, о состояниях уровней и других элементов gsmSCF. По этим данным, определяется уровень нагрузки подсистем.

Существует два типа уровня нагрузки: первый - это, когда он равен 0 (такой уровень нагрузки подсистемы считается нулевым), и второй - когда значение уровня нагрузки меняется с 0 до 1. В этом случае точка доступа, MSC/gsmSCF, ограничивает входящий трафик. Для этого ограничения, точка доступа осуществляет отправку запроса ограничения, называемые cg-request, на все MSC/gsmSSF. Cg-request включает в себя три параметра: 1 - gap criteria (критерии прореживания), 2 - gap indicators (индикаторы прореживания) и 3 - gap treatment (перечень результатов обработки блок. вызовов).

Критерии прореживания определяют части трафика. Они поступают в перегруженную подсистему [17]. Количество сообщений initial-dp и время прореживания (время между поступлением запроса cg-request и завершением прореживания) определяются индикаторами прореживания, количество сообщений должно быть максимальным (смотреть рисунок 8). Обработка заблокированных вызовов (gap treatment) устанавливает, что делать с такими

вызовами. Например, в речевой канал заблокированного вызова может быть передано определенное речевое сообщение или акустический сигнал занятости. Помимо этого, сообщение запроса *cg-request* содержит поле управления прореживанием (*gap control*).

Прореживание, а именно его управление может быть ручным или автоматическим (*manually initiated*). Когда *cg-request* является отправкой оператора системы, то поле *gap control* имеет статус "ручного введения", в обратном случае "прореживаний нагрузки *gsmSCF*".

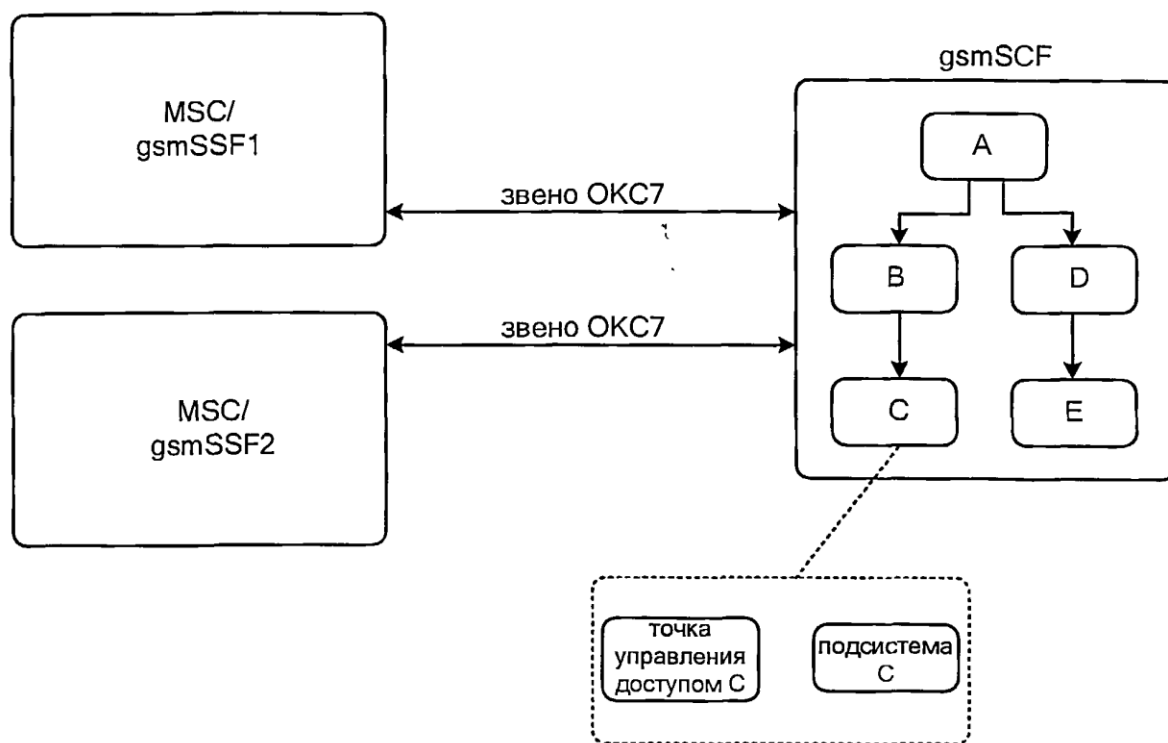


Рисунок 8 - Сеть с одним *gsmSCF* и двумя *MSC/gsmSSF*; каждая подсистема *gsmSCF* расположена за точкой управления доступом

Из применяемых методов ручной метод запроса *cg-request* более приоритетен, и поле *gap control* будет давать показания "перегрузка *gsmSCF*". После ручного введения сообщения *gsmSSF* игнорирует неручные запросы *cg-request* с теми же критериями прореживания.

Запрос *cg-request* проходит в *MSC/gsmSSF*, он отображает точку доступа и критерии прореживания идентифицирует часть трафика, которая направлена к перегрузке в системе и ограничивает интенсивность потока трафика. По окончании прореживания, *MSC/gsmSSF* данное отображение исключается (смотреть рисунок 10[18]).

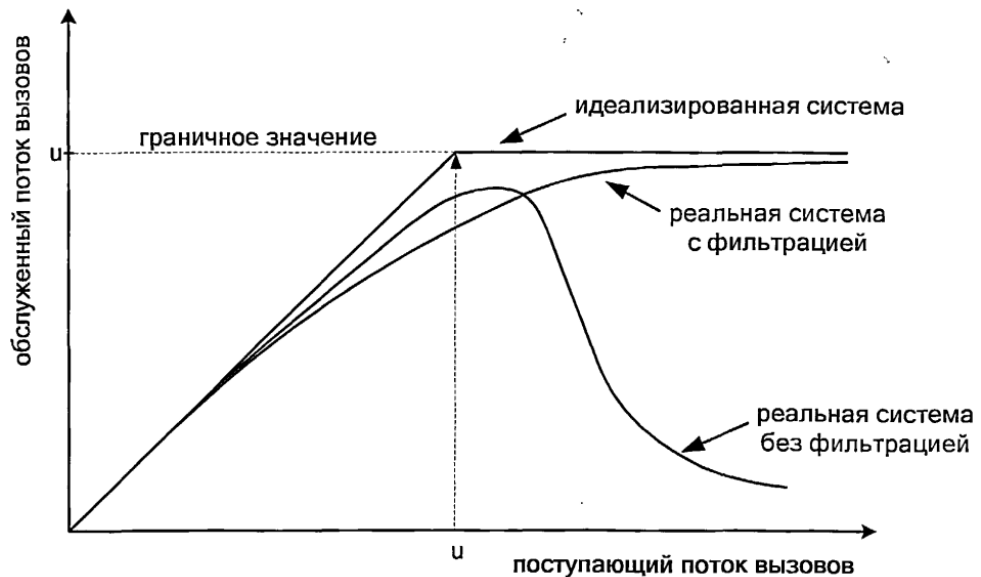


Рисунок 9 - Подход к прореживанию потока вызовов (call gapping) путем его фильтрации

Для фильтрации трафика системы в "идеальных условиях" является установленная некая граничное значение u , фильтруемого трафика. При условии, когда интенсивность трафика меньше u (смотреть рисунок 9[18]), фильтрации нет, при превышении u , MSC/gsmSSF отказывает обслуживать часть потока трафика и этим приводит значение трафика после фильтрации равному u . Применение такого подхода прореживания запросов является аппроксимацией линейного "идеала".

Установлено, что точка доступа в gsmSCF является "статической" и считается постоянной. Отображение этой точки доступа в gsmSSF является "временным". Отображение создается, когда получается запрос sg-request при истекании этих сроков запросов данные отображения ликвидируются. Когда получают эти запросы sg-request с критериями ограничений с такими же как и у существующего отображения, то происходит корректировка указатели прореживания, обработки и управления ограничениями.

Второй метод, рассматриваемых отображений в системе MSC/gsmSSF, рассматривает статистические объекты в состояниях "активное" и "пассивное". При получении запроса sg-request, отображение становится активным и начинает фильтровать трафик. При этом запросов может быть несколько. При поступлении первого запроса sg-request и времени до последнего запроса sg-request, отображение находится в пассивном состоянии[17].

При перегрузки двух подсистем gsmSCF, в одно время, формируется два отображения соответствующих им точек доступа в MSC/gsmSSF. При все большей перегрузке подсистем, логическая структура отображений в gsmSCF начинает работать, чтобы объединить иерархии точек доступа gsmSCF (смотреть рисунок 11[17]).

В момент начала взаимодействия MSC/gsmSSF с gsmSCF и посылки initial-dp, gsmSCF определяет потребность посылки нового запроса sg-request на данный MSC/gsmSSF. Если это отображение перегруженной точки доступа подсистемы в MSC/gsmSSF и если его отображение фильтрует вызовы с правом установления параметров прореживания, то тогда не отправляется.

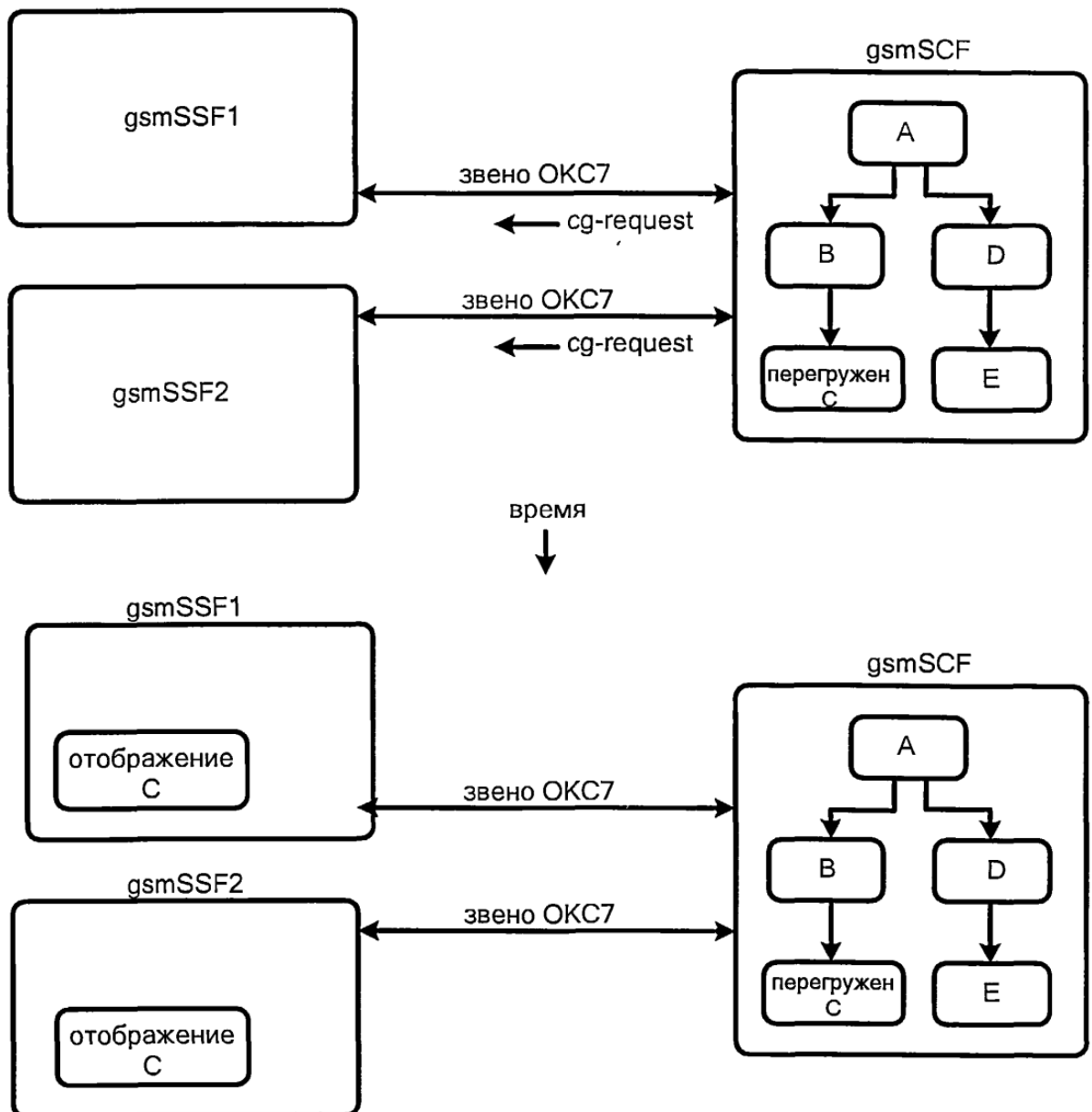


Рисунок 10 - Подсистема 'C' в gsmSCF перегружена

При посылке запроса `cg-request`, создается отображение точки доступа "C" gsmSCF-ом на обоих MSC/gsmSSF. Когда отображается точка доступа, его задачей становится уменьшить трафик, путем отказа обслуживания определенной части вызовов от общего числа. В момент окончания прореживания, MSC/gsmSSF ликвидирует отображение[17].

Сам запрос `cg-request` - есть односторонний запрос, не требующий подтверждения. Но из-за отсутствия обратной связи, с созданием и ликвидацией отображения точки доступа, требует организации прореживания входящего трафика в MSC/gsmSSF и усложняет синхронизацию загрузки механизма защиты.

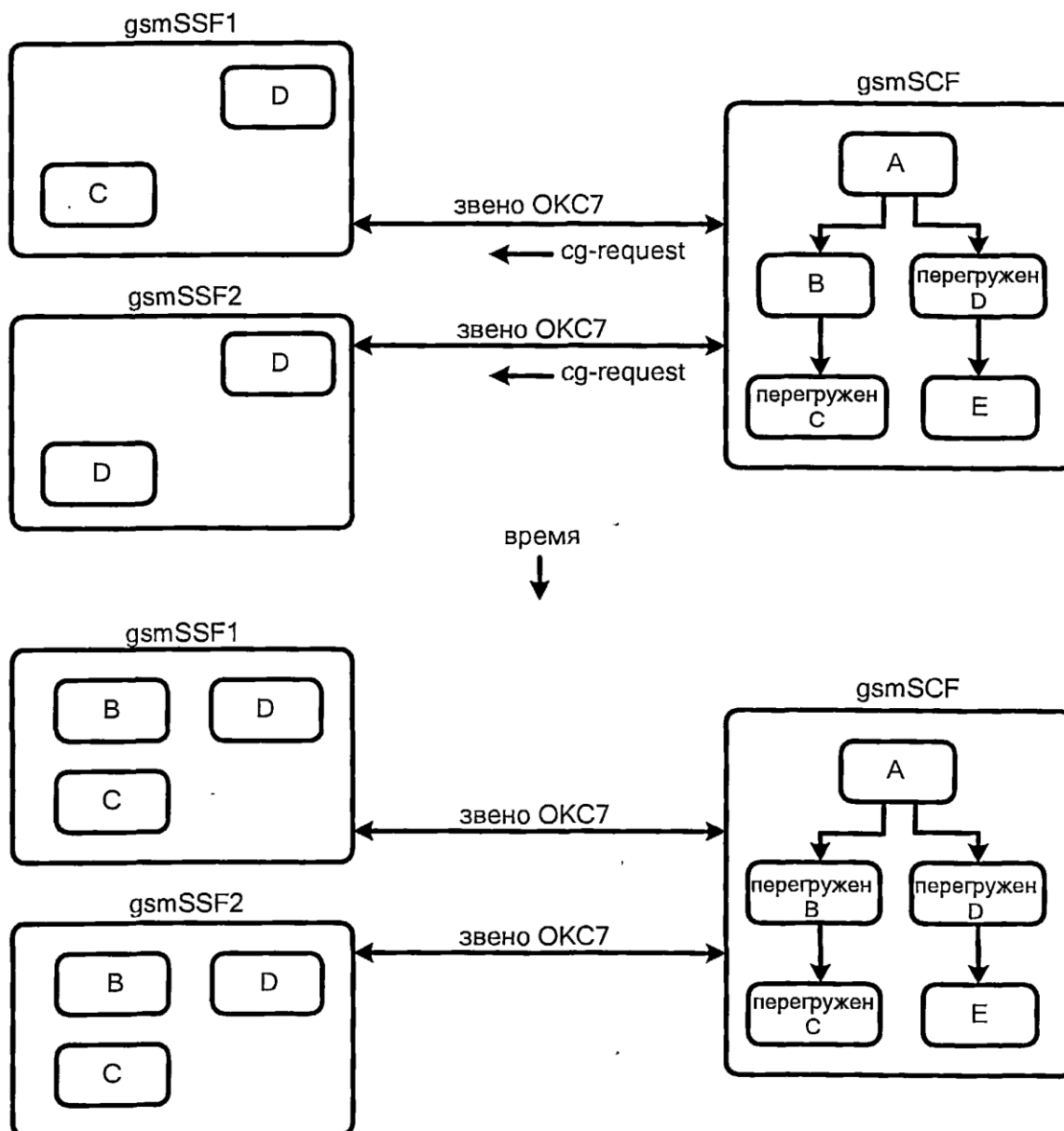


Рисунок 11 - Механизм управления перегруженными подсистемами gsmSCF

По причине того, что подсистемы становятся перегруженными, лог.структуры отображения в gsmSCF становятся похожими на иерархию точек доступа gsmSCF.

Данная проблема становится решаемой, в том случае, если запрос cg-request повторять после каждого сообщения initial-dp из MSC/gsmSSF. Такой метод приводит к частой корректировки отображений в MSC/gsmSSF, а также увеличивает трафик к нагрузке ОКС7, благодаря которым и происходит связь между MSC/gsmSSF и gsmSCF.

Данный метод является несовершенным, поскольку он не решает в полной степени вопрос с перегрузкой в сети CAMEL-шлюза gsmSCF. С увеличением трафика загруженность шлюза gsmSCF растет, поскольку ему не только приходится обрабатывать входящие запросы и отправлять их дальше в CAMEL Gateway, но и работать постоянно с каждым из коммутаторов MSC/SSF, отвечая им постоянно, в случае перегрузки, отказом в обслуживании новых запросов, число которых может расти, тем самым создавая "пробку" на линии между коммутаторами и шлюзом[19].

Предлагается следующее улучшение данного метода. Вместо отправления запроса фильтрации, посылать фильтрованный запрос в определенной пропорции p от общего числа сообщений initial-dp. Предлагается применять генератор случайных чисел, чтобы запросы

фильтрации распространялись между gsmSSF равномерно. Сообщение initial-dp инициирует запросы фильтрации в соответствии с полученными из генератора случайных чисел значениями вероятности P .

