



Se logra transferir de forma segura imágenes codificadas con alfabetos más extensos a través de una red cuántica

Un equipo internacional de investigadores realizan el transporte cuántico de información con la mayor dimensionalidad hasta la fecha. Han utilizado una configuración inspirada en la teleportación para que la información no viaje físicamente entre las dos partes que se comunican.

December 14, 2023

La revista Nature Communications ha publicado recientemente una investigación realizada por un equipo internacional de científicos de la Universidad de Witwatersrand (WITS, Johannesburgo, Sudafrica) y ICFO - Instituto de Ciencias Fóticas, que demuestra el transporte de una imagen impresa en un haz de luz a través de una red sin enviar físicamente la imagen, un paso importante hacia la realización de una red cuántica para la transmisión de información escrita con un alfabeto de alta dimensión.

La comunicacion cuantica a largas distancias es una parte esencial en la seguridad de la informacion y se ha demostrado con estados bidimensionales (qubits) en distancias muy largas entre satelites. Esto puede parecer suficiente si lo comparamos con su contraparte clasica, es decir, enviar bits que se pueden codificar en 1 (senal) y 0 (sin senal), uno a la vez. Sin embargo, la optica cuantica nos permite aumentar el alfabeto y poder describir sistemas mas complejos de forma segura en un solo envio, como una huella digital unica o un rostro.

"Tradicionalmente, dos entidades se comunican entre si enviando fisicamente informacion de una a otra, incluso en el ambito cuantico", comenta el profesor Andrew Forbes, el investigador principal de la Universidad de Wits. "Ahora es posible teleportar informacion para que nunca viaje fisicamente a traves de la conexion: una tecnologia de "Star Trek" hecha realidad".

Hasta ahora, la teletransportacion solo se habia demostrado entre dos partes utilizando alfabetos de baja dimension, lo que requiere varios fotones entrelazados para enviar imagenes complejas.

En este estudio, el equipo realizo la primera demostracion experimental del transporte cuantico de estados de alta dimension con solo dos fotones entrelazados como recurso cuantico, lo que dio como resultado que la informacion pareciera ser "teleportada" del emisor al receptor. Para avanzar, el equipo utilizo un detector optico no lineal que evita la necesidad de fotones adicionales, pero funciona para cualquier "patron" que deba enviarse. Con su tecnica, **los científicos Informan sobre un nuevo protocolo de comunicacion de ultima generacion que puede enviar informacion escrita en un alfabeto de 15 dimensiones, con un esquema escalable a dimensiones aun mayores, allanando el camino para conexiones de redes cuanticas con mayor capacidad de informacion.**

En su experimento, los investigadores idearon una forma elegante de transferir de forma segura informacion espacial de alta dimension entre dos partes, nuestros famosos Alice y Bob, utilizando un esquema inspirado en la teleportacion. A diferencia de experimentos anteriores que habian teleportado con exito estados tridimensionales (usando entrelazamiento de trayectorias), requiriendo desafortunadamente la ayuda de fotones entrelazados adicionales, aqui el equipo uso una fuente de luz y dos fotones entrelazados, que forman el canal cuantico.

Primero, codificaron la informacion para ser teleportada dentro de una "fuente de luz estampada" con un alfabeto conteniendo 15 elementos. Paralelamente crearon un par de fotones entrelazados en estas 15 dimensiones. Del par de fotones, el segundo foton entrelazado viajo de Bob a Alice y se midio la interaccion con la fuente de luz modelada en

Alice con un detector espacial no lineal, a través de lo que se conoce como Medición del Estado de Bell (BSM). El efecto de esta medición fue mezclar los estados del segundo fotón y de la fuente de luz en un segundo cristal no lineal y realizar una proyección espacial particular sobre el fotón único resultante de esa medición. Ahora bien, gracias a que el primer y el segundo fotón estaban entrelazados al principio, es decir, su estado conjunto estaba altamente correlacionado, el resultado del BSM generó la transferencia de la información codificada de la fuente de luz coherente al primer fotón, que había permanecido en Bob y que nunca había estado en contacto con la fuente.

