

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ**Телятников А.О.**

Донецкий национальный технический университет, кафедра АСУ.

E-mail: tao@mega.donetsk.ua**Abstract**

Telyatnikov Oleksandr. Development of object model of the distributed database (DDB). In the clause the object model of DDB is described. The model is developed with the purpose of an estimation of efficiency of various variants of construction DDB, the basic objects and components of process of its functioning are allocated, general objective model DDB is constructed.

Введение

В настоящее время технологии распределенных баз данных (РБД) достигли того уровня развития, когда на рынке уже имеются достаточно развитые и надежные коммерческие системы [1, 2]. Однако, ввиду исключительной сложности РБД как объекта формального описания и расчета, до настоящего времени оценка ожидаемого эффекта от тех или иных конструктивных и алгоритмических решений, а, следовательно, и от капиталовложений, необходимых для их реализации, обычно базируется на общих качественных соображениях, не подкреплённых расчетом, когда влияние отдельных факторов оценивается интуитивно, и возможны грубые ошибки.

Для оценки эффективности РБД в литературе [3, 4] предложено использование аналитических моделей РБД. Однако, при построении аналитических моделей таких сложных систем, которыми являются РБД, невозможно учесть множество специфических особенностей их функционирования. Поэтому эти модели были построены при некоторых упрощениях. Так, например, в них не учитывалась динамика процессов протекающих в РБД а, также – их фрагментация. До настоящего времени не было предпринято попыток использовать для оценки эффективности РБД объектную модель. Между тем, в такой модели можно учесть как динамику процессов, так и фрагментацию, репликацию.

В статье описана объектная модель РБД разработанная с целью оценки эффективности различных вариантов построения РБД, выделены основные объекты и составляющие процесса ее функционирования, построена общая объектная модель РБД. В качестве критерия оценки эффективности принято суммарное время выполнения запросов и распространения обновлений за время моделирования [5].

Создание классов объектов для основных элементов РБД

РБД как объект моделирования представляет собой сложную динамическую систему взаимосвязанных элементов. В результате проведенного анализа и декомпозиции объекта моделирования были выделены основные элементы РБД:

- узел РБД;
- канал связи;
- таблица РБД;
- фрагмент данных;
- запрос;
- обновление;
- приложение;

- передаваемые данные.

Для моделирования указанных элементов РБД разработаны соответствующие классы объектов. Рассмотрим подробнее описания этих элементов, атрибуты и операции их классов.

Узел РБД представляет собой отдельный сервер или кластер, на котором работает одна СУБД. К серверу посредством локальной вычислительной сети могут быть подключены пользовательские рабочие станции. Приложения, работающие с РБД, могут выполняться как на рабочих станциях, так и на серверах (в этом случае рабочие станции являются так называемыми тонкими клиентами).

Узел РБД должен выполнять две основные функции:

- 1) хранение данных;
- 2) обработка запросов.

Хранение данных осуществляется с использованием жестких дисков, дисковых массивов (RAID массивов) или систем хранения данных (DAS/SAS, NAS, SAN). Основными характеристиками подсистемы хранения данных является объем дискового пространства, скорость доступа к данным и скорости чтения/записи.

При оценке времени обработки запросов и обновлений, для объектов класса «Узел РБД» должна быть известна их производительность. Производительность узла оценивается в количестве стандартизированных транзакций, обрабатываемых за единицу времени. Наиболее распространенным стандартом оценки производительности является тест TPC-C. Этот стандарт определяется организацией TPC (Transaction Processing Performance Council), созданной в 1988г (<http://www.tpc.org>).

Таким образом, под производительностью узла будем понимать максимальное количество транзакций TPC-C, которые могут быть обработаны за единицу времени.

Для учета ограничения на суммарный объем данных, хранящихся на узле, необходимо знать общий объем дискового пространства узла.

Класс «Узел РБД» определяется следующими характеристиками:

- атрибуты – производительность, общий объем дискового пространства;
- операции – обработка запроса, обработка обновления.