Данное решение можно решить следующим методом. Вместо того, что после каждого сообщения initial-dp, отправлять запрос фильтрации, контролирующую трафик, отправлять фильтрованный запрос, т.е. в ответ на сообщение initial-dp, отправлять запрос фильтрации с вероятностью p . Из за того, что точки доступа могут иметь несколько отображений, и которые расположены в разных gsmSSF, можно применять генератор случайных чисел, для распределения запросов фильтрации равномерно[17]. Если генератор псевдослучайных чисел выдает самую большую вероятность p , то сообщение initial-dp вынуждает к инициации запроса фильтрации. В центре исследования Nokia, функция, которая передавала случайную переменную в диапазоне от 0 до 1, обозначалась "rand" функцией. Поэтому после принятия сообщения initial-dp, отправка запроса cg-request принималась следующим путем:

$$\begin{aligned} \text{send cg-request:} &= \text{rand} < p, \\ \text{where rand, } p & \text{ ([0,1],)} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Число повторных запросов отображения может идти до предела интенсивности таких запросов. Далее под переменной r [initial- d's/s] будем понимать число запросов initial-dp MSC/gsmSSF к точкам доступа, а под d - примем среднее время, между последовательными запросами cg-request.

$$d = \frac{1}{r * p} \quad (1.2)$$

Для выборки p , определим какой интервал значений для величины d . Для этого, напомним, что запрос cg-request влияет на MSC/gsmSSF: когда $r \leq \mu$, то cg-request оказывает небольшое влияние или вообще никакого, а если $r > \mu$, то в этом случае r уменьшается до значения U (среднее значение u) для определенного запроса времени между его повторениями. Поэтому, точка доступа, интенсивность которого не превышает U , не должна синхронизировать MSC/gsmSSF. В следствии этого, какие величины будут оптимальными для d , в случае когда $r > u$.

Следовательно, если $r > U$, то

$$d < \frac{1}{u * p} \quad (1.3)$$

Далее для определения p , возьмем отправителя (gsmSSF) с интенсивностью трафика, которая равна максимальной величине U , и определим среднее время повторения запросов D (среднее значение d) для этого отправителя. Тогда

$$p < \frac{1}{u * D} \quad (1.4)$$

Если возможно, величина D должна быть на порядок выше величины $1/u$, и ниже, чем продолжительность прорезживания:

$$\frac{10}{u} < D < \text{gap duration} \quad (1.5)$$

$1 / (r * p)$ - это время ответа на запрос cg-request, при интенсивности трафика r , или данное выражение можно заменить на $(u/r)*D$. Отношение r/u определяет наибольший коэффициент, при наибольшей отправке запросов cg-request.

Следует отметить, что при неисправности сети и при вероятности того, что возможна потеря сообщения из имеющихся среднюю длину L , фактическая интенсивность трафика уменьшится до $(L-1)$ и время обновления запросов возрастет до $1/(L-1)$.

Теперь рассмотрим моменты, при которых, p - периодическая функция времени, и случай, когда интенсивность трафика меняет переменную p .

$p(t)$ - периодическая функция времени с постоянным периодом T , самая большая продолжительность прореживания, и со средней величиной, $E[p(t)]$ - по крайней мере, равно

$$p(t) = 1/(u * D) \quad (1.6)$$

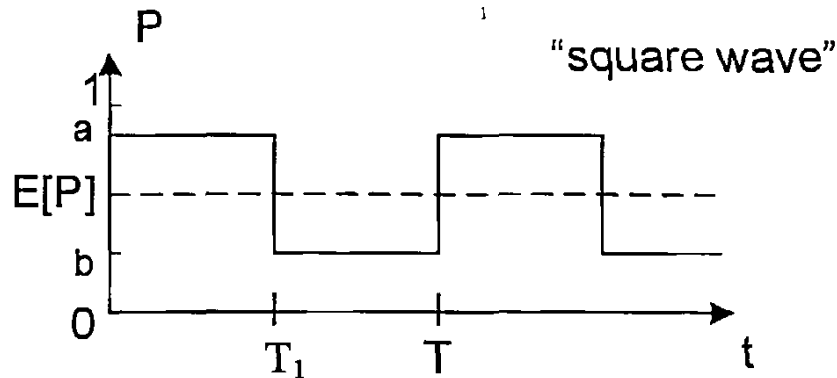


Рисунок 12 - Пример формы периодической функции p

На рисунке 12[18] мы видим изменение p , которая представляет собой "квадратную волну". Один период волны, можно разделить на две части, в одной из которых $p=a$, модуль времени T лежит в промежутке от 0 до T_1 , а в другой $p=b$, модуль времени лежит в промежутке от T_1 до T .

$$p(t) = \begin{cases} a & \text{if } 0 \leq (t \bmod T) \leq T_1 \\ b & \text{otherwise;} \end{cases} \quad (1.7)$$

$$E[p(t)] = \frac{T_1(a-b)}{T} + b$$

При $a=1$ и $b=0$, поведение точки доступа можно без труда определить. После каждого сообщения initial-dp, точка доступа меняется между посылками запроса cg-request на T_1 секунд и пока следующий период не начнется, посылка cg-request не будет происходить. Неравенство $E[p(t)] \geq 1/(u * D)$ переводится в следующее условие в коэффициентах T_1 и T .

$$\frac{T_1}{T} \geq \frac{1}{u * D} \quad (1.8)$$

Если величина p максимальна, то источник предоставит ответ о величине трафика оперативнее. Есть преимущество в определении периода $p(t)$ таким, чтобы он вписался в интервал продолжительности много раз: продолжительность прореживания $=kT$, $k=1,2,\dots$, потому что конец длительности ограничения совпадет со временем, когда $p(t)$ максимальна. Мы могли бы также внести p как функцию общей величины трафика.

Если трафик будет превышать определенный уровень, то только в этом случае, точки доступа будут совершать посылки запросов cg-request.

Данный выход из ситуации основан на посылке запросов cg-request каждому коммутатору (MSC/gsmSSF), и в свою очередь, каждый MSC/gsmSSF, после создания или обновления отображения точки доступа, посылает в ответ определенные сообщения. Данный процесс тщательно отслеживается gsmSCF, и после ожидания пересылает запросы cg-request

на MSC/gsmSSF для дальнейшего подтверждения сообщения. Если статус является перегруженным, то пересылка периодически повторяется, период меньше или равен продолжительности прорезивания запросов.

У данного решения существуют следующие проблемы: первая - надежную трансляция осуществить сложно, и вторая - ошибка не может отключить изображение после подтверждения отправления [17].

Наиболее сложной задачей трансляции запросов является отслеживание сообщений подтверждения и отправки сообщения трансляции. Не учитывая данный момент, трансляция будет ненадежна, но будет довольно проста для ее осуществления.

В сети, где каждое сообщение всегда доставляется по назначению, точки доступа, посылают запрос *cg-request*, только когда изменяются параметры или по истечению длительности ограничения запросов. Представим сеть с потерями, и трансляция осуществляется без подтверждения. Чтобы компенсировать случайную утрату запросов *cg-request*, точки доступа могут посылать их чаще.

Другим выходом, является, когда точки доступа ретранслируются произвольно, в зависимости от *p* входящих сообщений *initial-dp*. Пусть *n* - это число *gsmSCF* в сети. Тогда каждая передача состоит из *n* запросов *cg-request*. Для определения *p* мы разделим правую часть уравнения $p = 1 / (u \cdot D)$ на *n*:

$$p = \frac{1}{n \cdot u \cdot D} \quad (1.9)$$

Здесь, *D* - среднее время обновления запросов, когда комбинированный объем трафика из всех *gsmSSF* равен *n \cdot u*. К примеру, если *n=5*, *u=20* [*initial-dp*'s/s], продолжительность прорезивания запросов равна 24 секундам, и выбранная величина *D* равна 2 секундам, тогда $p=1/200$.

1.6 Идеализированная модель системы обслуживания. Модель обслуживания вызовов с очередями/Модели систем обслуживания вызовов

Одна из причин увеличения шансов системы оказаться в условиях перегрузки, является дополнительная нагрузка сети сигнализации. Поэтому при внедрении новой услуги в интеллектуальную сеть нужно ее учитывать. В следствии этого, в интеллектуальной сети особое внимание уделяется моделям защиты в таких сетях [20].

На рисунке 13 [21] изображена идеализированная модель системы обслуживания [21]. На сервер данной модели поступают запросы с интенсивностью λ . Данные запросы представляют собой пуассоновский поток, которые поступают на один сервер, в данной модели. Время обработки запроса, представим в виде значения с показательным распределением $t=1/\mu$.

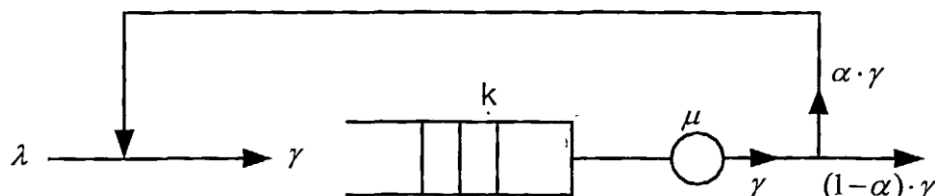


Рисунок 13 - Идеализированная модель системы обслуживания

На рисунке 13, α - это вероятность обработки дополнительных запросов, а типовой запрос поступая и покидая сервер будет описываться значением $(1-\alpha)$. Среднее количество прохождений запроса через данную систему равно $1/(1-\alpha)$. Чтобы проверить данную модель

изображенную на рисунке 13, проверим параметр γ , который означает эффективность обслуживания системы. Так как, $\gamma = \lambda + \alpha\gamma$ и согласно сохранения потока, получим

$$\gamma = \frac{\lambda}{1 - \alpha}$$

Следовательно, значение γ означает эффективностью системы обработки запросов и соизмеримо с интенсивностью потока запросов.

Получается, что данная идеализированная модель системы обслуживания с обратной связью (смотреть рисунок 13) сравнима с простой моделью обслуживания M/M/1, где интенсивность входящего потока $\gamma = \lambda/(1-\alpha)$, а интенсивностью обслуживания $1/\mu$. В случае, когда на входе в систему поступает k запросов, включая обрабатываемый запрос, распределение вероятности состояний, выражается следующим значением

$$p_k = (1 - p)p^k, \quad p = \frac{\gamma}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(1-\alpha)}. \quad (1.10)$$

Среднее количество запросов в системе

$$\bar{N} = \frac{p}{1-p}, \quad (1.11)$$

Среднее время пребывания запроса в системе

$$\bar{t}_{np} = \frac{\bar{N}}{\gamma} = \frac{1}{\mu(1-p)}. \quad (1.12)$$

Следовательно, среднее время пребывания запроса в системе или среднее время обработки запросов равно $1/(1 - \alpha)$.

Определим задержку обработки запроса в модели на рисунке 13, используя формулу Литтла $\bar{t}_{np} = \bar{N}/\lambda$,

$$\bar{W}_{за} = \frac{\bar{N}}{\lambda} = \frac{p}{\lambda(1-p)} = \frac{p}{\gamma(1-\alpha)(1-p)} = \frac{p}{p\mu(1-\alpha)(1-p)} = \frac{1}{\mu(1-\alpha)(1-p)} \quad (1.13)$$

Получается, что

$$\bar{W}_{за} = \frac{\bar{t}_{np}}{1-\alpha} = \frac{1}{\mu(1-\alpha)(1-p)} \quad (1.14)$$

Данная идеализированная модель системы обслуживания не имеет никакой защиты и относится к незащищенным системам обслуживания. Чтобы исправить эту ситуацию, представим данную модель с конечной очередью, где число обрабатываемых запросов равно не более N запросов, а новые поступающие запросы блокируются.

Представим сеть с M узлами, в котором в j -м узле находится система массового обслуживания с одной очередью и приборами обслуживания, в количестве m_j .

В данной системе время обслуживания в каждом из которых распределено по показательному закону со средним значением μ_j^{-1} .

Следовательно, можно определить текущее состояние системы $x(t)$ за время t , в виде вектор $(x_1(t), \dots, x_m(t))$, где $x_j(t)$ - это количество запросов в очереди j системы в момент времени t .

Согласно теорема Джексона, стабильная или не перегруженная сеть обладает стационарным распределением π^* в виде

$$\pi^*(x) = \pi^*(x_1 \dots x_m) = \prod_{j=1}^M \pi_j^*(x_j), \quad (1.15)$$

где,

M - количество независимых очередей,

π_j^* - стационарная вероятность того, что x_j запросов находятся в системе $M/M/m_j$.

Исследуемая модель состоит из M (очереди ожидания), мы можем говорить о каждой из очередей ожидания, как:

- состоящей из один или более одинаковых серверов (m_j для очереди j)
- оказывает услугу с показательным распределением продолжительности обслуживания (интенсивность обслуживания очереди j обозначается μ_j)
- мощность сервера, стремящейся к бесконечности
- дисциплина обслуживания FIFO.

Запросы поступающие в систему и принадлежащие одному классу, описываются пуассоновским законом. а интенсивность прибытия запросов извне в очередь j равна γ_j .

Как только запрос обработался в j -м узле, он переходит в k -й узел с вероятностью

$$\theta_j = 1 - \sum_{k=1}^M r_{jk} \quad (1.16)$$

Общую интенсивность трафика в j -м узле можно определить так:

$$\lambda_j = \gamma_j + \sum_{k=1}^M \lambda_k * r_{kj} \quad (1.17)$$

В случае, если λ_j и μ_j удовлетворяют выражению $\rho_j = \lambda_j / m_j \mu_j < 1$, то сеть можно считать не перегруженной.

Группой компаний под брендом AT&T, был предложен новый подход в сетях связи, который мы можем увидеть в статье «Управление нагрузкой Интеллектуальной сети связи» М.А. Шнепса-Шнеппе[20].

В старых подходах от перегрузок в сетях связи применялся следующий метод-отказ в обслуживании входящих вызовов с незначительной вероятностью успешного завершения. Игнорируя данный метод, сеть связи под действием перегрузки приходит к максимальному у значению общей занятости и резкому уменьшению полезной нагрузки. Поэтому, новый подход описанный в статье «Управление нагрузкой Интеллектуальной сети связи», используется математическая модель представленная на рисунке 14[20].

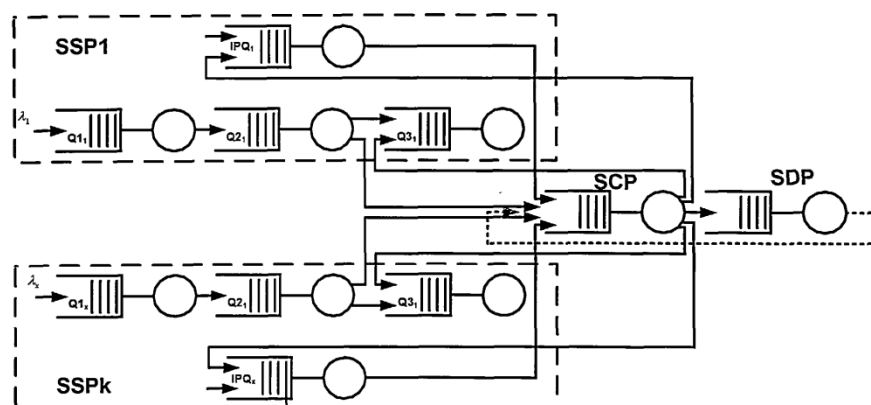


Рисунок 14 - Модель обслуживания вызовов в Интеллектуальной сети с очередями

В модели, представленной на рисунке 14, борьба с предотвращением перегрузки решается следующим образом: рассчитывается вероятность приема к обработке поступающего вызова с учетом того, что возможно ли обработать такой сигнал при текущей нагрузке сети в данный момент времени. В статье М.А. Шнепса-Шнеппе, описывается алгоритм борьбы с перегрузками, которые имеют большие достоинства по сравнению с классическими алгоритмами Международным Союзом Электросвязи-Т. В ряде работ[22,23,24,25,26,27] описываются исследования систем, которые предоставляют услуги связи с использованием моделей защиты от перегрузок в классических Интеллектуальных сетях.

1.7 Постановка задачи

Как было описано выше в разделе 1.1, использование технологии CAMEL, для предоставления услуг абоненту в гостевой сети, имеют перспективный характер.

Объектом исследования данной диссертационной работы, а именно системы и услуги, на базе технологии CAMEL, на рисунке 15[2] изображены технические узлы в пунктирной линии.

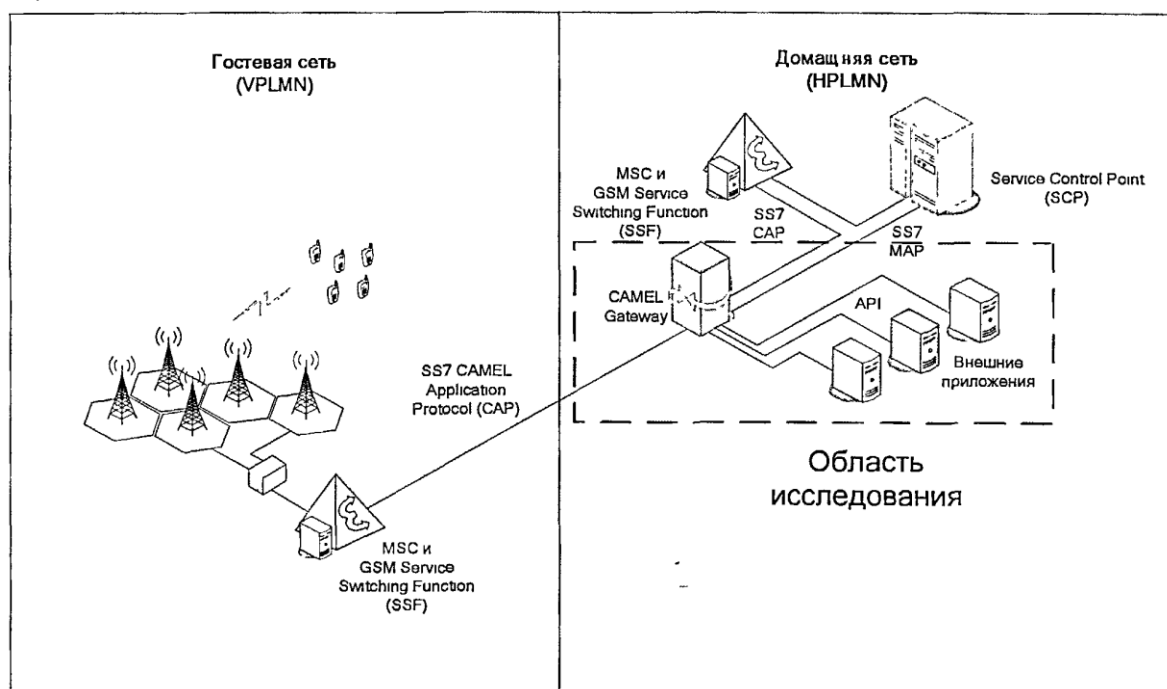


Рисунок 15 - Общая архитектура мобильной сети на основе технологии CAMEL и область исследования диссертационной работы

CAMEL - набор стандартов, реализующих интеллектуальные услуги в GSM и UMTS сетях. Система управления услугами CAMEL состоит из системы защиты от перегрузок в шлюзах CAMEL и внешних приложений.

