Федеральное агентство по образованию

Саратовский государственный технический университет

Кафедра информационных систем и технологий

**Курсовая работа по теме:**

**Перспективы развития вычислительных систем. Квантовые компьютеры и нейровычислители**

Саратов

2010

**Оглавление**

Введение

1. Нейровычислитель

2. Перспективы нейровычислителей

3. Квантовые компьютеры

4. Перспективы квантовых компьютеров

Заключение

Список использованных источников

**Введение**

Современный компьютер представляет собой кульминацию многих лет технологического развития, начиная с ранних идей Чарльза Бэббеджа и окончательного создания первого компьютера немецким инжененером Конрадом Зюсе в 1941 году. Компьютер перед вами в принципе не отличается от своих 30-тонных предшественников, которые были заполнены 18000 вакуумных ламп и 500 милями проводов. Хотя компьютеры стали компактными и значительно быстрее, чем раньше, справляются со своей задачей, сама задача остается прежней: манипулировать последовательностью битов и интерпретировать эту последовательность как полезный вычислительный результат.

Также следует отметить, что М. Минский сформулировал гипотезу: производительность параллельной системы растёт (примерно) пропорционально логарифму числа процессоров - это намного медленнее, чем линейная функция. Эта гипотеза позволяет сделать вывод о том, что для того, чтобы увеличить производительность, недостаточно просто развивать классические технологии, а нужно искать принципиально новые подходы.

Параллельно с обычными типами архитектур существуют и развиваются альтернативные, основанные на принципиально иных механизмах, архитектуры.

Целью данной курсовой работы является рассмотрение альтернативных типов вычислительных систем, таких как квантовые компьютеры и нейровычислители, в основе которых лежат новые принципы, которые открывают новые возможности для обработки информации, а также обзор перспектив, открывающихся с использованием этих систем.

**1. Нейровычислитель**

Нейровычислитель - устройство переработки информации на основе принципов работы естественных нейронных систем. Эти принципы были формализованы, что позволило говорить о теории искусственных нейронных сетей. Проблематика нейрокомпьютеров заключается в построении реальных физических устройств, что позволит не просто моделировать искусственные нейронные сети на обычном компьютере, но так изменить принципы работы компьютера, что станет возможным говорить о том, что они работают в соответствии с теорией искусственных нейронных сетей.

Идея нейро-бионики (создания технических средств на нейро-принципах) стала интенсивно реализовываться в начале 1980-х гг. Импульсом было следующее противоречие: размеры элементарных деталей компьютеров сравнялись с размерами элементарных «преобразователей информации» в нервной системе, было достигнуто быстродействие отдельных электронных элементов в миллионы раз большее, чем у биологических систем, а эффективность решения задач, особенно связанных задач ориентировки и принятия решений в естественной среде, у живых систем пока недостижимо выше.

Другой импульс развитию нейрокомпьютеров дали теоретические разработки 1980-х годов по теории нейронных сетей.

Согласно [1], в отличие от цифровых систем, представляющих собой комбинации процессорных и запоминающих блоков, нейропроцессоры содержат память, распределённую в связях между очень простыми процессорами, которые часто могут быть описаны как формальные нейроны или блоки из однотипных формальных нейронов. Тем самым основная нагрузка на выполнение конкретных функций процессорами ложится на архитектуру системы, детали которой в свою очередь определяются межнейронными связями. Подход, основанный на представлении как памяти данных, так и алгоритмов системой связей (и их весами), называется коннекционизмом**.**

Три основных преимущества нейрокомпьютеров:

1. Все алгоритмы нейроинформатики высокопараллельны, что является залогом высокого быстродействия.
2. Нейросистемы можно легко сделать очень устойчивыми к помехам и разрушениям.
3. Устойчивые и надёжные нейросистемы могут создаваться и из ненадёжных элементов, имеющих значительный разброс параметров.

Разработчики нейрокомпьютеров стремятся объединить устойчивость, быстродействие и параллелизм АВМ с универсальностью современных компьютеров.

На роль центральной проблемы, решаемой всей нейроинформатикой и нейрокомпьютингом, А. Горбань предложил проблему эффективного параллелизма.

