на правах рукописи

БЫЧКОВ Игорь Дмитриевич

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ БАЗ ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СВЯЗИ

Специальность 05.13.13 – Телекоммуникационные системы и компьютерные сети

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2009

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

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

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор Г.Г. Яновский;
кандидат технических наук,
А.Л. Суховицкий.

Ведущая организация – Северо-Западный филиал
ОАО «ГИПРОСВЯЗЬ», Санкт-Петербург.

Защита состоится 22 октября в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 219.004.02 при Санкт-Петербургском Государственном Университете Телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича по адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять по вышеуказанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного Совета.

Автореферат разослан «____» _____2009 г.

Ученый секретарь диссертационного Совета,
кандидат технических наук,
доцент В.Х. Харитонов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Возникновение мультисервисных сетей связи, совпавшее по времени с началом либерализации телекоммуникационного рынка в 1990-е годы, привело к заметному усложнению систем эксплуатационного управления и к возникновению специализированных компаний – разработчиков отдельных систем технического учета (Inventory) и подготовки/предоставления услуги (Service Provisioning), а также других компонентов OSS (Operation Support System), чьи продукты сегодня работают у Операторов связи по всему миру. Более того, по мере усложнения компонентов OSS и их территориального и функционального распределения увеличиваются и затраты на интеграцию этих компонентов в единую информационную систему Оператора. Основой такой интеграции OSS становятся системы баз данных эксплуатационного управления, во взаимодействии с которыми функционируют другие модули OSS/BSS (Operation Support System/Business Support System).

В связи с этим возникла потребность научного анализа методов и моделей построения баз данных услуг, ресурсов и других активов Оператора, как и потребность решения методологических и технических вопросов построения эффективной сетевой архитектуры баз данных. Одной из составных частей этого анализа является настоящая диссертация.

Развитию теории управления сетями связи и централизации технической эксплуатации ТфОП посвящено множество работ, среди которых следует выделить полученные в недавнем прошлом результаты ученых – сотрудников ЛОНИИС, включая Л.Б. Маримонта, В.Л. Морева, Я.Г. Кобленца, и работы последнего времени, проводимые также в Санкт-Петербурге, но уже в СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича под руководством проф. А.А. Костина, работы проф. В.А. Нетеса, исследования, проводимые в ИППИ РАН, ЦНИИС, МТУСИ. Имеются близкие к тематике этой диссертации результаты теории баз данных, рекомендующие рассматривать в качестве целевой функции максимизацию доступа к локальным базам данных, оптимизацию построения распределенных баз данных с целью сокращения времени поиска при ограниченном объеме памяти. Однако от намерения использовать эти существующие наработки пришлось отказаться из-за того, что ограничение объема памяти перестает играть сколь-нибудь существенную роль при проектировании сетевой архитектуры баз данных OSS. С другой стороны, начинают приобретать все большее значение ВВХ – вероятностно-временные характеристики OSS в реальном времени.

В недавнем прошлом работу системы Service Provisioning и, тем более, Inventory вряд ли можно было отнести к работе в реальном времени. Процессы технического учета касались прежде всего оборудования Оператора связи, которое вводилось в базы данных преимущественно вручную и, поэтому, выполнялись, в лучшем случае, в квазиреальном *масштабе* времени. Это и сегодня так в отношении традиционных телефонных услуг. Но для современных телекоммуникационных технологий конвергенции мобильной и фиксированной связи дело обстоит совсем не так: измеряемые в сотнях, а то и в десятках миллисекунд задержки для Service Provisioning новых инфокоммуникационных услуг определяют выполнение или невыполнение SLA (Service Level Agreement), а следовательно – эффективность функционирования сети Оператора связи и его конкурентоспособность на сегодняшнем и завтрашнем телекоммуникационном рынке.

В диссертационной работе рассматриваются модели баз данных OSS/BSS, их вероятностно-временные характеристики и стратегия построения эффективной сетевой архитектуры репликационных баз данных эксплуатационного управления сети связи при работе в реальном времени.

Объектом исследования являются сетевые базы данных эксплуатационного управления в OSS/BSS Оператора связи.

Предмет исследования – вероятностно-временные характеристики (ВВХ) разных сетевых архитектур баз данных эксплуатационного управления Оператора связи, влияющих на качество обслуживания абонентов.

Цель работы и задачи исследования. Цель работы заключается в разработке модели баз данных для поддержки эксплуатационного управления сетями связи, в исследовании ВВХ и стратегии построения сетевой архитектуры репликационных баз данных OSS сети связи.

