МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ

«КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ ИГОРЯ СИКОРСКОГО»

ОМК «ИНСТИТУТ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

РЕФЕРАТ НА ТЕМУ:

«ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ»

Выполнил студент грыппы ЗПИ-ЗП61

Макиян С.А.

№ зачетной книжки ЗПИ-ЗП6115

Киев 2019.

**1. Вступление.**

Перед тем как рассматривать программное обеспечение для суперкомпьютеров стоит рассмотреть, что из себя представляет суперкомпьютер и для каких целей он служит.

Суперкомпьютер – это специализированная электронная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим технически параметрам и скорости вычислений большинство существующих в мире компьютеров.

Архитектурно каждый суперкомпьютер конструируется под список предполагаемых задач, а также под доступное оборудование. В зависимости от этих условий суперкомпьютеры могут оснащаться различными видами процессоров (Intel x64, IBM Power, AMD x64, RISC процессоры разных архитектур), а также могут использоваться графически адаптеры для ускорения вычислений (Nvidia, Intel).

В большинстве своем суперкомпьютер представляет из себя большое (или не очень для маломощных вариантов) количество серверных стоек, с серверными компьютерами, подключенных между собой высокоскоростной внутренней сетью, в качестве шины обмена данных. Производительность суперкомпьютеров оценивается в основном в количестве операций над числам плавающей запятой в секунду, а также операции над числами с плавающей запятой с двойной точностью (на данный момент измеряется в PFLOPS, раньше TFLOPS, GFLOPS, MFLOPS). Отдельно следует выделить среднюю и пиковые нагрузки.

**2. Применение суперкомпьютеров.**

Основные назначение суперкомпьютеров — это моделирование различных систем, а также решение различных математических задач. Вот неполный список задач, для которых нужны суперкомпьютеры:

* [Математические проблемы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0):
  + [Криптография](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F)
  + [Статистика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)
* [Физика высоких энергий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%B2%D1%8B%D1%81%D0%BE%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B9):
  + [процессы внутри атомного ядра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [физика плазмы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D1%8B), анализ данных экспериментов, проведённых на [ускорителях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86)
  + разработка и совершенствование [атомного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%B5) и [термоядерного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%B5) оружия, [управление ядерным арсеналом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC), моделирование [ядерных испытаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5)
  + моделирование жизненного цикла [ядерных топливных элементов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE), проекты [ядерных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) и [термоядерных реакторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7)
* [Наука о Земле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B8_%D0%BE_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5):
  + [прогноз погоды](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B), состояния морей и океанов
  + предсказание климатических изменений и их последствий
  + исследование процессов, происходящих в земной коре, для [предсказания землетрясений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D0%B7_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9) и извержений вулканов
  + анализ данных геологической разведки для поиска и оценки [нефтяных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8F%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и [газовых месторождений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0), моделирование [процесса выработки месторождений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B1%D1%8B%D1%87%D0%B0)
  + моделирование растекания рек во время паводка, растекания нефти во время аварий
* [Вычислительная биология](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F):
  + [фолдинг белка](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B3_%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D0%BA%D0%B0), расшифровка ДНК
* [Вычислительная химия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%8F) и медицина: изучение строения вещества и природы химической связи как в изолированных молекулах, так и в конденсированном состоянии, поиск и создание новых лекарств
* [Физика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0):
  + [газодинамика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0): турбины электростанций, горение топлива, аэродинамические процессы для создания совершенных форм крыла, фюзеляжей самолетов, ракет, кузовов автомобилей
  + [гидродинамика](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B3%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0): течение жидкостей по трубам, по руслам рек
  + материаловедение: создание новых материалов с заданными свойствами, анализ распределения динамических нагрузок в конструкциях, моделирование [крэш-тестов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D1%8D%D1%88-%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%82) при конструировании автомобилей
* В качестве [сервера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80_(%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5)) для [искусственных нейронных сетей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C)
* Создание принципиально новых способов вычисления и обработки информации ([Квантовый компьютер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80), [Искусственный интеллект](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D0%BA%D1%83%D1%81%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82))

**3. Операционные системы суперкомпьютеров**

**Cray Operating System (COS)** — проприетарная операционная система, разработанная компанией Cray Research для выпускавшихся ею суперкомпьютеров Cray-1 (1976), Cray X-MP (1982). Являлась основной для этих платформ до выхода UNICOS в 1985 одновременно с выходом Cray-2, где основной ОС стала UNICOS, а COS — опциональной. COS поставлялась со средствами разработки на Cray Assembler Language (CAL), Cray FORTRAN (CFT) и Pascal.

