

Алгоритм вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации

Дунаев В.А.

Академия ФСО России, г. Орёл

Аннотация

В работе представлены модель обработки запросов в распределенных базах данных при репликации и обобщенная схема алгоритма вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации. Показанные результаты позволяют решать сложную оптимизационную задачу минимизации среднего времени отклика распределенных баз данных на запросы в условиях ограниченных сетевых и вычислительных ресурсов.

Ключевые слова: алгоритм; распределенные базы данных; репликация; метод множителей; совместная оптимизация.

Введение

Эффективность функционирования распределенных баз данных существенно зависит от размещения копий данных по узлам распределенных баз данных (РБД). При этом основная сложность применения РБД - необходимость поддержания в непротиворечивом состоянии данных во всех узлах.

Для РБД АСУТП, функционирующих в условиях ограниченных вычислительных и сетевых ресурсов, существует противоречие: чем больше в РБД фрагментов данных реплицируется, тем выше нагрузка на сетевые и вычислительные ресурсы РБД за счет процессов репликации, что в условиях ограниченных ресурсов снижает среднее время отклика РБД на запросы. С другой стороны, снижение количества реплицируемых данных повышает нагрузку на сетевые и вычислительные ресурсы РБД за счет обработки удаленных запросов, что в условиях ограниченных ресурсов также ухудшает среднее время отклика РБД на запросы.

Возникает задача нахождения компромиссного варианта значений параметров РБД при репликации, когда, в условиях ограниченных сетевых и вычислительных ресурсов, среднее время отклика РБД на запросы минимально. Это достигается обоснованным размещением фрагментов реплик по резервным узлам РБД, когда в условиях ограниченных ресурсов количество удаленных запросов и пересылаемых обновлений не перегружает ресурсы РБД.

Выбор значений параметров РБД, при которых она эффективно функционирует в заданных условиях, является сложной задачей. Обычно задачи оптимизации по двум и более параметрам сводятся к задачам однопараметрической оптимизации при фиксации значений других параметров. Как результат – введение дополнительных ограничений, не предусмотренных описательной моделью.

Целесообразно изыскать способ совместной оптимизации РБД при репликации по двум параметрам:

$\lambda'q$ – интенсивности запросов на выборку, принятых к обслуживанию на резервном сервере;

$\lambda'u$ – интенсивности запросов на обновление, принятых к обслуживанию на резервных серверах.

Модель обработки запросов в РБД при репликации

В соответствии с моделью обработки запросов в РБД при репликации [Ошибка! Источник ссылки не найден.], среднее время отклика на запросы определяется выражением:

$$\begin{aligned} \bar{T}(\lambda'q, \lambda'u) = & \frac{\lambda'q}{\lambda q} \cdot (\bar{T}r(\lambda'q, \lambda'u) + M[\tau q]) + (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot (\bar{T}gr(\lambda'q, \lambda'u) + \\ & + \bar{T}rg(\lambda'q, \lambda'u) + \bar{T}g(\lambda'q, \lambda'u) + M[\tau gq] + M[\tau grqotkl] + M[\tau gq]) \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$\bar{T}r(\lambda'q, \lambda'u) = \frac{\lambda'q \cdot M^2[\tau q] + \lambda'u \cdot M^2[\tau u]}{1 - (\lambda'q \cdot M[\tau q] + \lambda'u \cdot M[\tau u])} \quad (2)$$

$$\bar{T}g(\lambda'q, \lambda'u) = \frac{\lambda u \cdot M^2[\tau gu] + \lambda'u \cdot (n \cdot M[\tau gu])^2 + n \cdot (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M^2[\tau gq]}{1 - (\lambda u \cdot M[\tau gu] + \lambda'u \cdot n \cdot M[\tau gu] + n \cdot (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq])} \quad (3)$$

$$\bar{T}gr(\lambda'q, \lambda'u) = \frac{\lambda'u \cdot M^2[\tau gru] + (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M^2[\tau grqotkl]}{1 - (\lambda'u \cdot M[\tau gru] + (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau grqotkl])} \quad (4)$$

$$\bar{T}rg(\lambda'q, \lambda'u) = \frac{(1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M^2[\tau gq] + \frac{\lambda'u}{n} \cdot M^2[\tau gu]}{1 - ((1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq] + \frac{\lambda'u}{n} \cdot M[\tau gu])} \quad (5)$$