Отсюда вытекает актуальность следующих решаемых в диссертационной работе задач, соответствующих сформулированной выше цели исследования:

1. Формализовать подходы к архитектуре баз данных OSS/BSS с учетом географического и функционального распределения источников обращений к ним в сети связи.

2. Разработать математическую модель для трех вариантов архитектуры баз данных OSS/BSS – централизованной, репликационной и частично репликационной.

3. Получить аналитические оценки ВВХ обслуживания обращений (запросов и обновлений) к централизованной базе данных OSS/BSS.

4. Получить аналитические оценки ВВХ обслуживания обращений к репликационным базам данных OSS/BSS.

5. Получить аналитические оценки ВВХ обслуживания обращений к частично репликационным базам данных OSS/BSS.

6. Выполнить сравнительный анализ ВВХ трех разных вариантов архитектуры баз данных OSS/BSS.

7. Разработать рекомендации по выбору эффективной стратегии организации баз данных OSS/BSS и провести экспериментальную проверку эти рекомендаций.

Методы исследования. В качестве основных методов анализа в диссертационной работе выбраны методы теории массового обслуживания, математические методы исследования операций.

Достоверность результатов. Достоверность результатов подтверждается корректной постановкой задачи, применением строгого математического аппарата, формулировок выводов, адекватностью применяемых моделей баз данных и результатами экспериментальной проверки базирующихся на этих моделях инженерных решений.

Научная новизна. Научная новизна диссертационной работы заключается в формализованном подходе к архитектурам баз данных OSS/BSS с учетом географического и функционального распределения источников обращений к ним, в разработке математических моделей для трех вариантов архитектуры баз данных OSS/BSS; в получении аналитических оценок ВВХ обслуживания обращений к трем разным вариантам архитектуры баз данных OSS/BSS; в инженерных рекомендациях по синтезу эффективной стратегии организации баз данных OSS/BSS.

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

Практическая ценность и реализация результатов работы. Результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть использованы проектными организациями при разработке проектов баз данных OSS/BSS телекоммуникационных сетей; межрегиональными компаниями ОАО «Связьинвест» и другими Операторами связи при организации, модификации существующей архитектуры баз данных или при выборе интегрированных систем OSS/BSS, научно-техническими центрами, занимающимися разработкой подсистем OSS/BSS.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались, обсуждались и были одобрены на ежегодных научно-технических конференциях аспирантов СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича в 2004 – 2009 годах, на заседаниях кафедры систем коммутации и распределения информации, на постоянно действующем научном семинаре по телетрафику под руководством проф. Г.Г. Яновского, на ежегодных научно-технических конференциях профессорско–преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СпбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича в 2005 – 2009 годах.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе, 4 статьи в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- математическая модель централизованной базы данных технического учета,
- математическая модель репликационной базы данных технического учета,
- математическая модель частично репликационной базы данных OSS/BSS,
- аналитические оценки ВВХ обслуживания обращений к трем разным вариантам архитектуры баз данных OSS/BSS,
- рекомендации по синтезу эффективной стратегии организации баз данных OSS/BSS.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 137 страниц машинописного текста, 18 рисунков и 3 таблицы. Список литературы включает в себя 148 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснован выбор темы диссертации, ее актуальность, новизна, сформулированы цель и задачи работы, перечислены основные научные результаты диссертации, определены практическая ценность и область применения результатов, приведены сведения об апробации работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** рассматривается эволюция эксплуатационного управления за последние 20 лет, освещен вопрос стандартизации в области технической эксплуатации телекоммуникационных систем и сетей. Проведен анализ рекомендаций Международного союза электросвязи ITU-T (International Telecommunication Union) и Европейского института

стандартизации электросвязи ETSI (Europe Telecommunication Standardization Institute). Рассмотрена также деятельность некоммерческого форума TeleManagement Forum и его концепция NGOSS (New Generation Operations System and Software).

Анализ тенденций развития систем эксплуатационного управления показывает, что возникновение мультисервисных сетей связи, совпавшее по времени с началом либерализации телекоммуникационного рынка, привело к резкому усложнению систем эксплуатационного управления и к увеличению затрат на интеграцию компонентов OSS/BSS в единую информационную систему Оператора. Выявлено также, что основой интеграции OSS становятся системы технического учета, на которых развиваются другие функциональные модули OSS/BSS и которые обеспечивают высокую степень интеграции и возможности перехода к NGN/IMS (Next Generation Network/IP Multimedia Subsystem).

Далее в первой главе рассмотрен важный инструмент повышения доступности и надежности хранения данных – репликация (копирование, тиражирование). Несколько более формально репликация данных означает, что поддерживается несколько одинаковых копий реляционной таблицы R, каждая из которых хранится в своем узле. Благодаря этому, когда в одном из узлов, в которых имеется таблица R, возникает отказ, таблицу можно получить с другого узла, и система сможет продолжать любой процесс, в котором участвует R.

