

МОДЕЛЬ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНЗАКЦИЯМИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

Алиев Алекпер

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

Аннотация

В работе рассмотрены принципы транзактной обработки в распределенных базах данных и предложена концептуальная модель неотъемлемой части системы управления распределенной базой данных — отказоустойчивой системы управления транзакциями. Описан ее структурный состав, функциональные характеристики каждой компоненты в отдельности и интерфейсы взаимосвязи с другими компонентами.

Abstract

In work the principles processing in the distributed databases are considered and the conceptual structural model of the fault-tolerant transaction management system is offered. The purposes, function by everyone components of systems separately, and also interfaces of interrelation with others components are described.

Введение. Системы распределенной обработки, или распределенные системы (РС), функционирующие в компьютерных сетях, является одной из наиболее перспективных и быстро развивающихся областей информатики. Такое место они заняли благодаря их существенным преимуществам по сравнению с изолированными системами, функционирующими на базе отдельных компьютеров. Распределенные системы обработки информации представляют собой множество территориально удаленных друг от друга узлов, объединенных системой передачи данных и взаимодействующих посредством обмена сообщениями. Одной из проблем, возникающих в теории и практике РС, функционирующих в сетевой среде, является синхронизация процессов, протекающих в узлах РС [1]. В работе рассматривается одна из задач, в основе которой лежит проблема синхронизации процессов, а именно, задача обеспечения сериализуемости параллельно выполняемых транзакций в РС. Ввиду фундаментальной важности указанная проблема привлекла внимание ведущих зарубежных и отечественных специалистов в области распределенной обработки информации. Эта проблема обсуждается в литературе в течение последних лет. И сейчас эта проблема продолжает интересовать исследователей РС как в теоретическом, так и в практическом планах.

Проблемы транзактной обработки. Наиболее успешным и часто применяемым на практике типом РС является распределенная база данных (РБД), представляющая собой интеграцию автономных локальных баз данных, географически распределенных и связанных посредством компьютерной сети. Все локальные БД предполагаются изначально целостными и непротиворечивыми. Узлы взаимодействуют между собой путем обмена сообщениями. Средством взаимодействия пользователя с РБД являются транзакции. Транзакцией называется последовательность операций над РБД, переводящая ее из одного непротиворечивого состояния в другое непротиворечивое состояние. Такими операциями являются чтение информации, ее обработка и запись результатов обработки в РБД.

В множестве узлов РС могут функционировать процессы двух типов: иницирующие транзакции, обычно называемые Transaction modul - *ТМ*; обрабатывающие транзакции, обычно называемые Data modul - *ДМ*. Подтранзакции, соответствующие разным узлам, могут выполняться параллельно. Очевидно, что чем выше параллельность в выполнении подтранзакции, тем выше производительность РС. Каждая подтранзакция перед началом своей работы должна захватить в каждом узле *ДМ* ресурс. Две транзакции

вступают в конфликт тогда и только тогда, когда они работают с одним и тем же общим ресурсом и, по крайней мере, одна из реализуемых ими операций является записью. Порядок выполнения действий двух транзакций существен только в том случае, если они конфликтуют. Выполнение каждой отдельной транзакции сохраняет целостное состояние РБД. Следовательно, несколько последовательно выполняемых транзакций также сохраняют целостное состояние РБД. Однако про параллельной работе этих транзакций содержимое РБД может оказаться не целостным. Главной проблемой при параллельном выполнении транзакции является обеспечение целостности информации в РС.

Система управления транзакциями (СУТ) должна так управлять параллельным выполнением транзакций, чтобы целостность РБД не нарушилась. К СУТ предъявляются следующие требования: принцип атомарности, статистическая справедливость, производительность, отказоустойчивость, сериализуемость. Основным требованием является обеспечение сериализуемости. Порядок выполнения подтранзакций должен удовлетворять условию сериализуемости. Порядок выполнения подтранзакций называется сериализуемым, если он эквивалентен по крайней мере одному последовательному (сериальному) плану. Учитывая тот факт, что сериализуемость параллельно выполняемых транзакций приводит РБД к тому же состоянию, что и некоторый последовательный, можно утверждать, что сериализуемый план не нарушает целостности РБД.

Очевидно, что необходима определенная дисциплина обработки транзакций, позволяющая с одной стороны устранить описанные выше и им подобные проблемы, и с другой стороны гарантирующая, что каждый пользователь (прикладная программа), обращающаяся к базе данных, работает с ней так, как будто не существует других пользователей (прикладных программ), одновременно с ним обращающихся к тем же данным.