Так как COS была написана бывшими работниками компании Control Data Corporation (CDC), то её командный язык и внутренняя организация сильно похожа на операционную систему SCOPE для компьютера CDC 7600 и ещё более раннюю ОС EXEC\*8, использовавшуюся в более ранних разработках CDC для серии ERA/UNIVAC. Пользовательские задания для COS передавались через коммуникационный компьютер, который был соединён с суперкомпьютером высокоскоростным каналом связи и назывался station software. В качестве коммуникационного компьютера обычно выступали мейнфреймы IBM или CDC, а также мини-компьютеры DEC VAX. Интерактивная работа с COS также была возможна через коммуникационный компьютер, но большинство пользователей предпочитали просто выдавать пакетные задания.

Постоянно хранящиеся на диске данные, использовавшиеся в программе пользователя, были «локальными» (local) для отдельного задания. Когда задание было выполнено, его локальные данные должны были быть возвращены и восстановлены. Для удержания данных между заданиями их надо было явно обозначить как «постоянные» (permanent). Также поддерживалась работа с данными на магнитной ленте, если компьютер Cray был оборудован подсистемой ввода-вывода.

COS также обеспечивала планирование заданий и средства для перезапуска с контрольной точки для управления большими рабочими нагрузками, даже когда система бездействовала (планово или внепланово).

Внутренне COS была разделена на очень маленькие диспетчеры передачи сообщений и множество системных процессоров (System Task Processors). Каждый STP был похож по сути на программы обработки данных с периферийных устройств в ранних ОС Control Data. Например, PDM использовался для управления постоянными данными, TDM для данных на магнитных лентах, DQM для управления запросами к дискам, и т. д.

На данный момент не используется, но представляет из себя историческую ценность, так как пионеры индустрии суперкомпьютеров Cray Research Inc. и Cray Computer Corporation использовали эту операционную систему, для своих суперкомпьютеров, которые несколько десятилетий возглавляли верхние места в списке самых мощных суперкомпьютеров мира.

**Unicos** (официально все буквы заглавные — **UNICOS**) — название нескольких вариантов операционной системы Unix, созданных компанией Cray для своих суперкомпьютеров. Unicos является следующей операционной системой компании после Cray Operating System (COS). Она обеспечивала работу сетевых кластеров и совместимость на уровне исходного кода с некоторыми другими разновидностями Unix. Unicos впервые была представлена в 1985 году, в качестве операционной системы суперкомпьютера Cray-2, а позднее была портирована и на другие модели Cray. Изначально основу Unicos составляла System V.2 с многочисленными добавлениями возможностей BSD (например, расширенные сетевые функции и улучшения файловой системы).

Изначально система, известная сейчас как Unicos, носила название CX-OS. Это была экспериментальная система, работавшая на Cray X-MP в 1984 году до портирования на Cray-2. Она использовалась для демонстрации применимости Unix на суперкомпьютерах, прежде всего на доступном аппаратном обеспечении компании Cray.

Обновление операционной системы было частью более большого движения внутри Cray Research по модернизации программного обеспечения предлагаемого компанией, включая переписывание её наиболее важного продукта, компилятора Фортрана, на языке более высокого уровня (Паскаль) с более современными оптимизацией и векторизацией.

В качестве переходного этапа для пользователей COS, пожелавших перейти на Unicos, в COS была введена функция совместимости с гостевой операционной системой (Guest OS). При этом единственной, когда-либо поддерживавшейся гостевой операционной системой, была Unicos. Пакетное задание COS запускало Unicos, которая работала как подсистема внутри COS, используя подмножество системных ЦПУ, памяти и периферийных устройств. Unicos, работавшая под COS, была в точности такой же, как если бы она была автономной системой. Отличия были только в том, что ядро системы осуществляло определённые низкоуровневые запросы к аппаратному обеспечению через перехватчик гостевой ОС в COS, а не напрямую к аппаратуре.

Одним из мест, работавших с самыми ранними версиями Unicos, была Bell Labs, где пионеры Unix, включая Денниса Ритчи, портировали под Unicos части их Восьмой редакции Unix, включая потоковый ввод-вывод. Они также экспериментировали с гостевыми возможностями Unicos, позволяя автономной версии системы быть основной для самой себя.