Aplicaciones prácticas en el ámbito bancario

El potencial de este nuevo protocolo de transporte cuántico se ilustra en la figura adjunta. Imagine a un cliente que desea enviar información confidencial a un banco, tal vez una huella digital. En la comunicación cuántica tradicional la información debe enviarse físicamente del cliente al banco, siempre con riesgo de ser interceptado (aunque sea segura). En el esquema de transporte cuántico propuesto recientemente, el banco envía un solo fotón (uno de un par entrelazado) sin información al cliente, quien lo superpone en un detector no lineal con la información que se va a enviar. Como resultado, la información aparece en el banco exactamente como si hubiera sido teleportada allí. Nunca se envía físicamente información entre las dos partes, por lo que el intentar interceptar la señal no tiene sentido, mientras que el vínculo cuántico que conecta a las partes se establece mediante el intercambio de fotones cuánticos entrelazados.

"Este protocolo tiene todas las características de la teleportación excepto por un ingrediente esencial: requiere el uso de un rayo láser intenso para que el detector no lineal sea eficiente, de modo que el remitente pueda saber que se va a enviar, pero no necesita saberlo", explica Forbes. "En este sentido, no se trata estrictamente de teleportación, pero podría serlo en el futuro si el detector no lineal pudiera hacerse más eficiente". Incluso tal como está ahora, abre un nuevo camino para conectar redes cuánticas, marcando el comienzo de la óptica cuántica no lineal como recurso.

"Esperamos que estos resultados que validan la viabilidad del proceso motiven nuevos avances en el campo de la óptica no lineal, superando los límites hacia una implementación cuántica completa", afirma el Dr. Adam Valles del ICFO (Barcelona), uno de los líderes del proyecto que trabajó sobre el experimento durante su beca postdoctoral en Wits. "Debemos ser cautelosos ahora, ya que esta configuración no podría evitar que un remitente engañoso conserve mejores copias de la información para ser teleportada, lo que significa que podríamos terminar con muchos clones del Sr. Spock en el mundo de Star Trek si eso es lo que Scotty quería. Desde un punto de vista práctico, la configuración que demostramos actualmente ya se puede utilizar para establecer un canal seguro de alta dimensión para comunicaciones cuánticas entre dos partes, siempre que el protocolo no necesite alimentarse con fotones individuales, como sería el de los repetidores cuánticos¿?"

Reconocimiento a la investigación de doctorado

Valles añade: "Realizar tales experimentos de prueba de concepto con la tecnología actualmente disponible ha sido una aventura interesante, y debemos agradecer a la Dra. Berenice Sephton de Wits por su determinación y sus habilidades extraordinarias para domar un experimento tan monumental. Este es un verdadero esfuerzo experimental por el cual se la debe elogiar."

Forbes se hace eco de este sentimiento: "Este fue un experimento heroico y la Dra. Berenice Sephton debe ser reconocida porque fue ella quien hizo que el sistema funcionara y realizó los experimentos clave."

El equipo planea seguir trabajando en esta dirección y el siguiente paso se centrará en el transporte cuántico a través de una red de fibra óptica.

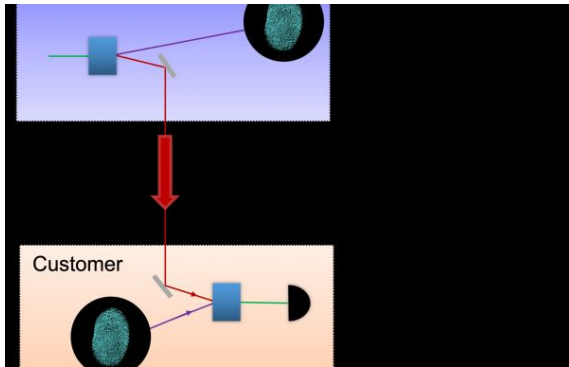


Illustration of the scheme's potential