Канал связи представляет собой среду передачи данных между узлами. Каналы связи могут быть различными. Это может быть спутниковый канал, радиоканал или наземная линия связи.

Для моделирования процессов передачи запросов, ответов на запросы, а также, распространения обновлений нас интересует такой параметр канала связи как пропускная способность. Пропускная способность – это максимальный объем данных, которые могут быть переданы по нему за единицу времени.

Класс «Канал связи» определяется следующими характеристиками:

- атрибут – пропускная способность;
- операция – передача данных.

Таблица РБД – структура хранения данных. Таблица в общем случае может быть распределенной, то есть физически находится на нескольких узлах. Таблица может иметь горизонтальную, вертикальную и смешанную фрагментацию. Таким образом, таблица состоит из связанных фрагментов данных или может быть атомарной, то есть состоять из одного фрагмента данных. Для моделирования работы с таблицами будем оперировать атомарными фрагментами данных.

Фрагмент данных – это часть таблицы РБД, полученная с помощью горизонтальной или вертикальной фрагментации [1]. Фрагмент данных является физически целостной единицей и целиком храниться на одном узле РБД.

При использовании репликации на различных узлах РБД могут находиться копии одного фрагмента данных. В системе всегда должна присутствовать хотя бы одна копия каждого фрагмента данных.

Для определения суммарного объема всех фрагментов данных, хранящихся на узле необходимо знать объемы каждого из этих фрагментов.

Класс «Фрагмент данных» определяется атрибутом – объем фрагмента данных.

Запрос инициируется приложением, передается по каналу передачи данных на обрабатывающий узел, там происходит его обработка и формирование ответа. Сформированный ответ передается на инициирующий узел. Запрос может обращаться к нескольким таблицам РБД, которые могут храниться на различных узлах. Поэтому такой запрос разбивается на несколько подзапросов. Таким образом, запрос может быть инициирован как приложением, так и другим запросом.

При вычислении времени обработки запроса узлом РБД для объекта класса «Запрос» должен быть известен его, так называемый, вес – количество транзакций ТРС-С, соответствующих ему. Для вычисления времени передачи запроса и ответа на запрос по сети, необходимо знать, соответственно, объем запроса и объем ответа.

Класс «Запрос» определяется следующими характеристиками:

атрибуты – количество транзакций, объем запроса, объем ответа;

операция – инициация запроса.

Обновление любого фрагмента данных должно распространяться на все хранимые копии этого фрагмента. Существуют различные стратегии распространения обновлений [6].

Для распределенной базы данных необходимо определить, какие копии объекта обновляются синхронно с выполнением транзакции, а какие асинхронно, после выполнения транзакции. Для обеспечения согласованности данных необходимо обновлять, по крайней мере, одну копию синхронно. Чем больше копий обновляются синхронно, тем больше вероятность того, что данные взаимно согласованы, но тем накладнее выполнение транзакций и тем больше вероятность ошибки. Асинхронное обновление напротив не блокирует выполнение транзакций. Благодаря этому, асинхронное распространение обновлений может применяться в случаях длительных задержек при отказе узла или канала связи. В зависимости от стратегии распространения обновлений, количество синхронных обновлений варьируется от всего лишь одной копии (некоторые семантические и абсолютистский метод) до всех копий (метод Read-One-Copy) [6].

Так как обновление является специальным видом запроса, для класса модели «Обновление» необходимо определить такие же свойства, что и для класса «Запрос».

Класс «Обновление» определяется атрибутами – количество транзакций, объем обновления, объем ответа.

Приложение запускается пользователем с определенной интенсивностью. В процессе функционирования, приложение инициирует выполнение запросов и распространение обновлений. Множество запросов и обновлений содержит тип запроса или обновления и интенсивность их инициации приложением.

Класс «Приложение» определяется следующими характеристиками:

атрибуты – интенсивность запуска, множество запросов, множество обновлений;

операции – инициация запросов, инициация обновлений.

