

СЕТИ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Развитие теории и реализация сетей классических компьютеров [1-4], разработка теоретических основ квантовых вычислений, создание первых экспериментальных образцов квантовых компьютеров [5-7], начатое компанией **Magiq** и фирмой **ID Quantique** производство оборудования для квантовой криптографии делают возможной и актуальной задачу исследования сетей классических и квантовых компьютеров (СККК). Среди методов исследования СККК следует отметить методы квантовой механики [8-10], законы информатики, прежде всего, закон сохранения неопределенности [11-13], самосогласованную систему моделей сетевых систем, включающую многоуровневую статическую модель и динамическую модель сетевой системы [14-15].

Архитектура СККК может выглядеть следующим образом. Сеть ККК, как и обычная классическая сеть, состоит из узлов, каналов и системы управления. В состав типового узла сети входят связанные между собой классический и квантовый компьютер. Узлы соединены классическими каналами связи (физически) и квантовыми каналами связи (физически и логически). Кроме того, в состав сети входит центр предоставления сцепленных состояний, содержащий устройство генерации сцепленных состояний. На каждом узле имеется хранилище используемых в процессах квантовой телепортации сцепленных состояний. Классические компьютеры, классические каналы связи и система управления образуют классическую подсеть. Квантовые компьютеры, центр и сеть распространения квантовых состояний, хранилища сцепленных квантовых состояний образуют квантовую подсеть, осуществляющую решение сверхсложных задач. Классическая подсеть осуществляет традиционную обработку и передачу классической информации. Кроме того, классическая подсеть обеспечивает управление квантовой подсетью – управление процессом вычислений на квантовых компьютерах, процессами квантовой телепортации и генерацией сцепленных состояний. Протоколы и интерфейсы СККК включают стандартные протоколы и интерфейсы сети классических компьютеров, протоколы квантовой телепортации и протоколы и интерфейсы взаимодействия подсетей классических и квантовых компьютеров.

Классический(е) компьютер(ы) выполняет(ют) следующие функции: решение прикладных задач, управление квантовым компьютером, управление передачей классической и квантовой информацией, в том числе, классической информацией, необходимой для квантовой телепортации. Классический компьютер имеет следующий состав: классическое устройство управления, процессор, устройство ввода классических данных, устройство вывода классических данных, устройство преобразования и ввода квантовых данных, устройство преобразования классических данных в квантовые и вывода. Квантовый(ые) компьютер(ы) выполняет(ют) решение прикладных задач экспоненциальной и комбинаторной сложности.

Квантовый компьютер имеет следующий состав: классическое устройство управления, работающее совместно с классическим компьютером, квантовый процессор, устройство ввода квантовых данных, устройство преобразования и ввода классических данных, устройство вывода квантовых данных, устройство преобразования квантовых данных в классические и вывода.

Классический канал связи выполняет следующие функции: передачу промежуточных и законченных результатов решения задач классическими компьютерами, передачу законченных результатов решения задач квантовыми компьютерами, передачу информации управления квантовыми компьютерами, передачу классической информации в процессе квантовой телепортации. Квантовый канал связи физически переносит отдельные квантовые объекты (как правило, бозоны) и выполняет следующие функции: осуществляет обмен промежуточными результатами решения задач, передачу сцепленных q -битов между квантовыми компьютерами.

Хранилища сцепленных состояний предназначены для хранения и предоставления для использования в процессах квантовой телепортации сцепленных состояний.

Укрупнено работа сети классических и квантовых компьютеров выглядит следующим образом. Исходные данные для решения задачи и программы управления квантовыми компьютерами подготавливаются в классическом виде и загружаются в классические компьютеры тех узлов сети, которые участвуют в вычислениях. После этого классические исходные данные преобразуются в квантовые исходные данные с использованием соответствующих программ и устройств преобразования и ввода классических данных. Далее классический компьютер и классическое устройство управления управляют процессом вычислений производимым квантовым компьютером. Промежуточные результаты вычислений представляются на выходах квантовых компьютеров в виде состояний совокупности q -битов и передаются на другие узел сети, где без преобразований поступают на входы квантовых компьютеров, расположенных на этих узлах. Для передачи используются либо процесс квантовой телепортации, либо квантовые каналы связи. Процесс повторяется до тех пор, пока квантовые вычисления не завершатся. После этого результат решения представляется на выходе участвующих в вычислениях квантовых компьютеров в виде состояний совокупности q -битов. Измерения последних представляют решение задачи в классическом виде и вводятся в классические компьютеры.

