

ОБЛАКО ДАННЫХ ДЛЯ АКТИВНОГО ХРАНИЛИЩА МНОГОМЕРНЫХ МАССИВОВ

А.М. Новиков

НИЦ «Курчатовский институт», НБИКС-Центр, Москва

Представлены результаты тестирования производительности созданной базы многомерных массивов для хранения геофизических данных общепринятых форматов с использованием облачной системы масштабируемого, отказоустойчивого хранилища OpenStack Swift. Решение названо «Активное Хранилище», поскольку оно реализует функции хранения совместно с базовой или комплексной обработкой извлекаемых по запросу данных. Сделаны выводы об оптимальности созданного решения для использовании в облачных инфраструктурах.

Развитие научных исследований в областях нанофизики, физики высоких энергий, биологии, наук о Земле требует разработки приложений, основывающихся на работе с большими объемами данных – результатов экспериментов и наблюдений и их обработки.

Высокопроизводительные вычисления для обработки постоянно растущих объемов научных данных, а также средства высокоскоростного, а иногда и реального времени доступа и средства визуализации данных требуют от научного сообщества создания, поддержания и обновления аппаратно-программных комплексов, при том что внедрение этих структур напрямую не касается научной работы и требует вложений экономических и людских ресурсов.

Использование современного оборудования и технологий виртуализации привело ко всё более расширяющемуся использованию так называемых облачных вычислений (cloud-computing). В общем виде облако включает в себя ресурсы вычислительные, хранения и доступа (т.е. разграничения по пользователям и проектам). Приложения для обработки научных данных зачастую узкоспециализированы, разработаны давно для устаревших фреймворков или языков программирования либо же доступны в виде пакета для одной из свободно распространяемых ОС (класса Linux) или архива открытых кодов. Всё это ведёт к необходимости использования для разворачивания таких приложений самого широкого класса «Инфраструктура как сервис» (IaaS), т.е. с возможностью управления полным процессом от установки ОС до конфигурации зависимостей и приложения, которое затем можно выставлять и использовать в качестве веб-сервиса (в том числе и для работы через удалённый рабочий стол). Тем не менее, пока реализации подобных пакетов или комплексов приложений в одном «образе» виртуальной машины только начинают своё развитие, прежняя проблема множественности и иногда несовместимости форматов данных для разных утилит остаётся актуальной.

В науках об окружающей среде широко используются многомерные массивы данных для хранения результатов моделирования, спутниковых наблюдений, растровых карт и т.д. Эти наборы данных могут быть довольно велики, вплоть до нескольких терабайт и более. Многомерность следует из наличия координат пространственной сетки, времени наблюдений и некоторых дополнительных параметров (например, высоты). Большая часть данных об окружающей среде хранится и тиражируется в виде коллекций файлов общепринятых открытых форматов, таких как netCDF, GRIB, HDF5 или же проприетарных. При работе с таким представлением данных могут возникать затруд-

нения из-за необходимости наличия базовых навыков в обращении с теми или иными форматами данных или утилитами для работы с ними (а иногда для разных форматов и утилит одновременно). Кроме того, зачастую важны «сквозные» или общие исследования, для которых файлы нужно объединить по времени или пространству (исключая приведение к общей основе), хотя может оказаться и так, что часть данных находится в совершенно другом формате и у другого научного сообщества. И наконец, т.к., например, геофизические или климатические данные имеют геопривязку и отсчёты во времени, то сравнительный анализ удобно проводить в наглядных представлениях, посредством графиков, временных рядов или пространственных полей (с изолиниями или градиентных). При этом окно пространственной выборки может быть большим, что удобно для использования климатических и спутниковых данных в системах мониторинга.

Таким образом, возникает необходимость в создании инфраструктур или сред, в частности веб-порталов, где большинство действий будет осуществляться без непосредственного участия пользователя, предоставляя последнему гибкие средства представления и анализа данных, желательно в режиме быстрого отклика (хотя асинхронные запросы или длительные задачи анализа также бывают актуальными). Данные для таких сред должны быть представлены единообразно и в полном или регулируемом объёме доступа. В аппаратно-программной подложке, обеспечивающей внешнюю инфраструктуру подобных сред, можно выделить несколько составляющих. Это файловые системы или системы баз данных, системы обработки данных и, для некоторых задач, среды для рендеринга или отображения данных. Каждая из составляющих может быть распределённой, параллельной или масштабируемой, работать в облаке, грид-среде или выделенном вычислительном кластере.

В работе представляется тестирование производительности созданной базы многомерных массивов для хранения климатических данных с использованием облачной системы масштабируемого, отказоустойчивого хранилища OpenStack Swift, развёрнутых на вычислительном кластере. Решение названо «Активное Хранилище» (АХ), поскольку оно реализует функции хранения совместно с базовой или комплексной обработкой извлекаемых по запросу данных.

Структура используемого решения включает в себя OpenDAP веб-сервер с подключенной библиотекой серверной части АХ, реляционную SQL СУБД для хранения метаданных и бинарные данные в виде файлов-объектов системы Swift. В таком виде преобразованиями данных или проведением операций с ними занимается приложение веб-сервера, а библиотека АХ реализует работу с метаданными и объектам данных. Оригинальная разработка включает в себя встроенные процедуры на языке .Net для MS SQL Server, кроссплатформенная – на языке Java для PostgreSQL соответственно. В качестве основы для схемы хранения была использована Общая модель данных (CDM), созданная на основе таких форматов научных данных, как NetCDF, HDF5, OpenDAP. Данные организуются в иерархическую структуру с метаданными и хранятся в виде специализированных бинарных объектов, содержащих определённую форму по измерениям хранимой величины, таким образом исходный многомерный массив разделяется на отрезки или чанки. Меняя размеры «чанков», можно варьировать скорость извлечения данных в разных видах запросов, например с преобладанием временной или пространственных координат (по всей Земле или по всем годам измерений). Для ускорения работы предусмотрена масштабируемость структуры по кластеру баз данных.

В качестве системы хранения использовалась облачная система OpenStack Swift с использованием одной или нескольких точек входа, различной степени репликации данных, протоколов HTTP или HTTPS. «Активное Хранилище» в виде веб-сервиса размещалось на виртуальных машинах с балансировщиком нагрузки, а также в виде отдельной библиотеки совмещённых клиента и сервера для приложения тестировщика.

Для тестирования использованы реальные данные реанализа погоды NCEP в виде значений геофизических величин на узлах пространственно-временной сетки. Общий объём данных составлял ~2 Гб.

Показано, что использование «чанков» оптимизирует запросы средних геометрий выборок из всего многомерного пространства величины. Протестированы различные объёмы геометрий с изменением выборок от максимальных по одному измерению (отсчётов времени) и минимальных по другим (точкам пространственной сетки) до минимальных по первому и максимальных по другим. Приводятся сравнительные результаты запросов чтения различных объёмов и чтения множественными одновременными клиентами. Показаны гибкая масштабируемость совмещённой системы «Активное Хранилище» и Openstack Swift и устойчивость к высоким нагрузкам. Сделаны выводы об оптимальности использования именно такой технологии хранения многомерных данных для работы в облачных инфраструктурах.