Возможные преимущества использования репликации сводятся к двум следующим аспектам:

- снижение задержек процессов взаимодействия с базами данных OSS, связанные со временами установления связи и передачи данных;
- экономия стоимости оборудования и каналов передачи данных, связанная с тем, что благодаря локальному доступу к необходимым данным о сетевых ресурсах уменьшаются затраты на передачу информации из других регионов, возрастающие с увеличением числа приложений OSS, а также уменьшается общий объем в байтах обращений каждого из приложений OSS.

В первой главе показано также, что в условиях практического отсутствия необходимых научно обоснованных результатов требуется разработка моделей сетевой архитектуры баз данных OSS и их аналитическое исследование, обоснована важность исследования вероятностно-

временных характеристик баз данных OSS, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена построению математических моделей баз данных.

В разделе 2.1 построена функциональная модель, отображающая распределенные базы данных информационной поддержки OSS, вероятностно-временные характеристики которых для централизованной, репликационной и частично репликационной конфигурации рассмотрены в этой главе.

В функциональной модели представлены базы данных и модули систем OSS/BSS.

Базы данных в этой модели учитывают факторы географического распределения по регионам и/или функционального распределения в зависимости от назначения хранимой в базах информации. Клиенты баз данных – приложения OSS/BSS, – в свою очередь, тоже могут быть географически распределены и выполнять специфические функции.

В разделах 2.2 и 2.3 исследуется структура централизованной и репликационных баз данных OSS и дается обоснование представленной далее математической модели массового обслуживания M/G/1.

Централизованная архитектура баз данных представляет собой архитектуру, в которой используется одна база данных, находящаяся в центральном регионе. Все приложения OSS/BSS центрального и других регионов направляют запросы данных технического учета непосредственно к центральной базе данных.

Под регионом может пониматься географическая и функциональная зона Оператора, которая, как правило, имеет внутреннюю сеть передачи данных с высокой связностью и использует для доступа к другим регионам выделенные каналы, туннели и прочие одиночные соединения.

Архитектура репликационных баз данных основывается на том, что кроме центральной базы данных (ЦБД) устанавливаются дополнительные *репликационные базы данных (РБД)*, связанные с ЦБД через выделенные каналы передачи данных. Цель установки таких дополнительных баз состоит, главным образом, в *расширении доступности системы* и *в увеличении ее надежности*. Эти репликационные базы составляют множество баз данных OSS сети связи и могут обеспечить функциональные возможности эксплуатационного управления сетями связи МРК.

Репликационные БД можно разделить на два типа – базы со схемой *полной* и *частичной* репликации. В схеме полной репликации о каждом объекте имеются как минимум две одинаковые копии данных: одна в центральной базе данных ЦБД и другая (другие) в РБД. В отличие от этого, в схеме частичной репликации только РБД сохраняет полный набор характеристик объекта, тогда как ЦБД сохраняет (копирует) только подмножество таких данных, которые обновляются *изредка*.

Концепция схемы частичной репликации в системе баз данных OSS должна уменьшить обмен информацией обновления данных о тех характеристиках объекта, которые часто изменяются. Вероятно, будет выгодней сохранять в РБД все данные о характеристиках объекта, включая наиболее часто обновляемые, если эти обновления генерируют приложения OSS в том же самом регионе.

Из функциональной модели следует, что в проведенном в диссертационной работе анализе вероятностно-временных характеристик нет возвращения обращения или ответа в ту же самую базу данных или в тот же канал передачи данных. Например, если обращение не может быть успешно обработано в РБД региона, т.е. нужная информация не находится в этой РБД, то ответ на неудавшееся F-обращение будет маршрутизирован непосредственно к источнику запроса (другой подсистеме OSS) этого региона, а не к РБД. Точно так же, ответы на отправленные G-обращения направляются прямо к источнику запроса.

В скобках заметим, что здесь F-обращения обозначены от слова филиал, а G-обращения – от слова генеральная дирекция, но эти обозначения не более чем условны, а понятия F и G трактуются в диссертационном исследовании гораздо шире.

Поскольку потоки обращений/обновлений в аналитической модели не используют обратной связи или обходных путей, средние значения времени ответа на обращение и реакции на обновление могут быть получены суммированием задержек в каналах передачи данных и БД, а все потоки запросов (обращений и обновлений) в аналитической модели можно считать пуассоновскими. Это дает достаточные основания для того, чтобы использовать в диссертационной работе модели M/G/1.

