

مخابره از راه دور کوانتومی کنترلی دوطرفه حالت سه کیوبیتی GHZ با استفاده از یک کانال ده کیوبیتی

محمدصادق صادقی زاده^۱ منیره هوشمند^۲ حسین آقابابا^۳ محمد حسین کوچکزاده^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد- گروه مهندسی برق - دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع) - مشهد - ایران

sadegh.sadeghzadeh@yahoo.com

۲- دانشیار- گروه مهندسی برق - دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع) - مشهد - ایران

m.hooshmand@imamreza.ac.ir

۳- استادیار- دانشکده مهندسی، پردیس فارابی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

aghababa@ut.ac.ir

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد- دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی - تهران - ایران

mhkochakzadeh@ut.ac.ir

چکیده: در این مقاله، یک طرح مخابره از راه دور کوانتومی کنترلی دوطرفه ارائه می‌شود که با استفاده از کانال ده کیوبیتی، به طور همزمان یک حالت سه کیوبیتی GHZ به شکل $a|000\rangle + b|111\rangle$ را با نظارت کنترل‌کننده، منتقل می‌شود. این طرح مبتنی بر عملگر CNOT، اندازه‌گیری تک کیوبیتی بر پایه ماتریس‌های Z و X و ماتریس یکانی مناسب برای بازسازی کیوبیت‌های ارسالی است با توجه به اینکه تاکنون مخابره از راه دور کوانتومی دوطرفه برای بیش از دو کیوبیت در حضور کنترل‌کننده تعریف نشده، این طرح اولین طرح پیشنهادی در این زمینه بوده و دارای بازدهی بالاتری نسبت به طرح‌های پیشین است. همچنین در نهایت به تحلیل نویز سیستم پرداخته و فیدلیتی نویزهای X و Z را برای کیوبیت‌های ورودی و کانال محاسبه کردیم.

واژه‌های کلیدی: مخابره از راه دور کوانتومی کنترلی، دو طرفه، حالت GHZ

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش مشروط مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۳/۲۷

نام نویسنده مسئول: منیره هوشمند

نشانی نویسنده مسئول: ایران - مشهد - خیابان دانشگاه - دانشگاه ۲۱ - دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع) - دانشکده مهندسی برق

۱- مقدمه

مخبره از راه دور کوانتومی^۱ [۱] یکی از مهمترین شاخه‌های نظریه اطلاعات کوانتومی به شمار می‌رود و در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه و علاقه محققان قرار گرفته است. در مخبره از راه دور فرستنده در یک مکان دور از گیرنده، با بهره‌گیری از درهم‌تنیدگی و انتقال اطلاعات کلاسیک، یک کیوبیت دلخواه را به گیرنده منتقل می‌کند. اولین طرح مخبره از راه دور کوانتومی با بکارگیری جفت EPR در سال ۱۹۹۳ ارائه شد [۲].

پس از ارائه اولین پروتکل مخبره از راه دور چندیدن پروتکل مخبره از راه دور دیگر مطرح شد. در سال ۲۰۰۲ یک مخبره از راه دور با استفاده از حالت W ارائه شد [۳]. در سال ۲۰۰۶ یک مخبره از راه دور و کدینگ فوق العاده متراکم، با بکارگیری حالت GHZ به عنوان کانال ارائه شد [۴]. در سال ۲۰۰۸ باز هم با استفاده از یکی از حالات GHZ یک مخبره از راه دور ارائه شد [۵]. در همان سال یک پروتکل با استفاده از حالت ۴ کیوبیتی کلاستر ارائه شد که در آن دو کیوبیت ناشناخته منتقل می‌شد [۶]. در سال ۲۰۰۹ با استفاده از حالت GHZ-like به ارسال یک حالت ناشناخته در قالب مخبره از راه دور کوانتومی پرداخته شد [۷]. در سال ۲۰۱۰ ابتدا یک پروتکل مخبره از راه دور بیان شد که با استفاده از حالت چهار کیوبیتی درهم‌تنیده کلاستر دو کیوبیت ناشناخته از فرستنده به گیرنده منتقل می‌شد [۸]. بعد از آن پروتکلی ارائه شد که در آن با استفاده از حالت GHZ-like یک حالت بل انتقال می‌یافت [۹]. در سال ۲۰۱۱ یک پروتکل ارائه شد که در آن با استفاده از حالت W سه کیوبیت ناشناخته انتقال می‌یافت [۱۰]. در سال ۲۰۱۴ با استفاده از حالت GHZ-like یک حالت دو کیوبیتی از فرستنده به گیرنده در قالب مخبره از راه دور کوانتومی از فرستنده به گیرنده منتقل شد [۱۱]. تمامی این کارها مخبره از راه دور کوانتومی یک‌طرفه بودند.

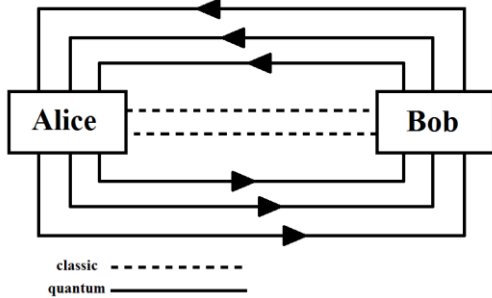
در سال ۱۹۹۸، شاخه دیگر مخبره از راه دور کوانتومی با نام مخبره از راه دور کوانتومی کنترل^۲ معرفی شد [۱۲]. در این پروتکل علاوه بر فرستنده و گیرنده فرد سومی به عنوان کنترل‌کننده وجود دارد.

پس از آن در سال ۲۰۰۵ دو پروتکل مخبره از راه دور کنترل با استفاده از حالات GHZ و حالت ترکیبی GHZ و EPR ارائه شدند [۱۳-۱۴]. در سال ۲۰۰۸ یک مخبره از راه دور کنترل با استفاده از حالت W با حضور دو کنترل‌کننده ارائه شد [۱۵]. در سال ۲۰۰۹ یک پروتکل مخبره از راه دور کوانتومی با حضور چند کنترل‌کننده مطرح شد که در آن با همکاری همه کنترل‌کننده‌ها کیوبیت‌ها منتقل می‌شدند [۱۶]. در سال ۲۰۱۱ با استفاده از حالت جفت EPR اقدام به ارائه یک پروتکل مخبره از راه دور کنترل شد که در این پروتکل از بیت‌های کلاسیک به عنوان کلیدهای توزیع بین کنترل‌کننده‌ها استفاده شده است [۱۷]. تمامی پروتکل‌های ارائه شده در این بخش پروتکل‌های کنترلی یک‌طرفه بود.

