

本刊记者/李娜

量子通信时代来临?

对于建立联系的渴求,使得人类一直在追求更加快捷高效的通信方式。从人工时代的鸿雁传书,到光电时代的电报机、电话机,再到微电子时代的电子邮件,通信技术可谓一日千里。如今,当人们正置身于电子通信的海洋中时,一种全新的通信技术正在不断实现突破——微电子技术或许正在走向物理极限,具有神奇色彩的量子通信技术有望开辟一个全新的信息时代。

中国科学技术大学(中国科大)上海研究院潘建伟院士领导的实验小组2012年8月9日在《自然》杂志上发表了一组最新研究进展。他们在海拔3200米的青海湖,利用量子通信技术在自由空间内,在累计4个小时内以量子态隐形传输的方式向97公里外远距离成功传输1100多个光子态,从而首次通过地基实验坚实地证明了实现基于卫星的全球量子通信网络的可行性。

实验的本质突破: 从二光子到多光子

2010年,中国科大和清华大学合作,将量子态隐形传输的距离从先前的数百米记录一步跨越到16公里。此次,中国科大独自实现了97公里的突破,这两次实验自然而然地被联想到一起。但值得注意的是,本次实验的价值并不在于距离突破,而是实验方案的本质不同。

“2010年的16公里和今年的97公里,并不具备可比性,因为这两次实验方案完全不同。”潘建伟实验组成员陈宇翱教授向《科技导报》介绍了此次实验原理。1900年,德国物理学家M. Planck提出:与原子作为一切物质的构成单元一样,“量子”(量子)是能量的最小单元,原子吸收或发射能量也是一份一份地进行的,量子论应运而生。量子通信是以量子态作为信息单元来实现信息的有效传送的。量子通信根据传送类型不同可以分为两种方式,一种是密码模式,用于传送经典信息,比如量子密钥分发,量子身份认证等;另一种是传送量子信息,比如量子态隐形传输等。

此次实验使用的正是量子态隐形传输。1993年美国IBM实验室最早提出量子态隐形传输的理论方案,当时提出的是多光子方案——实验需要超过1对即至少3个以上光子,该方案是未来实现远距离量子通信和分布式量子网络必不可少的环节。1997年维也纳一个实验室实现了IBM的理论方案;1998年罗马的科学家将上述多光子方案简化成只需用1对光子(2个光子)的方案,即把态制备到其中一个光子上去,再通过量子纠缠作用,把这种态传到远处。2010年中国科大和清华大学的合作,使用的就是上述的简化方案。

这一次中国科大使用了多光子方案,顺利完成了97公里的量子态隐形传输。而此前,国外实验室的多光子方案最远通信距离只有1公里。

两大技术亮点: 瞬间移动与自由空间传输

“在经典信息传送中,比如我要传一封信给你,需要扫描一下;而隐形传输则利用了量子纠缠,很神奇地就可以得到想要的量子态。”陈宇翱教授告诉《科技导报》,本组实验的首要亮点是实现了隐形传输,即瞬间移动,这利用了神奇的纠缠现象,一对具有纠缠关系的量子,当一方发生态的变化时,另一方无论相距多远,也会发生相应变化。“形象一点讲,我们的实验模式可以简化为3个光子,光子1和光子2具有纠缠关系,光子1位于发射端,光子2被发射到远处,把代表外来信息的光子3和光子1进行联合测量,之后光子2会变成光子3的状态。简单来讲,就是发射端的态被破坏了,而接收端的态变成了发射端的态。”据悉,本次实验是通过两端的望远镜调整衍射光斑来发射和接收光子的。

除了实现瞬间移动之外,潘建伟实验组还通过独立实验,实现了纠缠量子在自由空间分发距离的量级突破。纠缠分发是验证量子力学基础检验的必要环节,一个长久存在的问题是在多远的距离之间还能继续保持神奇的纠缠现象。国内外研究

组近年来不断探索增加纠缠光子分开距离的方式,但是纠缠光子之间的实际最远距离始终停留在10公里量级。潘建伟研究组通过在收发两端均引入空间激光通信中的自动跟瞄技术,将两个纠缠光子反向分开102公里,在信道总衰减合理的情况下,成功实现超过百公里的量子纠缠分发,在百公里尺度上验证了量子力学和经典力学的矛盾。这项关键技术的突破,是未来迈向空间更远距离量子纠缠分发,以及全球化量子通信的重要一步。

广泛应用还要多久?

与传统通信技术相比,量子通信技术的优势时常见诸报端。解放军通信指挥学院通信发展战略研究所所长孟宝宏曾对媒体如此总结量子通信技术的诸多优势:保密性好——“一次一密”的加密方式,令量子通信所提供的密钥无法被破解;可实现超光速通信,令线路时延为零,不受障碍阻隔;环保,不存在任何电磁辐射污染;可实现远距离通信。不过,新技术从突破到实现应用往往需要很长时间,量子通信技术的推广也将面临一些挑战。

“就量子通信实验来看,虽然这次发展出一个新的纠缠源,其亮度比原来提高了4—5倍,每秒钟产生纠缠光子对的效率相应提高,但就应用而言,亮度还是较低,这导致传一个态给接收端需要很长时间。要解决这个问题就需要发展新技术,比如量子存储技术。不过,目前最好的存储技术离实用化也还有很远的路要走。”值得一提的是,最近潘建伟小组在量子存储的实用化研究上取得了突破,成功实现了3.2毫秒的存储寿命及73%的读出效率的量子存储,该成果为目前国际上量子存储综合性能指标最好的实验结果,朝着实用化的量子存储迈进了一大步。

此外,青海实验保真度为80.49%。“这在实验中算是比较理想,但在实际应用中还不够,需要进行纠缠纯化提高保真度,而这同样在实验室内容易实现,实际应用上比较困难。”陈宇翱告诉《科技导报》。■