Данная технология позволяет существенно поменять спектр предоставляемого сервиса услуг, доступных абоненту в сети GSM, как в части голосовых вызовов между абонентами, так и в части обмена сообщениями (SMS) и выхода в Интернет (GPRS).

Востребованность данной технологии CAMEL заключается в предоставлении абоненту, находящегося в гостевой сети (роуминг), все услуги, которыми он пользовался в домашней сети, тем самым создается необходимое виртуальное домашнее окружение - Virtual Home Environment (VHE) и алгоритм доступа к услугам остается постоянным, как и в домашней сети, при этом абонент не зависит от гостевой сети. Огромным

преимуществом использования данной технологии при нахождении абонента за рубежом, возможность оператора мобильной связи предоставлять информацию клиенту о стоимости данных услуг в настоящий момент.

Описанные выше модели защиты могут быть использованы, при условии что система состоит из одного или нескольких узлов. Но в нашем случае, когда система является сложной и состоит из многих узлов, нужно использовать теорию телетрафика, для рассмотрения общих характеристик системы на основе параметров узлов и входящего трафика. Тем более, что в нашей системе возможно повторное обслуживание запроса одним узлом.

Нужно проанализировать существующие модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, определить достоинства и недостатки данных моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL. Затем определить возможные недостатки и предложить метод ее устранения для более эффективной защиты от перегрузок.

1.8 Выводы

Согласно выше изложенной информации, можно с уверенностью утверждать, что для того, чтобы абонент имел полный доступ к услугам, находясь при этом в гостевой сети, необходимо разрешить вопрос с управлением нагрузки, нормальной работы между узлами и защитой от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL. Более того, область, связанная с существующими моделями защиты изучена достаточно узко и применить их к узлам управления CAMEL, можно лишь отчасти. К тому же, в данной главе определена область управления трафиком(запросами), которые поступают в шлюз CAMEL и определен метод исследования перегрузок в узлах управления услугами CAMEL. Сформулированы цели и задачи диссертации.

2 Математическая модель процесса функционирования системы управления услугами CAMEL

2.1 Функциональная модель систем управления услугами CAMEL

Данная глава посвящена исследованию моделей защиты от перегрузок системы управления услугами CAMEL. Из материала описанного в 1 главе, видно что при осуществлении входящих вызовов к абонентам, подписанные на услугу CAMEL, приводят к тому, что появляется огромное количество новых сообщений (смотреть рисунок 14), которые не осуществлялись при обычном звонке сеанса связи в сети GSM.

CAMEL - набор стандартов, реализующих интеллектуальные услуги в GSM и UMTS сетях. Система управления услугами CAMEL состоит из системы защиты от перегрузок в шлюзах CAMEL и внешних приложений. Основными элементами системы управления услугами CAMEL, являются система защиты от перегрузок в шлюзах CAMEL и внешние приложения услуг(смотреть рисунок 15). CAMEL Gateway взаимодействует по протоколу CAP с коммутаторами сетей мобильной связи стандарта GSM. В сети происходит объединение гостевой и домашней сетей мобильной связи в единую сеть. Основным принципом взаимодействия сетей мобильной связи является поддержка коммутаторами MSC функций узла коммутации услуг (gsmSSF), а также поддержка HLR и гостевыми VLR, взаимодействующих по протоколу MAP. Шлюз CAMEL Gateway функционирует с внешними приложениями по протоколу TCP/IP через прикладной программный интерфейс API.

Востребованность данной технологии CAMEL заключается в предоставлении абоненту, находящегося в гостевой сети (роуминг), все услуги , которыми он пользовался в

домашней сети, тем самым создается необходимое виртуальное домашнее окружение - Virtual Home Environment (VHE) и алгоритм доступа к услугам остается постоянным, как и в домашней сети, при этом абонент не зависит от гостевой сети. Огромным преимуществом использования данной технологии при нахождении абонента за рубежом, возможность оператора мобильной связи предоставлять информацию клиенту о стоимости данных услуг в настоящий момент.

При применении технологии не требуется дополнительной модернизации сетевого оборудования операторов (помимо собственно поддержки протокола CAMEL) или подключения голосовых каналов для передачи голосового трафика через транзитные узлы сети. За счет этого технология CAMEL является наиболее результативным средством предоставления клиентам дополнительных услуг, связанных с интеллектуальной маршрутизацией вызовов, и услуг для абонентов гостевой сети.

Внешние API-приложениями определяют логику услуг, оказываемых абонентам, посредством взаимодействия с сетями мобильной связи через шлюз CAMEL Gateway. При необходимости абонента использовать ту или иную услугу CAMEL, происходит обмен информацией между домашним и гостевым регистрами по подписке абонента на услуги CAMEL (CSI).

При этом шлюз осуществляет контроль и управление вызовами, обменом SMS-сообщениями или сессиями GPRS, а также другие процедуры, предусмотренные для данной услуги, в соответствии с информацией, поступающей от внешних приложений. Каждый запрос коммутаторов MSC/gsmSSF зашифрован по определенному коду услуги, который в свою очередь определяет определенное внешнее приложение.

Взаимодействие между сетевыми узлами и узлами интеллектуальной сети содержит процедуры и данные об услугах, которые поддерживаются сетью мобильной связи, обслуживающей абонентов.

На основании вышеизложенного, можно утверждать, что наличие в сети мобильного оператора шлюза CAMEL Gateway, позволяет увеличить число и качество услуг.

gsmSCF или шлюз CAMEL, нужен для того, чтобы обеспечить абонентам предварительно оплатившим услуги связи (prepaid-абонентам) услугу роуминга в сетях мобильной связи стандарта GSM/UMTS. Кроме того, он выполняет предоставление других услуг, на основе интеллектуальной сети (IN) с использованием протокола CAMEL Application Protocol для сетей мобильной связи.

CAMEL Gateway необходим для взаимодействия приложений для предоставления услуг абонентам мобильной связи, через программный интерфейс API. CAMEL Gateway на основе логики услуг API-приложений с помощью сигнальных каналов, доводит услугу до абонента. Мероприятия по единой стандартизации интерфейсов взаимодействия узлов интеллектуальной сети, благодаря CAMEL Application Protocol, дает возможность доступа услуг, на территории удаленных зон Операторов GSM/UMTS.

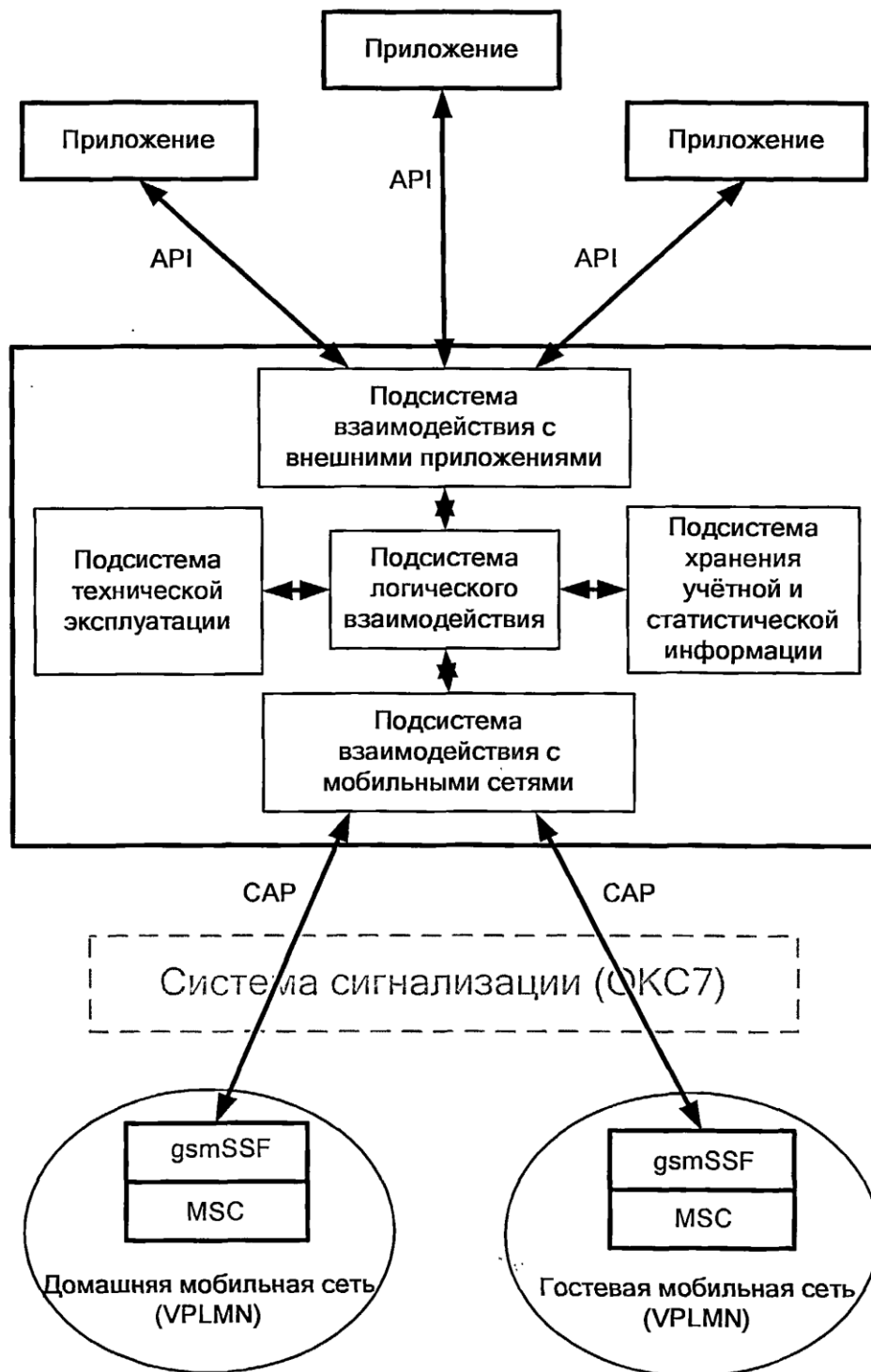


Рисунок 16 - Функциональная модель системы управления услугами CAMEL

На рисунке 16[10] представлены объекты функциональной модели:

- Источники запросов от абонентов мобильной связи;
- домашняя (VPLMN), гостевая мобильная сеть (VPLMN));
- CAMEL Gateway и внешние приложения услуг CAMEL;
- Система сигнализации ОКС7 (CAP), объединяющая объекты мобильных сетей и шлюз CAMEL Gateway.

Благодаря функциональной модели системы управления услугами CAMEL рассмотрим математические модели и вероятностно временные характеристики системы. К характеристикам системы относится среднее количество запросов, среднее время задержки

запросов и их зависимость от интенсивности поступающей нагрузки в системе, а также интенсивность обслуженной нагрузки и числа узлов gsmSSF.

Одной из задач диссертационной работы является анализ моделей защиты от перегрузок шлюза CAMEL и составление рекомендаций по их применению.

2.2 Математическая модель системы защиты от перегрузок в системе CAMEL

В математической модели исследования перегрузок в узлах управления услугами CAMEL учитывалось, что:

- CAMEL состоит из серверов коммутации услуг, серверов управления услугами, шлюза CAMEL и систем сигнализации (ОКС7);
- поток- это входящий от большого числа источников и имеющий показательное распределение интервалов времени между поступающими запросами;
- используется протокол CAP для обеспечения работы объектов модели ;
- CAMEL Gateway взаимодействует с внешними приложениями по протоколу TCP/IP через интерфейс API.
- поступающие запросы могут приходиться на само приложение или на узлы коммутации услуг.

С учетом вышеизложенного на рисунке 17[12] представлена математическая модель узлов управления услугами CAMEL, для защиты от перегрузок.

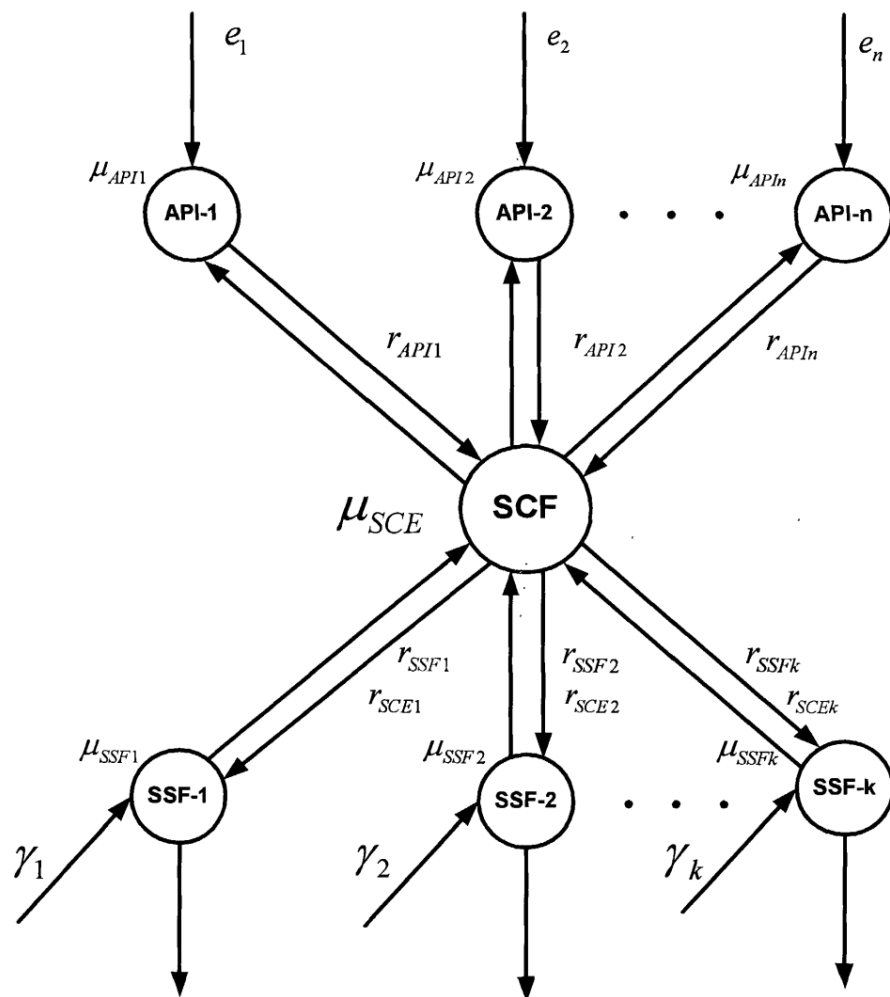


Рисунок 17 - Математическая модель узлов управления услугами CAMEL для защиты от перегрузок

На рисунке 17 изображена система управления услугами CAMEL, где gsmSCF подключено к серверов коммутации услуг. Запросы с интенсивностью e_1, e_2, \dots, e_n направляются во внешние приложения. Одной из задач gsmSCF является предоставление услуг разным приложениям. Величины μ_{API} , μ_{SCE} и μ_{SSF} - интенсивность обработки запросов внешним приложением, сервером CAMEL и соответственно серверами коммутации услуг.

y_1, y_2, \dots, y_k - интенсивность поступления запросов в систему через серверы коммутации услуг.

Под $r_{SCE1}, r_{SCE2}, \dots, r_{SCEk}$ подразумевается вероятность того, что запрос поступит в сервер CAMEL от соответствующих узлов коммутации.

$r_{SSF1}, r_{SSF2}, \dots, r_{SSFk}$ - это вероятности того, что запрос поступит, после обслуживания на сервере CAMEL на определенный сервер коммутации.

$r_{API1}, r_{API2}, \dots, r_{APIn}$, запрос поступит в сервер поступят на внешние приложения.

Внешние API-приложения, взаимодействуют с сетями мобильной связи посредством шлюза CAMEL Gateway и определяют логику услуг. Шлюз CAMEL Gateway принимая информацию от внешних приложений, контролирует и управляет запросами.

Запросы поступающие от коммутаторов MSC/gsmSSF, содержат определенный код услуги и поступают в CAMEL Gateway и затем к определённому внешнему приложению.

Далее рассмотрим модель без внешних приложений(смотреть рисунок 18).

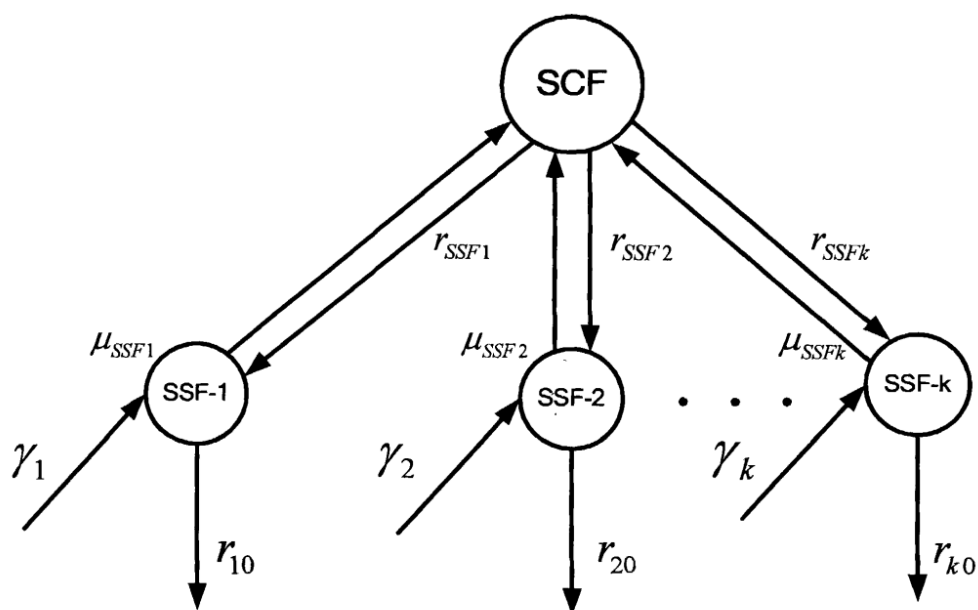


Рисунок 18 - Математическая модель узлов управления услугами CAMEL для защиты от перегрузок (без API-приложений)

2.3 Вероятностно- временных характеристики интеллектуальной сети

Ранее изложенные модели системы управления услугами CAMEL, включают множество взаимосвязанных систем массового обслуживания, которые называются системами очередей.