مخبره از راه دور کوانتومی دوطرفه^۳ (BQT) یا مخبره از راه دور کوانتومی کنترلی دوطرفه^۴ (CBQT) شاخه مهمی از مخبره از راه دور کوانتومی است که در آن دو کاربر می‌توانند به طور همزمان یک کیوبیت دلخواه را به یکدیگر منتقل کنند. اولین طرح مخبره از راه دور دوطرفه کنترلی در سال ۲۰۱۳ ارائه شد [۱۸]. در همان سال، چند طرح دیگر از مخبره از راه دور کوانتومی دیگر پیشنهاد شد [۱۹-۲۳]. ابتدا دو طرح با استفاده از حالت شش کیوبیتی خوشه‌ای [۱۹] و حالت شش کیوبیتی کاملاً درهم‌تنیده [۲۰] به عنوان کانال کوانتومی ارائه گردید. پس از آن یک طرح با استفاده از حالت پنج کیوبیتی ترکیبی GHZ-Bell به عنوان کانال پیشنهاد شد [۲۱]. در همان سال طرحی ارائه شد [۲۲] که مشخص می‌کرد آخرین طرح ارائه شده با استفاده از حالت پنج کیوبیتی ترکیبی GHZ-Bell [۲۱] یک پروتکل مخبره از راه دور کوانتومی دوطرفه نیست. در اواخر سال ۲۰۱۳ یک طرح دیگر با استفاده از کانال پنج کیوبیت درهم‌تنیده ارائه شد [۲۳]. در سال ۲۰۱۴، یک طرح مخبره از راه دور دوطرفه با بکارگیری کانال چهار کیوبیتی خوشه‌ای پیشنهاد شد [۲۴]. در این طرح دو کاربر می‌توانند به طور همزمان تک کیوبیت خود را با به کارگیری عملگر هادامارد و اندازه‌گیری بر پایه EPR مبادله کنند. در همان سال، یک طرح دوطرفه کنترلی با استفاده از کانال پنج کیوبیتی درهم‌تنیده ارائه شد [۲۵]. در این طرح، فقط دو اندازه‌گیری بر پایه EPR، یک اندازه‌گیری تک کیوبیتی، یک عملگر QCPG، یک عملگر CNOT و یک عملگر یکانی تک کیوبیتی مورد نیاز است. در طرحی دیگر، با استفاده از یک کانال هفت کیوبیتی درهم‌تنیده و اعمال سه اندازه‌گیری توسط کنترل-کننده امنیت طرح نسبت به کارهای پیشین بالا برده شده است [۲۶]. در آخرین طرح ارائه شده در سال ۲۰۱۴ با استفاده از کانال شش کیوبیتی درهم‌تنیده و اعمال دو اندازه‌گیری تک کیوبیتی امنیت بهبود یافته است [۲۷]. در سال ۲۰۱۵، یک طرح با استفاده از شش کیوبیت درهم‌تنیده genuine به عنوان کانال کوانتومی ارائه شد [۲۸]. این طرح با استفاده از دو اندازه‌گیری بر پایه EPR، یک اندازه‌گیری تک کیوبیتی و یک عملگر یکانی تک کیوبیتی بیان شد. در همان سال، طرحی دیگر با بکارگیری کانال پنج کیوبیتی GHZ-Type پیشنهاد شد [۲۹]. در طرح دیگری با استفاده از حالت هشت کیوبیتی با بیشینه درهم‌تنیدگی به عنوان کانال کوانتومی اقدام به بالا بردن بازدهی طرح شده است [۳۰]. در طرح ارائه شده بعدی از حالت EPR و مبادله درهم‌تنیدگی استفاده شده است [۳۱]. در این طرح از کانال کوانتومی ساده تری نسبت به طرح‌های قبلی استفاده گردیده است.

تا این زمان تمامی طرح‌های ارائه شده در زمینه مخبره از راه دور دوطرفه و مخبره از راه دور دوطرفه کنترلی، دو کاربر تنها قادر به ارسال یک کیوبیت دلخواه به یکدیگر بودند، اما بالاخره در سال ۲۰۱۶ محققان توانستند در طرح‌های پیشنهادی خود بیش از یک کیوبیت را منتقل کنند [۳۲-۳۶]. در اولین ماه سال ۲۰۱۶ دو طرح جدید

که در آنها $|\alpha_0|^2 + |\alpha_1|^2 = 1$ و $|\beta_0|^2 + |\beta_1|^2 = 1$. شمای کلی پروتکل در شکل (۱) قابل مشاهده است و در شکل (۲) نیز به صورت جزئی پروتکل را مشاهده می‌کنید.



شکل (۱): شمای کلی پروتکل پیشنهادی

برای ارسال این کیوبیت‌ها به طور همزمان، لازم است مراحل زیر صورت بگیرد:

مرحله ۱. کانال مورد نظر در این پروتکل که بین آلیس و باب منتشر می‌شود در رابطه (۳) بیان شده است. این کانال شامل ده کیوبیت می‌باشد که دو کیوبیت اول و آخر آن کیوبیت‌های کنترل کننده هستند و شش کیوبیت آن به عنوان کیوبیت هدف معرفی می‌شود.

$$|G_{c_1 a_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 b_4 c_2}\rangle = \frac{1}{2} [|0000000000\rangle + |0000011111\rangle + |1111100000\rangle + |1111111111\rangle] \quad (3)$$

در رابطه (۳)، کیوبیت‌های $a_1 a_2 a_3 a_4$ متعلق به آلیس، کیوبیت‌های $b_1 b_2 b_3 b_4$ متعلق به باب و $c_1 c_2$ متعلق به چارلی (کنترل کننده) هستند. پس از آنکه چارلی هشت کیوبیت درهم‌تنیده را بین آلیس و باب به اشتراک گذاشت، حالت اولیه سیستم کامل به صورت رابطه (۴) است:

$$|\varphi_{c_1 a_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 c_2 A_1 A_2 A_3 B_1 B_2 B_3}\rangle = |G_{c_1 a_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 c_2}\rangle \otimes |\varnothing_{A_1 A_2 A_3}\rangle \otimes |\varnothing_{B_1 B_2 B_3}\rangle \quad (4)$$

مرحله ۲. در این مرحله دو کاربر یک عملگر CNOT را اعمال می‌کنند، که در آن به ترتیب، کیوبیت‌های A_1 و B_1 کیوبیت‌های کنترل و کیوبیت‌های a_1 و b_4 کیوبیت‌های هدف هستند. پس از اعمال عملگر توسط آلیس و باب به صورت جداگانه، حالت کامل سیستم به صورت زیر درمی‌آید:

$$|\varphi_{c_1 a_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 c_2 A_1 A_2 A_3 B_1 B_2 B_3}\rangle = \frac{1}{2} [|0000000000\rangle + |0000011111\rangle + |1111100000\rangle + |1111111111\rangle] \alpha_0 \beta_0 |000000\rangle + |0000000010\rangle \quad (5)$$

پیشنهاد شد که در آنان کاربر اول (آلیس) قادر به ارسال یک کیوبیت دلخواه به کاربر دوم (باب) بود، اما کاربر دوم می‌توانست دو کیوبیت دلخواه را به کاربر اول منتقل کند [۳۲-۳۳]. پس از آن طرح مخبره از راه دور دوطرفه‌ای با استفاده از کانال شش کیوبیتی ارائه شد که در آن کاربران می‌توانستند به طور همزمان یک حالت خالص EPR را به یکدیگر انتقال دهند [۳۴]. پس از آن طرحی دیگر ارائه شد که کاربران می‌توانستند با استفاده از کانال نه کیوبیتی به طور همزمان دو کیوبیت دلخواه را منتقل کنند [۳۵]. در طرح بعدی، در این زمینه، با استفاده از یک کانال شش کیوبیتی یکی از کاربران یک حالت تک کیوبیتی و کاربر دیگر یک حالت دو کیوبیتی را به یکدیگر منتقل می‌کنند [۳۶]. در طرح بعدی ارائه شده کاربران قادرند دو حالت دو کیوبیتی را با استفاده از یک کانال ۸ کیوبیتی به یکدیگر منتقل کنند [۳۷]. در آخرین کار ارائه شده کاربران قادرند مجموعه‌ای از حالات n کیوبیتی را به صورت دو طرفه ارسال کنند [۳۸]. این طرح فاقد کنترل کننده است.