**AIX** (аббр. от англ. Advanced Interactive eXecutive) — UNIX-подобная операционная система компании IBM.

Первая версия AIX — AIX/RT 2 вышла в 1986 году и была построена на базе UNIX System V Release 2 и версий 4.2 и 4.3 BSD UNIX для первых RISC компьютеров IBM RT Personal Computer (последняя версия — AIX/RT 2.2.1, 1987 год). Существовала версия для запуска в среде VM для мейнфреймов IBM S/370 под названием AIX/370 (последняя версия — AIX/370 1.2.1, 1991 год).

В 1989 году была выпущена AIX/6000 V3, предназначенная для нового семейства RISC компьютеров IBM RS/6000, выпущенных в 1990 году. Эта ОС в 1990 году вместе с выпуском версии 3.1 была переименована просто в AIX.

В 1991 году представлена версия этой ОС для семейства IBM System/390 под названием AIX/ESA (последняя версия — AIX/ESA 2.2, 1994 год).

Выпускались также версия для персональных компьютеров IBM PS/2 под названием AIX PS/2 (последняя версия — AIX PS/2 1.3 1992 год).

В 1998 году была предпринята неудавшаяся попытка совместно с компанией SCO портировать AIX на процессор Intel Itanium (проект Monterey). Проект закрыли из маркетинговых соображений.

В настоящий момент операционная система AIX является стандартной ОС для компьютеров с процессорами POWER и PowerPC семейств IBM RS/6000 (1990—2000]), а также IBM pSeries (начиная с 2000 года), System P и Power Systems (начиная с 2008 года).

Основными отличиями IBM AIX от иных Unix-подобных ОС является Object Data Manager (ODM) — аналог реестра Windows, в котором в двоичном виде хранятся данные об установленной системе, о логических разделах жёсткого диска, об установленном программном обеспечении. Также, в AIX присутствует удобный помощник SMIT, представленный как в графическом, так и в консольном вариантах. SMIT позволяет не вводить длинных команд с большим количеством параметров. Он запускается с параметром, в котором указывается название программы, и выводит таблицу параметров, которые может принимать данная команда. После выбора необходимых настроек команда запускается. При желании можно просмотреть сгенерированную SMIT команду.

**Linux -** семейство Unix-подобных операционных систем на базе ядра Linux, включающих тот или иной набор утилит и программ проекта GNU, и, возможно, другие компоненты. Как и ядро Linux, системы на его основе как правило создаются и распространяются в соответствии с моделью разработки свободного и открытого программного обеспечения.

Linux становится всё более популярными на мейнфреймах, как благодаря удобству переноса программного обеспечения, так отчасти из-за цены, с конца 2009 года IBM (основной производитель мейнфреймов) добавила к линейке мейнфреймов ряд систем, поддерживающих только Linux.

Также дистрибутивы Linux широко используются в качестве операционной системы суперкомпьютеров: по данным на ноябрь 2015, 98,8 % компьютеров из списка 500 самых мощных работали под управлением различных вариантов Linux. Операционной системой самого одного из самых мощных современных суперкомпьютеров — Tianhe-2 — является Kylin Linux.

**4. Программное обеспечение для суперкомпьютеров**

Так как все суперкомпьютеры имеют различные цели и задачи, то программы пишутся под каждый суперкомпьютер отдельно, с использованием сильных сторон суперкомпьютера.

Однако существует ряд более-менее универсальных пакетов, для тестирования вычислительной мощности суперкомпьютеров.

**LINPACK** — программная библиотека, написанная на языке Фортран, которая содержит набор подпрограмм для анализа и решения плотных систем линейных алгебраических уравнений.

**LAPACK** (Linear Algebra PACKage) — библиотека с открытым исходным кодом, содержащая методы для решения основных задач линейной алгебры. Написана на языке Fortran с использованием другой библиотеки BLAS и является развитием пакета LINPACK.

Существуют также аналоги, сохраняющие или даже расширяющие функциональность и предоставляющие более высокую производительность: Intel® MKL, AMD™ ACML, Sun Performance Library, NAG’s LAPACK, HP’s MLIB, **HPL**.

**HPC Challenge Benchmark** — набор тестов производительности, предназначенный для оценки нескольких атрибутов суперкомпьютеров, которые значительно влияют на производительность реальных высокопроизводительных задач. Проект спонсируется DARPA по программе Высокопродуктивные компьютерные системы, Министерством энергетики США (DoE) и National Science Foundation. На настоящее время пакет состоит из 7 тестов: HPL, STREAM, RandomAccess, PTRANS, FFTE, DGEMM и b\_eff Latency/Bandwidth.

