ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ В БУДУЩЕМ

Спустя сорок лет после атомной бомбардировки Нагасаки, ветеран Манхэттенского проекта Фейнман выступает с докладом в Японии, но тема мирная, она по–прежнему занимает наши самые проницательные умы: будущее вычислительной техники, в том числе тема, из-за которой Фейнман казался Нострадамусом в области компьютерных наук - величайшим ученым в мире. Наименьший предел размера компьютера. Эта глава может показаться сложной для некоторых читателей; однако это очень важная часть вклада Фейнмана в науку, я надеюсь, что они найдут время, чтобы прочитать ее, даже если им придется пропустить некоторые более технические моменты. Она заканчивается кратким обсуждением одной из любимых идей Фейнмана, которая положила начало нынешней революции в нанотехнологиях.

Вступление

Для меня большое удовольствие и честь выступать здесь в качестве докладчика в память ученого, которого я уважал и которым восхищался не меньше, чем профессором Нишиной. Приехать в Японию и говорить о компьютерах - все равно что читать проповедь Будде. Но я думал о компьютерах, и это единственная тема, которая пришла мне в голову, когда меня пригласили выступить.

Первое, о чем я хотел бы сказать, - это то, о чем я не собираюсь говорить. Я хочу поговорить о будущем вычислительных машин. Но наиболее важные возможные разработки в будущем - это то, о чем я не буду говорить. Например, предстоит проделать большую работу по созданию более интеллектуальных машин, которые будут лучше взаимодействовать с людьми, чтобы можно было выполнять ввод и вывод данных с меньшими усилиями, чем при сложном программировании, которое необходимо сегодня. Это часто называют искусственным интеллектом, но мне не нравится это название. Возможно, интеллектуальные машины могут работать даже лучше, чем разумные существа.

Другой проблемой является стандартизация языков программирования. Сегодня языков слишком много, и было бы неплохо выбрать только один. (Я не решаюсь упомянуть об этом в Японии, потому что в будущем будет просто больше стандартных языков – сейчас у вас уже есть четыре способа написания, и попытки стандартизировать что-либо здесь, очевидно, приводят к увеличению количества стандартов, а не к уменьшению!)

Еще одна интересная будущая проблема, над которой стоит поработать, но о которой я не буду говорить, - это автоматическая отладка программ. Отладка означает исправление ошибок в программе или в компьютере, а отлаживать программы по мере их усложнения на удивление сложно.

Другое направление совершенствования заключается в том, чтобы сделать физические машины трехмерными, а не размещать их все на поверхности чипа. Это можно сделать поэтапно, а не сразу – можно создать несколько слоев, а затем со временем добавить еще много слоев. Еще одним важным устройством было бы то, которое могло бы автоматически обнаруживать дефектные элементы на чипе; тогда чип автоматически перестраивался бы таким образом, чтобы избежать появления дефектных элементов. В настоящее время, когда мы пытаемся изготовить крупный чип, в нем часто обнаруживаются дефекты или дефектные пятна, и мы выбрасываем весь чип целиком. Если бы мы могли сделать так, чтобы можно было использовать ту часть чипа, которая была эффективной, это было бы намного эффективнее. Я упоминаю об этих вещах, чтобы попытаться показать вам, что я в курсе реальных проблем, с которыми столкнутся машины будущего. Но то, о чем я хочу поговорить, - это просто несколько небольших технических, физически полезных вещей, которые в принципе могут быть выполнены в соответствии с физическими законами. Другими словами, я хотел бы обсудить механизмы, а не то, как мы их используем.

Я расскажу о некоторых технических возможностях создания машин. Будет три темы. Одна из них - машины для параллельной обработки данных, которые относятся к самому близкому будущему, почти настоящему, и разрабатываются сейчас. В дальнейшем будет рассмотрен вопрос о потреблении энергии машинами, что на данный момент кажется ограничением, но на самом деле это не так. Наконец, я расскажу о размерах. Всегда лучше сделать машины меньше, и вопрос в том, насколько меньше в принципе еще возможно сделать машины в соответствии с законами природы? Я не буду обсуждать, что из этого на самом деле появится в будущем. Это зависит от экономических и социальных проблем, и я не собираюсь пытаться угадать их.

Параллельные компьютеры

Первая тема касается параллельных компьютеров. Почти все современные компьютеры, обычные вычислительные машины, работают по схеме или архитектуре, изобретенной фон Нейманом\*, в которой имеется очень большая память, в которой хранится вся информация, и одно центральное место, где выполняются простые вычисления. Мы берем число из этого места в памяти и число из того места в памяти, отправляем их в центральный арифметический блок для сложения, а затем отправляем ответ в какое-то другое место в памяти. Таким образом, фактически имеется один центральный процессор, который работает очень-очень быстро и очень напряженно, в то время как вся оперативная память хранится там, как картотека карточек, которые используются очень редко. Очевидно, что если бы одновременно работало больше процессоров, мы могли бы выполнять вычисления быстрее. Но проблема в том, что тот, кто, возможно, использует один процессор, может использовать некоторую информацию из памяти, которая нужна другому, и это приводит к большой путанице. По этим причинам было сказано, что очень трудно заставить много процессоров работать параллельно.

Некоторые шаги в этом направлении были предприняты в более крупных традиционных машинах, называемых “векторными процессорами”. Если иногда требуется выполнить одно и то же действие с множеством различных элементов, возможно, это можно сделать одновременно. Мы надеемся, что обычные программы могут быть написаны обычным способом, и тогда программа-интерпретатор автоматически обнаружит, когда полезно использовать эту векторную возможность. Эта идея используется в “суперкомпьютерах” в Японии. Другой план состоит в том, чтобы взять, по сути, большое количество относительно простых (но не очень простых) компьютеров и соединить их все вместе по определенной схеме. Тогда все они смогут решить часть задачи. Каждый из них на самом деле является независимым компьютером, и они будут передавать информацию друг другу по мере необходимости. Например, такая схема реализована в Cosmic Cube Калифорнийского технологического института и представляет собой лишь одну из многих возможностей. Сейчас многие люди создают такие машины. Другой план заключается в распределении очень большого количества очень простых центральных процессоров по всей памяти. Каждый из них имеет дело лишь с небольшой частью памяти, и между ними существует сложная система взаимосвязей. Ярким примером такой машины является Connection Machine, созданная в Массачусетском технологическом институте. Он оснащен 64 000 процессорами и системой маршрутизации, в которой каждый 16-й может взаимодействовать с любыми другими 16-ю и, таким образом, имеет 4000 возможностей маршрутного подключения.