

Квантовое сверхплотное кодирование

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

Квантовое сверхплотное кодирование — метод, позволяющий передать два бита классической информации с помощью лишь одного кубита, используя явление [квантовой сцепленности](#).

Содержание

- [1 Обзор](#)
- [2 Детали](#)
- [3 Общая схема сверхплотного кодирования](#)
- [4 Ссылки](#)

Обзор

Предположим, что Алиса хочет отправить классическую информацию Бобу, используя квантовые биты ([кубиты](#)) вместо классических. Алиса кодирует классическую информацию состоянием кубита, которые затем отправляет Бобу. Боб извлекает классическую информацию, производя [измерение](#) состояния кубита. Вопрос: какой объем классической информации можно передать, используя один кубит? Поскольку неортогональные состояния невозможно различить с достоверностью, можно предположить, что Алиса сможет передать лишь один классический бит. Это действительно так согласно [теореме Холево](#). Таким образом, использование кубитов вместо классических битов не дает в данном случае никакого преимущества. Если, однако, предположить, что Алиса и Боб имеют в своем распоряжении [запутанное состояние](#) пары кубитов (один — у Алисы, другой — у Боба), оказывается возможным передать не один, а два бита классической информации, используя по прежнему лишь один кубит. Подобное удвоение «эффективности» передачи информации и носит название квантового сверхплотного кодирования.

Детали

Использование Алисой и Бобом сцепленного состояния кубитов — ключевое условие сверхплотного кодирования.

Предположим, что Алиса и Боб имеют по одному кубиту [ЭПР-пары](#)

$$|\Psi^+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |1\rangle_B + |1\rangle_A \otimes |0\rangle_B)$$

Первая подсистема, обозначаемая индексом *A*, принадлежит Алисе, а вторая, *B*, — Бобу. Выполняя лишь локальные [операции](#) над своим кубитом, Алиса может преобразовать состояние всей системы в любое другое [состояние Белла](#) (это и неудивительно, если вспомнить, что запутанность нельзя разрушить выполняя лишь локальные унитарные преобразования):

- Очевидно, что если Алиса вообще не выполняет никакой операции, система остается в исходном состоянии $|\Psi^+\rangle$.
- Если Алиса выполнит [унитарное преобразование](#)

$$\sigma_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

(это одна из [матриц Паули](#)), двухчастичная система перейдет в состояние

$$(\sigma_1 \otimes I)|\Psi^+\rangle = |\Phi^+\rangle.$$

- Если вместо σ_1 выполнить операцию σ_3 , исходное состояние $|\Psi^+\rangle$ будет преобразовано в $|\Psi^-\rangle$.
- Аналогично, применив $i\sigma_2 \otimes I$, Алиса преобразует состояние системы в $|\Phi^-\rangle$

Таким образом, в зависимости от того, какое сообщение Алиса хочет передать, она выполняет одну из четырёх локальных операций над своим кубитом, который затем отправляет Бобу. Боб, выполняя ортогональное измерение в [базисе Белла](#), извлекает сообщение Алисы.

Необходимо отметить, что если третья сторона, Ева, перехватит кубит Алисы на пути к Бобу, то, выполнив измерение этого кубита, она не сможет извлечь никакой полезной информации, поскольку [матрица плотности](#) этого кубита пропорциональна единичной.

Общая схема сверхплотного кодирования

Общую схему процедуры сверхплотного кодирования можно представить следующим образом. Алиса и Боб делят между собой максимально запутанное состояние ω двух частиц; то есть частичный след состояния

$$\omega \in H_A \otimes H_B$$

пропорционален единичной матрице

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{n} & & & \\ & \ddots & & \\ & & \ddots & \\ & & & \frac{1}{n} \end{bmatrix}$$

Чтобы передать сообщение x , Алиса выполняет соответствующее преобразование

$$\Phi_x$$

над подсистемой A . Состояние всей системы при этом преобразуется следующим образом:

$$\omega \rightarrow (\Phi_x \otimes I_B)(\omega)$$

где I_B обозначает тождественную операцию в подсистеме B . Алиса отправляет свою подсистему Бобу, который производит измерение составной системы $A+B$, извлекая переданное сообщение x . Пусть Боб выполняет измерение F_y . Вероятность того, что при измерении Боб получит y , равна

$$\text{Tr} (\Phi_x \otimes I_B)(\omega) \cdot F_y.$$

Таким образом, описанная процедура будет работоспособной, если

$$\text{Tr} (\Phi_x \otimes I_B)(\omega) \cdot F_y = \delta_{xy},$$

где δ_{xy} — [дельта-символ Кронекера](#).

Ссылки

- С. Bennett and S.J. Wiesner. *Communication via one- and two-particle operators on Einstein-Podolsky-Rosen states*. Phys. Rev. Lett., 69:2881, 1992 [\[1\]](#)
- Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А. Физика квантовой информации. М.: Постмаркет, 2002. 376 с.
- Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. М.: Мир, 2006. 824 с.
- Прескилл Дж. Квантовая информация и квантовые вычисления. Том 1. РХД, 2008. 464 с. [ISBN 978-5-93972-651-1](#)
- Холево А. С. Введение в квантовую теорию информации. М.: МЦНМО, 2002. 128 с. [ISBN 5-94057-017-8](#)

Источник

«http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5»

Категории: [Квантовые явления](#) | [Квантовый компьютер](#)