Постановка задачи. Для практической реализации этой дисциплины в РБД предлагается использовать в качестве неотъемлемой части системы управления РБД — отказоустойчивую систему управления транзакциями (ОСУТ), обеспечивающую взаимодействие прикладных процессов с информационными ресурсами РБД. Главной целью данной работы является разработка концептуальной модели ОСУТ и представление ее в виде распределенного программного комплекса, состоящего из отдельных модулей, а также описание функциональных характеристик и интерфейсов каждого модуля. Основными требованиями и отличительными особенностями ОСУТ является обеспечение непротиворечивости РБД в процессе обработки параллельных пользовательских запросов при возможных асинхронных отказах узлов (процессов) и применение механизмов, гарантирующих сохранение ACID-свойств транзакций.

Модель отказоустойчивой системы управления транзакциями. Определим основные предположения, связанные с коммуникационной системой РС и структурой РБД.

- РС представляет собой множество равноправных узлов, связанных между собой системой передачи сообщений.
- В РС реализован надежный широкополосный режим передачи сообщений.
- Предельное время доставки любого сообщения из одного узла в другой узел ограничено.
- В каждом узле имеется служба времени, являющаяся частью службы единого времени РС.
- В каждом узле могут быть инициированы и параллельно выполнены несколько транзакций.
- В узлах РБД размещено множество информационных ресурсов.
- К каждому ресурсу формируется очередь транзактных запросов.
- Для обеспечения надежного внесения изменений в БД и поддержания непротиворечивого состояния РБД в каждом узле используется журнал транзакций, в котором фиксируется информация, достаточная для внесения изменений в БД и для аннулирования подтранзакций при откате.

- В каждом узле функционируют следующие компоненты ОСУТ:
 Модуль TG (transaction generator) – генератор транзакции;
 Модуль SN (synchronization nucleus) – синхронизатор транзактных запросов;
 Модуль TM (transaction manager) – менеджер фиксации транзакции;
 Модуль DM (data manager) – менеджер данных;
 Модуль EM (election manager) – менеджер выборов координатора;
 Модуль RM (rollback manager) – менеджер отката транзакции

Генератор транзакций (TG). Модуль *TG* является промежуточным модулем между прикладными процессами (ПП) и остальными модулями ОСУТ. После получения сообщения от ПП для выполнения операций над БД, модуль *TG* генерирует соответствующую транзакцию, присвоив атрибуты транзакций, формирует и передает дескрипторы транзакций, по завершению транзакций выдает соответствующее сообщение в ПП.

Синхронизатор запросов (SN). Синхронизация транзактных запросов реализуется на базе децентрализованного синхронизированного ядра *SN*, распределенного по n узлам РБД в виде идентичных модулей SN_1, \dots, SN_n . В каждом узле i все локальные транзактные запросы поступают на локальный буфер модуля SN_j , после чего они будут в широковещательном режиме пересланы в буферы обмена модулей SN_1, \dots, SN_n . Длительность времени захвата любого ресурса R^k ограничено интервалом времени β , после чего ресурс R^k насильственно освобождается.

Менеджер фиксации транзакции (TM). Модуль *TM* осуществляет управление процедурой фиксации транзакций. Фиксация происходит в две фазы. На первой фазе все *DM*-модули, принимающие участие в выполнении данной транзакции, достигают соглашения по общему решению. Отметим, что на этой фазе возможна ликвидация транзакции. На второй фазе реализуется принятое решение и здесь завершение (успешное или аварийное) неизбежно.

Менеджер данных (DM). Модуль *DM* выполняет транзакцию, реализуя необходимые изменения в РБД. Получив сообщение от *TM*, каждый модуль *DM* изучает возможность выполнения подтранзакций, производит необходимые действия, записывает результат в ЛРП. Далее, получив соответствующее сообщение, *DM* записывает из ЛРП всю информацию, необходимую для фиксации, в начале в стабильную память, которая с вероятностью, близкой к единице, сохраняется при любых отказах узла, а затем записывает из стабильной памяти в БД информацию – результат работы соответствующих подтранзакций.

Менеджер выборов (EM). Модуль *EM* управляет процедурой выборов нового координатора транзакции. После отказа координатора (*TM*), управляющего процедурой фиксации транзакции, *EM*-модули из числа *DM*-модулей, также участвующих в фиксации данной транзакции, осуществляют выборы нового координатора, который завершает транзакцию.

Менеджер отката (RM). Модуль *RM* предназначен для устранения всех следов начатых, но не законченных из-за отказа транзакций.

Заключение. В работе с единых позиций представлен комплексный подход к ОСУТ. Предложена структурно-функциональная модель ОСУТ, представляющая собой комплекс взаимосвязанных модулей. Дано описание этих модулей в отдельности и интерфейсов их взаимосвязи.

Список использованных источников:

1. Schneider F.B. Paradigms for distributed programs // Lecture Notes in Comput. Sci. – 1985. – N190. – p. 431-480.