در طرح پیشنهادی در این مقاله که یک مخبره از راه دور دوطرفه کنترلی است، دو کاربر می‌توانند به طور همزمان یک حالت GHZ سه کیوبیتی را با نظارت چارلی به یکدیگر منتقل کنند. کانال مورد استفاده ما در این طرح، یک حالت درهم‌تنیده ده کیوبیتی است. طرح پیشنهادی مبتنی بر اعمال عملگر مناسب روی کیوبیت‌های هدف و اندازه‌گیری تک کیوبیتی بر پایه Z و X است. این طرح، نسبت به طرح‌های قبلی تعداد کیوبیت بیشتری را انتقال می‌دهد و بخاطر اینکه در ضمن طرح کیوبیت حاوی اطلاعات بین کاربران جابجا نمی‌شود، این طرح از جنبه امنیتی بسیار قابل اهمیت و امن است [۳۹-۴۱]. در نهایت به تحلیل نوین سیستم پرداخته و *Fidelity* و *Average Fidelity* را برای نوین های X و Z روی کیوبیت های ورودی و کانال محاسبه کردیم.

ساختار مقاله به این صورت سازمان‌دهی شده است: در بخش ۲ طرح پیشنهادی توضیح داده می‌شود. در بخش ۳، طرح پیشنهادی با طرح‌های پیشین مقایسه می‌گردد. در بخش ۴ به تحلیل نوین میپردازیم و در انتها نیز در بخش ۵ نتیجه‌گیری و کارهای آتی، ارائه می‌گردد.

۲- توضیح طرح پیشنهادی

در این بخش ابتدا به مخبره از راه دور دوطرفه، برای ارسال حالت $a|000\rangle + b|111\rangle$ می‌پردازیم. در طرح پیشنهادی، آلیس و باب به عنوان دو کاربر قانونی می‌خواهند به طور همزمان دو حالت سه کیوبیتی GHZ را به یکدیگر منتقل کنند، که این حالات به صورت زیر است:

$$|\varnothing_{A_1 A_2 A_3}\rangle = \alpha_0 |000\rangle + \alpha_1 |111\rangle \quad (1)$$

$$|\varnothing_{B_1 B_2 B_3}\rangle = \beta_0 |000\rangle + \beta_1 |111\rangle \quad (2)$$

$$|\emptyset_{b_1 b_2 b_3}\rangle = \alpha_0 |000\rangle + \alpha_1 |111\rangle \quad (9)$$

پیشنهادی در این مقاله، اولین پروتوکلی است که در آن دو کاربر می-توانند حالات با بیش از دو کیوبیت را با نظارت کنترل کننده به یکدیگر منتقل کنند.

۳- ارزیابی و مقایسه

در جدول ۵، گزارشی از تمامی پژوهش‌های پیشین که در زمینه مخابره از راه دور دوطرفه انجام شده آورده شده است. در این جدول کانال مورد استفاده و تعداد کیوبیت‌هایی که هر کدام از کاربرها در آن پروتکل قادر هستند مخابره کنند، ذکر شده است. همچنین این پروتکل‌ها از زاویه عدم حضور کنترل کننده و یا حضور آن طبقه‌بندی شده‌اند.

همانطور که از جدول ۵ مشخص است، در پروتکل‌های دوطرفه کنترلی پیشین، تعداد بیشینه کیوبیتی که هر کاربر قادر به مخابره هستند برابر با دو است [۳۵]. پروتکل پیشنهادی در این مقاله، اولین پروتوکلی است که در آن دو کاربر می‌توانند حالات با بیش از دو کیوبیت را با نظارت کنترل کننده به یکدیگر منتقل کنند. این پروتکل دوطرفه برای پیاده‌سازی از راه دور کنترل کوانتومی^۵ و یا گیت‌های محلی کاربرد دارد [۴۲].

با توجه به تعریف بازدهی در مرجع [۳۱] که به صورت مجموع تعداد کیوبیت منتقل شده نسبت به تعداد کیوبیت کانال است بازدهی مرجع [۳۵] برابر با ۰,۴۴ و بازدهی پروتکل پیشنهادی برابر با ۰,۶ است. همچنین چنانچه دو کاربر بخواهند دو حالت خود را از طریق مخابره از راه دور کنترلی پایه منتقل کنند، احتیاج به یک کانال سه کیوبیتی برای انتقال هر یک کیوبیت دارند و در نتیجه مجموعاً احتیاج به ۱۸ کیوبیت دارند.

۴- تحلیل نویز

در یک سیستم مخابره از راه دور کوانتومی نویز می‌تواند در کیوبیت‌های کانال کوانتومی، کیوبیت‌های ورودی (کیوبیت‌هایی که می‌خواهند تلپورت شوند) و همچنین عملگرهای موجود در پروتکل مخابره از راه دور تاثیر بگذارد [۴۳-۴۴]. در این بخش به بررسی تاثیر نویز بر کیوبیت‌های کانال و همچنین کیوبیت‌های ورودی در سیستم مخابره از راه دور کوانتومی معرفی شده می‌پردازیم. برای این منظور ما، با در نظر گرفتن تحول این سیستم در اثر نویز به عنوان تحول مارکوفی، از حل یک *master equation* فرم Lindblad بهره خواهیم جست. ما *Fidelity* سیستم زمانی که کیوبیت‌های ورودی یا کانال در معرض نویز در جهت Z یا X باشند را برحسب حالات ورودی دلخواه که به صورت یک کت خالص نمایش داده شده است و همچنین مدت زمان *decoherence* و ضریب سختی آن خواهیم یافت. ما همچنین میانگین *Fidelity* را برای حالات مورد بررسی ارائه خواهیم کرد.

$$\begin{aligned} & + |0000011101\rangle + |1111100010\rangle + |1111111101\rangle \\ & + \alpha_0 \beta_1 |000111\rangle + |0100000000\rangle + |0100011111\rangle \\ & + |1011100000\rangle + |1011111111\rangle \alpha_1 \beta_0 |111000\rangle \\ & + |0100000010\rangle + |0100011101\rangle + |1011100010\rangle \\ & + |1011111101\rangle \alpha_1 \beta_1 |111111\rangle \end{aligned}$$

مرحله ۳. در این مرحله آلیس و باب اندازه‌گیری تک کیوبیتی بر پایه Z را به ترتیب روی کیوبیت‌های a_1 و b_4 اعمال می‌کنند. نتایج این اندازه‌گیری و حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های دیگر را می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد.