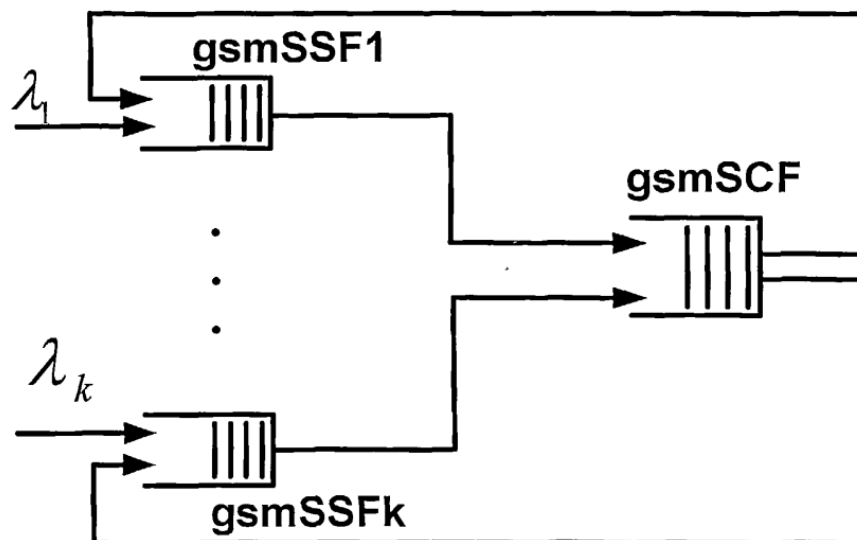


Рисунок 19 - Модель исследования перегрузок в сети IN

Благодаря систем очередей можно смоделировать интеллектуальную сеть на базе CAMEL, при этом возникает очередь запросов.

Данные очереди возникают при моделировании больших телекоммуникационных систем с связанными с ними узлами с целью анализа их характеристик [28,29].

В 1970-х годов очень интенсивно изучался анализ системы очередей, из-за применения моделей таких систем для расчета характеристик сетей связи. Иные случаи применения постоянно наблюдаются в области исследования операций [30].

С середины 1970-х годов было написано огромное количество литературы по системам очередей по изучению проблем: изучению условий, при которых получается решение в виде произведения, и улучшению алгоритмов, понижающих вычислительную производительность. Когда такие модели приводят к решениям в виде произведения, анализ не составляет труда, но при больших сетях сказывается вычислительная производительность.

Данная модель работает по системе вычисления вероятностей, обработки запроса, согласно данным о нагрузке сети.

На рисунке 19[30], нагрузка может входить в сеть и исходить из нее. Рисунок обобщает модель системы очередей, специально разработанной для интеллектуальных сетей.

С учетом потребности абонентов к быстрому доступу или высокой скорости обслуживания, увеличения сферы предоставляемых услуг, все услуги CAMEL начисляют оплату в реальном времени для домашней сети, так и гостевой [6].

В интеллектуальных сетях очереди формируются только перед исходящими каналами, что как-то влияет на производительность сети IN. Запросы, которые покидают очередь и передаются по соответствующему каналу сигнализации, неизбежно поступают в следующий узел, к которому этот канал подключен. В более общем виде, узел имеет в своем составе устройство обработки (рисунок 19), и запросы, поступающие в узловой процессор, могут быть направлены в одну из нескольких очередей исходящего направления.

Во всех представленных моделях поступающие запросы, описаны пуассоновский законом и время обслуживания в каждом узле, не зависит от MSC/gsmSSF и gsmSCF, и распределен по экспоненциальному закону. Маршруты от одной системы обслуживания к другой выбираются случайным образом с определенными вероятностями и, обозначенными на рисунке 17 буквой r .

Решение такой системы получается в виде произведения, следовательно такую систему можно назвать сетью Джексона, в честь имени ученого, который первый доказал,

что такие системы приводят к решению в виде произведения [31,32,33]. Он доказал, что форма произведения сохраняется при условии, если внешние потоки зависят от общего числа запросов в сети и когда время обслуживания, зависит от состояния соответствующих очередей.

Во второй половине 1970-х годов были сформированы более общие условия существования решения в форме произведения [28,29,30,34].

Доказать, что сеть Джексона с обслуживанием в порядке поступления имеет решение в форме произведения, можно легко, показав, что уравнение глобального равновесия удовлетворяет решению в этой форме. В более общем виде, для определения условий получения решения в виде произведения были использованы условия локального равновесия, которые применяются к каждой подсистеме обслуживания и к каждому классу запросов [29,34]. В [35] используется геометрический подход к исследованию существования решения в форме произведения.

Далее представим сеть с M узлами, в которой в j -м узле которой находится система массового обслуживания (СМО) с одной очередью и m_j обслуживающими приборами, время обслуживания в каждом из которых распределено экспоненциально со средним значением μ_j^{-1} .

На рисунке 17 представлена такая сеть. Входящий поток представляет собой Пуассоновский с интенсивность λ . Типичная система обслуживания с указанием вероятностей перехода от узла к узлу системы (вероятностей маршрутов), включая возвращение на собственный вход, показана на рисунке 20[34].

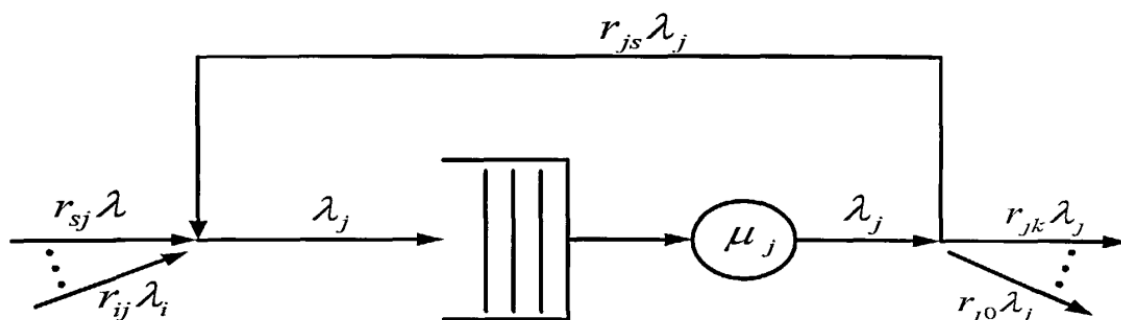


Рисунок 20 - Типовая модель узла управления услугами

r_{jk} - это вероятность того, что запрос после завершения обслуживания в узле j направляется в узел k . Обозначение μ_j - интенсивность обслуживания.

Имеем условие

$$r_{j0} = 1 - \sum_{k=1}^M r_{jk} \quad (2.1)$$

где цифрой 0 обозначен пункт назначения.

Если r может быть равен нулю, это означает, что запросы не направляются в данный узел.

Следующим необходимым условием - непрерывность потока обслуженных запросов. Если λ_j - означает интенсивность поступления запросов, следовательно

$$\lambda_j = r_{sj}\lambda + \sum_{i=1}^M r_{ij}\lambda_i \quad (2.2)$$

Определить вероятность $p_j(x_j)$ того, что узел j находится в состоянии x_j . Однако из-за взаимной связи узлов разные вероятности не обязательно независимы. Определим первоначально совместную вероятность

$$p(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_M) = p(x) \quad (2.3)$$

Подтвердим доказательство теоремы Джексона :

$$p(x) = \prod_{j=1}^M p_j(x_j) \quad (2.4)$$

$$p_j(x_j) = (1 - p_j) p_j^{x_j} \quad (2.5)$$

$$p_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j} < 1$$

Равенство (2.4) является примером решения в форме произведения. Разные узлы, хотя и связаны между собой и объединяются уравнениями непрерывности (2.1) и (2.2), ведут себя так, как если бы они были независимы. В данной ситуации удобство в том, что каждый из узлов представляется системой $M/M/1$ с вероятностями состояний, определяемыми формулой приведенной (2.5). Следовательно, взаимосвязь и зависимость узлов обслуживания возникает через коэффициенты p_j , которые должны удовлетворять уравнениям непрерывности (2.1) и (2.2). В системах со временем обслуживания, зависящим от состояния, которые здесь не рассматриваются, также возникают подобные результаты, включающие в себя известные решения для таких систем [28].

Таким образом, установим многомерное уравнение глобального равновесия для векторной вероятности $p(x)$. Далее поданному уравнению глобального равновесия удовлетворяет решение (2.4) и (2.5) в форме произведения. В данной ситуации, мы приравниваем все возможные значения интенсивности уходов из состояния и приходов в это состояние, что приводит к уравнению глобального равновесия (2.6), изложенному ниже.

Заменяем обозначения $p(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, x_{j+1}, \dots, x_M)$ выражением $p(x-1_j)$, следовательно, единичный вектор 1_j , представляет изменение состояния x_j на единицу. Аналогично заменим обозначения вероятности $p(x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, \dots, x_{k+1}, \dots, x_M)$ выражением $p(x-1_j-1_k)$. При этом, уравнение глобального равновесия, в котором примет вид

$$\left[\lambda + \sum_{j=1}^M \mu_j \right] p(x) = \lambda \sum_{j=1}^M r_{sj} p(x-1_j) + \sum_{j=1}^M r_{j0} \mu_j p(x+1_j) + \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M r_{jk} \mu_k p(x+1_k-1_j) \quad (2.6)$$

Получается, что левая часть уравнения (2.6) представляет суммарную интенсивность уходов из состояния x : это может быть новое поступление с интенсивностью λ в любой или уход из любого из M узлов обслуживания с соответствующей интенсивностью μ_j . Правая часть уравнения (2.6), представляет сумму значений интенсивности поступления в состояние x по разным путям. Приведем пример, когда их в состояние x можно попасть из состояния $x-1_j$, а подсистема j находится в состоянии x_{j-1} , и в нее поступает запрос. Данная ситуация может произойти двумя способами: запрос может поступить из внешнего источника с интенсивностью λr_{sj} или поступить из узла k ($1 \leq k \leq M$) с интенсивностью $r_{j0} \mu_j$. В последнем случае узел k должен находиться в состоянии x_{k+1} . Запрос может покинуть узел i в пункт назначения 0 , что описывается дополнительным членом уравнения (2.6).

Для решения данного уравнение, сначала избавимся от r_{sj} путем подстановки их в формулу (2.2).

Покажем что, получающееся уравнение верно, если справедливо следующее равенство.

$$\lambda_j p(x - 1_j) = \mu_j p(x) \quad (2.7)$$

(Отметим, что отсюда следует также $\lambda_k p(x - 1_j) = \mu_k p(x - 1_j + 1_k)$). В частности, подставляя (2.7) в приведенную форму уравнения (2.6), увидим, что все члены сокращаются, кроме следующего ряда: $\lambda p(x) = \sum_{j=1}^M r_{j0} \mu_j p(x + 1_j)$.

Но при $\lambda_j p(x) = \mu_j p(x + 1_j)$ это легко приводится к равенству $\lambda = \sum_{j=1}^M r_{j0} \lambda_j$, являющемуся в точности условием непрерывности потока от источника к получателю, что доказывает, что уравнение (2.6) верно, если справедливо равенство (2.7).

Раскрывая сокращенные обозначения равенства (2.7), имеем $p(x) = \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j}\right) p(x_1, x_2, \dots, x_j - 1_j, \dots, x_M)$. Повторяя x_j раз, получим

$p(x) = k \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j}\right)^{x_j} p(x_1, x_2, \dots, 0, \dots, x_M)$, цифра 0 означает состояние j -го узла.

Далее, проделав то же самое в каждом узле, окончательно получим

$$p(x) = \prod_{j=1}^M \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j}\right)^{x_j} p(0) \quad (2.8)$$

Чтобы найти $p(0)$, т.е. вероятность того, что все M узлов обслуживания пусты, необходимо просуммировать вероятности $p(x)$ глобальных состояний по всем возможным состояниям и приравнять результирующую сумму, как обычно, единице. и получим

$$\sum_x p(x) = p(0)S = 1, \quad (2.9)$$

где сумма S находится в виде

$$S = \sum_x \left[\prod_{j=1}^M \left(\frac{\lambda_j}{\mu_j}\right)^{x_j} \right] \quad (2.10)$$

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 p_j обычное отношение λ_j/μ_j получим

$$S = \prod_{j=1}^M \sum_{x_j=0}^{\infty} p_j^{x_j} = \prod_{j=1}^M (1 - p_j)^{-1} \quad (2.11)$$

На основании (2.9), (2.11) и (2.8) получим окончательный результат

$$p(x) = \prod_{j=1}^M (1 - p_j) p_j^{x_j} \quad (2.12)$$

Отметим, что при $S < \infty$ имеет место $p_j < 1$.

Равенство (2.12), т.е. то, что решение для глобальной вероятности состояния интеллектуальной сети (CAMEL) имеет форму произведения Π , фактически показывает, что каждый из N узлов обслуживания может трактоваться как $M/M/1$. Интенсивность поступления λ_j ($j=1, \dots, M$), определяется единственным образом на основании уравнения (2.2), а вероятности маршрутов r_{j0} находятся в соответствии с (2.1).

Представленное равенство (2.12) доказано для частного случая, но оно может быть применено к любой Интеллектуальной сети с пуассоновскими входящими потоками и экспоненциально распределенной длительностью обслуживания.

В выводе является предположение, что значения длительности обслуживания независимы, а запросы, идущие по пути от источника к получателю, имеют случайные веса, которые выбираются независимо перед каждым узлом.

2.4 Выводы

С использованием теории открытых сетей Джексона, было изучено перегрузка в интеллектуальных сетях CAMEL. Было доказано, что модели исследования перегрузок в открытых сетях, дают оптимальное решение в форме произведения и было отмечено, что при решении вопроса, связанной с проблемой перегрузок, важно рассматривать систему как единую, где есть M узлов с дисциплинами обслуживания $M/M/m_j$.

3 Обзор существующих моделей от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL

3.1 Механизмы защиты от перегрузок в системе CAMEL

Из ранее представленных материалов глав 1 и 2 видно, что механизм защиты от перегрузок используется для поддержания работоспособности серверов при обработке запросов в периоды резкого повышения нагрузки, а также для сохранения ресурсов сети (мобильной сети на базе CAMEL) для предоставления необходимых услуг в условиях перегрузки.

При разработке механизма управления защитой от перегрузки возникает две задачи: во-первых, как определить начало перегрузки и, во-вторых, как защищать сеть от перегрузки. Для определения начала перегрузки, наряду с другими мерами, могут быть использованы результаты измерений интенсивности входящих потоков и обработки соединений или переполнение очередей запросами сверх установленных порогов. Применяемые (или предложенные) методы защиты от перегрузки предусматривают механизмы управления интенсивностью потоков запросов, поступающих в систему на обработку.

При разборе простейшей системы обслуживания запросов (составляющих потоки запросов тех или иных CAMEL-услуг) без защиты от перегрузок.

3.2 Незащищенная система обслуживания от перегрузок

На рис. 3.1 приведена систему обслуживания с бесконечной очередью и обратной связью. Если считать, что запросы образуют пуассоновский поток с интенсивностью λ запросов/с, поступающий на один сервер и что, эти запросы и обслуживаются в модели на рисунке 21[36,37]. Предполагается, что время пребывания запроса в системе описывается показательным распределением со средним значением $1/\mu$.

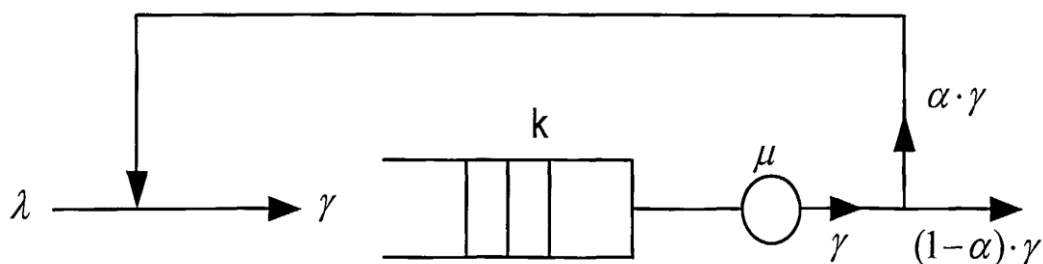


Рисунок 21- Идеализированная модель системы обслуживания; обработка запросов.

Типовой запрос обслуживается и покидает сервер с вероятностью $(1 - \alpha)$. дополнительный запрос обслуживается с вероятностью α , обслуживание типового запроса прерывается, и типовой запрос ставится опять в конец очереди.

Среднее число проходов такого запроса через систему равно $1/(1-\alpha)$; и оно определяет среднее число запросов, приходящихся на одно обращение к услуге CAMEL.

Для примера, на рисунке 21 рассмотрим параметр γ производительности системы обслуживания. Так как, $\gamma = \lambda + \alpha\gamma$, из условия сохранения потока имеем

$$\gamma = \frac{\lambda}{1-\alpha}$$

Следовательно, γ определяется пропускной способностью системы обслуживания запросов и сравнимо с интенсивностью потока запросов (если α мало).

Возвращаясь к модели с обратной связью (рисунок 21), отметим, что система ведет себя точно так же, как простая модель обслуживания M/M/1 с интенсивностью входящего потока $\gamma = \lambda/(1-\alpha)$ и интенсивностью обслуживания $1/\mu$.

Так, если система находится в состоянии k , т.е. в очереди находятся $k-1$ запросов плюс один обслуживаемый, можно непосредственно записать распределение вероятностей состояний

$$p_k = (1 - p)p^k, p = \frac{\gamma}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(1-\alpha)} \quad (3.1)$$

Среднее количество запросов в системе

$$\bar{N} = \frac{p}{1-p} \quad (3.2)$$

Среднее время прохождения одного запроса через систему

$$\bar{T}_{\text{пр}} = \frac{\bar{N}}{\gamma} = \frac{1}{\mu(1-\alpha)} \quad (3.3)$$

Среднее время пребывания запроса в системе равно $1/(1-\alpha)$.