Передаваемые данные. В процессе функционирования РБД по сети передаются запросы, обновления и ответы на запросы. При этом по каналу кроме пользовательских данных передается много дополнительной информации. Это данные сетевого протокола, коды обнаружения ошибок, служебные сообщения. Для достижения высокой адекватности модели эту дополнительную нагрузку необходимо учитывать при моделировании процессов передачи. Для этого введем величины:

c_k – дополнительная постоянная нагрузка при передаче по k -му каналу;

v_k – дополнительная переменная нагрузка при передаче по k -му каналу.

Первая величина введена для учета нагрузки не зависящей от объема передаваемых данных, а вторая – для учета нагрузки прямо зависящей от объема передаваемых данных.

Пусть M – объем передаваемых данных без учета дополнительной нагрузки, тогда фактический объем данных, передаваемых по каналу k , определяется формулой:

$$S = c_k + M \cdot v_k.$$

Класс «Передаваемые данные» определяется атрибутами – объем передаваемых данных, дополнительная постоянная нагрузка, дополнительная переменная нагрузка.

После того, как были описаны классы всех объектов модели, можно приступить к анализу связей между этими объектами и их взаимодействию.

Построение общей объектной модели РБД Структура модели РБД.

Общая объектная модель РБД построена как система взаимодействующих объектов основных ее элементов. Схема взаимосвязей классов объектов модели РБД изображена на рис. 1. На диаграмме изображены классы всех объектов модели, их атрибуты и операции, описанные выше. Также на диаграмме присутствуют описания отдельных связей между объектами внутри системы. Эти связи соединяют воедино все части системы. Для связей определены роли (описания взаимодействия каждого из участников связи) и множественность, которая указывает на то, сколько экземпляров одного класса может быть связано с одним экземпляром другого класса.