مرحله ۴. در این مرحله آلیس و باب همدیگر را از نتایج بدست آمده خود آگاه کرده و بر اساس این نتایج عملگر یکانی مناسبی را بر روی کیوبیت‌های باقیمانده اعمال می‌کنند. این عملگرها و نتایج اعمال این عملگرها در جدول ۲ نشان داده شده است. پس از اعمال عملگر مناسب توسط کاربران کیوبیت‌های باقیمانده به شکل زیر درمی‌آیند:

$$\begin{aligned} & (\alpha_0 \beta_0 |00000000\rangle + \alpha_0 \beta_1 |00001111\rangle) \\ & |000111\rangle + \alpha_1 \beta_0 |11110000\rangle + \alpha_1 \beta_1 |111000\rangle \quad (6) \\ & |11111111\rangle |111111\rangle \rangle_{c,b,b_2,b_3,a_1,a_2,c_1,A_1,A_2,B_1,B_2,B_3} \end{aligned}$$

مرحله ۵. در این مرحله آلیس و باب به ترتیب روی کیوبیت‌های $A_1 A_2 A_3$ و کیوبیت‌های $B_1 B_2 B_3$ شش اندازه‌گیری تک کیوبیتی برپایه X انجام می‌دهند. پس از انجام این اندازه‌گیری‌ها درهم‌تنیدگی شکسته شده و کیوبیت‌های آلیس و باب از یکدیگر جدا می‌شوند. نتایج این اندازه‌گیری و حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های دیگر در جدول ۳ نشان داده شده است.

مرحله ۶. در این مرحله آلیس و باب بر اساس نتایج اندازه‌گیری، برای اینکه بتوانند کیوبیت‌های ارسالی را بازسازی کنند، طبق جدول ۳ در ستون عملگرهای اعمالی، عملگرهای مناسب خود را اعمال می‌کنند. پس از اعمال عملگر مناسب توسط آلیس و باب، حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های هدف به صورت رابطه (۷) درمی‌آید:

$$\begin{aligned} & (\alpha_0 \beta_0 |00000000\rangle + \alpha_0 \beta_1 |00001111\rangle + \alpha_1 \beta_0 \\ & |11110000\rangle + \alpha_1 \beta_1 |11111111\rangle) \rangle_{c,b,b_2,b_3,a_2,a_3,a_4,c_2} \quad (7) \end{aligned}$$

مرحله ۷. در این مرحله چارلی روی دو کیوبیت دست خودش اندازه‌گیری تک کیوبیتی برپایه X انجام می‌دهد که نتایج این اندازه‌گیری در جدول ۴ قابل مشاهده است. همچنین با توجه به نتایج اندازه‌گیری چارلی، آلیس و باب بایستی یک عملگر دیگر برای بازسازی درست کیوبیت‌ها انجام دهند که در همان جدول ۴ نوشته شده است. در نهایت با توجه به اینکه درهم‌تنیدگی بین کیوبیت‌های آلیس و باب از بین رفته است، آنها می‌توانند کیوبیت‌های خود را به صورت زیر استخراج کنند. همانطور که در رابطه (۸) و (۹) مشاهده می‌شود آلیس و باب توانستند کیوبیت‌های خود را به یکدیگر منتقل کنند.

$$|\emptyset_{a_2 a_3 a_4}\rangle = \beta_0 |000\rangle + \beta_1 |111\rangle \quad (8)$$

(۱) ماتریس چگالی نویزی حالت کیوبیت‌های خروجی $\mathcal{E}(\rho_{out})$ محاسبه می‌گردد. انگاه $Fidelity$ با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید که برحسب K و t و حالت‌های ورودی می‌باشد.

$$Fidelity = \langle \phi |_{A_1 A_2 A_3} Tr_{(b_1 \bar{b}_2 b_3)} (\mathcal{E}(\rho_{out})) | \phi \rangle_{A_1 A_2 A_3} \quad (15)$$

این رابطه $Fidelity$ را بین کیوبیت‌های ورودی $A_1 A_2 A_3$ و حالت منتقل شده به کیوبیت‌های خروجی $b_1 b_2 b_3$ به دست می‌آورد. همچنین میانگین $Fidelity$ از رابطه‌ی مقابل قابل محاسبه می‌باشد:

$$Fidelity_{av} = \frac{1}{4} \int_0^\pi d\theta \int_0^{2\pi} d\phi Fidelity \times \sin(\theta) \quad (16)$$

به این نکته توجه کنید که در جواب‌های $\mathcal{E}(\rho_{in})$ و $\mathcal{E}(\rho_{en})$ که از حل معادله لیندبلد برحسب K و t حاصل می‌شود، هر چه مقدار t را کمتر بگیریم به معنای این است که مدت زمان کمتری نویز روی سیستم ما اثر کرده است. بنابراین همواره هرچه مقدار Kt کمتر باشد مقدار $Fidelity_{av}$ به یک نزدیک‌تر می‌شود. برای $Kt = 0$ هیچ نویزی روی سیستم ما اثر نکرده و بنابراین مقدار $Fidelity$ برابر یک می‌شود.

ماتریس چگالی کیوبیت‌های ورودی و کیوبیت‌های کانال به صورت مقابل تعریف می‌شود:

$$\rho_{in} = |\phi \rangle_{A_1 A_2 A_3} \langle \phi | \otimes |\phi \rangle_{B_1 B_2 B_3} \langle \phi | \quad (17)$$

$$\rho_{en} = |G \rangle_{c_1 a_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 b_4 c_2} \langle G | \quad (18)$$

اکنون با حل معادله لیندبلد مقادیر $\mathcal{E}(\rho_{in})$ و $\mathcal{E}(\rho_{en})$ محاسبه می‌شود که از روی آنها با استفاده از رابطه (۱) مقدار $\mathcal{E}(\rho_{out})$ مربوطه محاسبه شده و سپس با استفاده از رابطه‌ی (۴) مقدار $Fidelity$ برای هر یک از حالات محاسبه می‌شود.

$Fidelity$ نویز Z روی کیوبیت‌های ورودی:

$$Fidelity(\theta, \phi, \kappa, t) = \frac{1}{4} (\cos(2\theta) + e^{-6\kappa t} - \cos(2\theta) \cdot e^{-6\kappa t} + 3) \quad (19)$$

همچنین $Average Fidelity$ آن به صورت مقابل می‌باشد:

$$Average Fidelity = \frac{1}{3} (e^{-6\kappa t} + 2) \quad (20)$$

$Fidelity$ نویز X روی کیوبیت‌های ورودی:

$$Fidelity(\theta, \phi, \kappa, t) = \frac{1}{32} e^{-6\kappa t} (3 + 15e^{2\kappa t} + 9e^{4\kappa t} + 5e^{6\kappa t} - (-1 + e^{2\kappa t})^3 \cos(2\theta) + 2(-1 + e^{2\kappa t})^3 \cos(2\phi) \sin^2(\theta)) \quad (21)$$

و $Average Fidelity$ آن به صورت مقابل می‌باشد:

$$Average Fidelity = 0.0833 \times (2 + e^{-6\kappa t} + 6e^{-4\kappa t} + 3e^{-2\kappa t}) \quad (22)$$

$Fidelity$ نویز X و Z روی کیوبیت‌های ورودی در شکل‌های (۳) و

(۴) برای $Kt = 0.5$ رسم شده‌اند.