Применяя формулу Литтла, $W_{\text{за}} = \bar{N}/\lambda$, мы сможем определить задержку при обработке запроса в приведенной модели:

$$W_{\text{за}} = \frac{\bar{N}}{\lambda} = \frac{p}{\lambda(1-p)} = \frac{p}{\gamma(1-\alpha)(1-p)} = \frac{p}{\mu(1-\alpha)(1-p)} = \frac{p}{\mu(1-\alpha)(1-p)} \quad (3.4)$$

Очевидно, что

$$W_{\text{за}} = \frac{\bar{T}_{\text{пр}}}{1-\alpha} = \frac{1}{\mu(1-\alpha)(1-p)} \quad (3.5)$$

Изложенный анализ включает известные формулы и относится к незащищенной, т.е. неуправляемой системе обслуживания.

В дальнейшем, мы сохраним простейшую модель M/M/1, но рассмотрим обслуживание запросов, относящихся к разным обращениям.

Кроме упрощающего допущения о M/M/1, будем учитывать то, что для всех

обращений к услугам создается одно и то же количество запросов, хотя в реальности для услуги “оплата по кредитной карте” их 8, а для услуги замены сигнала “контроль посылки вызова” их 3. Рассмотрим ситуацию, когда обращения ко всем услугам приносят один и тот же доход Оператору, и отсеивая запросы при перегрузке, мы не присваиваем им приоритет по доходности.

С учетом этих допущений, мы определим две модели защиты от перегрузки в узлах управления услугами CAMEL.

3.3 Система обслуживания путем блокировки обращений от перегрузок

Эта модель представляет собой систему обслуживания с конечной очередью, в которой удерживаются не более N запросов, а когда их станет ровно N , все новые обращения к услугам CAMEL блокируются. Такая модель представлена на рисунке 22[36]

$$p_k = \frac{p^k(1-p)}{[1-p^{N+1}]}, \quad p = \frac{\lambda}{\mu(1-\alpha)}, \quad (3.6)$$

$$0 \leq k \leq N.$$

Вероятность блокировки обращений в точности равна

$$P_B = \frac{p^N(1-p)}{[1-p^{N+1}]} \quad (3.7)$$

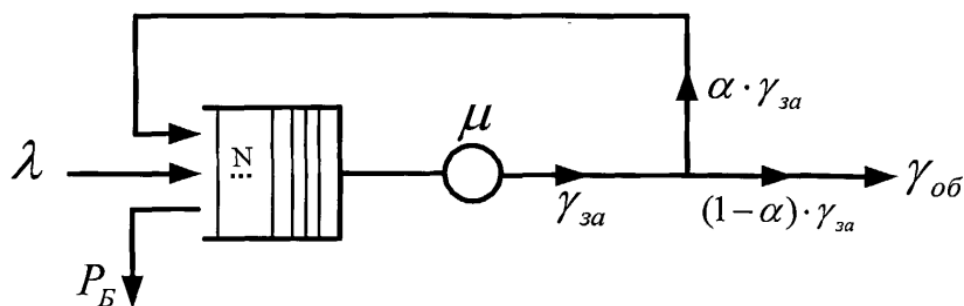


Рисунок 22 - Модель блокировки обращений

Так как, при переполнении очереди запросов, новые обращения блокируются, то необходимо различать два вида эффективности: эффективность работы с обращениями, т.е. число обращений, которые система может принять в единицу времени (обозначена $\gamma_{об}$ на рисунке 22), равная

$$\gamma_{об} = \lambda(1 - P_B), \quad (3.8)$$

и эффективность обработки запросов, т.е. число запросов, обрабатываемых в единицу времени, равная

$$\gamma_{за} = \frac{\gamma_{об}}{(1-\alpha)} = \frac{\lambda(1-P_B)}{(1-\alpha)}, \quad (3.9)$$

и тоже показанная на рисунке 22.

В зависимости от параметра N управления защитой от перегрузки, изменяется и средняя задержка $\overline{W_B}$ обработки, в среднем, $1/(1-\alpha)$ запросов. При уменьшении N соответственно уменьшается $\overline{W_B}$, но за счет уменьшения эффективности $\gamma_{об}$.

Обе функции $\gamma_{об}$ и \overline{W}_B легко могут быть получены на основании (3.5)-(3.8).

Таким образом,

$$\overline{W}_B = \frac{\bar{N}}{\gamma_{об}} = \frac{\bar{N}}{\lambda(1-P_B)}, \quad (3.10)$$

где \bar{N} - среднее количество запросов в системе.

$$\bar{N} = \sum_{k=0}^N k p_k = \frac{p}{(1-p)(1-p^{N+1})} [1 - (N+1)p^N + Np^{N+1}], \quad (4.11)$$

P_B находится из (3.7).

Из равенств (3.7 и 3.11) легко найти, что

$$\overline{W}_B = \frac{p}{\lambda(1-p)} \left[\frac{1 - (N+1)p^N + Np^{N+1}}{1-p^N} \right], \quad (3.12)$$

Первый член правой части равенства (3.11), стоящий перед квадратными скобками, описывает случай неуправляемой системы с бесконечной очередью, которому соответствует равенство (3.4), а выражение в квадратных скобках, и отражает эффект от ограничения нагрузки путем блокировки новых обращений.

Проведем анализе нескольких случаев и определим, что $p=1$. Величина p - определяет коэффициент начало сильной перегрузки. В приведенной модели с конечной очередью (рис. 3.2) обрабатывается нагрузка при $p \geq 1$, в течение ограниченных периодов времени.

Определим предел функции W_B , когда p стремится к единице.

$$\begin{aligned} W_B &= \frac{p}{\lambda(1-p)} \left[\frac{1 - (N+1)p^N + Np^{N+1}}{1-p^N} \right] \\ &= \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{p - (N+1)p^{N+1} + Np^{N+2}}{1-p^N - p + p^{N+1}}, \lim_{p \rightarrow 1} \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{p - (N+1)p^{N+1} + Np^{N+2}}{1-p^N - p + p^{N+1}} = \frac{0}{0}. \end{aligned}$$

Применяя правило Лопиталья к равенству (3.11), разобьем функцию W_B на две функции: числитель $f(p)=p-(N+1)p^{N+1}+Np^{N+2}$ и знаменатель $g(p)=1-p^N-p+p^{N+1}$. При дифференциации обоих членов, определим, чему равен предел, когда p стремится к единице.

$$\lim_{p \rightarrow 1} \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{1 - (N+1)^2 p^N + N(N+2)p^{N+1}}{-Np^{N-1} - 1 + (N+1)p^N} = 0/0$$

Применяя правила Лопиталья к этому выражению и получим следующее:

$$\begin{aligned} \lim_{p \rightarrow 1} \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{-N(N+1)^2 p^{N-1} + N(N+1)(N+2)p^N}{-N(n-1)p^{N-2} + N(N+1)p^{N-1}} &= \left(\frac{1}{\lambda} \right) \frac{-N^2 - 2N - 1 + N^2 + 2N + N + 2}{-N + 1 + N + 1} \\ &= \frac{N+1}{2\mu(1-\alpha)} \end{aligned}$$

При $p=1$ и $\lambda=\mu(1-\alpha)$ среднее время задержки при обработке $1/(1-\alpha)$ запросов равно

$$\overline{W}_B = \frac{(N+1)}{2\mu(1-\alpha)} \quad (3.13)$$

Формулы (3.10, 3.12, 3.13) позволяют определить предел задержки, устанавливаемый

защитой от перегрузки. Поскольку в этой модели для обработки типичного запроса требуется $1/\mu(1-\alpha)$ единиц времени, при $\rho=1$ требуется самое большое $(N+1)/2$ таких единиц. Но это не соответствует значению W_B в неуправляемой модели (рисунок 21) с бесконечным буфером.

Приходим к выводу, что влияние управления защитой совпадает с понятием ограничения времени задержки. Наиболее жесткое управление получается при $N=1$, т.е. при ограничении числа запросов в системе обслуживания до единицы. Однако ценой такого ограничения является недопустимое уменьшение эффективности обработки запросов.

Перед тем, как решить приоритетность вопросов, и принять решение между задержкой и эффективностью, рассмотрим случай предельной интенсивности нагрузки ρ .

Чисто теоретически, принимая $\rho \rightarrow \infty$ для проверки эффективности управления в этом экстремальном случае, из равенства (3.11) легко находим, что величина W_B стремится к

$$\overline{W}_B = \frac{N}{\mu(1-\alpha)}. \quad (3.14)$$

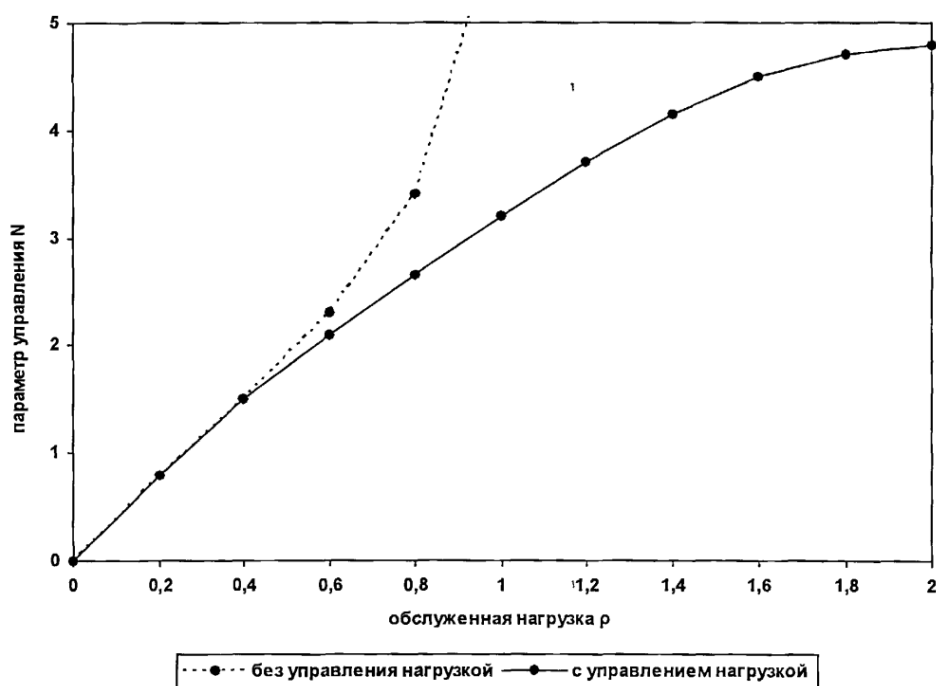


Рисунок 23 - Задержка как функции обслуженной нагрузки

При больших значениях N , это соответствует приблизительно удвоенной задержке по сравнению со случаем $\rho=1$. Приведена кривая, демонстрирующая зависимость параметра N , как функцию ρ при наличии управления, приведена на рисунок 23[35]. При значении $\rho \leq 0,6$ или около того и при достаточно больших N , выражение в квадратных скобках равенства 3.11 близко к единице, и вносимая задержка, будет совпадать с задержкой при отсутствии управления, которая определяется первым членом правой части равенства 3.11 и равна известной задержке в системе $M/M/1$ с бесконечной очередью.

При анализе влияния управления с блокировкой обращений на эффективность применяемой системы, отмечается что при уменьшении размера N буфера запросов они будут блокироваться чаще, и эффективность уменьшится. Это можно показать рассматривая равенство (3.6). Рассмотрим опять случай $\rho=1$.

$$P_B = \frac{1}{(N+1)}. \quad (3.15)$$

Эффективность в этом случае равна $(1-P_B)=N/(N+1)$. Следовательно, при самой жесткой защите, когда $N = 1$, вероятность $P_B=0.5$, т.е. 50% всех запросов блокируется, и эффективность составляет 50% нагрузки.

При увеличении N вероятность, блокировки уменьшается, а эффективность возрастает, но при этом возрастает также задержка W_B , что видно из равенства (3.12).

При $N = 2$ блокируется только 33% запросов, а 67% проходят, и задержка в $(N + 1) / 2 = 1,5$ раза больше минимальной задержки W_B .

Об эффективности можно говорить более строго для любых значений p , нормируя эффективность работы с обращениями $\gamma_{об}$ относительно $\mu/(1-\alpha)$, т.е. максимального числа запросов в единицу времени в модели на рисунок 22. (где по определению, $1/\mu$ - это среднее время обработки запросов, $1/\mu(1-\alpha)$ - среднее время работы с обращением).

Сделав это, на основании (3.7) находим, что нормированная эффективность обработки запросов, как и ожидалось, равна

$$\frac{\gamma_{об}}{\mu(1-\alpha)} = p(1 - P_B). \quad (3.16)$$

При $p=1$ это составляет, как уже указывалось, $N*(N+1)$. При $p \gg 1$ легко показать, что на основании (3.7) $P_B \rightarrow 1 - \frac{1}{p}$, а $(1 - P_B) \rightarrow \frac{1}{p}$.

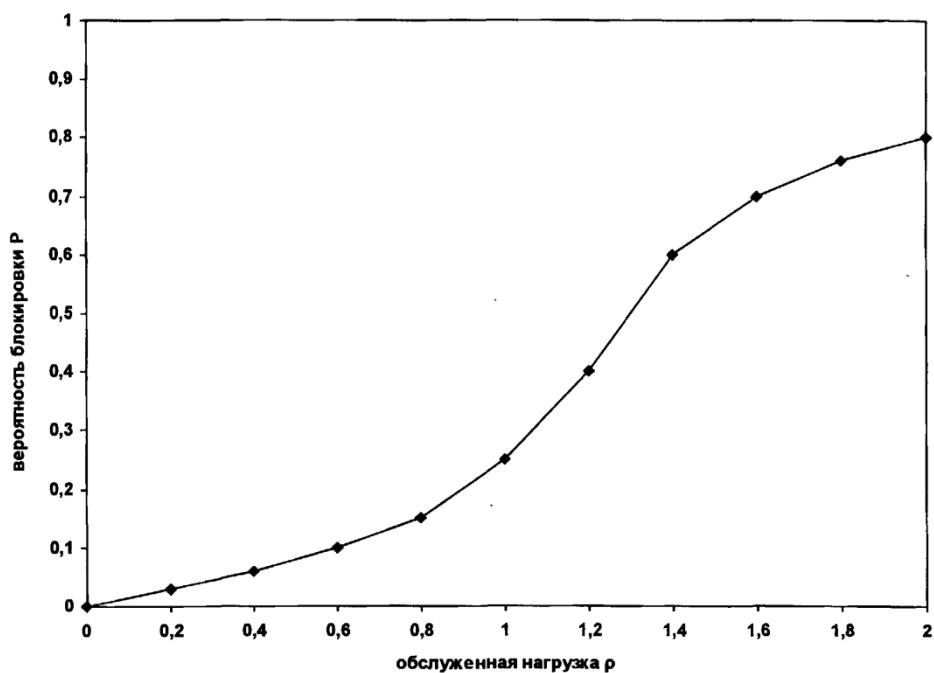


Рисунок 24 - Вероятность блокировки обращений как функция обслуженной нагрузки

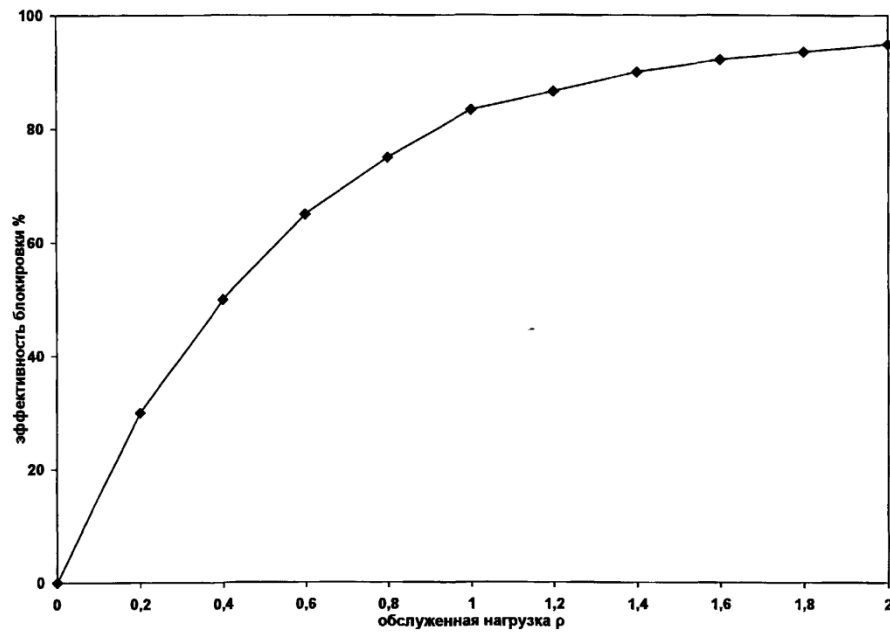


Рисунок 25 - Эффективность блокировки запросов как функция обслуженной нагрузки

Вероятность блокировки становится очень большой, и большинство запросов отклоняется, но очередь запросов всегда заполнена до максимального значения N , а эффективность обработки запросов достигает максимально возможного значения запросов в единицу времени.

На рисунках 24 и 25[34] эти понятия поясняются, соответственно, для вероятности блокировки P_B и эффективности управления блокировкой запросов $\gamma_{об}/\mu(1-\alpha)$.

3.4 Система обслуживания путем задержки пребывания запросов в системе

На рисунке 26[22] приведена модель обслуживания[22,38,39]. В приведенной модели одна очередь модели неуправляемой системы обслуживания (рисунок 21) заменена двумя очередями: конечной очередью к системе gsmSCF (шлюз CAMEL), содержащей не более N запросов (включая находящийся на обслуживании), и внешней очереди запросов, ожидающих начала обработки, которые после ожидания переходят во внутреннюю очередь к gsmSCF.

Если в очереди к системе gsmSCF, определено N запросов (включая находящийся на обслуживании), новые запросы поступают во внешнюю очередь.

Другая ситуация, когда в очереди к системе gsmSCF, находится меньше N запросов, они направляются непосредственно в очередь к системе gsmSCF, без ожидания во внешней очереди. Определим, что в этой модели переход из одной очереди в другую происходит мгновенно. Внешняя очередь может рассматриваться как содержащая запросы, ожидающие ответ, и задержки в этой очереди впредь будем для простоты называть задержками ответа.