Для преодоления этого ограничения применяется следующий подход: для различных классов задач строятся максимально параллельные алгоритмы решения, использующие какую-либо абстрактную архитектуру (парадигму) мелкозернистого параллелизма, а для конкретных параллельных компьютеров создаются средства реализации параллельных процессов заданной абстрактной архитектуры. В результате появляется эффективный аппарат производства параллельных программ.

Нейроинформатика поставляет универсальные мелкозернистые параллельные архитектуры для решения различных классов задач. Для конкретных задач строится абстрактная нейросетевая реализация алгоритма решения, которая затем реализуется на конкретных параллельных вычислительных устройствах. Таким образом, нейросети позволяют эффективно использовать параллелизм.

Многолетние работы привели к тому, что к настоящему моменту накоплено большое число различных «правил обучения» и архитектур нейронных сетей, их аппаратных реализаций и приёмов использования нейронных сетей для решения прикладных задач.

Эти интеллектуальные изобретения существуют в виде «зоопарка» нейронных сетей. Каждая сеть из зоопарка имеет свою архитектуру, правило обучения и решает конкретный набор задач. В последнее десятилетие прилагаются серьёзные усилия для стандартизации структурных элементов и превращений этого «зоопарка» в «технопарк»: каждая нейронная сеть из зоопарка реализована на идеальном универсальном нейрокомпьютере, имеющем заданную структуру.

Основные правила выделения функциональных компонентов идеального нейрокомпьютера (по Миркесу):

1. Относительная функциональная обособленность: каждый компонент имеет чёткий набор функций. Его взаимодействие с другими компонентами может быть описано в виде небольшого числа запросов.
2. Возможность взаимозамены различных реализаций любого компонента без изменения других компонентов.
   * 1. **Перспективы нейровычислителей**

В настоящее время искусственные нейронные сети являются важным расширением понятия вычисления. Они уже позволили справиться с рядом непростых проблем и обещают создание новых программ и устройств, способных решать задачи, которые пока под силу только человеку. Современные нейрокомпьютеры используются в основном в программных продуктах и поэтому редко задействуют свой потенциал параллелизма. В полную силу использование параллельных нейровычислений начнется с появлением на рынке большого числа аппаратных реализаций - специализированных нейрочипов и плат расширений, предназначенных для обработки речи, видео, статических изображений и других типов образной информации.

Прогнозируется появление техники подстраивающейся под пользователя. При помощи нейросетевых блоков можно реализовать механизмы, при помощи которых приборы будут узнавать своих владельцев по голосу, внешнему виду и ряду других уникальных характеристик. Получат развитие и системы жизнеобеспечения так называемых «умных домов», которые станут еще более адаптивными и обучаемыми. На производстве и в различных промышленных системах интеллектуальные нейросетевые контроллеры получат возможность распознавать потенциально опасные ситуации, уведомлять о них людей и принимать адекватные и своевременные меры.

На данный момент нейрокомпьютеры используют в самых разных сферах человеческой деятельности. Это область экспертных систем, область обработки сигналов. Множество систем автоматического управления сейчас построено на нейронных сетях. Нейронные сети иногда являются единственными точными предсказателями временных рядом.

Согласно [2], следует отметить достижения нейронных сетей в ассоциативном поиске текстовой информации. Традиционные методы поиска и фильтрации документов были разработаны для библиотечных баз данных ограниченного объема и заранее известной структуры. Создание глобальной сети привело к тому, что число поставщиков информации стало стремительно расти, при том, что публикуемая ими информация не имеет однородной структуры. Последовавший информационный взрыв стал вызовом стандартным информационным технологиям. Новые масштабы с одной стороны сделали аутсайдерами некоторые ранее конкурентоспособные интеллектуальные технологии, а с другой - стимулировали интенсивные исследования в области статистических методов обработки текстовой информации и новых способов навигации в информационном море. Нейросети являются перспективным инструментом извлечения статистических закономерностей в текстах, и использования этих закономерностей для прецизионной фильтрации документов.