В параграфе 2.4 анализируются рабочие характеристики централизованных и полностью репликационных баз данных в терминах времени отклика на обращение и на обновление.

Для того чтобы идентифицировать ключевые переменные и получить возможность сравнить вероятностно-временные характеристики реплика-

ционной и централизованной архитектуры базы данных, в пункте 2.4 делаются и обосновываются следующие вполне естественные допущения:

каждая из ЦБД и РБД имеет один процессор, отвечающий за обработку как обращений, так и обновлений;

время обработки данных в процессорах баз ЦБД и РБД предполагается незначительным;

моделью канала передачи данных служит очередь FIFO к единственному обслуживающему прибору;

очереди к процессорам и к каналам передачи данных рассматриваются как независимые очереди M/G/l;

на каждое обновление записи базы данных приложение OSS обращается за чтением этой записи в среднем M раз.

Чтобы анализировать рабочие характеристики схем централизованных и репликационных баз данных, необходимо определить ключевые параметры.

Во избежание громоздкой аналитической модели первоначальный анализ выполняется здесь всего для двух регионов, например, для географических образований – центральный регион 1 и периферийный регион 2. Затем показывается, как можно этот анализ обобщить на реальные сети МРК с числом регионов, большим двух. С учетом вышесказанного вводятся следующие обозначения.

P – доля приложений OSS, которые требуют доступа к БД не своего региона (т.е. оценка вероятности того, что в регионе 2 потребуется взаимодействие с записью БД региона 1), а также доля всех обновлений базы данных OSS, инициированных объектами, которые находятся вне центрального региона,

c_g– доля запросов, инициированных в регионе 2 и требующих обращения к объекту, запись о котором хранится в ЦБД,

c_f – доля запросов, инициированных в регионе 2 и требующих обращения к объекту, запись о котором в настоящее время находятся в РБД,

F_u – отношение интенсивности потока обращений к БД к интенсивности потока обновлений записей в БД, т.е. среднее число обращений к БД, приходящихся на одно обновление содержимого БД,

F_r – отношение интенсивности потока обращений к БД к интенсивности потока регистраций новых записей в БД, т.е. среднее число обращений к БД, приходящихся на одну новую запись в БД,

M_q – среднее число обращений к базе данных при одном запросе взаимодействия,

T_q и $T^{(2)}{}_q$ среднее значение и второй момент распределения времени обработки обращения к БД,

T_u и $T^{(2)}{}_u$– среднее значение и второй момент распределения времени обработки обновления БД,

ρ – интенсивность нагрузки, обслуживаемой базой данных,

L_q – средняя длина сообщения с обращением к БД, в байтах,

L_u – средняя длина сообщения об обновлении данных БД, в байтах,

L_d – средняя длина записи данных об объекте при ее загрузке, в байтах,

S_q и $S^{(2)}{}_q$ – среднее значение и второй момент распределения времени передачи сообщения с обращением к БД или ответного сообщения по каналу передачи данных,

S_u и $S^{(2)}{}_u$ – среднее значение и второй момент распределения времени передачи сообщения об обновлении данных в БД по каналу передачи данных.

S_d $S^{(2)}{}_d$– среднее значение и второй момент распределения времени передачи загружаемой записи по каналу передачи данных.

τ – задержка распространения сигнала.

В параграфах 2.5 и 2.6 представлен анализ схем ВВХ полной репликации и централизованных баз данных OSS.

Для объективности сравнительного анализа сделано предположение, что интенсивность трафика к репликационной БД совпадает с нагрузкой базы данных ρ_c для архитектуры централизованной базы данных. Это предположение позволяет сравнивать две архитектуры в одинаковых условиях.

При заданных нагрузке ρ_c централизованной базы данных, значениях продолжительности обработки T_q и T_u, среднем числе обращений к записи, приходящихся на одно обновление записи F_u, интенсивность потока обращений a_q и интенсивность потока обновлений a_u в централизованной базе данных составят, соответственно:

$$a_q = \frac{b_c}{T_q + \frac{T_u}{F_u}}, \qquad (2.1)$$

$$a_u = \frac{a_q}{F_u}. \qquad (2.2)$$

Соответствующая интенсивность потока обращений, приходящихся на один запрос взаимодействия между репликационными базами данных:

$$a_c = a_q / M_q \,. \qquad (2.3)$$

При заданных формулами (2.1) и (2.2) a_q и a_u значения интенсивности потока обновлений, исходящих из региона 1 и региона 2, изменяются в соответствии с параметрами трафика P, c_g и c_f, что в архитектуре БД с репликацией, в свою очередь, воздействует на трафик к РБД, к ЦБД и в канале передачи данных.

