Визуализация однокубитных квантовых операций с использованием трехмерной модели сферы Блоха

Бенгус Б. В.

Ростовский государственный строительный университет

Идеи создания квантового компьютера рассматривались еще в 70-х, 80-х годах 20 века как компьютерными учеными, так и физиками, такими как П.А. Бениофф, Д. Дойчем, Ч.Х. Беннет, и позднее Р.П. Фейнманом. Все они понимали, что если компьютерные технологии будет также следовать уменьшению размеров кремниевых ЧИПов, то вскоре элементы компьютера станут размером с несколько атомов. Но возникает другой вопрос, так как на атомном уровне действуют законы квантовой физики. главный вопрос как создать компьютер работающий на принципах квантовой физики.

В 1982г. Р. Фейнманом была предложена абстрактная модель квантовой системы, пригодная для вычислений. Он заметил, что с увеличением размерности физической задачи пространство состояний возрастает экспоненциально, поэтому эффективное моделирование многочастичной квантовой механики с помощью классического компьютера невозможно. Поэтому, Фейнман выдвинул идею «квантового компьютера».

Фундаментальная единица информации в квантовом мире называется квантовым битом или кубитом, который достаточно сильно отличается от классического бита. Кубит может находиться не только в состоянии логического 0 или 1, как классический бит, но также и в суперпозиции этих классических состояний.

Воздействуя на один или сразу несколько кубитов гейтами мы изменяем состояние квантовой системы. в связи с этим становится вопрос о визуализации состояний кубита, при воздействии на него например однокубитными операциями(гейтами).

При использовании однокубитных операций самым удобным способом визуализации состояний квантовой системы является сфера Блоха. Вектор, соединяющий начало координат этого воображаемого пространства с точкой на сфере задает геометрическую интерпретацию вектора состояния или кубита. Понятие кубита имеет формально простую "геометрическую" интерпретацию в воображаемом пространстве состояний. сфера блоха представляет собой сферу еденичного радиуса, базис из трех векторов это наши оси. направим ось x3 вверх, ось x2 вправо, x1 на нас. Основные параметры сферы блоха это углы тета и фи. Угол тета регулирует положение вектора состояния от оси x3 в направлении отрицательной полуоси а фи от оси x1 в направлении оси x2. Можно задать вопрос о том, сколько информации может быть записано в одном кубите? Если на сфере Блоха за точками сферы закрепить какую-то определенную "информацию", то как это не парадоксально в кубит можно записать бесконечное число информации! Однако считать из кубита можно только или состояние 0 или 1, то есть две единицы классической информации.

Программа QuantumSphere представляет собой эмулятор сферы Блоха. Сфера Блоха дает возможность визуально представить модель одного кубита и продемонстрировать работу основных однокубитных операций над ним.

Интерфейс пользователя разбит на 3 основных области:

1. Панель гейтов. Здесь размещены командные кнопки, которые позволяют выбрать соответствующий гейт и воздействовать им на вектор.
2. Панель рендеринга. Представляет собой сферу единичного радиуса с началом координат в центре. В реальном времени отрисовывает положение вектора относительно системы координат учитывая значения углов тета и фи, вычисленных после воздействия выбранного гейта на вектор.
3. Панель состояния. На данной области сгруппирована информация о текущем состоянии вектора, значения которого в общем случае представлены в виде комплексных чисел, а так же значения углов тета и фи, от осей Z и X соответственно. Так же на панели присутствуют 4 текстовых поля, которые отображают начальное состояние вектора и предусматривают возможность его изменения. Данная программа не имеет коммерческого значения, а носит учебный характер и позволяет визуально понаблюдать за поведением модели кубита, а так же выявить закономерности его поведения при воздействии различных комбинаций гейтов. Данный программный продукт разработан автором статьи, используется в учебном процессе в Ростовском государственном строительном университете.