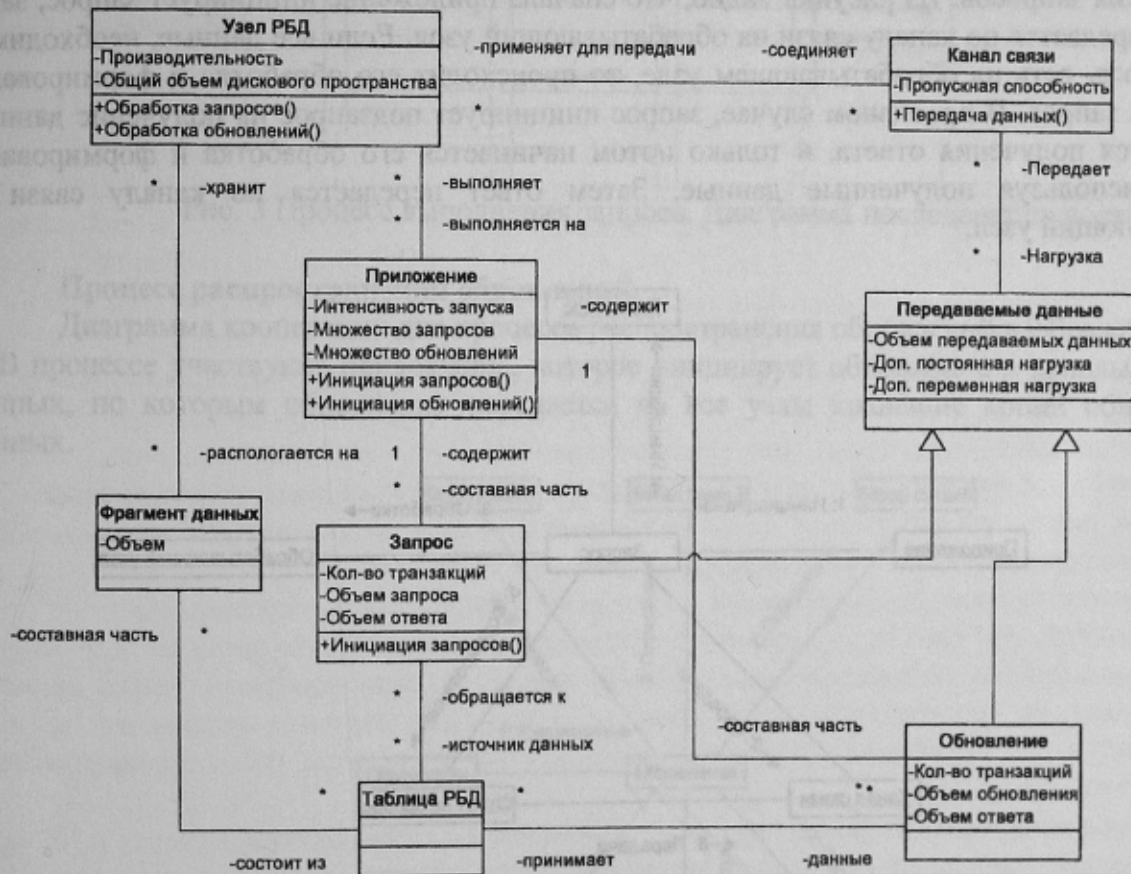


Рис 1. Схема взаимосвязей элементов модели РБД

Эта диаграмма отражает предметную область функционирования распределенной базы данных: на ней присутствуют все описанные выше классы. Запросы и обновления являются составной частью приложений, которые выполняются на узлах РБД. В процессе обработки они обращаются к таблицам, которые разбиты на атомарные фрагменты данных.

Запросы, обновления и ответы передаются между узлами по каналам связи. При передаче данных к полезной информации добавляется дополнительная нагрузка.

Для описания динамической составляющей поведения необходимо рассмотреть основные процессы, протекающие в РБД и проанализировать взаимодействие объектов модели, участвующих в этих процессах.

В процессе функционирования РБД в системе протекают два конкурирующих процесса: процесс выполнения запросов и процесс распространения обновлений. Рассмотрим зависимость скорости протекания этих процессов от степени репликации данных.

Очевидно, что если на каждом узле РБД хранятся копии всех наборов данных, то скорость выполнения запроса максимальна, так как обращение осуществляется только к локальной копии. С другой стороны, в этой ситуации максимально время распространения обновлений, так как при каждом обновлении необходимо осуществлять доступ к каждой копии набора данных и передавать обновления на каждый узел. Для процесса распространения обновлений лучшим вариантом является существование всего одной копии каждого набора данных. Таким образом, возникает конфликт целей между этими процессами: для одного лучшим вариантом является максимальная степень репликации, а для другого – минимальная. Рассмотрим детально каждый из указанных процессов.

Процесс выполнения запроса.

На рис. 2 изображена диаграмма кооперации объектов РБД участвующих в процессе выполнения запросов. Из рисунка видно, что сначала приложение инициирует запрос, затем запрос передается по каналу связи на обрабатывающий узел. Если все данные, необходимые для запроса, есть на обрабатывающем узле, то происходит его обработка и формирование ответа на запрос. В противном случае, запрос инициирует подзапрос на получение данных, дожидается получения ответа, и только потом начинается его обработка и формирование ответа, используя полученные данные. Затем ответ передается по каналу связи на инициирующий узел.