В архитектуре БД с репликацией имеются четыре основных типа запросов взаимодействия, которые сведены в таблицу 2.1.

Тип 1 – запросы, которые приводят к успешным F-обращениям. Доля таких запросов – $c_f P$.

Тип 2 – запросы, которые приводят к G-обращениям, и, согласно архитектуре с частичной репликацией данных, $1/M_q$ из них пересылаются в РБД для дальнейшей обработки. Доля таких запросов – $(1–c_f)$P.

Тип 3 – запросы, которые приводят к неудачным F-обращениям и к двойному обращению к РБД, а затем – к ЦБД. Доля таких запросов – c_g(l–P).

Тип 4 –запросы, которые приводят к успешным G-обращениям и не используют канал передачи данных и РБД. Доля этих запросов – $(1–c_g)(1–P)$.

Таблица 2.1. Доли четырех типов обращений к базам данных OSS

Источник	Место назначения	
	Регион 1	Регион 2
Регион 1	$(1–c_g)(1–P)$ - тип 4	$(1–c_f)(P)$ - тип 2
Регион 2	$c_g(1–P)$ -тип 3	c_fP - тип 1

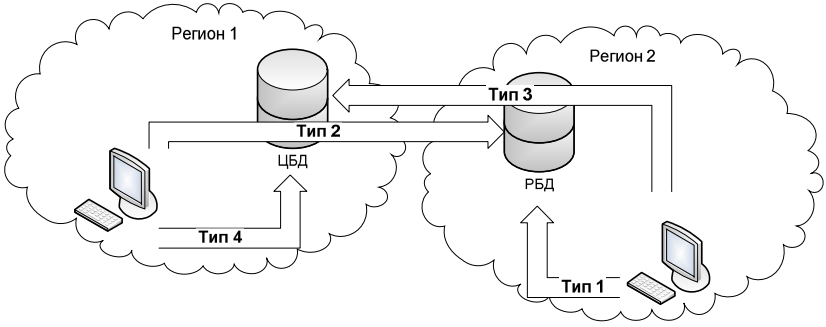

Рис. 1 Типы обращений к базе данных

В параграфе 2.5 строится математическая модель полностью реплицированных баз данных, позволяющая определить ВВХ соответствующей архитектуры. В качестве ВВХ определяются средние значения времени ответа на запрос (выражение 2.4) и на обновление (выражение 2.5).

$$T_{qr} = [c_f P + c_g(1-P)]T_{rq} + c_g(1-P)[T_{ui} + 2\tau + T_{uo}] + (1-c_f P)(W_g + T_q), \quad (2.4)$$

где:

T_{rq} – среднее время ответа на обращение в РБД,

$$T_{rq} = W_r + T_q,$$

T_{ui} – средние значения времени ответа на обновления по каналу передачи данных во входящем направлении (то есть времени ожидания плюс времени передачи) ,

$$T_{ui} = W_i + S_u,$$

T_{uo} – средние значения времени ответа на сообщения ответа и на загрузку записи по каналу сигнализации в исходящем направлении,

$$T_{uo} = W_o + S_u,$$

W_r – среднее время ожидания ответа,

$$W_r = \frac{[c_g(1-P) + c_f P]a_q T_q^{(2)} + P a_u T_u^{(2)}}{2(1-\rho_f)},$$

W_i – среднее время ожидания ответа во входящем направлении,

$$W_i = \frac{c_g(1-P)a_q S_q^{(2)} + P a_u S_u^{(2)}}{2(1-\rho_i)},$$

W_o – среднее время ожидания ответа в исходящем направлении,

$$W_o = \frac{c_g(1-P)a_q S_q^{(2)} + \frac{Pa_q}{F_r} S_d^{(2)}}{2(1-\rho_o)},$$

W_g – среднее время ожидания обращений и обновлений в ЦБД,

$$W_g = \frac{(1-c_f P)a_q T_q^{(2)} + a_u T_u^{(2)}}{2(1-\rho_g)},$$

ρ_f – нагрузка сервера РБД,

$$\rho_f = [c_g(1-P)+c_f P]a_q T_q + Pa_u T_u ,$$

ρ_i – нагрузка канала передачи данных в направлении от РБД к ЦБД,

$$\rho_i = c_g(1-P)a_q S_q + Pa_u S_u ,$$

ρ_o – интенсивность нагрузки канала в исходящем направлении,

$$\rho_o = c_g(1-P)a_q S_q + \frac{Pa_q}{F_u} S_d ,$$

ρ_g – нагрузка сервера ЦБД,

$$\rho_g = (1-c_f P)a_q T_q + a_u T_u .$$

Время ответа на обновление определено как интервал времени от момента поступления обновления (в РБД или ЦБД) до момента, когда обновленная запись станет доступной для обработки обращения в РБД или ЦБД. Используя соответствующие вероятности обращений разных типов как коэффициенты взвешивания, можно получить среднее значение времени реакции на обновление в следующем виде:

$$T_{ur} = PT_{ru} + (1-c_f)P[T_{ui} + \tau] + (1-c_f P)[W_g + T_u] . \qquad (2.5)$$