**NAS Parallel Benchmarks** — набор тестов производительности нацеленных на проверку возможностей высокопараллельных суперкомпьютеров. Они были разработаны в начале 1990-х в рамках программы NASA Numerical Aerodynamic Simulation Program. Тест выключает: решение трехмерных уравнений с помощью Быстрого преобразования Фурье; сортировка малых целых числе при помощью карманной сортировки; решение систем нелинейных дифференциальных уравнений; решение уравнения теплопроводности с учётом диффузии и конвекции в кубе и прочие.

**NAMD (NAnoscale Molecular Dynamics)** — бесплатная программа для молекулярной динамики, написанная с использованием модели параллельного программирования Charm++, обладающей высокой эффективностью распараллеливания и часто используемой для симуляции больших систем (миллионы атомов).

**5. Написание программ для суперкомпьютеров**

Для написания программ для суперкомпьютеров используются следующие языки программирования: Fortran, Си/Си++, а также Python.

Следует отметить, что классический подход, написание программ системного уровня для суперкомпьютеров не подходит, потому используются различные приемы и библиотеки.

**Python**

**Scipy, numpy, Anaconda Framework**. Данные модуля являются низкоуровневыми реализациями сложных и высокопроизводительных функци для вычисления научных данных: работы с векторами, матрицами, гидродинамика, обучение нейросетей.

**C/C++, Java, Fortran.**

**Message Passing Interface** (MPI, интерфейс передачи сообщений) — программный интерфейс (API) для передачи информации, который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу.

MPI является наиболее распространённым стандартом интерфейса обмена данными в параллельном программировании, существуют его реализации для большого числа компьютерных платформ. Используется при разработке программ для кластеров и суперкомпьютеров. Основным средством коммуникации между процессами в MPI является передача сообщений друг другу.

**Parallel Virtual Machine (PVM)** (дословно виртуальная параллельная машина) — общедоступный программный пакет, позволяющий объединять разнородный набор компьютеров в общий вычислительный ресурс («виртуальную параллельную машину») и предоставляющий возможности управления процессами с помощью механизма передачи сообщений. Существуют реализации PVM для самых различных платформ от лаптопов до суперкомпьютеров Cray. Имеет более расширенные возможности, чем её популярный аналог MPI, в плане контроля вычислений: присутствует специализированная консоль управления параллельной системой и её графический эквивалент XPVM, позволяющий наглядно продемонстрировать работу всей системы.

**Заключение.**

В данном реферате мы рассмотрели, что такое суперкомпьютеры, какие они используют операционные системы, и как писать ПО для суперкомпьютеров используя эти особенности.

Так же хочется добавить, что в настоящее время границы между суперкомпьютерным и общеупотребимым программным обеспечением сильно размыты и продолжают размываться ещё более вместе с проникновением технологий параллелизации и многоядерности в процессорные устройства персональных компьютеров и рабочих станций. Исключительно суперкомпьютерным программным обеспечением сегодня можно назвать лишь специализированные программные средства для управления и мониторинга конкретных типов компьютеров, а также уникальные программные среды, создаваемые в вычислительных центрах под «собственные», уникальные конфигурации суперкомпьютерных систем.

**Список используемой литературы:**

1. [**https://ru.wikipedia.org/wiki/Суперкомпьютер**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Суперкомпьютер)
2. [**https://en.wikipedia.org/wiki/Cray\_Operating\_System**](https://en.wikipedia.org/wiki/Cray_Operating_System)
3. [**https://en.wikipedia.org/wiki/UNICOS**](https://en.wikipedia.org/wiki/UNICOS)
4. [**https://ru.wikipedia.org/wiki/Unix-подобная\_операционная\_система**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Unix-подобная_операционная_система)
5. [**https://www.top500.org/project/linpack/**](https://www.top500.org/project/linpack/)
6. [**http://www.netlib.org/lapack/**](http://www.netlib.org/lapack/)
7. [**https://icl.utk.edu/hpcc/**](https://icl.utk.edu/hpcc/)
8. [**https://ru.wikipedia.org/wiki/NAMD**](https://ru.wikipedia.org/wiki/NAMD)
9. [**https://ru.wikipedia.org/wiki/Message\_Passing\_Interface**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Message_Passing_Interface)
10. [**https://ru.wikipedia.org/wiki/Parallel\_Virtual\_Machine**](https://ru.wikipedia.org/wiki/Parallel_Virtual_Machine)