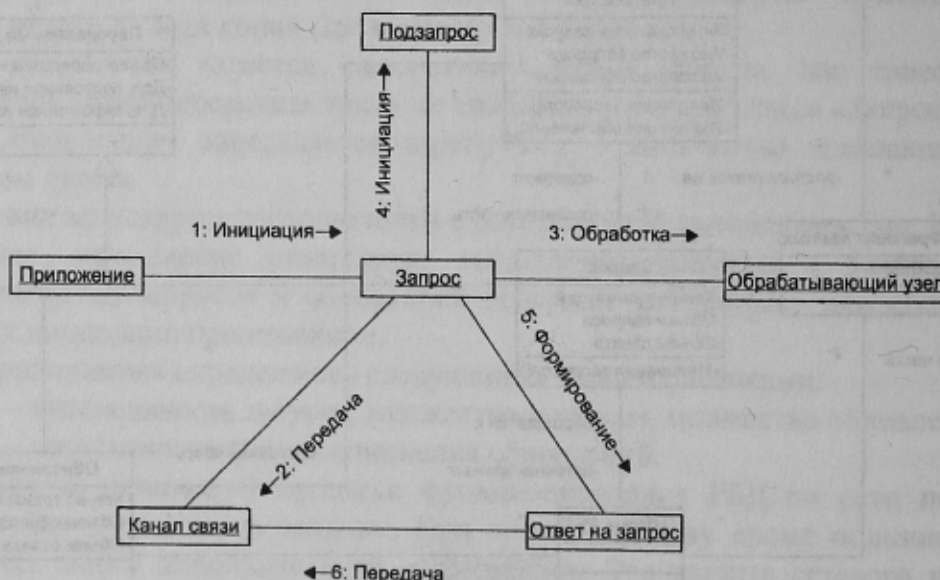


Рис. 2 Процесс выполнения запроса. Диаграмма кооперации.

Последовательность этих действий в динамике с учетом временной составляющей отображена на диаграмме последовательности (рис. 3).

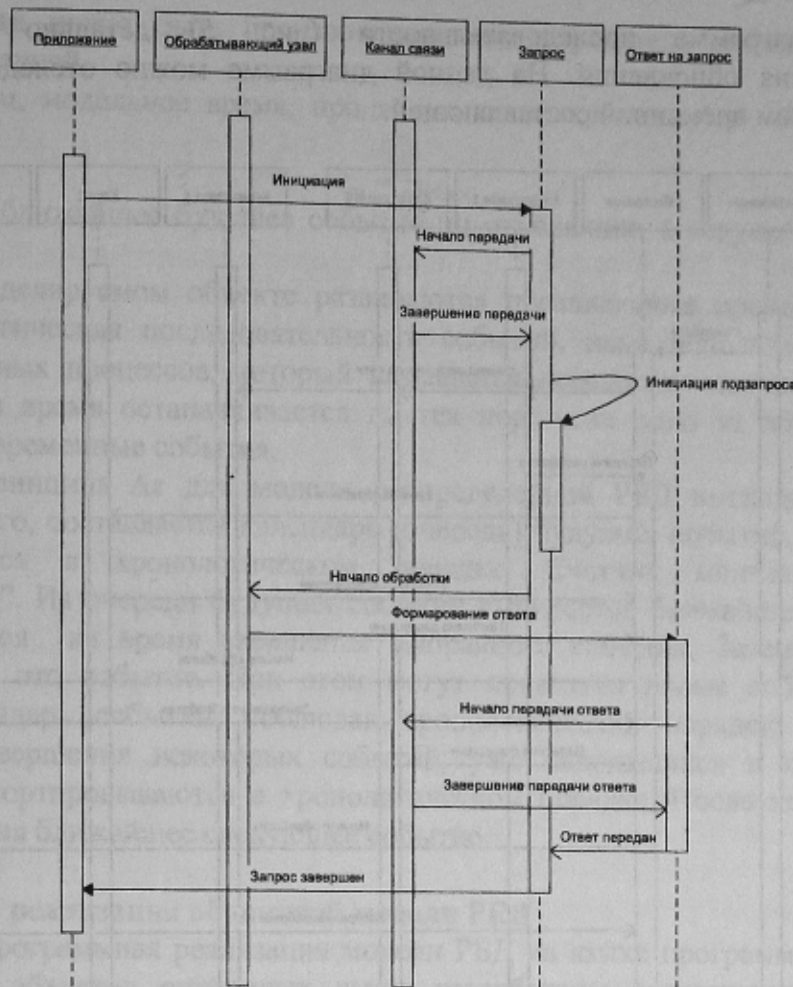


Рис. 3 Процесс выполнения запроса. Диаграмма последовательности.

