

# Se logra transferir de forma segura imagenes codificadas con alfabetos mas extensos a traves de una red cuantica

## Un equipo internacional de investigadores realizan el transporte cuantico de informacion con la mayor dimensionalidad hasta la fecha. Han utilizado una configuracion inspirada en la teleportacion para que la informacion no viaje fisicamente entre las dos partes que se comunican.

December 14, 2023

La revista Nature Communications ha publicado recientemente una investigacion realizada por un equipo internacional de cientificos de la Universidad de Witwatersrand (WITS, Johanesburgo, Sudafrica) y ICFO - Instituto de Ciencias Fotonicas, que demuestra el transporte de una imagen impresa en un haz de luz a traves de una red sin enviar fisicamente la imagen, un paso importante hacia la realizacion de una red cuantica para la transmision de informacion escrita con un alfabeto de alta dimension.

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 cientificos 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 fuenta 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 traves de lo que se conoce como Medicion del Estado de Bell (BSM). El efecto de esta medicion fue mezclar los estados del segundo foton y de la fuente de luz en un segundo cristal no lineal y realizar una proyeccion espacial particular sobre el foton unico resultante de esa medicion. Ahora bien, gracias a que el primer y el segundo foton estaban entrelazados al principio, es decir, su estado conjunto estaba altamente correlacionado, el resultado del BSM genero la transferencia de la informacion codificada de la fuente de luz coherente al primer foton, que habia permanecido en Bob y que nunca habia estado en contacto con la fuente.

**Aplicaciones practicas en el ambito bancario**

El potencial de este nuevo protocolo de transporte cuantico se ilustra en la figura adjunta. Imagine a un cliente que desea enviar informacion confidencial a un banco, tal vez una huella digital. En la comunicacion cuantica tradicional la informacion debe enviarse fisicamente del cliente al banco, siempre con riesgo de ser interceptado (aunque sea segura). En el esquema de transporte cuantico propuesto recientemente, el banco envia un solo foton (uno de un par entrelazado) sin informacion al cliente, quien lo superpone en un detector no lineal con la informacion que se va a enviar. Como resultado, la informacion aparece en el banco exactamente como si hubiera sido teleportada alli. Nunca se envia fisicamente informacion entre las dos partes, por lo que el intentar interceptar la senal no tiene sentido, mientras que el vinculo cuantico que conecta a las partes se establece mediante el intercambio de fotones cuanticos entrelazados.

"Este protocolo tiene todas las caracteristicas de la teleportacion excepto por un ingrediente esencial: requiere el uso de un rayo laser 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 teleportacion, pero podria serlo en el futuro si el detector no lineal pudiera hacerse mas eficiente". Incluso tal como esta ahora, abre un nuevo camino para conectar redes cuanticas, marcando el comienzo de la optica cuantica no lineal como recurso.

"Esperamos que estos resultados que validan la viabilidad del proceso motiven nuevos avances en el campo de la optica no lineal, superando los limites hacia una implementacion cuantica completa", afirma el Dr. Adam Valles del ICFO (Barcelona), uno de los lideres del proyecto que trabajo sobre el experimento durante su beca postdoctoral en Wits. "Debemos ser cautelosos ahora, ya que esta configuracion no podria evitar que un remitente enganoso conserve mejores copias de la informacion para ser teleportada, lo que significa que podriamos terminar con muchos clones del Sr. Spock en el mundo de Star Trek si eso es lo que Scotty queria. Desde un punto de vista practico, la configuracion que demostramos actualmente ya se puede utilizar para establecer un canal seguro de alta dimension para comunicaciones cuanticas entre dos partes, siempre que el protocolo no necesite alimentarse con fotones individuales, como seria el de los repetidores cuanticosi¿?

**Reconocimiento a la investigacion de doctorado**

Valles anade: i¿½Realizar tales experimentos de prueba de concepto con la tecnolog
a actualmente disponible ha sido una aventura interesante, y debemos agradecer a la Dr
. Bereneice Sephton de Wits por su determinacion y sus habilidades extraordinarias pa
a domar un experimento tan monumental. Este es un verdadero esfuerzo experimental por
l cual se la debe elogiari?

½. Forbes se hace eco de este sentimiento: "Este fue un experimento heroico y la Dra. Beren
ice Sephton debe ser reconocida porque fue ella quien hizo que el sistema funcionara y rea
izo los experimentos cla

e". El equipo planea seguir trabajando en esta direccion y el siguiente paso se centrara e
el transporte cuantico a traves de una red de fibra optica.

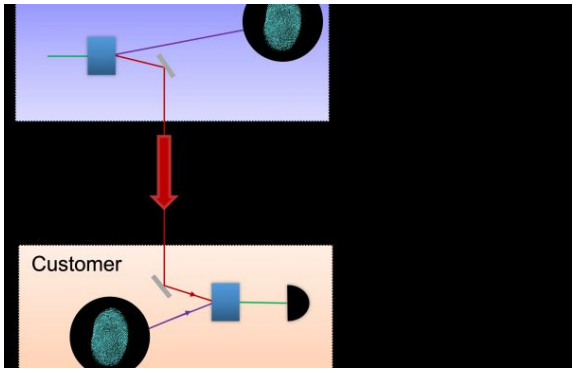



Illustration of the scheme?s potential