



در دورنوردی کوانتومی، با استفاده از اشتراک یک حالت درهم‌تنیده کوانتومی و یک کانال کلاسیکی، می‌توان اطلاعات کوانتومی را مخابره کرد. در واقع در دورنوردی کوانتومی، یک کیوبیت اولیه در مبدا، بر روی یک حالت کوانتومی در مقصد بازسازی می‌شود. در این روش اطلاعات کوانتومی بدون لینک کوانتومی میان مبدا و مقصد و تنها با استفاده از اشتراک یک حالت کوانتومی درهم‌تنیده و یک کانال ارتباط کلاسیک برای ارتباط قابل انتقال هستند! در این پروژه باید یک حالت کوانتومی مشخص را، با استفاده از پروتکل دورنوردی کوانتومی مخابره کنید. فرض کنید آلیس یک کیوبیت در اختیار دارد. او قصد دارد اطلاعات موجود در این کیوبیت را به باب منتقل کند. یک حالت کوانتومی درهم‌تنیده به صورت زیر میان آلیس و باب به اشتراک گذاشته شده است:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \quad (1)$$

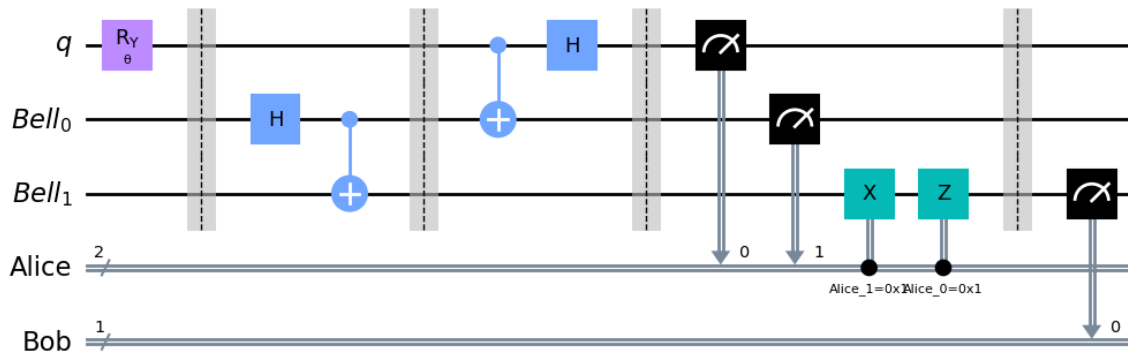
که از این حالت درهم‌تنیده دو کیوبیتی، کیوبیت اول به آلیس و کیوبیت دوم به باب داده می‌شود. بنابراین دو کیوبیت در دست آلیس و یک کیوبیت در دست باب خواهد بود.

۱- برای کیوبیت اول آلیس، که قصد دارد آن را به باب بفرستد یک رجیستر کوانتومی بسازید. یک گیت دوران به اندازه یک زاویه θ حول محور Y روی آن اعمال کنید. سپس دو رجیستر کوانتومی دیگر، مربوط به کیوبیت اشتراکی درهم‌تنیده که یکی در دست باب ($Bell0$) و یکی در دست آلیس ($Bell1$) قرار خواهد داشت به مدار اضافه کنید. هم چنین دو رجیستر کلاسیکی برای آلیس و باب بسازید و به مدار اضافه کنید. [۱]

۲- حالت کوانتومی اشتراکی درهم‌تنیده را روی رجیسترهای مربوط به حالت ($Bell$) بسازید. (باتوجه به (۱)) با اعمال یک گیت Hadamard روی ($Bell0$) و یک گیت CNOT که کنترل آن روی کیوبیت ($Bell0$) و هدف آن روی ($Bell1$) قرار دارد، کیوبیت اول حالت اشتراکی را به آلیس، و دیگری را به باب بدهید. شکل مدار خروجی را در این مرحله رسم کنید.

۳-۱- سایر مراحل لازم برای ساخت مدار دورنوردی کوانتومی را انجام دهید. راهنمایی: شماتیک مدار در شکل زیر آمده است. از این شکل برای تکمیل و رفع ابهام در مراحل ساخت مدار استفاده کنید.

در هر مرحله از تکمیل مدار، روند منطقی عملیات به کار رفته را توضیح دهید. شکل نهایی مدار را رسم کنید. (در مدار زیر، آلیس پس از اندازه‌گیری، نتایج خود را از طریق یک کانال کلاسیکی به باب منتقل می‌کند. در نتیجه باب می‌تواند حالت کوانتومی موجود در دست خودش را با اعمال گیت به طوری تغییر دهد که حالت کوانتومی اولیه در دست آلیس بازسازی شود.)



۳-۲- برای هر حالت اندازه‌گیری آلیس، باب پس از مطلع شدن چه گیتی را باید اعمال کند تا حالت کوانتومی آلیس را بازسازی کند؟ تمام حالات را بنویسید.

* ۴- توضیح دهید آیا در این روش اطلاعات می‌توانند با سرعتی بیشتر از سرعت نور منتقل شوند؟

نکاتی که باید توجه داشته باشید:

- الف) مهلت ارسال در سربرگ تمرین همچنین در ایلرن درج شده است.
- ب) کلیه تمرینات به زبان فارسی و از طریق ایلرن دریافت می‌شوند و دیگر شیوه‌های ارسال تمرین پذیرفته نیست.
- ج) قالب تمرینات به صورت \LaTeX و تنها در Template تمرینات مورد پذیرش است. (Template در ایلرن در دسترس است).
- د) فایل تمرین ارسالی باید شامل فایل‌های مورد نیاز به جهت اجرای فایل \LaTeX به همراه PDF باشد. نام این فایل را به صورت زیر انتخاب کنید:

QIP_P#_Student#_Name

ز) ارسال با تاخیر تمرین، تنها تا ۳ روز پس از مهلت تمرین امکان پذیر بوده و به ازای هر روز ۱۰ درصد کسر نمره خواهد داشت. پس از گذشت این مهلت، امکان ارسال تمرین میسر نیست.

س) مهلت اعتراض به نمره هر تمرین تنها تا دو روز پس از اعلام نمره امکان پذیر بوده و پس از اتمام این مهلت، اعتراض مسموع نیست.

ک) موارد ستاره‌دار به صورت امتیازی بوده و تاثیر آن تنها بر نمره همین پروژه است.

مراجع

[1] “Quantum registers, qiskit 1 minute,” <https://www.youtube.com/watch?v=lvhqbvsSrjU>, 2023.