

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Факультет вычислительной математики и кибернетики  
Кафедра суперкомпьютеров и квантовой информатики

Реферат по теме

**Компьютеры из списка TOP500: №19 Chervonenkis, №36 Galushkin, №40 Lyapunov. Общее описание и архитектура, основные параметры и характеристики, системы программирования, задачи.**

Подготовил

Скрябин Глеб

323 группа

Москва, 2022

Высокопроизводительные вычисления (НРС) играют важную роль во многих сферах: промышленное производство, наука, экономика, образование и др. Они используются для разработки новейших технологий, моделирования тестовых сценариев и оптимизации и мобилизации производства. Для решения сверхсложных задач используются специальные машины – суперкомпьютеры, или супер-ЭВМ, которые обладают рядом преимуществ в отличии от обычных персональных компьютеров.

Высокопроизводительные вычисления стали доступнее, чем когда-либо, технологии стремительно развиваются и становятся совершеннее, в особенности это касается ЭВМ.

На сегодняшний день широко известен рейтинг ТОР500, он был запущен в 1993 году и с тех пор обрабатывает огромное количество данных о производительности, мощности и других характеристиках суперкомпьютеров по всему миру. Данный рейтинг основан на оценке производительности ЭВМ, полученной на тесте HPL [1]. В рамках этого теста решается система алгебраических линейных уравнений Ax = f методом Гаусса, где A — это матрица коэффициентов размером n × n, f — вектор-столбец свободных членов, x — вектор-столбец неизвестных. И в результате, мы получаем количество операций с плавающей точкой в единицу времени, обозначаемое как FLOPS.

В ноябре 2021 года в рейтинг вошли 7 российских суперкомпьютеров. Суперкомпьютеры Яндекса Chervonenkis, Galushkin, Lyapunov заняли 19-ое, 36-ое, 40-е места соответственно. Суперкомпьютер Chervonenkis считается так же и самой производительной системой не только в России, но во всей Востойной Европе. Данные суперкомпьютеры были названы в честь советских и российских ученых, которые внесли огромный вклад в теорию машинного обучения, компьютерные науки, в частности в вычислительную лингвистику и кибернетику.

Суперкомпьютеры «Яндекса» построены на базе процессоров AMD EPYC и графических ускорителей NVIDIA A100 с интерконнектом InfiniBand на базе коммутаторов Mellanox. В их основе лежит архитектура NVIDIA HGX A100, оптимизированная для задач машинного обучения [2]. Рассматривая отдельно каждый из суперкомпьютеров, стоит отметить, что Chervonenkis является самым мощным из них, его пиковая производительность может достичь до 21.53 петафлопса. Мощность Galushkin и Lyapunov составляет 16,02 и 12,81 петафлопса соответственно.

Яндекс использует суперкомпьютеры, чтобы обучать нейросетевые модели, благодаря этому многие продукты компании, например, Яндекс Переводчик, поисковая система Яндекса, голосовой помощник Алиса, могут генерировать быстрые и более точные ответы на запросы пользователя. Задачи на суперкомпьютерах запускаются через YT — разработанную в Яндексе платформу для хранения и обработки больших данных.

YT — главная платформа Яндекса для хранения и обработки больших данных. По задачам и набору возможностей — это аналог Hadoop MapReduce и HBase.

Нижний слой YT образует распределённая файловая система (DFS), схожая с HDFS или GFS. Главные функции нижнего слоя состоят в хранении больших данных в таблицах и обеспечении наличия блокировок на узлах, благодаря чему YT может работать как сервис координации.

Над DFS работает планировщик, который может управлять группировкой хостов из тысяч GPU и более чем миллиона ядер CPU. Он разбивает большие вычисления, операции на отдельные блоки, распределяет между ними ресурсы, контролирует выполнение и при возникновении сбоев перезапускает систему.

Третья часть YT — распределённое KV-хранилище. Хранилище и файловая система для пользователя почти ничем не отличается от отдельного вида таблиц в DFS. Такие таблицы поддерживают эффективные операции чтения и записи строк по первичному ключу. Важные свойства KV-хранилища — транзакционность и строгая консистентность, а также поддержка распределенных транзакций. [5]

Ускорители NVIDIA A100, которые применяются в суперкомпьютерах Яндекса, доступны и в Yandex.Cloud. Практически любой пользователь может выбрать их при создании облачной инфраструктуры в составе виртуальной машины или в DataSphere — специализированном сервисе Яндекса для задач машинного обучения. Благодаря данной технологии любая компания может запустить разработку и эксплуатацию моделей машинного обучения, экономя время и деньги, платя только за реальное время вычислений. [5]

Суперкомпьютер Chervonenkis работает на ОС Ubuntu 16.04. Используется OpenMPI v.4.1.1. В основе лежит архитектура NVIDIA HGX A100, оптимизированная для задач машинного обучения, которые стоят перед Яндексом. Это позволило увеличить размер кластера и обучать самые большие ML-модели примерно вдвое быстрее, чем при стандартной архитектуре. [4] Суперкомпьютер включает 199 вычислительных узлов, связанных высокоскоростной сетью Infiniband HDR с пропускной способностью 800 гигабит в секунду. Прочие характеристики - 25 472 ядер, 1 592 NVIDIA A100 80G, энергопотребление 583 кВт.

Суперкомпьютер Galushkin предназначен для решения задач машинного обучения в дата-центрах Яндекса. Компьютер потребляет 330 кВт энергии и выдает пиковую мощность 16,02 петафлопса. Все благодаря 17,408 тыс. ядрам, 1088 ускорителям A100 80G и ОЗУ 136 ТБ. Суммарное число вычислительных узлов – 136.

Lyapunov состоит из 137 вычислительных узлов, суперкомпьютер потребляет 323 кВт энергии. Внутри него имеется 17,536 тыс. ядер, 1096 ускорителей A100 40G и 68,5 ТБ оперативной памяти. [3]

Высокопроизводительные системы Chervonenkis и Lyapunov расположены в дата-центре «Яндекса» в Сасове, Рязанская область. Суперкомпьютер Lyapunov размещен в дата-центре компании во Владимире.

Яндекс сообщил о том, что в составе каждого суперкомпьютера объединены более сотни серверов или вычислительных узлов, они связаны высокоскоростной сетью Infiniband HDR. Высокопроизводительные компьютерные системы Chervonenkis и Galushkin созданы по проектам разработчиков из Яндекса. В них используется оптимизированная система отвода тепла, которая позволяет тратить меньше электроэнергии на охлаждение серверов. [2]

Согласно статистике, одновременно на трех суперкомпьютерах возможно решать до 3500 задач, медианное время выполнения задачи укладывается в 11 минут, а самая короткая задача была решена за 32 секунды. [2]

**Использованная литература**

1. Dongarra, J.J., Luszczek, P., Petitet, A.: The LINPACK Benchmark: past, present and future. Concurrency Computat.: Pract. Exper. 15 (2003), C. 803–820.
2. <https://habr.com/ru/news/t/589411/>
3. <https://www.cnews.ru/news/top/2021-11-16_rossijskie_superkompyutery>
4. <https://ict.moscow/card/chervonenkis/>
5. <https://yandex.ru/supercomputers>