برای این منظور ما باید ماتریس چگالی حالات ورودی (ρ_{in}) و همچنین ماتریس چگالی کیوبیت‌های کانال (ρ_{en}) را محاسبه کنیم. در این بخش ما حالت کیوبیت‌های ورودی آلپس و باب را به صورت زیر نمایش می‌دهیم:

$$|\phi \rangle_{A_1 A_2 A_3} = \cos\left(\frac{\theta_A}{2}\right) e^{\frac{i\varphi_A}{2}} |000\rangle + \sin\left(\frac{\theta_A}{2}\right) e^{\frac{-i\varphi_A}{2}} |111\rangle \quad (10)$$

$$|\phi \rangle_{B_1 B_2 B_3} = \cos\left(\frac{\theta_B}{2}\right) e^{\frac{i\varphi_B}{2}} |000\rangle + \sin\left(\frac{\theta_B}{2}\right) e^{\frac{-i\varphi_B}{2}} |111\rangle \quad (11)$$

برای ما بسیار مطلوب است که بتوانیم کل پروتکل مخابره از راه دور خود را با یک عملگر U_{tel} نمایش دهیم تا با استفاده از آن بتوانیم سیستم مخابره از راه دور کوانتومیرا به صورت رابطه‌ی ماتریسی مقابل نمایش دهیم:

$$\rho_{out} = U_{tel} \rho_{in} \otimes \rho_{en} U_{tel}^\dagger \quad (12)$$

برای حاصل شدن این هدف، و با توجه به این که ما در پروتکل کوانتومی خود در سه مرحله اندازه‌گیری می‌کنیم، ما فرض می‌کنیم که نتیجه‌ی هر یک از اندازه‌گیری‌ها یک حالت معلوم از قبل دانسته می‌شود. سپس با استفاده از آن حالت عملگر U_{tel} و در نتیجه رابطه‌ی ماتریسی بالا حاصل می‌شود و سپس از آن برای بررسی اثر نویز استفاده می‌کنیم. از آنجایی که تاثیر نویز روی سیستم ما مستقل از این است که جواب اندازه‌گیری‌های موجود در پروتکل چه باشد، نتایج به دست آمده همواره در پروتکل (به ازای هر نتیجه‌ای که از اندازه‌گیری‌ها حاصل شود) صادق است.

اکنون برای بررسی اثر نویز روی ρ_{in} یا ρ_{en} ، باید معادله‌ی زیر که لیندبلد نام دارد را برای آن ماتریس حل کنیم:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{i}{\hbar} [H_S, \rho] + \sum_{i,\alpha} (L_{i,\alpha} \rho L_{i,\alpha}^\dagger - \frac{1}{2} \{L_{i,\alpha}^\dagger L_{i,\alpha}, \rho\}) \quad (13)$$

که در آن اپراتور لیندبلد $L_{i,\alpha} = \sqrt{\kappa_{i,\alpha}} \sigma_\alpha^i$ روی کیوبیت i ام عمل می‌کند و $\alpha = X, Y, Z$ اپراتورهای پائولی می‌باشند. در این رابطه مقدار $\kappa_{i,\alpha}$ را می‌توان به عنوان مقدار راحتی $decoherence$ شدن تلقی کرد. به عبارت دیگر زمان $decoherence$ شدن تقریباً برابر $1/\kappa_{i,\alpha}$ می‌باشد. به همچنین در این معادله H_S همیلتونی کیوبیت می‌باشد که عبارت است از:

$$H_S(t) = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \mathbf{B}^{(i)} \cdot \boldsymbol{\sigma}^{(i)} - \sum_{i \neq j} J_{ij}(t) \sigma_+^{(i)} \sigma_-^{(j)} \quad (14)$$

که چون می‌خواهیم نویز را روی کیوبیت‌های ورودی و کیوبیت‌های کانال اندازه بگیریم باید مقدار همیلتونی را در زمان $t = 0$ در نظر بگیریم که در آن صورت مقدار H_S در معادلات ما صفر است. برای بررسی نویز روی کیوبیت‌های کانال، وقتی از حل معادله برای ρ_{en} جواب $\mathcal{E}(\rho_{en})$ برحسب K و t حاصل شد با استفاده از رابطه

در این مقاله، پروتکل مخابره از راه دوره دوطرفه کنترل دو طرفه ارائه شده است. مهمترین مزیت طرح پیشنهادی نسبت به طرح‌های پیشین دو طرفه کنترل ارسال همزمان بیش از دو کیوبیت است، که در هیچ کدام از کارهای قبلی مشاهده نشده است. در بخش تحلیل نویز نیز مشاهده شد که نویز Z مقدار $Fidelity$ را تا حدود ۷۰٪ و نویز X مقدار $Fidelity$ را تا حدود ۲۰٪ مقدار بدون لحاظ کردن نویز آن کاهش میدهد (شکل ۵). به عنوان پژوهش آتی، می‌توان پروتکل را برای یک حالت کلی با هر تعداد کیوبیت گسترش داد.

$Fidelity$ نویز Z روی کیوبیت‌های کانال:

$$Fidelity(\theta, \phi, \kappa, t) = \frac{1}{4}(\cos(2\theta) + e^{-10\kappa t} - \cos(2\theta) \cdot e^{-10\kappa t} + 3) \quad (23)$$

همچنین $Average Fidelity$ آن به صورت مقابل می‌باشد:

$$Average Fidelity = \frac{1}{3}(e^{-10\kappa t} + 2) \quad (24)$$

$Fidelity$ نویز X روی کیوبیت‌های کانال:

$$Fidelity(\theta, \phi, \kappa, t) = \frac{1}{32}e^{-10\kappa t} (3 + 15e^{2\kappa t} + 9e^{4\kappa t} + 5e^{6\kappa t} - (-1 + e^{2\kappa t})^3 \cos(2\theta) + 2(-1 + e^{2\kappa t})^3 \cos(2\phi) \sin^2(\theta)) \quad (25)$$

و $Average Fidelity$ آن به صورت مقابل می‌باشد:

$$Average Fidelity = 0.0833 \times (2 + e^{-10\kappa t} + 6e^{-8\kappa t} + 3e^{-6\kappa t}) \quad (26)$$

با توجه به روابط، $Fidelity$ نویز Z و X برای کیوبیت‌های کانال مشابه شکل (۳) و (۴) می‌باشد. همچنین تمامی $Average Fidelity$ ها در شکل (۵) رسم شده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

جدول (۱): نتایج اندازه‌گیری بر پایه Z و حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های دیگر

نتایج اندازه‌گیری آلیس	نتایج اندازه‌گیری باب	حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های $A_1 A_2 A_3 B_1 B_2 B_3 c_1 b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4 c_2$
0	0	$\alpha_0 \beta_0 000000\rangle 00000000\rangle + \alpha_0 \beta_1 000111\rangle 00001111\rangle$ $+ \alpha_1 \beta_0 111000\rangle 11110000\rangle + \alpha_1 \beta_1 111111\rangle 11111111\rangle$
0	1	$\alpha_0 \beta_1 000111\rangle 00000000\rangle + \alpha_0 \beta_0 000000\rangle 00001111\rangle$ $+ \alpha_1 \beta_1 111111\rangle 11110000\rangle + \alpha_1 \beta_0 111000\rangle 11111111\rangle$
1	0	$\alpha_1 \beta_0 111000\rangle 00000000\rangle + \alpha_1 \beta_1 111111\rangle 00001111\rangle$ $+ \alpha_0 \beta_0 000000\rangle 11110000\rangle + \alpha_0 \beta_1 000111\rangle 11111111\rangle$
1	1	$\alpha_1 \beta_1 111111\rangle 00000000\rangle + \alpha_1 \beta_0 111000\rangle 00001111\rangle$ $+ \alpha_0 \beta_1 000111\rangle 11110000\rangle + \alpha_0 \beta_0 000000\rangle 11111111\rangle$