Одной из проблем современных нейровычислителей является их доступность. Они или выпускаются в составе специализированных устройств, или достаточно дороги, а зачастую и то и другое. На их разработку тратится значительное время, за которое программные реализации на самых последних компьютерах оказываются лишь на порядок менее производительными, что делает использование нейропроцессоров нерентабельным. Однако аналогичная проблема раньше стояла и перед обычными компьютерами, поэтому следует ожидать, что нейровычислители станут доступнее.

**3. Квантовые компьютеры**

Квантовый компьютер - вычислительное устройство, которое путём выполнения квантовых алгоритмов существенно использует при работе квантовомеханические эффекты, такие как квантовый параллелизм и квантовая запутанность.

Квантовый параллелизм заключается в том, что данные в процессе вычислений представляют собой квантовую информацию, которая по окончании процесса преобразуется в классическую путём измерения конечного состояния квантового регистра. Выигрыш в квантовых алгоритмах достигается за счёт того, что при применении одной квантовой операции большое число коэффициентов суперпозиции квантовых состояний, которые в виртуальной форме содержат классическую информацию, преобразуется одновременно.

Квантовую суперпозицию можно представить как некое объединённое состояние двух дискретных величин, которое при измерении дает только одну из них.

Базовые характеристики квантовых компьютеров в теории позволяют им преодолеть некоторые ограничения, возникающие при работе классических компьютеров.

Основой для работы квантового компьютера является Кубит.

Согласно с [3], идея квантовых вычислений, впервые высказанная Ю.И. Маниным и Р. Фейнманом, состоит в том, что квантовая система из *L* двухуровневых кубитов (квантовых элементов) имеет 2*L* линейно независимых состояний, а значит, вследствие принципа квантовой суперпозиции, пространством состояний такого квантового регистра является 2*L*-мерное гильбертово пространство. Операция в квантовых вычислениях соответствует повороту вектора состояния регистра в этом пространстве. Таким образом, квантовое вычислительное устройство размером *L*кубит может выполнять параллельно 2*L* операций.

Предположим, что имеется один кубит. В таком случае после измерения, в так называемой классической форме, результат будет 0 или 1. В действительности кубит-квантовый объект и поэтому, вследствие принципа неопределённости, в результате измерения может быть и 0, и 1 с определенной вероятностью. Если кубит равен 0 (или 1) со стопроцентной вероятностью, его состояние обозначается с помощью символа (или ) – в обозначениях Дирака. и - это базовые состояния. В общем случае квантовое состояние кубита находится "между" базовыми и записывается, в виде , где |*a*|² и |*b*|² -вероятности измерить 0 или 1 соответственно; ; |*a*|² + |*b*|² = 1. Более того, сразу после измерения кубит переходит в базовое квантовое состояние, аналогичное классическому результату.



Приведем для объяснения два примера из квантовой механики: 1) фотон находится в состоянии суперпозиции двух поляризаций; измерение раз и навсегда коллапсирует состояние фотона в таковое с определенной поляризацией; 2) радиоактивный атом имеет определенный период полураспада; измерение может выявить то, что он еще не распался, но это не значит, что он никогда не распадется.

Перейдем к системе из двух кубитов. Измерение каждого из них может дать 0 или 1. Поэтому у системы 4 классических состояния: 00, 01, 10 и 11. Аналогичные им базовые квантовые состояния: . И наконец, общее квантовое состояние системы имеет вид . Теперь |*a*|² -вероятность измерить 00 и т. д. Отметим, что |*a*|²+|*b*|²+|*c*|²+|*d*|²=1 как полная вероятность.



В общем случае системы из *L* кубитов, у неё 2*L* классических состояний (00000…(L-нулей), …00001(L-цифр), … , 11111…(L-единиц)), каждое из которых может быть измерено с вероятностями 0-100 %.

Таким образом, одна операция над группой кубитов затрагивает все значения, которые она может принимать, в отличие от классического бита. Это и обеспечивает беспрецедентный параллелизм вычислений.

Упрощённая схема вычисления на квантовом компьютере выглядит так: берется система кубитов, на которой записывается начальное состояние. Затем состояние системы или её подсистем изменяется посредством базовых квантовых операций. В конце измеряется значение, и это результат работы компьютера.