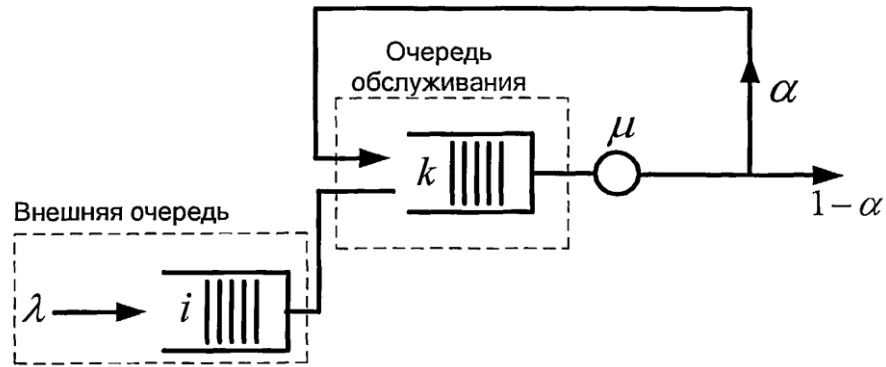


Рисунок 26 - Модель задержки пребывания запросов в системе

При анализе установим, что число запросов, ожидающих во внешней очереди, равно i , а число запросов, ожидающих во внутренней очереди конечной длины, равно k . Следует что, $0 \leq k \leq N$, $0 \leq i \leq \infty$. Отметим, что в этой схеме управления нет блокировок, поскольку внешняя очередь предполагается бесконечной. Для определения статистических свойств этой системы, из двух очередей введем двумерную вероятность $P(i, k)$ того, что во внутренней очереди ожидают k запросов, а во внешней очереди i запросов. Очевидно, что при $0 \leq k \leq N$ число i равно нулю, поскольку при $i \geq 1$ имеет место $k = N$. Поэтому определяем только следующие вероятности $P(i, k)$:

$$P(0, k) \quad 0 \leq k \leq N$$

и

$$P(i, N) \quad i \geq 0 (i \rightarrow \infty).$$

Для определения этих членов, можно выписать уравнения равновесия. Необходимо выписать четыре таких уравнения, которые последовательно приводятся ниже.

$$(1) \lambda P(0, 0) = \mu P(0, 1). \quad (3.17)$$

$$(2) (\lambda + \mu) P(0, k) = \lambda P(0, k - 1) + \mu P(0, k + 1) \quad 1 \leq k \leq N - 1 \quad (3.18)$$

Для упрощения записи введен параметр $\mu = \mu(1 - \alpha)$. Два первых из приведенных уравнений в точности соответствуют уравнениям для системы обслуживания типа M/M/1 с конечной очередью. Третье уравнение равновесия имеет вид

$$(3) (\lambda + \mu) P(0, N) = \lambda P(0, N - 1) + \mu P(1, N) \quad (3.19)$$

Последний член этого уравнения описывает интенсивность переходов из внешней очереди во внутреннюю. Наконец, уравнение равновесия для внешней очереди, также совпадающее с уравнением для системы M/M/1, имеет вид

$$(4) (\lambda + \mu) P(i, N) = \lambda P(i - 1, N) + \mu P(i + 1, N), \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (3.20)$$

В главе 2 показано, что решение этой системы уравнений имеет форму произведения:

$$P(0, k) = (1 - p)p^k, \quad 0 \leq k \leq N \quad (3.21)$$

и

$$P(i, N) = (1 - p)p^{i+N}, \quad 0 \leq i \leq N \quad (3.22)$$

Здесь, как и прежде, $p=\lambda/\mu(1-\alpha)$. Заметим, что вся система ведет себя как система обслуживания M/M/1 с $l=i+k$ запросами. А если так, то среднее время пребывания запроса во всей системе не зависит от параметра управления и равно

$$\bar{T}_{\text{пр}} = \frac{1}{\mu(1-\alpha)(1-p)} \quad (3.23)$$

Целью управления является регулировка задержки переноса запроса из одной очереди в другую. Так, при уменьшении параметра управления N , что соответствует более жесткой защите, задержка обработки запросов уменьшается за счет возрастания внешней очереди или за счет задержки ответа. Первая задержка, задержка обработки запросов, очевидно, зависит от среднего числа запросов во внутренней очереди. На основании равенств (3.21) и (3.22) и некоторых преобразований и упрощений, эта задержка может быть выписана в виде

$$W_k = \sum_{k=0}^N \sum_{i=0}^{\infty} kP(i, k) = \sum_{k=0}^N kP(0, k) + N \sum_{i=1}^{\infty} P(i, N) = \frac{p}{1-p} [1 - p^N] \quad (3.24)$$

Поскольку среднее число запросов в системе M/M/1 равно $N(1)=p/(1-p)$, и так как $l=i+k$, можно, воспользовавшись равенством (3.24), непосредственно получить,

$$W_i = \frac{p^{N+1}}{(1-p)} \quad (3.25)$$

Этот результат может быть получен из равенства вида 3.22 и , определения W_t [36]. Изменение среднего числа запросов в каждой из двух очередей при изменении параметра управления N может быть легко показано на примере. Выберем точку большой нагрузки $p=0,9$ (вспомним опять, что несмотря на управление величиной очереди, для гарантии устойчивого режима необходимо поддерживать нагрузку $p < 1$) Тогда среднее число запросов в обеих очередях всегда будет равно $p/(1-p)$ независимо от параметра N . На рисунке 26[36] показаны соответствующие кривые зависимости от N среднего числа запросов в каждой из двух очередей.

С помощью формулы Литгла, может быть определена соответствующая задержка в каждой из двух очередей, а также средняя задержка запроса за счет ожидания во внутренней очереди (задержка обработки запроса) равна

$$W_{\text{внутр}} = \frac{W_k}{\lambda}, \quad (3.26)$$

тогда как средняя задержка во внешней очереди, т.е. задержка ответа, выражается так:

$$W_{\text{внеш}} = \frac{W_i}{\lambda} = \bar{T}_{\text{пр}} - W_{\text{внут}} \quad (3.27)$$

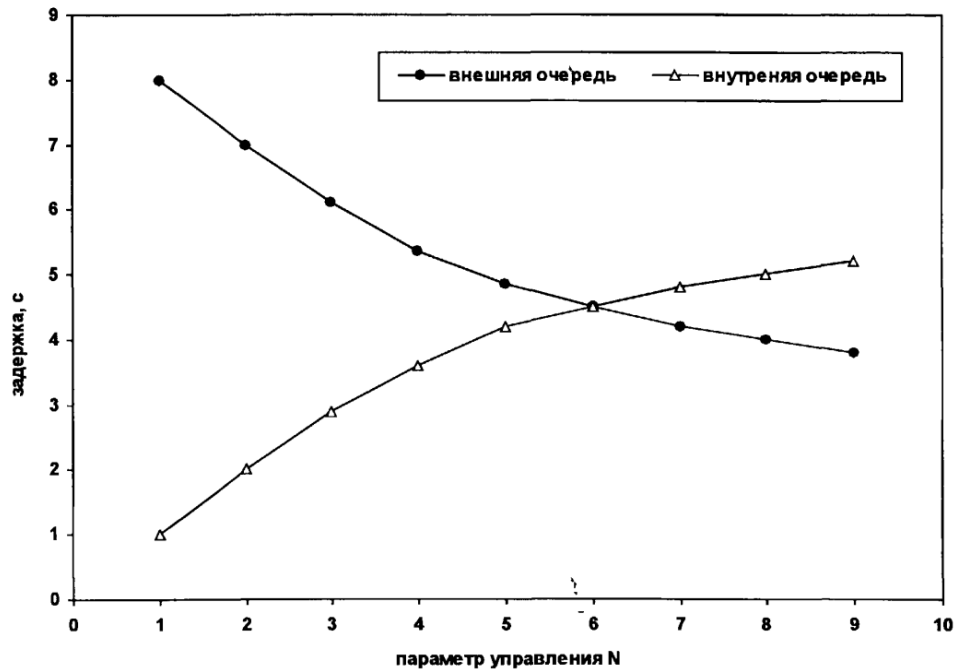


Рисунок 26 - Влияние параметра управления на среднюю длину очереди

В таблице 2 приведены разные значения нормированной задержки (относительно среднего времени обработки запроса $1/\mu(1-\alpha)$) для того же самого параметра $\rho = 0,9$, что и на рисунке 26.

Отмечается, что при уменьшении параметра управления N (т.е. число мест в очереди) управление становится более жестким, задержка перемещается от обработки запросов во внешнюю очередь.

Т а б л и ц а 2 - Влияние управления задержкой обработки запросов (во внешней очереди)

Параметр управления N	W_k	Задержки в системе		
		$W_{\text{внеш}}$	$T_{\text{пр}}$	$W_{\text{внут}}$
1	0,9	9	10	1
2	1,7	8,1	10	1,9
3	2,4	7,3	10	2,7
4	3,1	6,6	10	3,4
5	3,7	5,9	10	4,1
6	4,2	5,3	10	4,7
7	4,7	4,8	10	5,2
8	5,2	4,4	10	5,6
9	4,7	4,1	10	5,9

3.5 Сравнение двух методов управления обработкой запросов

Анализируя два механизма защиты, вышеизложенных в этом разделе с применением идеализированной модели, можно провести данные таблицы 3. Для расчетов в случае блокировки запросов, выбираем значение параметра $\rho = 1$, а в случае ожидания $\rho = 0,9$. Кроме вероятностей задержки и блокировки в каждом случае указано среднее число N запросов во внутренней очереди. Оно может интерпретироваться как мера нагрузки центрального процессора, хотя прямое сравнение затруднительно из-за различия характеристик двух методов управления. Так, при управлении блокировкой запросов для устранения перегрузки применяется блокировка, и ее эффект измеряется временем задержки

обработки запросов. В то же время, это приводит к уменьшению эффективности обработки запросов и побуждает пользователей делать повторные запросы. Управление же путем задержки обработки запросов производится ограничением количества вновь поступающих запросов, которые должны ожидать во внешней очереди. На практике это делается с помощью задержки ответа.

Т а б л и ц а 3 - Анализ при применении двух методов управления обработкой запросов

Параметр управления N	W_k		Задержки в разных системах	Задержка во внешней очереди	Вероятность блокировки	
	Случай с ожиданием (p=0,9)	Случай с блокировкой (p=1)			$W_{внеш}$	P_B
			Случай с ожиданием $W_{внут}$	Случай с блокировкой W_B		
1	0,9	0,5	1,0	1,0	9,0	0,501
2	1,5	1,0	1,9	1,5	8,2	0,375
3	2,4	1,5	2,7	2,0	7,3	0,251
4	3,0	2,0	3,4	2,5	6,5	0,210
5	3,7	2,5	4,1	3,0	5,9	0,171
6	4,2	3,0	4,7	3,5	5,3	0,152
7	4,7	3,5	5,2	4,0	4,8	0,125
8	5,2	4,0	5,6	4,5	4,4	0,111
9	5,7	4,5	5,9	5,0	4,1	0,101

Анализ данных, приведенных в таблице 3 показывает, что кроме основной проблемы, связанной с фактической невозможностью сравнения влияния вероятности блокировки на пользователей в одном случае, с влиянием задержки ответа в - другом, два анализируемых механизма управления, могут быть подобраны так, чтобы обеспечить одинаковые результаты в том, что касается задержки обработки запросов и нагрузки центрального процессора.

Например, случай управления блокировками при $P_B=0.1$ и при относительной эффективности 0,9. Нормированная задержка обработки запросов, как видно в таблице 3, равна 5. Если выбрать параметр управления очередью $N = 7$, то нормированная задержка обработки запросов будет равна 5,2. Нагрузка центрального процессора, измеренная как среднее число запросов во внутренней очереди, на основании таблице 3 равна 4,5 (в случае с ожиданием) и 4,7 (в случае с блокировкой). Эти числа вполне сопоставимы. С другой стороны, управление путем блокировок в этой модели приводит к блокировке 10% запросов, но без задержек ответа, тогда как управление задержками запросов вводит относительную задержку ответа 4,8 без блокировки запросов.

Как указывалось выше, эта модель была предложена ввиду ее сравнительной простоты и возможности сосредоточиться на двух механизмах защиты от перегрузок в узлах IN.

3.6 Выводы

1. Если поступающая нагрузка стремиться к 1, то задержка в системе без защиты от перегрузок в узлах стремиться к бесконечности;
2. Основной задачей системы обслуживания путем блокировки обращений от перегрузок является улучшением эффективности системы;
3. Основной задачей системы обслуживания путем задержки пребывания запросов в системе является регулировка задержки переноса запроса из одной очереди в другую;
4. При управлении блокировкой запросов для устранения перегрузки применяется

блокировка, и ее эффект измеряется временем задержки обработки запросов;

5. Анализ двух механизмов управления перегрузками показывает, что они могут быть подобраны так, чтобы обеспечить одинаковые результаты в том, что касается задержки обработки запросов и нагрузки центрального процессора.

4 Экспериментальный анализ эффективности защиты от перегрузок в узлах системы CAMEL

4.1 Экспериментальный опыт проверки метода посылки фильтрованного запроса

В применяемых интеллектуальных сетях существуют проблемы, связанные с тем, что время ответа на запросы превышает время, регламентированное в протоколе, что порождает повторные обращения, и часто приводит к заикливанию и к резкому увеличению нагрузки. Многократные повторные запросы не только не будут обслужены с должным качеством, но и займет на длительное время ресурсы сети, значительно ухудшив обслуживание других обращений. В целях предотвращения перегрузки в узлах интеллектуальной сети применяются специальные процедуры контроля нагрузки (защиты от перегрузок). Определены два типа контроля нагрузки - стандартные процедуры, которые приведены в рекомендациях, и процедуры, установленные производителями оборудования. Для экспериментальной проверки системы защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL.

Для любой телекоммуникационной сети, одной из основных задач, является стратегия управления нагрузкой. Если данная задача выполнена неверно, то периодически в сетях оператора происходит перегрузка элементов и узлов CAMEL, что в последующем снижает качество предоставляемой услуги. Поэтому чтобы избежать подобных перегрузок в узлах используют специальные процессы контроля нагрузки[40].

В сетях плата за пользование услугами будет начисляться на основе той полосы пропускания, которая используется пользователем в процессе доступа к тем или иным услугам[6]. Цена полосы пропускания будет варьироваться сервис-провайдером в зависимости от окружающих условий. В определенных ситуациях оператор может увеличить цену полосы пропускания, с тем чтобы "охладить пыл" пользователей и снижая риск возникновения перегрузки[41].

В случае всплесков трафика в сети CAMEL-шлюз gsmSCF может оказаться в условиях перегрузки. Для предотвращения этого существует механизм управления распределенной нагрузкой, который использует метод прореживания потока вызовов (call gapping) определяющий уровнем поступающего трафика. Для его реализации gsmSCF обнаруживает условие перегрузки и фильтрации трафика MSC/gsmSSF, и в необходимости ограничивает поток сообщений к gsmSCF[40].

Данный метод является несовершенным, поскольку он не решает в полной степени вопрос с перегрузкой в сети CAMEL-шлюза gsmSCF. С увеличением трафика загруженность шлюза gsmSCF растет, поскольку ему не только приходится обрабатывать входящие запросы и отправлять их дальше в CAMEL Gateway, но и работать постоянно с каждым из коммутаторов MSC/SSF, отвечая им постоянно, в случае перегрузки, отказом в обслуживании новых запросов, число которых может расти, тем самым создавая "пробку" на линии между коммутаторами и шлюзом[42].

Предлагается следующее улучшение данного метода. Вместо отправления запроса фильтрации, посылать фильтрованный запрос в определенной пропорции p от общего числа сообщений initial-dp. Предлагается применять генератор случайных чисел, чтобы запросы фильтрации распространялись между gsmSSF равномерно. Сообщение initial-dp инициирует

запросы фильтрации в соответствии с полученными из генератора случайных чисел значениями вероятности Р.

На рисунке 27 представлена блок-схема процесса посылки фильтрованного запроса.

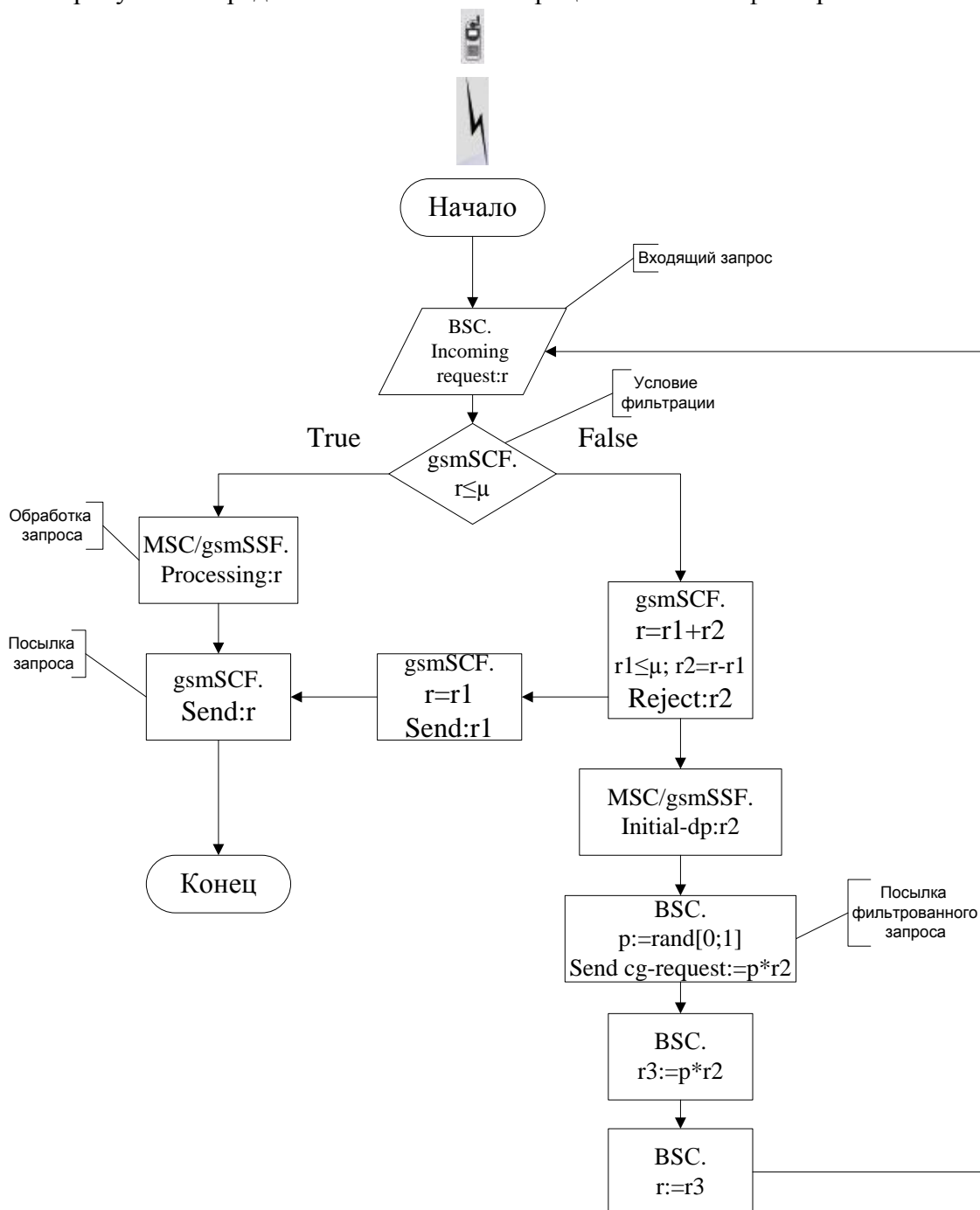


Рисунок 27 - Блок-схема процесса посылки фильтрованного запроса

Эксперимент проверки системы защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL был проведен с использованием системы контроля. Для упрощения эксперимента была выбрана однопоточная система контроля нагрузки шлюза CAMEL. Для работы однопоточного шлюза CAMEL были использованы 2 ядра процессора.