Процесс распространения обновлений.

Диаграмма кооперации для процесса распространения обновлений изображена на рис. 4. В процессе участвуют: приложение, которое инициирует обновление и каналы передачи данных, по которым обновление передается на все узлы хранящие копии обновляемых данных.

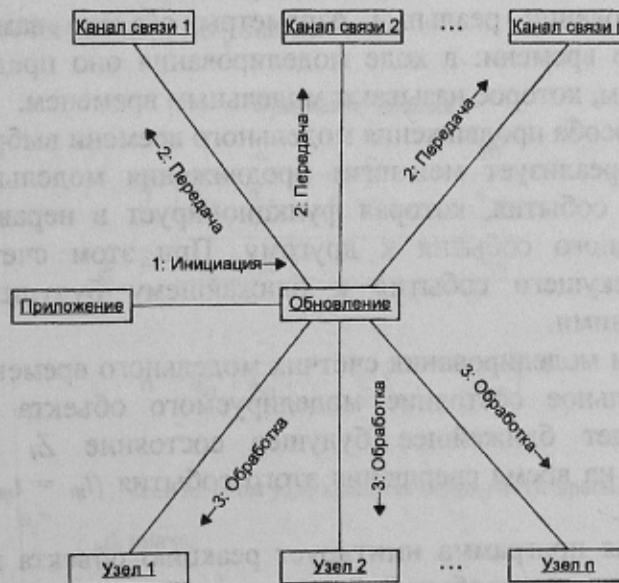


Рис. 4 Процесс распространения обновлений. Диаграмма кооперации.

На діаграмме последовательности (рис. 5) детально изображен процесс распространения обновлений. На данной диаграмме можно отследить рассматриваемый процесс с учетом временной составляющей.