Оказывается, что для построения любого вычисления достаточно двух базовых операций. Квантовая система дает результат, только с некоторой вероятностью являющийся правильным. Но за счет небольшого увеличения операций в алгоритме можно сколь угодно приблизить вероятность получения правильного результата к единице.

С помощью базовых квантовых операций можно симулировать работу обычных логических элементов, из которых сделаны обычные компьютеры. Поэтому любую задачу, которая решена сейчас, квантовый компьютер решит, и почти за такое же время. Следовательно, новая схема вычислений будет не слабее нынешней.

Но тогда возникает вопрос о преимуществах квантового компьютера. Большая часть современных ЭВМ работают по такой же схеме: n бит памяти хранят состояние, и каждый такт времени изменяются процессором. В квантовом случае система из n-кубитов находится в состоянии, являющимся суперпозицией всех базовых состояний, поэтому изменение системы касается всех 2n базовых состояний одновременно. Теоретически новая схема может работать намного (в экспоненциальное число раз) быстрее классической. Практически квантовый алгоритм Гровера поиска в базе данных показывает квадратичный прирост мощности против классических алгоритмов.

Также в сфере квантовых компьютеров есть такое понятие, как квантовая телепортация. Алгоритм телепортации реализует точный перенос состояния одного кубита (или системы) на другой. В простейшей схеме используются 4 кубита: источник, приёмник и два вспомогательных. Отметим, что в результате работы алгоритма первоначальное состояние источника разрушится - это пример действия общего принципа невозможности клонирования - невозможно создать точную копию квантового состояния, не разрушив оригинал. На самом деле, довольно легко создать одинаковые состояния на кубитах. К примеру, измерив 3 кубита, мы переведем каждый из них в базовые состояния (0 или 1) и хотя бы на двух из них они совпадут. Не получится скопировать произвольное состояние, и телепортация - замена этой операции.

Телепортация позволяет передавать квантовое состояние системы с помощью обычных классических каналов связи. Таким образом, можно, в частности, получить связанное состояние системы, состоящей из подсистем, удаленных на большое расстояние.

Может показаться, что квантовый компьютер - это разновидность аналоговой вычислительной машины. Но это не так: по своей сути это цифровое устройство, но с аналоговой природой.

Основные проблемы, связанные с созданием и применением квантовых компьютеров:

* необходимо обеспечить высокую точность измерений;
* внешние воздействия могут разрушить квантовую систему или внести в неё искажения.

Благодаря огромной скорости разложения на простые множители, квантовый компьютер позволит расшифровывать сообщения, зашифрованные при помощи популярного асимметричного криптографического алгоритма RSA. До сих пор этот алгоритм считается сравнительно надёжным, так как эффективный способ разложения чисел на простые множители для классического компьютера в настоящее время неизвестен. Для того, например, чтобы получить доступ к кредитной карте, нужно разложить на два простых множителя число длиной в сотни цифр. Даже для самых быстрых современных компьютеров выполнение этой задачи заняло больше бы времени, чем возраст Вселенной, в сотни раз. Благодаря алгоритму Шора эта задача становится вполне осуществимой, если квантовый компьютер будет построен.

Применение идей квантовой механики уже открыли новую эпоху в области криптографии, так как методы квантовой криптографии открывают новые возможности в области передачи сообщений.

**4. Перспективы квантовых компьютеров**

Перспективность квантовых вычислений заключается в том, что квантовые компьютеры смогут решать целые классы задач, которые сейчас являются очень тяжелыми и трудно обрабатываемыми. Они же смогут решать их очень быстро. В частности, наиболее перспективной областью, в которую в основном идут средства, является создание квантовой криптографии.

Квантовая криптография говорит о следующем: перехват посланного сообщения сразу же становится известным. Это означает, что факт шпионажа не заметить нельзя. Перехваченное сообщение, зашифрованное квантовым компьютером, утрачивает свою структуру и становится непонятным для адресата. Поскольку квантовая криптография эксплуатирует природу реальности, а не человеческие изыски, то скрыть факт шпионажа становится невозможно. Появление шифрования такого рода поставит окончательную точку в борьбе криптографов за наиболее надежные способы шифрования сообщений.