جدول (۲): اعمال عملگر مناسب بر پایه نتایج اندازه‌گیری

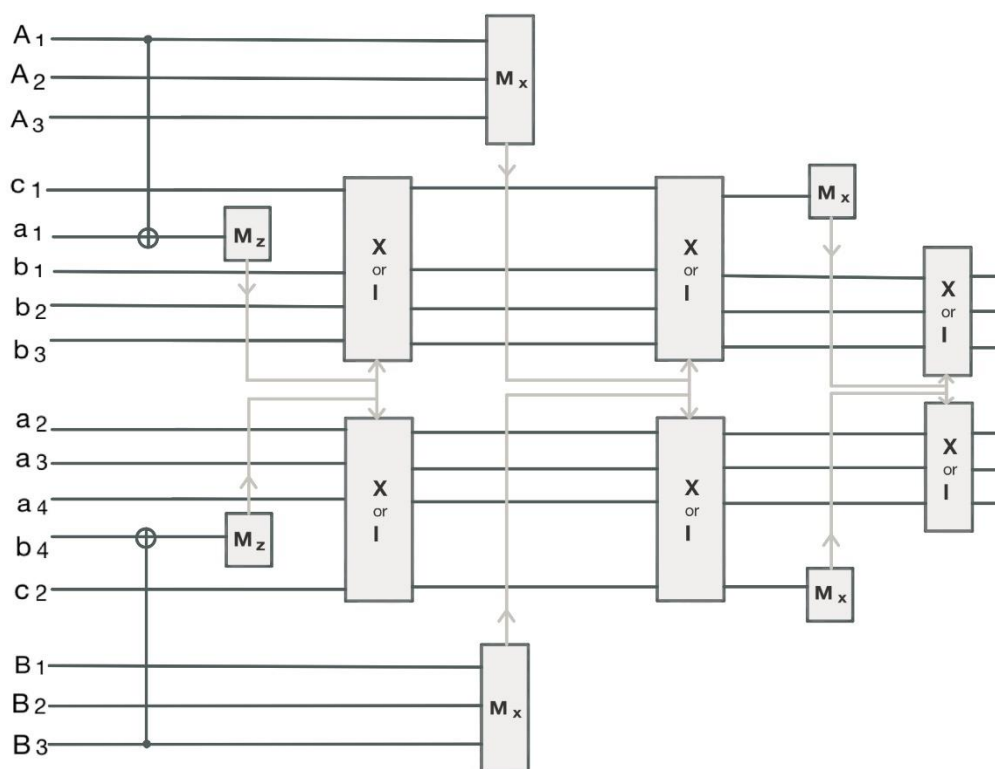
نتیج اندازه‌گیری آلیس	نتایج اندازه‌گیری باب	عملگرهای اعمالی باب و چارلی بر روی کیوبیت‌های $c_1b_1b_2b_3$	عملگرهای اعمالی آلیس و چارلی بر روی کیوبیت‌های $a_2a_3a_4c_2$
0	0	<i>III</i>	<i>III</i>
0	1	<i>III</i>	<i>XXXX</i>
1	0	<i>XXXX</i>	<i>III</i>
1	1	<i>XXXX</i>	<i>XXXX</i>

جدول (۳): اندازه‌گیری بر پایه X و حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های دیگر به همراه عملگرهای اعمالی باب و آلیس برای بازسازی کیوبیت‌ها

حاصل اندازه گیری آلیس	حاصل اندازه گیری باب	حاصل اندازه گیری آلیس	حاصل اندازه گیری باب	حالت فروپاشی کیوبیت‌های دیگر $c_1b_1b_2b_3a_2a_3a_4c_2$	عملگر اعمالی آلیس و چارلی	عملگر اعمالی باب و چارلی
+++	+++	-+-	+++	$\alpha_0\beta_0 00000000\rangle$ $+\alpha_0\beta_1 00001111\rangle$ $+\alpha_1\beta_0 11110000\rangle$ $+\alpha_1\beta_1 11111111\rangle$	<i>III</i>	<i>III</i>
+++	+--	-+-	+--			
+++	-+-	-+-	-+-			
+++	---+	-+-	---+			
+--	+++	-+-	+++			
+--	+--	---+	+--			
+--	-+-	---+	-+-			
+--	-+-	---+	---+			
++-	+++	-++	+++	$\alpha_0\beta_0 00000000\rangle$ $-\alpha_0\beta_1 00001111\rangle$ $+\alpha_1\beta_0 11110000\rangle$ $-\alpha_1\beta_1 11111111\rangle$	<i>ZZZZ</i>	<i>III</i>
++-	+--	-++	+--			
++-	-+-	-++	-+-			
++-	---+	-++	---+			
+ - +	+++	---	+++			
+ - +	+--	---	+--			
+ - +	-+-	---	-+-			
+ - +	---+	---	---+			
+++	++-	-+-	++-	$\alpha_0\beta_0 00000000\rangle$ $+\alpha_0\beta_1 00001111\rangle$ $-\alpha_1\beta_0 11110000\rangle$ $-\alpha_1\beta_1 11111111\rangle$	<i>III</i>	<i>ZZZZ</i>
+++	+ - +	-+-	+ - +			
+++	-++	-+-	-++			
+++	---	-+-	---			
+--	++-	-+-	++-			
+--	+ - +	---+	+ - +			
+--	-+-	---+	-+-			
+--	---	---+	---			
++-	++-	-++	++-	$\alpha_0\beta_0 00000000\rangle$ $-\alpha_0\beta_1 00001111\rangle$ $-\alpha_1\beta_0 11110000\rangle$ $+\alpha_1\beta_1 11111111\rangle$	<i>ZZZZ</i>	<i>ZZZZ</i>
++-	+ - +	-++	+ - +			
++-	-++	-++	-++			
++-	---	-++	---			
+ - +	++-	---	+ - +			
+ - +	+ - +	---	+ - +			
+ - +	-++	---	-++			
+ - +	---	---	---			

جدول (۴): نتایج اندازه‌گیری چارلی بر پایه X و حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های دیگر