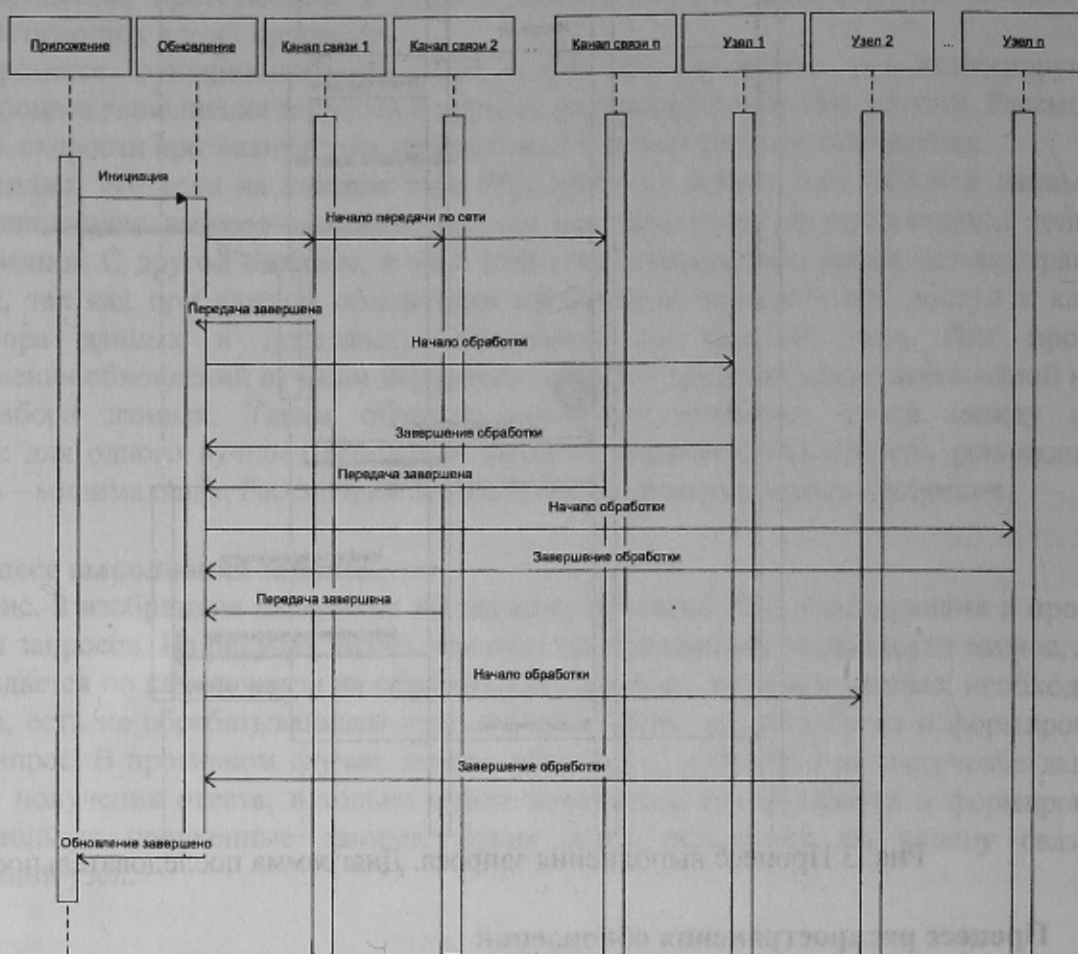


Рис. 5 Процесс распространения обновлений. Диаграмма последовательности.

Механизм продвижения модельного времени.

При моделировании реальные параметры объекта заменяются модельным. Это касается и реального времени: в ходе моделирования оно представляется искусственным (системным) временем, которое называют модельным временем.

В качестве способа продвижения модельного времени выбран принцип Δz .

Принцип Δz реализует механизм продвижения модельного времени для модели ориентированной на события, которая функционирует в неравномерной шкале времени, перепрыгивая от одного события к другому. При этом счетчик модельного времени перемещается от текущего события к ближайшему будущему, не останавливаясь в промежутках между ними.

Перед началом моделирования счетчик модельного времени сбрасывается в "0" ($t_m = 0$) и задается начальное состояние моделируемого объекта Z_0 . Затем моделирующая программа отыскивает ближайшее будущее состояние Z_1 и устанавливает счетчик модельного времени на время свершения этого события ($t_m = t_{m1}$). Время t_{m1} и событие E_1 становятся текущими.

Моделирующая программа имитирует реакцию объекта на событие E_1 , что может привести к появлению новых событий. Затем модельное время передвигается на ближайшее следующее событие E_2 ($t_m = t_{m2}$) и цикл работы повторяется вновь. Расстояние между

соседними событиями может быть произвольным, поэтому шкала модельного времени получается неравномерной.

Таким образом, модельное время, продвигаемое по принципу Δz , определяется по формуле:

$$t_m = t_{\text{ближ}}.$$

где $t_{\text{ближ}}$ – ближайшее будущее событие по отношению к текущему модельному времени.

Так как в моделируемом объекте развиваются параллельные процессы, чтобы не нарушалась хронологическая последовательность событий, надо использовать механизм имитации параллельных процессов, который называется псевдопараллельной обработкой. При этом модельное время останавливается до тех пор, пока одно за другим не будут обработаны все одновременные события.

Реализация принципа Δz для модели распределенной РБД выглядит следующим образом. Прежде всего, составляется календарь (очередь) будущих событий, в котором все события сортируются в хронологическом порядке. Счетчик модельного времени устанавливается в "0". Из очереди будущих событий выбирается ближайшее, и модельное время устанавливается на время свершения выбранного события. Затем моделируется реакция системы на это событие. При этом могут появиться новые события, которые включаются в календарь событий, соблюдая хронологический порядок. Также может измениться время свершения некоторых событий, уже находящихся в календаре. Эти события также пересортировываются в хронологическом порядке. После этого модельное время передвигается на ближайшее следующее событие.