Кроме того, квантовый компьютер, благодаря своим качествам, способен разложить 250-значное число не за 800-1000 лет, как современные самые мощные электронно-вычислительные машины, а за 30 минут. С такой машиной спецслужбы могут быстро взломать любой, самый сложный шифр.

У квантовых компьютеров есть еще одна сфера применения, огромное значение которой понятно уже сегодня. Гигантская вычислительная мощь квантового компьютера позволит переложить на плечи машины самую разнообразную интеллектуальную деятельность. Машина может не только накапливать, хранить и обрабатывать информацию, но и производить с ней операции, совершенно недоступные даже самым мощным современным компьютерам.

Это значит, что квантовые компьютеры позволят создать экспертные системы нового поколения. Экспертная система - это компьютерная система, которая использует знания одного или нескольких экспертов в формализованном виде, а также логику принятия решений. Эта система предназначена для принятия обоснованного решения в тяжелых условиях, когда не хватает времени, опыта, знаний, информации. На введенный запрос машина дает квалифицированную консультацию или подсказку.

Экспертные системы стали создавать, как только это позволили вычислительные мощности компьютеров. В СССР работы по созданию экспертных систем развернул известный специалист в области кибернетики, академик Виктор Глушков еще в 1968 году. Собственно, создание экспертных систем называется часто разработкой искусственного интеллекта.

Первые модели были созданы в середине 1970-х годов: система MYCIN использовалась в медицине для диагностики заболеваний, DENDRAL в разведке месторождений полезных ископаемых для анализа химического состава почв.

Но квантовый компьютер, резко превосходящий обычный компьютер, в состоянии использовать накопленные знания и алгоритмы принятия решений более полно и всесторонне. Экспертная система на основе квантовых компьютеров может заменить коллективы самых лучших ученых и инженеров, а также может накапливать с течением времени интеллектуальный потенциал. Разумеется, что человек не будет полностью исключен из работы, потому что потребуются люди, которые будут формулировать запросы в экспертную систему.

В памяти экспертной системы может храниться огромное количество всевозможных технических сведений: параметры материалов, машин, промышленного оборудования, стандарты и многое другое. Также хранятся алгоритмы принятия решений, созданные тысячами самых лучших специалистов. В экспертную систему вводится запрос на конструирование машины с определенными функциями. Экспертная система выполняет разработку и конструирование машины, как если бы это делал большой коллектив высококлассных специалистов, и выдает готовые чертежи, по которым машину можно построить. В разработке учтены наличие материалов и возможности производства.

Создание подобной экспертной системы на основе квантовых компьютеров произведет крупнейший переворот в технике. В разы сократится время разработок новых машин, будет освоен большой спектр разнообразных технических и конструкторских решений, будут преодолены традиции, сковывающие работу специалистов. Страна, которая первой создаст такую экспертную систему, получит уникальный шанс вырваться в лидеры в научно-технической гонке.

Также можно отметить уже функциональные образцы квантовых вычислителей.

Самым нашумевшим представителем является компьютер Orion фирмы D-Wave. Данная фирма в 2007 году собрала 16-кубитовый квантовый компьютер, который был отмечен как самый мощный квантовый компьютер, а также первым, на котором можно запускать коммерчески-значимые приложения.

Всё это намного превосходит большинство других разработок квантовых компьютеров, причём D-Wave смогла создать компьютер, используя технологии производства полупроводников и существующие полупроводниковые заводы, не прибегая к помощи оптических схем, квантовых точек, сдерживания лазера или других экзотических технологий производства. D-Wave работает и над второй половиной проблемы, а именно над инструментами программирования для создания приложений, способных получить преимущество от возможностей, которые обещают дать квантовые вычисления.

Однако данные открытия ставят под сомнения в научных кругах, указывая на сложности при работе с большим числом кубитов.

Следует отметить, что для проведения операций с кубитами ранее необходимо было использовать лазеры, ядерный магнитный резонанс и ионные ловушки. Но чтобы приблизить появление настоящего квантового компьютера, необходимо создать более простую и менее чувствительную к колебаниям внешних условий машину. Это значит, что одну из основных рабочих частей (процессор) желательно создать из классических твёрдых материалов.