при ограничениях А:

$$0 < \lambda'q \cdot M[\tau q] + \lambda'u \cdot M[\tau u] \leq 1 \quad (6)$$

$$0 < \lambda'u \cdot M[\tau gru] + (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau grqotkl] \leq 1 \quad (7)$$

$$0 < \lambda u \cdot M[\tau gu] + \lambda'u \cdot n \cdot M[\tau gu] + n \cdot (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq] \leq 1 \quad (8)$$

$$0 < (1 - \frac{\lambda'q}{\lambda q}) \cdot \lambda q \cdot M[\tau gq] + \frac{\lambda'u}{n} \cdot M[\tau gu] \leq 1 \quad (9)$$

Здесь:

$M[\tau gq]$ - математическое ожидание (МО) времени обработки поискового запроса на главном сервере;

$M[\tau q]$ - математическое ожидание (МО) времени обработки поискового запроса на резервном сервере;

$M[\tau gu]$ - МО времени обработки запроса на обновление на главном сервере;

$M[\tau u]$ - МО времени обработки запроса на обновление на резервном сервере;

$M[\tau gru]$ - МО времени, требуемого главному серверу на отправку одного сообщения для обновления БД резервного сервера;

$M[\tau gu]$ - МО времени, требуемого главному серверу на отправку одного сообщения для обновления БД главного сервера;

$M[\tau gq]$ - МО времени передачи запроса с резервного сервера на главный;

$M[\tau grqotkl]$ - МО времени передачи отклика на запрос с главного сервера на резервный;

n - число резервных серверов;

λu - общая интенсивность запросов на обновление;

λq - общая интенсивность поисковых запросов к резервному узлу.

Таким образом, задача исследования сводится к нахождению экстремума целевой функции:

$$\bar{T}(\lambda'q, \lambda'u) \rightarrow \min_{\lambda'q, \lambda'u} \left(\bar{T} \right) \Big|_A, \tag{10}$$

при наличии ограничений в виде линейных неравенств - A.

Выражения (2-5) получены на основе формулы Поллачека-Хинчина для СМО типа 1/M/G/FCFS [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Алгоритм вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации

В аналитическом виде задача (10) решается с помощью обобщенного метода множителей Лагранжа, который состоит в том, что если точка безусловного оптимума функции $\bar{T}(\lambda'q, \lambda'u)$ не удовлетворяет всем ограничениям A задачи, то оптимальное решение задачи с ограничениями достигается в граничной точке области допустимых решений [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Однако, решение поставленной задачи в аналитическом виде сопряжено с нахождением корней уравнений большой степени. В связи с этим необходимо использовать численные методы. Получить решение возможно на основе модифицированного метода линейных комбинаций [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Обобщенная схема алгоритма вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации на основе модифицированного метода линейных комбинаций представлена на рисунке:

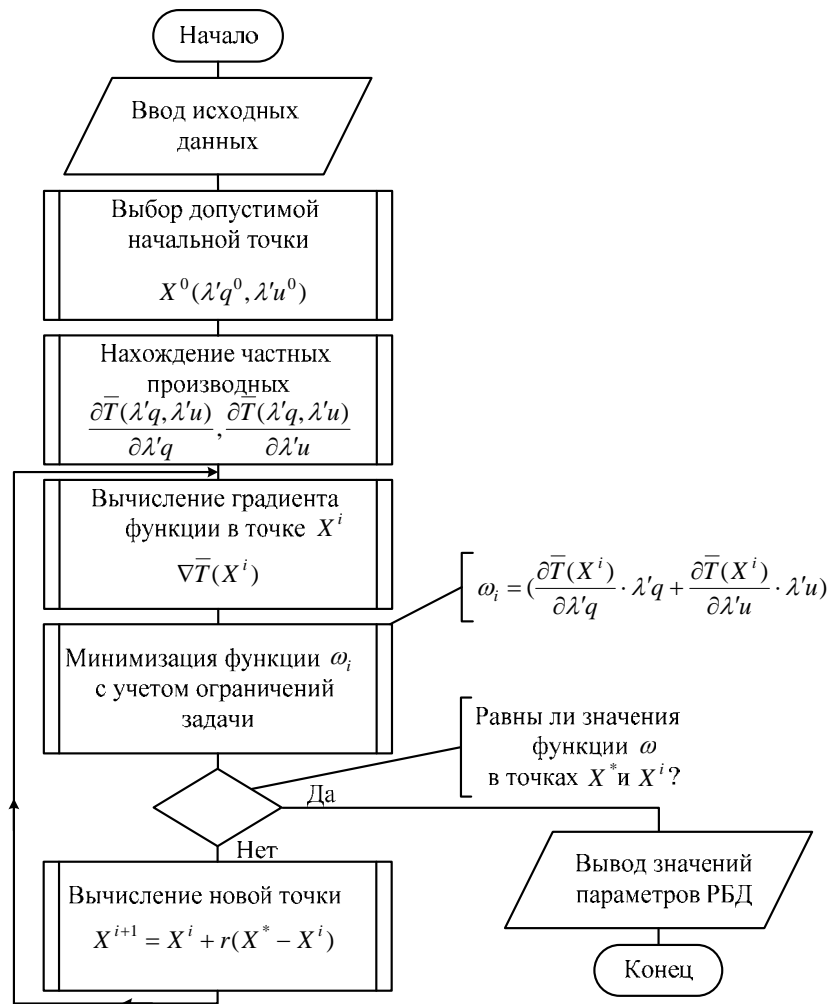


Рис. 1. Обобщенная схема алгоритма вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации

Алгоритм корректен по Бейберу [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] при соблюдении следующих предусловий:

$$U = \begin{cases} |X^i - X^*| \leq \varepsilon_{\text{treb}}; \\ R_N \subseteq [0,1) \end{cases} \quad (11)$$

То есть, корректность алгоритма гарантирована при заданной точности проверки условия равенства результатов его работы в смежных итерациях $\varepsilon_{\text{treb}} \leq 10^{-6}$ секунд и при ограничении загруженности РБД $R_N \subseteq [0,1)$.

Заключение

Представленные результаты в общем виде раскрывают сущность решения сложной математической задачи обоснованного выбора значений параметров РБД при репликации, обеспечивающих минимизацию среднего времени её отклика на запросы.

Научная новизна полученного результата состоит в том, что получен вариант решения задачи двухпараметрической оптимизации РБД при репликации, на основе метода линейных комбинаций, свободный от необходимости введения ограничений на изменение одного из параметров (снятие ограничения), с учетом особенностей репликации в РБД и доступных вычислительных и сетевых ресурсов.

Практическая значимость работы заключается в разработке алгоритма, создающего условия для принятия обоснованных решений при распределении реплик по узлам РБД, и доведении его до программной реализации, что подтверждается Свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013611771 от 4 февраля 2013 года и патентом на полезную модель: «Система децентрализованного управления структурой распределенной базы данных» № 126161 от 20 марта 2013 года.

Литература

1. Мейкшан Л.И. Анализ двухуровневой информационной системы с репликацией данных. // Информационные технологии. 2009. № 2. С. 56-60.
2. Бронштейн О.И., Духовный И.М. Модели приоритетного обслуживания. М.: Наука. 1976. 223 с.
3. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций, 6-е издание.: Пер. с англ. М.: Вильямс. 2001. 912 с.
4. Бейбер Р.Л. Программное обеспечение без ошибок. Пер. с англ. М: Радио и связь. 1996. 176 с.

Для цитирования:

Дунаев В.А. Алгоритм вычисления значений параметров распределенных баз данных при репликации // i-methods. 2011. Т. 3. № 1. С. 19-23.

The algorithm for computing parameter values of distributed databases with replication

Dunaev V.A.

Academy FSO of Russia, Orel

Abstract

The paper presents a model of query processing in distributed databases (RBD) with replication and General scheme of the algorithm for computing parameter values of distributed databases with replication. Shown results allow to solve complex optimization problem of minimizing the average response time to requests RBD under conditions of limited network and computational resources.

Keywords: algorithm; distributed databases; replication; multipliers method; joint optimization.

References

1. Mejkshan L.I. Analysis of a two-level information system with data replication. // In-communication technology. 2009. No. 2. С. 56–60.
2. Bronshtein O.I., Duhovnyj I.M. models of priority service. Moscow: Nauka. 1976. 223 p.
3. Taha, Hamdy A. Introduction to operations research, 6th edition.: TRANS. angl. M.: Williams. 2001. 912 p.
4. Baber R.L. The software without errors. TRANS. angl. M: Radio and communication. 1996. 176 p.

For citation:

Dunaev V. A. The algorithm for computing parameter values of distributed databases with replication // i-methods. 2011. Vol. 3. No. 1. Pp. 19–23.