## *Интеграция параллелизма в СУБД с открытым кодом*

**Пан К. С., Соколинский Л. Б. (*sokolinsky@gmail.com*), Цымблер М. Л. — ЮУрГУ (Челябинск)**

В настоящее время СУБД с открытым исходным кодом (например, PostgreSQL, MySQL, SQLite и др.) являются надежной альтернативой коммерческим СУБД. PostgreSQL представляет собой одну из наиболее популярных СУБД с открытым кодом. Проект PostgreSQL был начат в 1995 году как ответвление от проекта POSTGRES М. Стоунбрейкера и до сих пор разрабатывается группой энтузиастов. Сначала PostgreSQL отличался от своего предка только наличием SQL-синтаксиса в запросах. На сегодня PostgreSQL представляет собой полноценную объектно-реляционную СУБД с открытым кодом для практически всех популярных операционных систем. PostgreSQL поддерживает стандарт SQL:2011, ACID-транзакции и хранимые процедуры на различных языках высокого уровня. Максимальный размер таблицы в PostgreSQL равен 32 Тбайт, максимальный размер поля таблицы — 1 Гбайт. PostgreSQL имеет хорошо документированный код и применяется в многочисленных коммерческих организациях, госструктурах и университетах (например, Apple, Sun, Cisco, Fujitsu, Red Hat, U.S. State Department, United Nations Industrial Development Organization и др.).

Проект PargreSQL посвящен разработке параллельной СУБД PargreSQL путем внедрения фрагментного параллелизма в СУБД PostgreSQL.

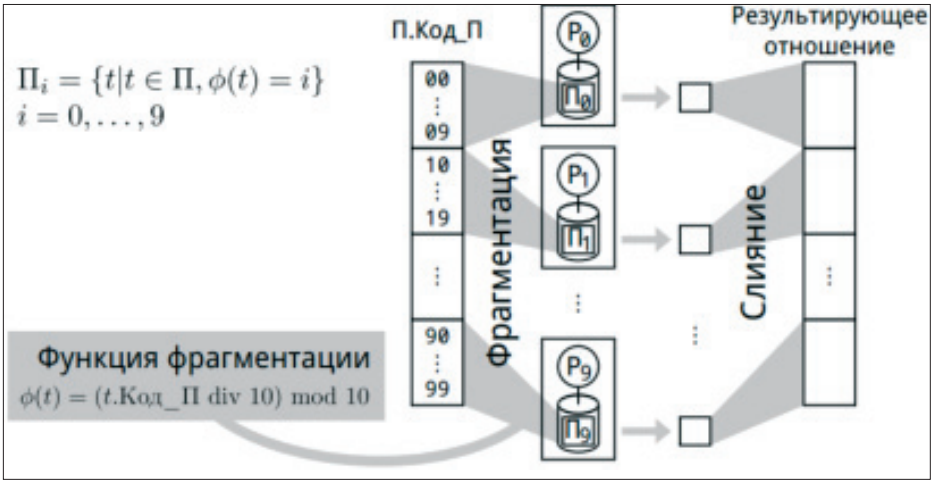



**Рис. 1. Фрагментный параллелизм**

Фрагментный параллелизм (см. рис. 1) подразумевает горизонтальную фрагментацию каждой таблицы базы данных по дискам кластерной системы. Способ фрагментации определяется функцией фрагментации, которая получает значение некоторой колонки таблицы и выдает номер диска, где хранится данная запись. На каждом узле запускается параллельный агент, представляющий собой модифицированный экземпляр СУБД PostgreSQL, который обрабатывает свои фрагменты, и затем частичные результаты сливаются в результирующую таблицу.

Технология внедрения параллелизма кратко может быть описана следующим образом. При обработке запроса мы добавляем к стандартным шагам (разбор запроса, разрешение представлений, построение плана запроса, выполнение плана запроса) еще два: построение параллельного плана запроса из последовательного плана и балансировка нагрузки узлов кластера при выполнении запроса (см. рис. 2).

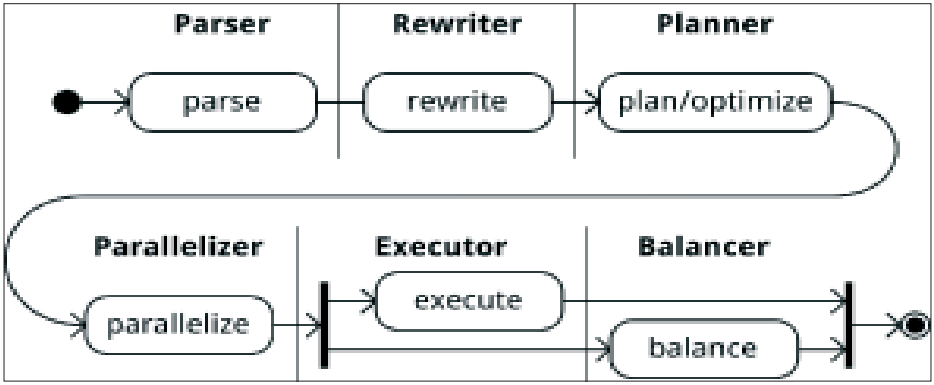
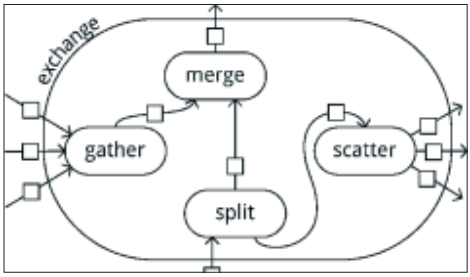