Далее в параграфе 2.6 аналогичным образом выводятся ВВХ централизованных баз данных, т.е. среднее время ответа на обращение к централизованной БД (2.6) и среднее время ответа на обновление в централизованной БД (2.7) –

$$T_{aq} = [c_g(1-P)+c_f P][T_{qi} + T_{qo} + 2\tau] + W_c + T_q , \qquad (2.6)$$

$$T_{au} = P[T_{ui} + \tau] + W_c + T_u , \qquad (2.7)$$

где

$$W_c = \frac{a_q T_q^{(2)} + a_u T_u^{(2)}}{2(1-\rho_c)} ,$$

$$T_{qi} = W_i + S_q ,$$

$$W_i = \frac{[c_g(1-P) + c_f P]a_q S_q^2 + Pa_u S_u^2}{2(1-\rho_i)} ,$$

$$T_{uo} = \frac{[c_g(1-P)+c_f P]a_q S_q^{(2)}}{2(1-\rho_o)} + S_q,$$

$$\rho_i = [c_g(1-P)+c_f P]a_q S_q + P a_u S_u,$$

$$\rho_o = [c_g(1-P)+c_f P]a_q S_q.$$

Третья глава является продолжением исследования моделей централизованной и репликационной архитектуры, проведенного в главе 2, и начинается с качественного анализа двух математических моделей главы 2. В ходе этого анализа исследуется влияние на средние значения времени ответов на обращение и обновление от P, c_g,c_f, частота загрузки данных для репликации в РБД и объем этих данных, отношение числа обращений к числу обновлений в БД.

В параграфе 3.2 производится исследование ВВХ третьей архитектуры – баз данных с частично репликационными базами данных. Анализ основан на определениях 2.4 и выражениях 2.1 и 2.2, благодаря которым становится возможен вывод формул для среднего времени ответа на обращение (T_{pq}) и на обновление (T_{pu}) частично репликационных баз данных, представленных в 3.1 и 3.2, соответственно.

$$T_{pq} = [c_f P + c_g(1-P) + (1-c_f)P/M_q]T_{rq} + \left[c_g(1-P) + (1- \quad) / \quad_q\right]\left[\quad_{ui} + 2\tau + \quad_{qo}\right] + (1- \quad_f)(\quad_g + \quad_q), \quad (3.1)$$

$$T_{pu} = PT_{ru} + (1-P)(W_g + T_u), \quad (3.2)$$

где

$$T_{uo} = \frac{[c_g(1-P)+c_f P]a_q S_q^{(2)}}{2(1-\rho_o)} + S_q,$$

$$T_{qo} = W_o + S_q,$$

$$T_{ui} = W_i + S_u,$$

$$T_{rq} = W_r + T_q,$$

$$W_r = \frac{[c_g(1-P)+c_f P+(1-c_f)P/M_q]a_q T_q^{(2)} + P a_u T_u^{(2)}}{2(1-\rho_r)},$$

$$W_i = \frac{[c_g(1-P)+(1-c_f)P/M_q]a_q S_q^{(2)} + \frac{Pa_q}{F_r} S_u^{(2)}}{2(1-\rho_i)},$$

$$W_o = \frac{[c_g(1-P)+(1-c_f)P/M_q]a_q S_q^{(2)} + \frac{Pa_q}{F_r} S_d^{(2)}}{2(1-\rho_o)},$$

$$W_g = \frac{(1-c_f P)a_q T_q^{(2)} + [(1-P)a_u + \frac{Pa_q}{F_r}]T_u^{(2)}}{2(1-\rho_g)},$$

$$\rho_g = (1-c_f P)a_q T_q + [(1-P)a_u + P a_q / F_u]T_u,$$
$$\rho_r = [c_g(1-P) + c_f P + (1-c_f)P/M_q]a_q T_q + P a_u T_u,$$
$$\rho_i = \left[c_g(1-P) + (1-c_f)P/M_q\right]a_q S_q + \frac{P a_q S_u}{F_u},$$
$$\rho_o = [c_g(1-P) + c_f P]a_q S_q.$$