Согласно с [4], на данный момент создан прототип устройства, которое оперирует двумя трансмонными кубитами. Трансмон – это два фрагмента сверхпроводника, соединённых туннельными контактами.

В данном случае процессор представляет собой плёнку сверхпроводящего материала (в его составе присутствует ниобий), нанесённую на подложку из корунда (оксида алюминия). На поверхности вытравлены канавки, ток может туннелировать сквозь них (опять же в силу квантовых эффектов).

Два таких кубита (представляющих собой миллиарды атомов алюминия, находящихся в одном квантовом состоянии и действующих как единое целое) в новом чипе разделены полостью, которая является своего рода "квантовой шиной".

Что очень важно - для создания процессора использовалась стандартная технология, применяемая в современной промышленности.

Единственный минус данного чипа – низкая рабочая температура. Для поддержания сверхпроводимости устройство необходимо охлаждать. Этим занимается особая система, которая поддерживает вокруг него температуру чуть выше абсолютного нуля (порядка нескольких тысячных долей кельвина).

Кубиты эти могут находиться в состоянии квантовой сцепленности (что достигается с помощью микроволн определённой частоты). Как долго сохраняется это состояние, определяет импульс напряжения.

Была достигнута длительность сохранения в одну микросекунду (в отдельных случаях даже три микросекунды), что пока является пределом. Однако, всего десять лет назад это значение не превышало наносекунды, то есть было в тысячу раз меньше.

Отметим, что чем дольше держится запутанность, тем лучше для квантового компьютера, так как "длительные" кубиты могут решать более сложные задачи.

В данном случае для выполнения двух различных задач процессор использовал квантовые алгоритмы Гровера и Дойча - Джоза. Процессор давал верный ответ в 80% случаев (при использовании первого алгоритма) и в 90% случаев (со вторым алгоритмом).

Считывание результата также происходит с помощью микроволн: если частота колебаний соответствует той, что присутствует в полости, то сигнал проходит сквозь неё.

Стоит отметить, что для создания 10-кубитовой схемы потребуется еще много научной работы, и на данный момент она не возможно.

Это ставиться в разрез с утверждениями компании D-Wave. Причиной разногласий может являться само понятие квантового компьютера. Из-за неточностей в определении могут появиться подмены понятия, в чем и упрекают компанию D-Wave. Последствием этого может стать невозможность реализации квантовых алгоритмов на данных экземплярах квантовых компьютеров.

**Заключение**

В настоящее время идет активное исследования альтернативных методов вычислений, таких как вычисления при помощи квантовых компьютеров и нейровычислителей. Оба направления дают нам большие возможности в параллелизме, однако рассматривают этот вопрос с разной стороны. Квантовые компьютеры позволяют выполнить операцию над неограниченным количеством кубитов одновременно, что может многократно увеличить скорость вычислений. Нейровычислитель же позволяет параллельно выполнять много различных простых задач на большом количестве примитивных процессоров, и получить в итоге результат их работы. Учитывая то, что основной задачей нейрокомпьютеров является обработка образов. При параллельной архитектуре эта задача выполняется гораздо быстрее, чем в классической последовательной. В то же время нейронные компьютеры позволяют нам получить универсальные и в то же время «живучие» системы, из-за их однородной структуры.

Нельзя сказать, что нейронные и квантовые компьютеры целиком вытеснят классические, однако в определенных сферах данные типы вычислителей смогут значительно улучшить выполнение специфичных задач.

**Список использованных источников**

1. «Нейрокомпьютер» - Свободная энциклопедия «Википедия» **–**http://ru.wikipedia.org/wiki/Нейрокомпьютер.
2. «Нейрокомпьютинг – состояние и перспективы», С.А. Шумский.

http://old.ulstu.ru/people/SOSNIN/umk/Basis\_of\_Artificial\_Intelligence/publ\_rus/Neurocomp.doc

1. «Квантовый компьютер» - Свободная энциклопедия «Википедия» http://ru.wikipedia.org/wiki/Квантовый\_компьютер
2. «Твердотельный квантовый чип» - Компьютерный журнал «membrana» http://www.membrana.ru/articles/technic/2009/07/01/173900.html