

Подходы к обработке сверхбольших баз данных в оперативной памяти кластерных вычислительных систем с многоядерными ускорителями*

А.А. Медведев, Е.В. Иванова, Л.Б. Соколинский
ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)

В современных кластерных вычислительных системах для увеличения энергоэффективности и производительности применяются многоядерные ускорители. В то же время мощные кластерные системы обладают очень большим объемом оперативной памяти. Так кластерная система Tianhe-2, занимающая в списке TOP500 первое место, обладает оперативной памятью в 1 Петабайт. В соответствии с этим становится актуальной задача разработка новых моделей и методов параллельной обработки сверхбольших баз данных в оперативной памяти кластерных вычислительных систем с многоядерными ускорителями. В Южно-Уральском государственном национальном исследовательском университете начато выполнение проекта «Разработка технологий параллельной обработки сверхбольших объемов данных с использованием колоночного представления и сжатия информации на кластерных вычислительных системах с многоядерными ускорителями и создание на их основе параллельной СУБД», осуществляемого при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы». В качестве базовых подходов и принципов разработки параллельной СУБД нового типа выбраны следующие:

1. применение распределенных колоночных индексов для вычисления ресурсоемких реляционных операций;
2. хранение всей базы данных и индексных структур в оперативной памяти в виде сжатых фрагментов;
3. использование гибридной модели данных, сочетающей преимущества реляционной модели и моделей класса noSQL;
4. использование материализационной модели выполнения плана запроса.

Распределенные колоночные индексы – это новый вид индексных структур, использующий колоночное представление данных и модель данных «ключ-значение». Для фрагментации колоночных индексов используется доменно-интервальный подход [1]. Это позволяет выполнять ресурсоемкие реляционные операции без массовых пересылок данных между процессорными узлами.

Хранение всей базы данных и индексных структур в оперативной памяти позволяет в 10^3 – 10^4 раз ускорить выполнение запросов. *Использование специальных алгоритмов сжатия* позволяет до 10 раз сократить объем необходимой оперативной памяти. Выполнение реляционной операции осуществляется независимо над фрагментами по следующему циклу: распаковать фрагмент; выполнить операцию; сжать фрагмент результата. Указанный цикл эффективно выполняется на отдельных процессорных ядрах многоядерного ускорителя.

Гибридная модель данных сочетает в себе преимущества реляционной модели и моделей класса noSQL. База данных в этой модели представляется в виде структур двух типов: отношения ключей и доменные индексы. Доменные индексы индексируют без повторения значения всех атрибутов каждой таблицы базы данных, используя модель «ключ-значение». Отношения ключей логически связывают значения отдельных атрибутов таблицы в реляционное отношение. Существует однозначное обратимое отображение реляционной модели в гибридную модель. Гибридная модель допускает эффективное сжатие данных по колоночному принципу и хорошо подходит для организации параллельной обработки сверхбольших объемов данных.

Материализационная модель выполнения плана запроса преодолевает фундаментальные ограничения итерационной модели и позволяет применять новые параллельные алгоритмы выполнения реляционных операций на базе использования распределенных колоночных индексов и гибридной модели данных. Балансировка загрузки достигается за счет того, что каждая операция в плане запроса выполняется параллельно на всех процессорных узлах.

Литература

1. Иванова Е.В., Соколинский Л.Б. Использование распределенных колоночных индексов для выполнения запросов к сверхбольшим базам данных // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2014): труды международной научной конференции. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. С. 270–275.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы» (Соглашение № 14.574.21.0035).