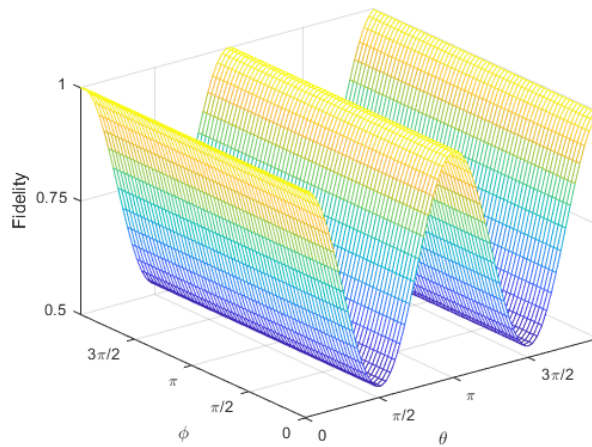
عملگر اعمالی باب	عملگر اعمالی آیس	حالت فروپاشی شده کیوبیت‌های $b_1 b_2 b_3 a_2 a_3 a_4$	حاصل اندازه- گیری c_2	حاصل اندازه- گیری c_1
III	III	$\alpha_0 \beta_0 000000\rangle + \alpha_0 \beta_1 000111\rangle$ $+ \alpha_1 \beta_0 111000\rangle + \alpha_1 \beta_1 111111\rangle$	+	+
III	ZZZ	$\alpha_0 \beta_0 000000\rangle - \alpha_0 \beta_1 000111\rangle$ $+ \alpha_1 \beta_0 111000\rangle - \alpha_1 \beta_1 111111\rangle$	-	+
ZZZ	III	$\alpha_0 \beta_0 000000\rangle + \alpha_0 \beta_1 000111\rangle$ $- \alpha_1 \beta_0 111000\rangle - \alpha_1 \beta_1 111111\rangle$	+	-
ZZZ	ZZZ	$\alpha_0 \beta_0 000000\rangle - \alpha_0 \beta_1 000111\rangle$ $- \alpha_1 \beta_0 111000\rangle + \alpha_1 \beta_1 111111$	-	-



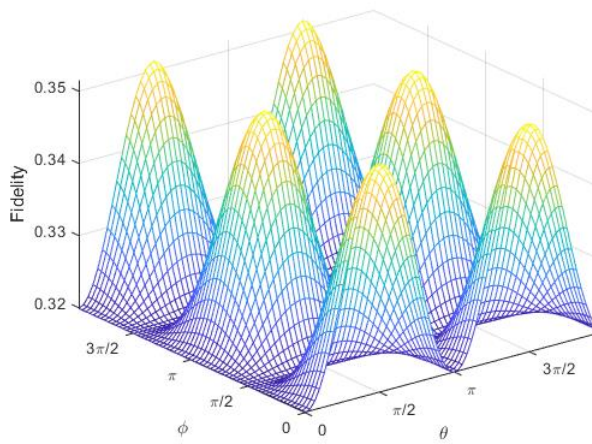
شکل (۲): سیستم مخابره از راه دور کوانتومی معرفی شده

جدول (۵): مقایسه طرح‌های دوطرفه ارائه شده با طرح پیشنهادی در این مقاله

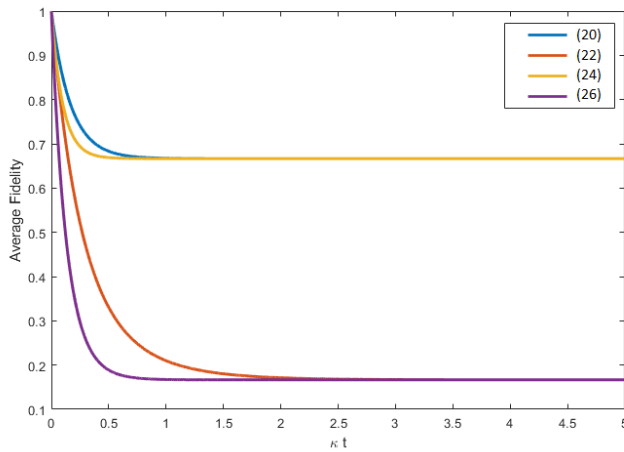
شماره مرجع	سال	نوع کانال	تعداد کیوبیت ارسالی آلیس	تعداد کیوبیت ارسالی باب	نوع طرح
[18]	2013	پنج کیوبیت خوشه‌ای	1	1	BCQT
[19]	2013	شش کیوبیت خوشه‌ای	1	1	BCQT
[20]	2013	شش کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[21]	2013	پنج کیوبیت ترکیبی	1	1	BCQT
[22]	2013	پنج کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[23]	2013	پنج کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[24]	2014	چهار کیوبیت خوشه‌ای	1	1	BQT
[25]	2014	پنج کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[26]	2014	شش کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[27]	2014	شش کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[28]	2015	شش کیوبیت genuine	1	1	BCQT
[29]	2015	پنج کیوبیت GHZ-type	1	1	BCQT
[30]	2015	هشت کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[31]	2015	شش کیوبیت درهم‌تنیده	1	1	BCQT
[32]	2016	هفت کیوبیت درهم‌تنیده	1	2	BCQT
[33]	2016	هفت کیوبیت درهم‌تنیده	1	2	BCQT
[34]	2016	شش کیوبیت درهم‌تنیده	EPR	EPR	BQT
[35]	2016	نه کیوبیت درهم‌تنیده	2	2	BCQT
[36]	2016	شش کیوبیت خوشه‌ای	2	1	BCQT
[37]	2016	هشت کیوبیت در هم تنیده	2	2	BQT
[38]	2017	کیوبیت درهم‌تنیده $(2n + 1)$	n	n	BQT
طرح پیشنهادی	-----	ده کیوبیت درهم‌تنیده	GHz	GHz	BCQT



شکل (۳): Fidelity نویز Z روی کیوبیت‌های ورودی برای $\kappa t = 0.5$



شکل (۴): Fidelity نویز X روی کیوبیت‌های ورودی برای $\kappa t = 0.5$



شکل (۵): Average Fidelity

Generalized View", *Int. J. Theor. Phys.*, Vol. 52, No. 10, 2013.

[23] Y. H. Li, X. I. Li, M. H. Sang, Y. Y. Nie, Z. Sh. Wang, "Bidirectional controlled quantum teleportation and secure direct communication using five-qubit entangled state", *Quantum Inf. Process.*, Vol. 12, No. 12, 2013.

[24] H. Z. Fu, X. L. Tian, Y. Hu, "A General Method of Selecting Quantum Channel for Bidirectional Quantum Teleportation", *Int. J. Theor. Phys.* 53, No. 6, 2014.

[25] Y. Chen, "Bidirectional Controlled Quantum Teleportation by Using Five-Qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 53, No. 5, 2014.

[26] Y. J. Duan, X. W. Zha, X. M. Sun, J. F. Xia, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation via a Maximally Seven-qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.*, Vol. 53, No. 8, 2014.

[27] Y. J. Duan, X. W. Zha, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation via a Six-qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 53, No. 1, 2014.

[28] Y. Chen, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation by Using a Genuine Six-qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 54, No.1, 2015.

[29] J. W. Wang, L. Shu, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation of Qudit State via Partially Entangled GHZ-type States", *Int. J. Modern Phys. B, Condensed Matter Phys.* Vol. 29, No. 3, 2015.

[30] D. Zhang, X. W. Zha, W. Li, Y. Yu, "Bidirectional and Asymmetric Quantum Controlled Teleportation via Maximally Eight-qubit Entangled State", *Quantum Inf. Process.*, Vol. 14, No. 10, 2015.

[31] Sh. Hassanpour, M. Houshmand, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation by Using EPR states and Entanglement Swapping", In 23th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), 2015.

[32] W. Q. Hong, "Asymmetric Bidirectional Controlled Teleportation by Using a Seven-qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 55, No. 6, 2016.