Эксперимент проверки системы защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL был проведен с использованием системы контроля «Traffic Manager» производства компании ПРОТЕЙ. Для упрощения эксперимента была выбрана однопоточная система

контроля нагрузки шлюза CAMEL, рисунок 28. Для работы однопоточного шлюза CAMEL были использованы 2 ядра процессора.

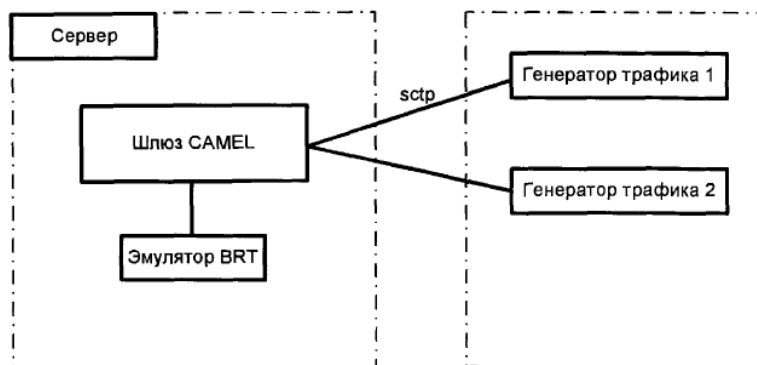


Рисунок 28 – Однопоточный шлюз

Для генерации тестового CAMEL-трафика использовалось приложение «Генератор трафика SIGTRAN». На встречном сервере было запущено два генератора трафика, каждый из которых взаимодействовал с CAMEL-шлюзом с помощью одной ассоциации SIGTRAN.

На рисунке 29 приведена математическая модель однопоточного шлюза CAMEL, включающая gsmSCF и два сервера коммутации услуг SSF (генератор трафика – ГН). Интенсивность обработки запросов серверами коммутации услуг обозначены $\mu_{ГН1} = \mu_{SSF1}$, $\mu_{ГН2} = \mu_{SSF2}$. Интенсивность поступления запросов в систему через серверы коммутации услуг обозначена γ_1, γ_2 . Вероятности того, что запрос поступит в сервер CAMEL от узлов коммутации, обозначены $\Gamma_{ШЛ1} = \Gamma_{SCF1}$, $\Gamma_{ШЛ2} = \Gamma_{SCF2}$.

Вероятности того, что после обслуживания на сервере CAMEL запрос поступит на определенный сервер коммутации услуг, обозначены $\Gamma_{ГН1} = \Gamma_{SSF1}$, $\Gamma_{ГН2} = \Gamma_{SSF2}$.

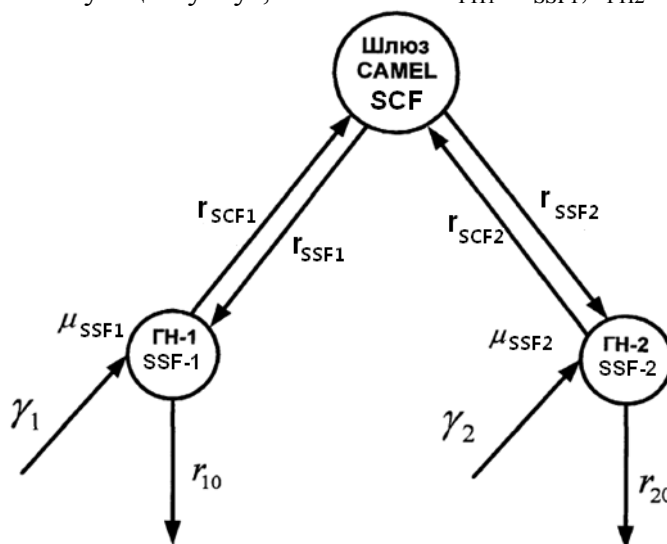


Рисунок 29 – Математическая модель однопоточного шлюза CAMEL

Для такой сети из трех очередей с одним сервером в каждой получим матрицу вероятностей маршрутизации и вектор выходных вероятностей [1]:

$$||\Gamma_y|| = R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \Gamma_{SCF1} \\ 0 & 0 & \Gamma_{SCF2} \\ \Gamma_{SSF1} & \Gamma_{SSF2} & 0 \end{pmatrix}, \text{ матрица вероятностей маршрутизации,}$$

$$r_0 = \begin{pmatrix} r_{10} \\ r_{20} \\ 0 \end{pmatrix}, \text{ вектор выходных вероятностей.}$$

Обозначим λ_j интенсивность поступления запросов в очередь j . Тогда можно написать равенство, $\lambda_j = \gamma_j + \sum_{i=1}^N \lambda_i r_{ji}$, где $j=1, \dots, k$.

Из равенства $\lambda_j = \gamma_j + \sum_{i=1}^N \lambda_i r_{ji}$ получим следующее заключение в форме матрицы $\lambda = \gamma + \lambda * R \leftrightarrow \lambda(I - R) = \gamma$, откуда следует: $\lambda = \gamma(I - R)^{-1}$, где (R -матрица вероятностей маршрутизации, I -единичная матрица).

Если известна интенсивность поступления λ , очередь j не перегружена при условии, что $\rho_j = \frac{\lambda_j}{m_j \mu_j} < 1$, и сеть является не перегруженной в том случае, когда все очереди, входящие в нее стабильны.

Уравнение сохранения потоков запросов в сигнальной сети:

$$\begin{cases} \lambda_1 = \gamma_1 + \lambda_3 * r_{SCF1}, \\ \lambda_2 = \gamma_2 + \lambda_3 * r_{SCF2}, \\ \lambda_3 = \lambda_1 * r_{SSF1} + \lambda_2 * r_{SSF2}. \end{cases} \quad (4.1)$$

Рассмотрим случай, когда $r_{SCF1} = r_{SCF2} = \frac{1}{2}$, $r_{SSF1} = r_{SSF2} = \frac{2}{3}$,

$$\leftrightarrow \begin{cases} \lambda_1 = \gamma_1 + \lambda_3 * \frac{1}{2}, \\ \lambda_2 = \gamma_2 + \lambda_3 * \frac{1}{2}, \\ \lambda_3 = \lambda_1 * \frac{2}{3} + \lambda_2 * \frac{2}{3}, \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\leftrightarrow \begin{cases} \lambda_1 = 3\gamma_1 + \frac{3}{2}\gamma_2, \\ \lambda_2 = \frac{3}{2}\gamma_1 + \frac{1}{2}\gamma_2, \\ \lambda_3 = 3\gamma_1 + \frac{2}{3}\gamma_2. \end{cases} \quad (4.3)$$

Сеть является не перегруженной, если λ_{SSF1} , λ_{SSF2} , λ_{SCF} , μ_{SSF1} , μ_{SSF2} и μ_{SCF} удовлетворяет следующим выражениям:

$$\begin{aligned} \rho_{SSF1} &= \frac{\lambda_{SSF1}}{m_{SSF1} \mu_{SSF1}} < 1, \\ \rho_{SSF2} &= \frac{\lambda_{SSF2}}{m_{SSF2} \mu_{SSF2}} < 1, \\ \rho_{SCF} &= \frac{\lambda_{SCF}}{m_{SCF} \mu_{SCF}} < 1. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Сеть является не перегруженной и имеет уникальное стационарное распределение в форме произведения:

$$p(x_1, x_2, x_3) = (1 - p_{SSF1}) p_{SSF1}^{x_1} (1 - p_{SSF2}) p_{SSF2}^{x_2} (1 - p_{SCF}) p_{SCF}^{x_3},$$

где $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$ и $x_3 \geq 0$ представляют собой, соответственно, количество запросов в первой, во второй и третьей очереди.

Определим среднее количество запросов в первой очереди:

$$x_1 = \overline{N_{SSF1}} = \frac{p_{SSF1}}{1-p_{SSF1}}. \quad (4.5)$$

Аналогичным образом, вычисляем среднее число запросов во второй и в третьей очередях:

$$x_2 = \overline{N_{SSF2}} = \frac{p_{SSF2}}{1-p_{SSF2}}. \quad (4.6)$$

$$x_1 = \overline{N_{SCF}} = \frac{p_{SCF}}{1-p_{SCF}}. \quad (4.7)$$

Среднее время пребывания запроса в системе:

$$\overline{T_{за}} = \frac{\overline{N_{sys}}}{\overline{\lambda_{пол}}} = \frac{\overline{N_{SSF1}} + \overline{N_{SSF2}} + \overline{N_{SCF}}}{\overline{\lambda_{пол}}} [h], \quad (4.8)$$

где $\overline{\lambda_{пол}}$ - это общая интенсивность поступления запросов в систему (в данном случае просто $\gamma_1 + \gamma_2$)

Обозначим γ_{jk} поступающую в систему CAMEL нагрузку от внешних приложений для тех сообщений с запросами, которые возникают в узле j и предназначены для k .

Тогда интенсивность полного внешнего трафика, поступающего в систему CAMEL, определим как:

$$\gamma_{jk} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M \gamma_{jk}, \quad (4.9)$$

где M – число узлов ($1 \leq j \leq M$ и $1 \leq k \leq M$).

Обозначим: $\overline{W_{зап}}$ - средняя задержка запроса, W_{jk} – задержка запроса, который возник в j -м узле и предназначен для узла k .

Ясно, что эти две средние величины связаны равенством:

$$\overline{W_{зап}} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M \frac{\gamma_{jk}}{\gamma_{внеш}} * W_{jk}, \quad (4.10)$$

так как доля интенсивности ($\gamma_{jk}/\gamma_{внеш}$) полного входящего трафика запросов имеет, в среднем, задержку, равную W_{jk} .

Обозначим через L_{jk} путь, по которому идут запросы, возникающие в узле j и имеющие в качестве узла назначения узел k .

Говорят, что i -й канал(со средней скоростью передачи C_1) включен путь L_{jk} , если запросы, идущие по этому пути, проходят указанный канал.

Тогда среднее число запросов в единицу времени, проходящих по i -му каналу сигнализации равно:

$$\lambda_i = \sum_j \sum_k \gamma_{jk}. \quad (4.11)$$

Кроме того, заметим, что W_{jk} – сумма W_i средних задержек запроса при передаче его по разным каналам сигнализации пути L_{jk} .

$$W_{jk} = \sum_i W_i, \quad (4.12)$$

где $1 \leq i \leq M-1$.

Следовательно:

$$\overline{W_{\text{зап}}} = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M \frac{Y_{jk}}{\gamma_{\text{внеш}}} \sum_i W_i. \quad (4.13)$$

Изменим, порядок суммирования (условие i сменим на пару $j-k$)

$$\overline{W_{\text{зап}}} = \sum_{i=1}^{M-1} \frac{W_i}{\gamma_{\text{внеш}}} \sum_j \sum_k \gamma_{jk} = \sum_{i=1}^{M-1} \frac{\lambda_i}{\gamma_{\text{внеш}}} W_i. \quad (4.14)$$

Теперь средняя задержка представляет суммарную задержку всех каналов сигнализации.

Используя известный результат исследования Джексона [41]:

Поток запросов по каналам рассматриваемой сети можно представить в виде потока с пуассоновским распределением интервалов времени между сообщениями. Интенсивность потока определяется активностью пользователей в данной сети.

$$W_i = \frac{1}{Q * C_i - \lambda_i},$$

$$\overline{W_{\text{зап}}} = \sum_{i=1}^{M-1} \frac{\lambda_i}{\gamma_{\text{внеш}}} * \left[\frac{1}{Q * C_i - \lambda_i} \right], \quad (4.15)$$

где

$1/Q$ – средняя длина одного запроса,

C_i – пропускная способность i - uj канала.

Для генерации тестового CAMEL-трафика использовалось приложение «Генератор трафика SIGTRAN». На встречном сервере было запущено два генератора трафика, каждый из которых взаимодействовал с CAMEL-шлюзом с помощью одной ассоциации SIGTRAN.

Исходные данные эксперимента:

- Traffic Nominal = 200 запросов/с;
- Traffic Critical Threshold = 300 запросов/с;
- Traffic Threshold = 220 запросов/с;
- Traffic Threshold Interval = 600 запросов/с.

В таблице 4 приведены результаты исследования перегрузки однопоточного CAMEL-шлюза.

Т а б л и ц а 4 - Результаты тестирования однопоточного шлюза

Генерируемый трафик (запросы/с)	Средняя нагрузка на одно ядро	Sleep (запас производительности). Среднее значение для одного ядра	Уровень логирования trace.log (основной лог работы приложения)
43	12,00%	80,00%	1
69	14,00%	74,00%	1
111	30,00%	60,00%	1
211	79,00%	17,00%	1
252	86,00%	11,00%	1
300	99,00%	2,00%	1

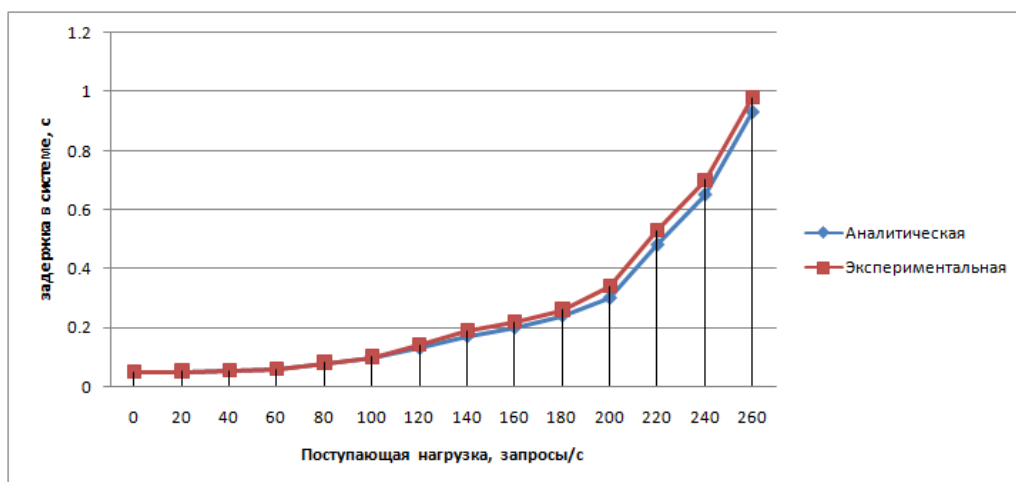


Рисунок 28 - Задержка в системе как функция нагрузки сети

Из рисунка 28 видно, что при нагрузке больше 200 запросов/с задержка в сети начинает экспоненциально возрастать, это связано с достижением максимальной нагрузки.

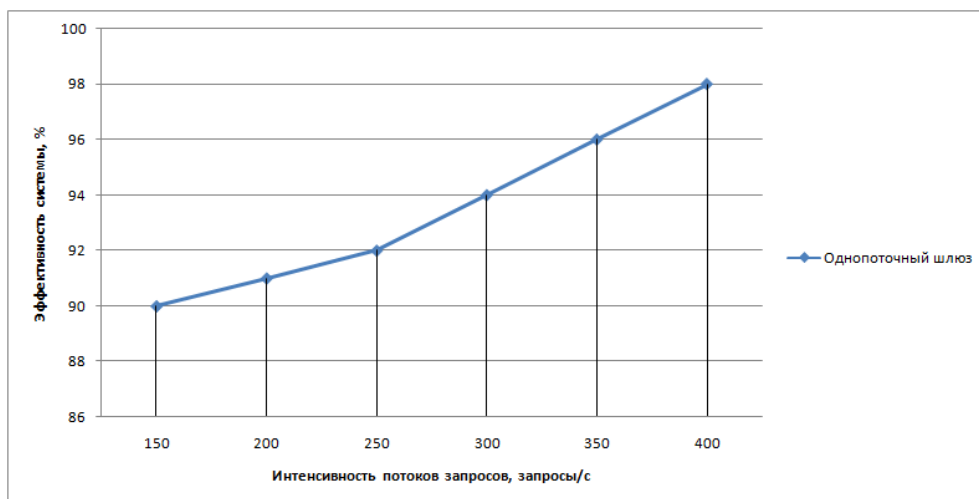


Рисунок 29 – Эффективность как функция интенсивности поступления запросов

Из рисунка 29 видно, что интенсивность потоков запросов прямо пропорционально эффективности системы, причем свыше 250 запросов/с коэффициент пропорциональности увеличивается.

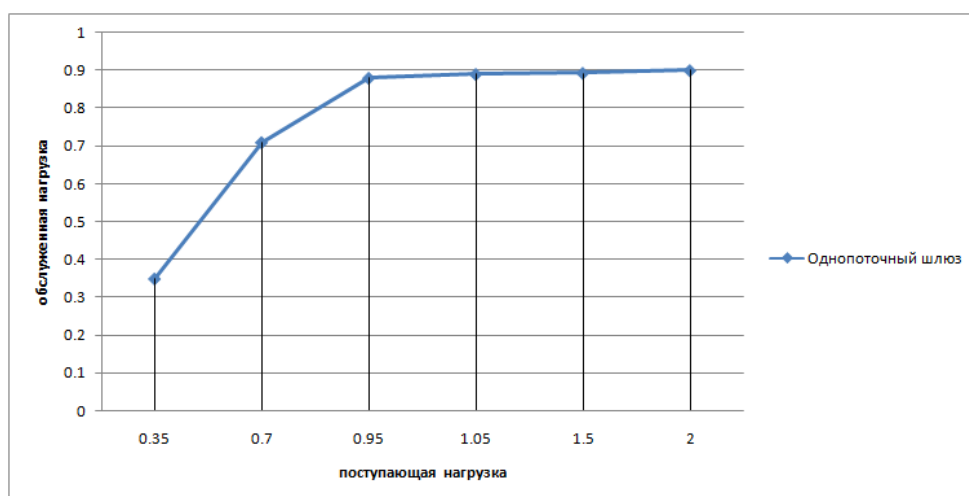


Рисунок 30 - Обслуженная нагрузка как функция поступающей нагрузки

Из рисунка 30 видно, что при увеличении поступающей нагрузки до 0,95 пропорционально увеличивается, а затем наступает насыщение.