Далее исследуются результаты вычислений ВВХ баз данных OSS/BSS. Чтобы обеспечить корректное сравнение вероятностно-временных характеристик архитектуры централизованной базы данных и баз данных с репликацией, нагрузка сервера ρ_c для централизованной базы данных принята равной 0.9 при разных значениях интенсивности потоков обращений и обновлений, создаваемых в центральном регионе и вне его, варьируемых в соответствии с другими параметрами. Для наглядности результатов в этом расчете принимается $c_f = c_g$. Кроме того, предполагается, что продолжительность обработки обращений и обновлений распределена экспоненциально со средними значениями $T_q = 8$ мс и $T_u = 16$ мс, соответственно. Если не будет указано иное, средняя длина сообщений обращения и обновления (а также ответа на обращение) равна 80 байтам.

Скорость передачи битов по каналу предполагается равной 64 Кбит/с в каждом направлении. Значения времени передачи по каналу сообщений обращения к базе данных, обновления и загружаемых записей предполагаются распределенными экспоненциально со средними значениями $S_q = S_u = 5$ мс, и $S_d = 250$ мс. Эти значения определяются также длинами сообщений, скоростью передачи по каналу, задержкой распространения сигнала.

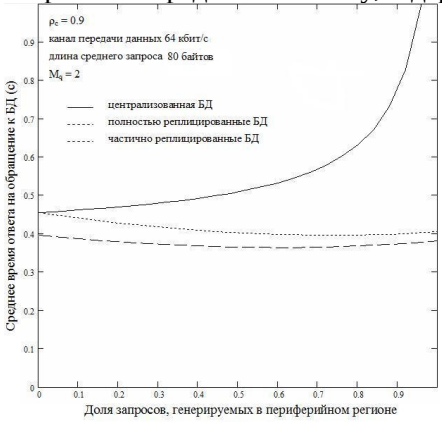

Рис. 2. Время ответа на обращение при F_u=10

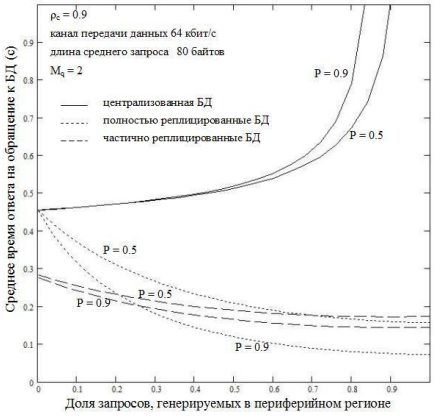

Рис. 3. Время ответа на обращение при F_u=10, P=0.5 *и* P=0.9

На основе результатов анализа вероятностно-временных характеристик показано, что выбор архитектуры БД OSS зависит от абсолютных величин и соотношения трафика обращений и трафика обновлений, доли запросов, генерированных за пределами данного региона.

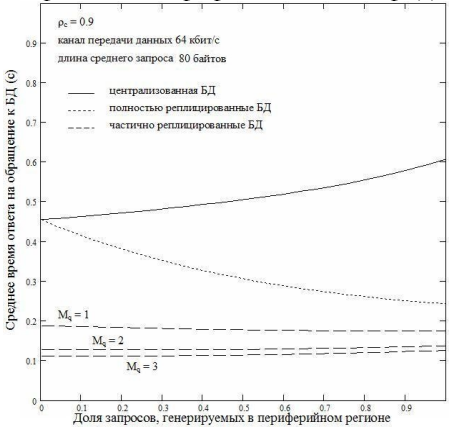

Рис. 4. Время ответа на обращение при F_u=1, P=0.5

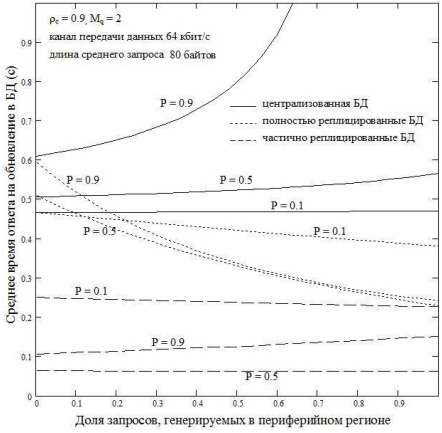

Рис. 5. Время ответа на обращение при F_u=10 и различным P=0.1, P=0.5 *и* P=0.9

Обнаружено, что для определенных диапазонов параметров трафика архитектура баз данных с репликацией обеспечивает значения времени ответа на запрос и реакции на обновление ниже, чем в архитектуре с централизованной базой данных.