**Рис. 2. Этапы обработки запроса в СУБД PargreSQL**

Для реализации фрагментации в синтаксис команды PostgreSQL создания таблиц нами добавлен дополнительный параметр, специфицируя который программист при создании таблицы указывает имя целочисленного поля, используемого для фрагментации. В качестве функции фрагментации берется остаток от деления поля фрагментации на количество вычислительных узлов в кластере.

Нами разработан набор макросов, который подменяет вызовы оригинальных функций PostgreSQL на их PargreSQL-копии и обеспечивает прозрачный переход последовательных приложений PostgreSQL на параллельные приложения PargreSQL.




Наше ноу-хау представляет оператор обмена EXCHANGE. Оператор обмена EXCHANGE инкапсулирует в себе все механизмы, необходимые для реализации внутриоперационного параллелизма, существенно облегчает реализацию параллельных алгоритмов в системах баз данных и делает их более надежными.

**Рис. 3. Оператор обмена EXCHANGE**

Оператор EXCHANGE (см. рис. 3) состоит из четырех операторов: Split, Scatter, Gather и Merge. Split разделяет записи на «свои» (они должны быть обработаны на текущем узле кластера) и «чужие» (их необходимо передать на другой узел). Scatter отправляет «чужие» записи на соответствующие им узлы. Gather принимает «свои» записи от других узлов. Merge попеременно выдает результаты Gather и Split. Оператор обмена EXCHANGE встав-

ляется в нужные места последовательного плана запроса и реализует пересылки данных между параллельными агентами, необходимые для обеспечения корректности результата запроса.

Нами проведены эксперименты по исследованию ускорения и расширяемости СУБД PargreSQL, а также ее эффективности на задачах класса OLTP (обработки транзакций). Эксперименты проводились на суперкомпьютере «Торнадо ЮУрГУ», который занял 249-е место в 41-й редакции рейтинга TOP500 (июнь 2013 года).

В экспериментах на исследование ускорения выполнялся запрос, предполагающий соединение двух таблиц размерами $3x10^8$ и $7{,}5x10^5$ записей соответственно. Нами получено ускорение, близкое к линейному (см. рис. 4).

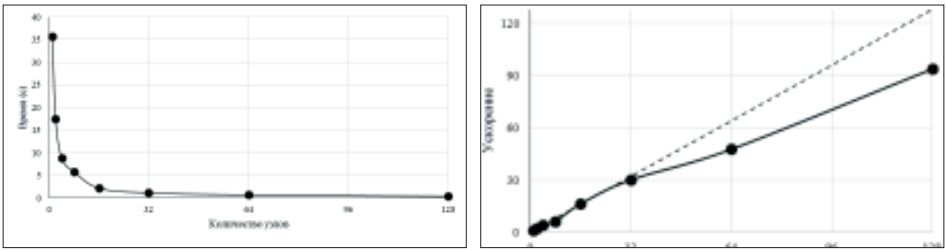



**Рис. 4. Результаты экспериментов по исследованию ускорения**

На том же запросе нами была исследована расширяемость СУБД PargreSQL с использованием от 1 до 128 узлов, когда одновременно с увеличением количества узлов равно увеличивается объем данных (от $1{,}2x10^6$ и $3x10^5$ записей до $1{,}5x10^8$ и $3{,}8x10^6$ записей соответственно). Эксперименты показали (см. рис. 5), что расширяемость близка к линейной.

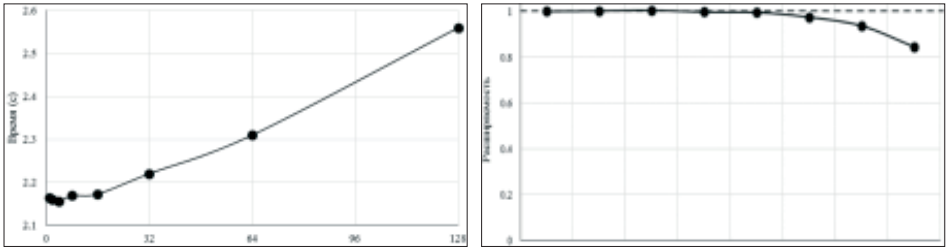



**Рис. 5. Результаты экспериментов по исследованию расширяемости**

Эффективность СУБД PargreSQL на задачах OLTP измерялась на стандартном тесте TPC C консорциума TPC (Transaction Processing Council), в котором моделируется складской учет. На конфигурации «12 складов, 30 клиентов» с использованием 12 узлов кластера PargreSQL показал производительность 2,2 млн запросов в минуту.