Сети классических компьютеров самодостаточны. Они не требуют использования квантовых каналов и сетей связи, хотя и могут их использовать. Сети квантовых компьютеров, обязательно требуют передачи классических битов информации для управления квантовыми компьютерами и в процессах квантовой телепортации, и тем самым использования классических каналов и сетей связи. При взаимодействии между сетями классических компьютеров и сетями квантовых компьютеров осуществляются преобразования классических битов в q -биты и наоборот. Преобразования приводят к дополнительным затратам ресурсов и ошибкам, поэтому представляется целесообразным при построении сетей минимизировать количество преобразований и свести их к двум – одному в начале, при преобразовании информации от классического вида к квантовому и одному в конце вычислений при преобразовании информации от квантового вида к классическому.

Перспективные потребности земной цивилизации в классических компьютерах исходя из прогнозируемой численности населения Земли (~ 10 миллиардов человек) и ожидаемой оснащенности (один компьютер на 1-10 человек), срок службы компьютера (5 – 10 лет) можно оценить в несколько миллиардов штук, а ежегодную потребность в сотни миллионов штук в год. Квантовые компьютеры – это компьютеры коллективного использования. Поэтому потребность в них существенно меньше. Перспективные потребности земной цивилизации в квантовых компьютерах можно ориентировочно оценить следующим образом. Квантовыми компьютерами должны оснащаться государственные органы (1 – 10 на одну страну), промышленные центры (1-100 на одну страну), крупные учебные и научные учреждения (1-100 на одну страну), крупные предприятия, организации (10 – 1000 на одну страну). Таким образом потребность в квантовых компьютерах ориентировочно составляет до 10 тысяч штук. Ежегодно будет необходимо производить порядка тысячи квантовых компьютеров.

Теоретическое изучение сетей классических и квантовых компьютеров, исследование вопросов их практической реализации требует в первую очередь понимания базовых процессов, на которые должно опираться моделирование и проектирование сетей. Это формирование и измерения сцепленных состояний, процессы квантовой телепортации, эффективные методы преобразования квантовой информации в классическую и обратно. Следует также исследовать вопросы организации вычислений в сетях классических и квантовых компьютеров: провести сравнительный анализ характеристик и свойств процессов вычислений в сетях классических компьютеров, сетях квантовых компьютеров, гибридных сетях классических и квантовых компьютеров, разработать принципы эффективной организации процессов вычислений в гибридных сетях, в том числе исследовать вопросы эффективного распределения задач вычислений между сетями классических и квантовых компьютеров, классическими и квантовыми компьютерами, организации взаимодействия в ходе вычислений, организации параллельных вычислений. Среди прикладных задач создания СККК следует упомянуть разработку протоколов и интерфейсов, создание устройств сопряжения классических и квантовых компьютеров и каналов связи.

Список литературы

1. Шеннон К. Математическая теория связи. Работы по теории информации и кибернетики. Издательство иностранной литературы, Москва, 1963 – с. 243 – 332.
2. Клейнрок Л. Коммуникационные сети. – М.: Наука, 1970.
3. Клейнрок Л. вычислительные системы с очередями. Пер. с англ./Под ред. Б.С. Цыбакова. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
4. Мизин И.А., Богатырёв В.А., Кулешов А.П. Сети коммутации пакетов. - М.: Радио и связь, 1986.
5. Bennet C.H., Brassard G., Crepeau C., Jorsa R., Peres A., Woollers W.K. Phis. Rev.Lett. 70 1985 (1993)
6. Bennet C.H., Bernstein H.J., Popescu S., Schumacher B. Phis. Rev.Lett. A 53 2046 (1996).
7. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: Надежда и реальность. Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика». Москва-Ижевск. 2001.
8. Дирак П. Принципы квантовой механики. Физматгиз, Москва, 1960.
9. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс Э. «Фейнмановские лекции по физике», т. 8, 9, «Мир», Москва, 1967, 1968.
10. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. Наука. Москва, 1974.
11. Гуревич И.М. Законы информатики – основа исследований и проектирования сложных систем связи и управления. Методическое пособие. ЦООНТИ «Экос». Москва, 1989.
12. Гуревич И.М. Законы информатики – основа исследования и проектирования сложных систем. Информационные технологии. 11. Приложение. 2003.
13. Гуревич И.М. Законы информатики – основа строения и познания сложных систем. РИФ «Антиква». Москва, 2003.
14. Гуревич И. М. Определение среднего времени и дисперсии времени передачи информации в сетях связи. – В кн. Модели информационных сетей систем и коммуникационных сетей систем. – Москва, «Наука», 1982.
15. Гуревич И. М. Самоогласованная система многоуровневых статических и динамических моделей сетевых систем. – В кн. Методы доступа и архитектура локальных информационно-вычислительных сетей. – Москва, «Наука», 1992.