[33] M. H. Sang, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation by using a Seven-qubit Entangled State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 55, No. 1, 2016.

[34] Sh. Hassanpour, M. Houshmand, "Bidirectional Teleportation of a Pure EPR State by using GHZ states", *Quantum Inf. Process.*, Vol. 15, No. 1, 2016.

[35] Y. H. Li, X. M. Jin, "Bidirectional Controlled Teleportation by Using Nine-qubit Entangled State in Noisy Environments", *Quantum Inf. Process.*, Vol. 15, No. 2, 2016.

[36] Y. H. Li, L. P. Nie, X. L. Li, M. H. Sang, "Asymmetric Bidirectional Controlled Teleportation by Using Six-qubit Cluster State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 55, No. 6, 2016.

[37] MS SadeghiZadeh, M Houshmand, H Aghababa. "Bidirectional Teleportation of a Two-Qubit State by Using Eight-Qubit Entangled State as a Quantum Channel", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 55, No. 7, 2016.

[38] MS SadeghiZadeh, M Houshmand, H aghababa. "Bidirectional Quantum Teleportation of a Class of n-Qubit States by Using $(2n + 2)$ -Qubit Entangled States as Quantum Channel", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 57, No. 1, 2017.

[39] مجتبی مهدوی، شاهرخ سماوی، الهه خدامی، "پنهان نگاری وقتی بر اساس پیچیدگی نسبی فیلترها در تصاویر دو سطح" دوره ۶، شماره ۱-۱ (۱۳۸۸).

[40] علی آقا گل زاده، مهدی نوشیان، احسان نامجو، "چند بخشی اطلاعات ویدیویی کد شده با H/264 در شبکه‌های نامگن مبتنی بر کدینگ منابع چند پایه‌ای" دوره ۱۲، شماره ۲- (۱۳۸۸-۷).

[1] M. A. Nielsen, I. L, "Quantum computation and quantum information", Chuang, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.

[2] C. H. Bennet, G. Brassard, C. Crepeau, R. Jozsa, A. Peres, W. K. Wothers, "Teleporting an Unknown Quantum State via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels", *Phys. Rev. Lett.* Vol. 70, No. 2, 1993.

[3] W. B. Cardoso, "Teleportation of GHZ-states in QED-Cavities without the Explicit Bell-state Measurement", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 47, No. 4, 2008.

[4] B. S. Shi, A. Tomita, "Teleportation of an Unknown State by W state", *Phys. Lett. A.* Vol. 296, No. 4, 2002.

[5] K. Yang, L. Huang, W. Yang, F. Song, "Quantum Teleportation via GHZ-like State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 48, No. 26, 2009.

[6] D. Tian, Y. Tao, M. Qin, "Teleportation of an Arbitrary Two-qudit State based on the Non-maximally Four-qudit Cluster state", *Science in China Series G: Physics, Mechanics*

[7] S. Q. Tang, C. J. Shan, X. X. Zhang, "Quantum Teleportation of an Unknown Two-atom Entangled State Using Four-atom Cluster State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 49, No. 8, 2010.

[8] P. Agrawal, A. Pati, "Perfect Teleportation and Super Dense Coding with W States", *Phys. Rev. A.* Vol. 74, No. 3, 2006.

[9] Y. Y. Nie, Y. H. Li, J. C. Liu, M. H. Sang, "Perfect Teleportation of an Arbitrary Three-qubit State by Using W-class States", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 50, 2011.

[10] C. W. Tsai, T. Hwang, "Teleportation of a Pure EPR State via GHZ-like State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 49, No. 8, 2010.

[11] K. Nandi, C. Mazumdar, "Quantum Teleportation of a Two Qubit State Using GHZ-Like State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 53, No.4, 2014.

[12] A. Karlsson, M. Bourennane, "Quantum Teleportation Using Three-particle Entanglement", *Phys. Rev. A.* Vol. 58, No. 2, 1998.

[13] C. P. Yang, S. Y. Han, "A Scheme for the Teleportation of Multi-qubit Quantum Information via the Control of Many Agents in a Network", *Phys. Lett. A.* Vol. 34, No. 2, 2005.

[14] F. G. Deng, C. Y. Li, Y. S. Li, H. Y. Zhou, Y. Wang, "Symmetric Multiparty-controlled Teleportation of an Arbitrary Two-particle Entanglement", *Phys. Rev. A.* Vol. 72, No. 3, 2005.

[15] Y. H. Wang, H. S. Song, "Preparation of Partially Entangled W State and Deterministic Multi-controlled Teleportation", *Opt. Commun.* Vol. 281, No. 3, 2008.

[16] X. W. Wang, Y. H. Su, G. J. Yang, "Controlled Teleportation Against Uncooperation of Part of Supervisors", *Quantum Inf. Process.* Vol. 8, No. 4, 2009.

[17] T. Y. Wang, Q. Y. Wen, "Controlled Quantum Teleportation with Bell States", *Chin. Phys. B.* Vol. 20, No. 4, 2011.

[18] X. W. Zha, Z. C. Zou, J. X. Qi, H. Y. Song, "Bidirectional Quantum Controlled Teleportation via Five-Qubit Cluster State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 52, No. 6, 2013.

[19] A. Yan, "Bidirectional Controlled Teleportation via Six-Qubit Cluster State", *Int. J. Theor. Phts.* Vol. 52, No. 11, 2013.

[20] X. M. Sun, X. W. Zha, "A scheme of bidirectional quantum controlled teleportation via six-qubit maximally entangled state", *Acta. Photonica. Sinica.* Vol. 48, No. 3, 2013.

[21] Y. H. Li, L. P. Nie, "Bidirectional Controlled Teleportation by Using a Five-Qubit Composite GHZ-Bell State", *Int. J. Theor. Phys.* Vol. 52, No. 5, 2013.

[22] C. Shukla, A. Baerjee, A. Pathak, "Bidirectional Controlled Teleportation by Using 5-Qubit States: A

[41] محمود مقیمی، حسین اکبری پور، محمدرضا امین ناصری، " طراحی سیستم خبره به منظور تشخیص حمله‌های فیشینگ در بانکداری الکترونیکی " دوره ۱۲، شماره ۲- (۷-۱۳۹۴).

[42] Huelga, Susana F., Martin B. Plenio, and Joan A. Vaccaro. "Remote control of restricted sets of operations: teleportation of angles." *Physical Review A*, Vol. 65, No. 4, 2002.

[43] Sangchul Oh, Soonchil Lee, and Hai-woong Lee. Fidelity of quantum teleportation through noisy channels. *Physical Review A*, Vol. 66, No. 2:022316, 2002.

[44] Eylee Jung, Mi-Ra Hwang, You Hwan Ju, Min-Soo Kim, Sahng-Kyoon Yoo, Hungsoo Kim, DaeKil Park, Jin-Woo Son, S Tamaryan, and Seong-Keuck Cha. "Greenberger-horne-zeilinger versus w states: quantum teleportation through noisy channels". *Physical Review A*, Vol. 78, No. 1, 2008.

¹Quantum Teleportation

²Controlled Quantum Teleportation

³Bidirectional Quantum Teleportation

⁴Controlled Bidirectional Quantum Teleportation

⁵Quantum Remote Control