Программная реализация объектной модели РБД

Разработана программная реализация модели РБД на языке программирования C++. Для моделирования объектов описанных выше разработаны соответствующие классы. Разработана база данных для хранения исходной информации об объекте моделирования и результатов работы модели.

Исходной информацией об объекте моделирования является:

1. Множество узлов N_i ($i=1, 2, \dots, N$), где N – количество узлов РБД.
2. Множество каналов связи C_i ($i=1, 2, \dots, M$), где M – количество каналов связи.
3. Множество фрагментов данных D_i ($i=1, 2, \dots, K$), где K – количество фрагментов данных.
4. Схема распределения данных по узлам сети.

		Фрагменты данных			
		1	2	...	m
Узлы	1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
	2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}
	...				
	n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если на } i\text{-том узле хранится копия } j\text{-го фрагмента;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Рис. 6 Схема распределения данных.

Схема распределения данных по узлам сети представляет собой двумерный массив размером $N \times K$, количество строк которого равно количеству узлов, а количество столбцов – количеству фрагментов данных (рис. 6).

В РБД должна присутствовать хотя бы одна копия каждого набора данных, по этому в каждом столбце данного массива должна быть хотя бы одна единица.

5. Множество приложений A_i ($i=1, 2, \dots, N_A$), где N_A – количество приложений, инициирующих запросы и распространение обновлений в РБД.

Проведенная экспериментальная проверка программы показала, что с помощью разработанной модели можно осуществлять комплексный анализ РБД, выявлять узкие места в компьютерной информационной системе (наиболее загруженные каналы передачи данных и узлы РБД), производить оценку влияния на эффективность различных конструктивных и алгоритмических решений.

Заключение

Построена динамическая объектная модель РБД, и ее программная реализация, позволяющая оценить время выполнения запросов и распространения обновлений при заданной исходной информации об объекте моделирования. Моделирование РБД с помощью ЭВМ может быть использовано в следующих случаях:

а) для исследования РБД на этапе ее проектирования с целью анализа и синтеза различных вариантов системы и выбора оптимального варианта;

б) на этапе эксплуатации РБД с целью оценки ожидаемого эффекта от тех или иных конструктивных и алгоритмических решений, а, следовательно, и от капиталовложений, необходимых для их реализации.

В дальнейшем планируется проведение экспериментов над данной моделью и использование ее при оптимизации распределения данных по узлам сети с применением генетических алгоритмов [7].

Список использованной литературы.

1. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных.: Пер. с англ. – 6-е изд. – К.: Диалектика, 1998.
2. М. Тамер Оззу, Патрик Валдуриз. Распределенные и параллельные системы баз данных // Системы управления базами данных, №04/1996.
3. Цегелик Г. Г. Системы распределенных баз данных. – Львов.: Свит, 1990.
4. Мамиконов А. Г., Кульба В. В., Косяченко С. А., Ужастов И. А. Оптимизация структур распределенных баз данных в АСУ. М.: Наука 1990
5. Лаздынь С.В., Телятников А.О. Динамическая модель распределенной базы данных компьютерной информационной системы // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 38. – Донецьк: РВА ДонДТУ, 2002. – с. 115 – 121.
6. Beuter T., Dadam P.: Prinzipien der Replikationskontrolle in verteilten Datenbanksystemen. GI Informatik Forschung und Entwicklung, 11, 4, (Nov. 1996), 203-212.
7. Лаздынь С.В., Телятников А.О. Повышение эффективности распределенных баз данных с использованием объектно-ориентированного моделирования и генетических алгоритмов. Единое информационное пространство: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 3-4 декабря 2003г.) / под ред. акад. НАНУ В.В.Пилипенко, д.х.н. М.В.Бурмистра, к.ф.-м.н. Н.Ф.Огданского, к.ф.-м.н. Ю.А.Прокопчука./- Днепропетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2003. – с. 23-26.