Предлагаемый алгоритм с использованием фильтрованных запросов, позволяет уменьшить время обработки поступающих запросов, средняя задержка запроса в системе составляет 1,04сек. В результате данный алгоритм сможет улучшить качество обслуживания абонента, а в последствии и число самих абонентов, тем самым увеличивая доход мобильного оператора.

4.2 Виды услуг на базе технологии CAMEL

На базе технологии CAMEL на данный момент времени существуют следующие виды услуг:

1. предоплаченные услуги Prepaid (Real-Time биллинг) и услуги с дополнительной оплатой [43]:

- речевые и факсимильные сеансы связи, передача данных по коммутируемым каналам: начисление платы в реальном времени. Определение допустимого времени разговора в соответствии с состоянием счета абонента. Запрет вызовов или разрушение связи абонентов с нулевым балансом. Возможность изменения тарифа в течение нескольких интервалов времени. Учет местонахождения абонента при определении тарифа и момента инициирования вызова для начисления платы;

- обмен SMS сообщениями: Тарификация SMS сообщений по факту передачи (MS SMSC, SMSC MS). Запрет передачи SMS-сообщений абонентами с нулевым балансом. Учет местонахождения абонента при определении тарифа и момента инициирования передачи SMS-сообщения для начисления платы;

- сессии GPRS: Начисление платы за GPRS-сессии в реальном времени. Определение допустимого времени GPRS-соединения абонента или (и) объема полученных абонентом данных (в байтах). Запрет предоставления GPRS-соединения абонентам с нулевым балансом. Учет местонахождения абонента при тарификации и времени инициирования GPRS-соединения для начисления платы;

2. сохранение за абонентом номера MSISDN при смене Оператора (Number Portability): Комплекс методов предоставления услуги сохранения номера за абонентом вне зависимости от Оператора, предоставляющего услуги мобильной связи.

3. оптимальная маршрутизация входящих вызовов к абонентам в роуминге (Optimal Routing): Устранение эффекта «тромбона» - проключение речевого трафика через домашний шлюзовой коммутатор GMSC для абонентов в роуминге.

4. организация виртуальных частных сетей VPN: Возможность работы (обслуживание вызовов, отправка и прием SMS-сообщений) в пределах замкнутой группы пользователей VPN по коротким «внутренним» номерам при одновременной поддержке основных длинных номеров при работе с абонентами, не входящими в группу VPN.

5. ограничение вызовов (Call Screening): Возможность ограничения входящих вызовов к абоненту на основе специальных критериев с использованием системы паролей и определения прав доступа.

Помимо перечисленных услуг, которые являются наиболее распространенными и часто используемыми как казахстанскими, российскими, так и зарубежными Операторами мобильной связи, на базе CAMEL могут быть реализованы по желанию Оператора связи любые нестандартные услуги [12]. Таковой является, например, услуга «Спонсорский вызов» (“Sponsored call”). Эта услуга более новая и достаточно перспективная для Операторов, которые в условиях жесткой конкуренции на рынке мобильной связи хотят увеличивать свои доходы, привлекая новых абонентов и удерживая старых.

4.3 Управление услуг в сетях IMS с применением технологии CAMEL

На данный момент времени технология CAMEL уже неоднократно используется в GSM-сетях казахстанских операторов связи. При внедрении IMS сети, одна сервисная платформа будет контролировать сразу двумя сетями - GSM и IMS. У абонента появится возможность, в зависимости от конфигурации сети, быть одновременным пользователем двух сетей. Например, находясь на работе, он будет зарегистрирован как IMS-пользователь, через сеть компании, а выйдя за пределы работы, он может пользоваться услугами сети GSM. IMS-сеть допускает совершение входящих и исходящих соединений. В двух данных ситуациях, звонок может контролироваться услугой CAMEL(смотреть рисунок 31[12]). На рисунке 31 изображены только ключевые элементы и подсистемы.

CAMEL-контроль IMS-вызовов осуществляется посредством использования IM-SSF как интерфейса (конвертера протоколов) между доменами IMS и GSM. Возможности управления обслуживанием вызовов в IMS-окружении не совпадают с возможностями в рамках GSM-сети.

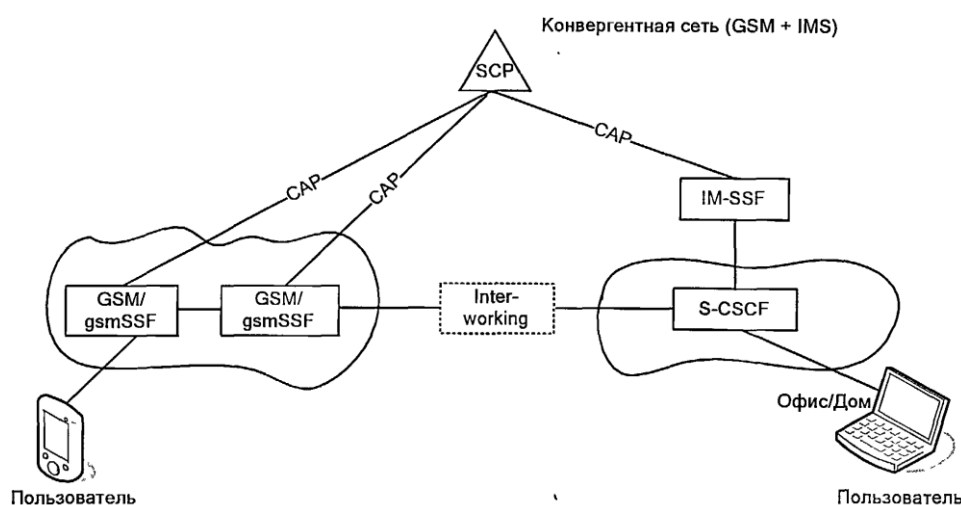


Рисунок 31 - Предоставление CAMEL-услуг в конвергентной сети (GSM + IMS)

Протокол CAP, используемый IM-SSF, содержит ограниченный набор функций по сравнению с протоколом CAP GSM-сети. В примере, приведенном на рисунке 31, когда абонент подключен к GSM-сети, он может устанавливать связь, используя номер E.164 (номер MSISDN, номер PSTN и т.д.) в качестве адреса вызываемого абонента[44]. По аналогичному номеру абонент может получать входящие вызовы. Когда абонент зарегистрирован в IMS-сети, он может устанавливать связь, используя либо URI либо «традиционный» номер вызываемого абонента в плане нумерации E.164 [45].

Когда абонент зарегистрирован и в IMS-, и в GSM-сети, можно определить, по какому идентификатору (MSISDN или URI) доступен абонент. Приложение, расположенное на уровне услуг, где расположен управляющий узел SCP, определяет, должен ли вызов абонента быть направлен на GSM-телефон или на IMS-устройство. Решение может приниматься на основе статуса абонента (зарегистрирован в IMS, зарегистрирован в GSM), его местонахождения (дома, в офисе и т.п.), или абонентских настроек.

4.4 Выводы

1. Произведен экспериментальный опыт проверки метода послыки фильтрованного запроса, с результатами, подтверждающими результатами;

2. С использованием математических моделей и методов расчёта ВВХ получены основные оценки эффективности работы системы;
3. Решен вопрос с оптимизацией средней задержки в шлюзах CAMEL «ПРОТЕИ» с использованием аналитических методов;
4. Перечислены услуги на базе технологии;
5. Рассмотрен пример управление услуг в сетях IMS с применением технологии CAMEL;
6. Представлены возможные системы защиты от перегрузок в конвергентной сети (GSM + IMS).

Заключение

В первой главе была определена проблематика защиты от перегрузок в системах CAMEL. Изложена логика предоставления услуг на базе технологии CAMEL абонентам, специфика трафика системы CAMEL и область его управления.

Во второй главе с использованием теории открытых сетей Джексона, было изучена перегрузка в интеллектуальных сетях CAMEL. Было доказано, что модели исследования перегрузок в открытых сетях, дают оптимальное решение в форме произведения и было отмечено, что при решении вопроса, связанной с проблемой перегрузок, важно рассматривать систему как единую, где есть M узлов с дисциплинами обслуживания $M/M/m_j$.

В третьей главе выполнен обзор существующих моделей защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, определение достоинств и недостатков данных моделей, сравнения их и преимущества в применении.

В четвертой главе предложен метод улучшения защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL, произведен экспериментальный опыт проверки улучшенного метода, с результатами, графиками. Перечислены услуги на базе технологии, рассмотрен пример управление услуг в сетях IMS с применением технологии CAMEL и представлены возможные системы защиты от перегрузок в конвергентной сети (GSM + IMS).

Список сокращений

3rd Generation Partnership Project	3GPP
Apply Charging	ACH
Address Complete Message (of SS7)	ACM
Apply Charging Report	ACR
Answer Message(of SS7)	ANM
Application Interface	API
Average Revenue Per User	APRU
Basic Call state Model	BCSM
Billing in the Real Time	BRT
Customized Applications for Mobile Enhanced Logic	CAMEL
CAMEL Application Protocol	CAP
Call Gap(CAP operation)	CG
Call Segment, Capability Set or Circuit Switched	CS
Computer Telephony Integration	CTI
Detection Point	DP
Direct Transfer Application Part	DTAP
European Telecommunications Standards Institute	ETSI
First-In-First-Out	FIFO
Fixed-Mobile Convergence	FMC
Gateway Mobile Service Switching Centre	GMSC
General Packet Radio Service	GPRS
Global System for Mobile Communication	GSM
GSM Service Control Function	gsmSCF
GSM Specialized Resource Function	gsmSRF
GSM Service Switching Function	gsmSSF
Home Location Register	HLR
Home Public Land Mobile Network	HPLMN
Initial Address Message(ofSS7)	IAM
Initial Detection Point	IDP
IP Multimedia System	IMS
International Mobile Subscriber Identity	IMSI
SSF specified for IMS interworking	IM-SSF
Intelligent Network	IN
Intelligent Network Application Protocol	INAP
Internet Protocol or Intelligent Peripheral	IP
ISDN User Part(of SS7)	ISUP
International Telecommunication Union	ITU
Mobile Application Protocol	MAP
Mobile Service Switching Centre	MSC
Mobile Station Integrated Services Digital Network Number	MSISDN
Mobile Subscriber Roaming Number	MSRN
Mobile Terminating	MT
Message Transfer Part(of SS7)	MTP
Originating/Terminating CAMEL Subscriber Information	O/T-CSI
Public Land Mobile Network	PLMN
Personal Ring Back Tone	PRBT
Packet Switched	PS
Provide Subscriber Info	PSI
Quality of Service	QoS

Release (ISUP message)	REL
Release Complete (ISUP message)	RLC
Request Report BCSM (CAP operation)	RRB
Signaling Connection Control Part (SS7)	SCCP
Service Control Point	SCP
Serving Call Session Control Function	S-CSCF
Stream Control Transmission Protocol	SCTP
Service Data Point	SDP
SIGNalling TRANsport	SIGTRAN
Session Initiation Protocol	SIP
Short Message Service	SMS
Service Node	SN
Signaling Point Code	SPC
Send Routing Info (MAP message)	SRI
Signaling System №7	SS7
Service Switching Point	SSP
Transaction Capabilities Application Part (SS7)	TCAP
Technical Specification	TS
Universal Mobile Telecommunications System	UMTS
Universal Resource Identifier	URI
Virtual Home Environment	VHE
Visitor Location Register	VLR
Visited Mobile Service Switching Centre	VMSC
Visited Public Land Mobile Network	VPLMN
Wireless Intelligent Netwrok	WIN
База данных	БД
Вероятностно-временные характеристики	BBX
Международный союз электросвязи	МСЭ
Общеканальная система сигнализации №7	ОКС7
Персональный компьютер	ПК
Программное обеспечение	ПО
Система массового обслуживания	СМО
Сеть подвижной связи	СПС

Список литературы

1. Владимир Фрейнкман. Camel Gateway: эффективный инструмент для предоставления новых услуг. Статья из журнала «Мобильные телекоммуникации», № 2 / 2004.
2. <http://pro-gprs.info/terms/camel.html>
3. Фрейнкман В.А. Как предоставить интеллектуальные услуги абонентам prepaid? Влияние конвергентного биллинга на архитектуру сервисных платформ. "Мобильные системы" №5, 2005.
4. Фрейнкман В.А. Общение без границ. Современные услуги в сетях операторов мобильной связи. Мир Связи. "Connect!" №9, 2004.
5. Фрейнкман В.А. Союз стандартизации и уникальности. Современные подходы к предоставлению интеллектуальных услуг в сетях GSM. Мир Связи. "Connect!" №11, стр. 60-61, 2005.
6. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. М.: "Радио и связь", 2000.
7. Гольдштейн Б.С., Фрейнкман В.А. Преоплаченные услуги мобильной связи. "Вестник связи" №4, 2000.
8. Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г. Интеллектуальные сети и компьютерная телефония. М.: "Радио и связь", стр. 238, 2001.
9. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В. Интеллектуальные сети связи. М.: "Эко-Трендз", 2000.
10. Росляков А., Титов А. Оценка сигнальной нагрузки на сеть ОКС7 от интеллектуальных услуг на базе технологии CAMEL, Мобильные телекоммуникации 06-07, 2007.
11. Росляков А.В. Общеканальная система сигнализации №7. М.: "Эко-Трендз", 2002.
12. 3GPP TS 29.078: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL) Phase 4 CAMEL Application Part (CAP) specification".
13. 3GPP TS 23.278: Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL) Phase 4; Stage 2; IM CN Interworking.
14. 3GPP TS 22.078: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL); Service description, Stage 1".
15. 3GPP TS 23.011: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Technical Realization of Supplementary Services".
16. 3GPP TS 23.078: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunication System (UMTS); Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic (CAMEL); Stage 2".
17. Philip Ginzboorg, Methods to synchronize the IN SCP's overload protection mechanism, Nokia Research Center.
18. Rogier Noldus, CAMEL: Intelligent Networks for the GSM, GPRS and UMTS Networks, Ericson Telecommunications, The Netherlands, 2006.
19. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. М.: "Мир", 2001.
20. Шнепс-Шнеппе М.А. Управление нагрузкой интеллектуальной сети связи. "Электросвязь" №11, 2000.
21. Mischa Schwartz, Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis. Addison - Wesley Publishing Company - 2001.
22. L.J. Forys, Performance Analysis of a New Overload Strategy, ITC 10 Session 5.2, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, June 2003 Session 5.2, paper 4.

23. Lodge F., An Investigation into Intelligent Network Congestion Control Techniques, PhD Thesis, Dublin City University, Ireland, 2000.
24. M. Eisenberg, A Strict Priority Queuing System with Overload Control, ITC 10, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, June 2003 Session 1.3
25. M. Kihl, and C. Nyberg, Investigation of Overload Control Algorithms for SCPs in the Intelligent Network, IEE Proceedings-Communications, Vol. 144, No. 6, pp. 419-424, 2003.
26. Manfield D.R. and M. Zukerman, Analysis of congestion onset thresholds for CCITT SS7 networks, in Proceedings of the 2004 IEEE Conference on Global Telecommunications(Globecom'01), December 2004.
27. Manfield D.R., G.K. Millsted and M. Zukerman, Performance Analysis of SS7 Congestion Controls under Sustained Overload, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 12, no. 3, pp. 405-414, April 2001.
28. H. Kobayashi, Modeling and Analysis: An Introduction to System Performance Evaluation Methodology, Addison-Wesley, Reading, Mass., 2003.
29. ITC 10, Session 5.2, Overload Control, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, June 2001.
30. F.P. Kelly, Reversibility and Stochastic Networks, John Willey&Sons, Chichester, U.K. 2003.
31. Jackson J.R. Jopshop-like queueing systems. Management Science, vol. 10, №1, pp. 131-142, 2005.
32. Jackson J.R. Networks of waiting lines. Operations Research, Vol. 5, pp. 518-521, 2004.
33. Jackson J.R. Queuing system with phase type service. Operation Research Quarterly, Vol. 5, pp. 109-120, 2002.
34. F. Basket et al, "Open, Closed, and Mixed Networks of Queues with Different Classes of Customers", ACM, vol. 22, №2, pp. 248-260, 2003.
35. A.A. Lazar and T.G. Robertazzi, "The Geometry of Lattices for Markovian Queuing Networks" Columbia Research Report, July 2006.
36. B. Wallstrom, "A Feedback Queue with Overload Control", ITC 10, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, Session 3.3, paper 4, June 2000.
37. ITC 10, Session 5.2, Overload Control, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, June 2000.
38. B.T. Doshi and H. Heffes, Analysis of Overload Control Schemes for a Class of Distributed Systems, ITC 10, Tenth International Teletraffic Congress, Montreal, Session 5.2, paper 2, June 2000.
39. B.T. Doshi and H. Heffes, Comparison of Control Schemes for a Class of Distributed Systems, 21st IEEE Conf. on Decision and Control, Orlando, FLA. Dec. 2001.
40. Ньянг Будал, Автореферат «Модели защиты от перегрузок в узлах управления услугами CAMEL», Санкт-Петербург 2009.
41. Финстербуш Штефан, Автореферат «Приоритетные дисциплины обслуживания мультисервисного трафика CAMEL-услуг», Санкт-Петербург 2009.
42. Camel Gateway, «Протей» научно технический центр. http://www.protei.ru/upload/doc/L_CAMEL%20Gateway_rus.pdf.
43. 3GPP TS 32.005: "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Charging and Billing; 3G call and event data for the Circuit Switched (CS) domain".
44. 3GPP TS 23.278: "Customized Applications for Mobile Networks Enhanced Logic (CAMEL) Phase 4; Stage 2; IM CN Interworking.
45. Gonzalo Camarillo and Miguel-Angel Garcia-Martin, The 3G IP Multimedia subsystem (IMS): merging the internet and the cellular worlds. John Wiley&Sons: Chichester,2004.