На основании получившихся зависимостей предложена эволюционная «волнообразная» стратегия поэтапного внедрения сетевых баз данных OSS. Разумный подход к разработке сети баз данных OSS/BSS, основанный на архитектуре с применением репликационных баз данных, состоит в том, чтобы использовать постепенное развертывание репликационной архитектуры при возрастании трафика к базам данных, а начальная сеть может быть основана на централизованных базах данных. Затем, по мере развития OSS/BSS и увеличения трафика к базам данных, вместо того, чтобы добавлять другую центральную базу данных, разворачивается региональная база данных в том удаленном регионе, который создает наибольший межрегиональный трафик. По мере дальнейшего роста трафика к базам данных OSS/BSS регионы могут быть дополнительно разделены, и могут быть добавлены дополнительные региональные базы данных.

В **четвертой главе** аналитические модели полностью и частично репликационных и централизованной баз данных OSS/BSS проверяются на примерах внедрения технического учета и бюро ремонта в условиях Межрегиональной компании ОАО «Связьинвест».

Результаты исследований были применены для организации баз данных OSS/BSS в Межрегиональной компании ОАО «Связьинвест», а также в ряде проектных, научно-исследовательских и эксплуатационных предприятий связи. Акты о внедрении представлены в Приложении к диссертационной работе.

Основные результаты и выводы

1. На основе анализа вероятностно-временных характеристик показано, что выбор архитектуры базы данных OSS/BSS зависит от абсолютных величин и соотношения трафика обращений и трафика обновлений, доли запросов, генерированных объектами за пределами данного региона или запрашивающих взаимодействие с такими объектами.
2. Обнаружено, что для некоторого диапазона параметров трафика архитектура баз данных с репликацией может обеспечивать значения времени ответа на запрос и реакции на обновление меньшее, чем в архитектуре с централизованной базой данных.
3. Предложена эволюционная «волнообразная» стратегия поэтапного внедрения сетевых баз данных OSS/BSS для технического учета ресурсов сети Оператора, реализуемая в виде ряда промежуточных «волн» внедрения. Каждая «волна» добавляет в технический учет МРК свои географические регионы и/или новые объекты сети. Такая стратегия дает несколько преимуществ. Во-первых, каждая «волна» показывает, как идет внедрение системы и как она принимается. Во-вторых, с каждой успешной «волной» растет моральный дух технического персонала, ответственного за систему. В-третьих, обеспечивается гибкость: если выходит новая версия системы, инженеры проекта могут добавить новую «волну».
4. Разработана эволюционная методика внедрения сетевых баз данных OSS/BSS в условиях создания современных средств эксплуатационного управления крупной сетью связи.
5. Проведен анализ технико-экономической эффективности полностью и частично репликационных и централизованной баз данных OSS/BSS и выработаны соответствующие рекомендации.

Основные результаты диссертации отражены в следующих опубликованных работах:

1. Бычков И.Д., Гольдштейн Б.С. Мифы и реальность в управлении сетями доступа//Вестник связи. – 2007. -№2 – с. 38-43. *(В перечне ВАК)*
2. Бычков И.Д. Проблемы организации технического учета МРК. //60-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СпбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Материалы. – СПб.: 2008. – С.12
3. Бычков И.Д. Математическая модель реплицированных баз данных технического учета.// 60-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Материалы. – СПб.: 2008. – С.13
4. Бычков И.Д., Гольдштейн Б.С. Технический учет в эксплуатационном управлении сетями, Вестник связи. – 2008.-№1 – с. 91-96. *(В перечне ВАК)*
5. Бычков И.Д., Гольдштейн Б.С. Стратегия «неразрушающего» внедрения системы Inventory. //Вестник связи. – 2008.-№3 – с. 62-64. *(В перечне ВАК)*
6. Бычков И.Д., Гольдштейн Б.С., Сизюхин К.С. Эксплуатационное управление услугами IPTV.// Вестник связи. – 2008.-№7 – с. 84-90. *(В перечне ВАК)*
7. Бычков И.Д. Исследование организации баз данных OSS/BSS Оператора ССОП.// 61-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СпбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича: материалы/ ГОУВПО СПбГУТ. – СПб., 2009. – С.32
8. Бычков И.Д. О реальном масштабе времени взаимодействия с базами данных эксплуатационного управления мультисервисными сетями связи.// 61-я научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича: материалы/ ГОУВПО СПбГУТ. – СПб., 2009. – С.23

Подписано в печать 29. 05. 09
Тираж 80 экз. Объем 1 печ.л.
Заказ №26

Отпечатано в тип. ПК "Объединение Вента". 197198, СПб, Большой пр. П.С., 29 а