

潘建伟团队构建首个星地量子通信网络 覆盖京济庐沪, 已被 Nature 收录

作者 Caleb

2020年12月初,中国科学院院士、中国科学技术大学教授潘建伟,中国科学技术大学教授陆朝阳领导的研究团队带来了光子计算系统“九章”,向世界展示了中国实现的量子优越性。

1月6日,潘建伟团队及其合作者再次推出量子通信方面的重磅成果,首次展现了一个完整的天地一体化量子通信网络,综合通信链路距离长达4600公里。该论文已被Nature收录。

这项成果中展示的量子通信网络由700多个光纤量子密钥分发(QKD)链路,和2个高速“卫星-地面”自由空间QKD链路组成,不仅跨越了4600公里的星地一体的范围,覆盖国内四省三市32个节点,包括北京、济南、合肥和上海4个量子城域网,卫星与地面QKD平均密钥传输速率达到了每秒47.8kb,相较于之前提高了40倍以上。目前该网络已接入金融、电力、政务等行业的150多家用户。

Nature杂志审稿人评价称,这是地球上最大、最先进的量子密钥分发网络,是量子通信“巨大的工程性成就”。新华网也对其进行了报道,称其“标志着我国已构建出天地一体化广域量子通信网络”。

中国科学院院士、中国科学技术大学教授潘建伟接受采访时表示,希望能够建立一个覆盖全国的多横多纵的量子通信网络,这是一方面。另外一方面,为了跟将来远距离的和移动目标很好

地链接,我们希望将来天上有中高轨卫星和低轨卫星组成的这么一个所谓的星座。那么有高轨卫星、低轨卫星构成的星座和地面上的多横多纵的网络连在一起,就可以构建全球化的实用的广域量子通信网络了。

从32厘米到4600公里 构建一个大规模量子广域网络

1989年,当首个量子密钥分发(QKD)实验在IBM实验室内实现,线路只有32厘米,而且因设备操作时会发出噪音,被调侃为只有聋子才破解不了量子保密通信。

如今,在“墨子号”量子通信实验卫星和“京沪干线”的串联下,中国已经实现了4600公里的量子保密通信网络。

在这个过程中,尽管之前的实验已经证明了小规模量子城域网和关键服务的可行性,但建设实用的大规模量子广域网络仍需克服几大挑战,比如如何兼容与连接大规模区域内分布式用户的各种拓扑结构,如何解决基本的网络结构和管理方法,以及如何保证已知或潜在的安全性等等。

针对此,潘建伟团队演示了上转换单光子探测器、密集波分复用、高效顶底传输、实时后处理和监控等核心技术,最重要的是对抗已知的量子攻击。

量子密钥的特点在于它是编码在光子的量子态上。而依据量子不可克隆定理,一个未知的量子态不能够被精确地复制,一旦被测量也会被破坏,也就是说,如果有人试图窃取并自行读取量子

密钥,一定会被发现。

不过,除了确保安全之外,不可复制也有坏处,即工程上无法像电信号一样被增强,光子通过长距离光纤传输,必然会产生损耗,再加上环境噪音的影响。目前现实世界条件下两个地面用户之间直接通过光纤分发量子密钥,最远距离只能达到约100公里。

在量子中继器技术尚未成熟的情况下,距离长达2000公里的世界首条量子保密通信干线“京沪干线”沿途设置了32个中继站点进行“接力”,通过人工值守、网络隔离等手段保障中继站点内的信息安全。

这2000公里的星地QKD距离相应的覆盖角度为170度,几乎是整个天空。南山地面站里的远程用户可以与“京沪干线”上的任一节点进行QKD,无需额外的地面站或光纤链路。

星地量子通信网络如何传递信息

这4600公里的量子通信网络是怎么来的呢?

中国科学技术大学教授陈宇翱在接受采访时表示,它覆盖的面积实际上是从北京到上海,光纤总长是2000多公里,另外我们通过卫星连到了乌鲁木齐,那么这个横跨了2600公里,所以我们叫跨越4600公里的天地一体化的量子通信网络。

换句话说,网络内任意一个用户就可以实现最长达到4600公里的量子保密通信。

根据论文介绍,地面上的量子保密通信光纤网络已经在为150多名用户提

供服务。但具体而言,量子通信网络架构和管理到底是怎么进行的呢?

假设北京用户想要传输信息,计算机向密钥管理系统发送请求密钥的命令,并向路由器寻找经典信息传输的经典路径。

密钥管理系统检查密钥是否足够,如果是,那就是将密钥发送到计算机,否则,它将向量子系统服务器发送生成更多密钥的命令。

量子系统服务器将命令发送至量子控制系统,找到最佳的密钥生成路径,发送生成密钥的命令。密钥在量子物理层中生成,储存在量子管理系统。使用密钥对消息进行编码或解码之后,信息可以安全地传输给上海的用户。

量子通信竞争激烈,对现有系统安全性起到促进作用

当然这些成果并非一蹴而就。

比如“墨子号”量子科学实验卫星,该项目于2011年12月立项,是中科院空间科学先导专项首批科学实验卫星之一。2016年8月发射升空后,“墨子号”在国际上率先实现了千公里级的星地双向量子纠缠分发、高速星地量子密钥分发、星地量子隐形传态等实验。

而“京沪干线”项目自2013年7月立项、2017年9月29日开通以来,先后突破了高速量子密钥分发、高速高效率单光子探测、可信中继传输和大规模量子网络管控监控等系列工程化实现的关键技术。

据陈宇翱介绍,“京沪干线”开通之后,以满足通信行业标准的无间断运

行至今,其稳定性得到了充分验证。其间,研究团队针对量子信道展开了大量安全性测试,证明其可抵御目前已知的所有量子黑客的攻击。

在国际上,欧美在量子通信上的研究也卓有成效。2020年,美国发布《量子网络战略愿景》和《量子互联网国家战略蓝图》,其中《量子网络战略愿景》提出,“未来5年,美国将展示实现量子网络的基础科学和关键技术,从量子互连、量子中继器、量子存储器到高通量量子信道,以及洲际天基纠缠分发”。

在欧盟的量子旗舰计划《战略研究议程》中明确指出,“3年愿景是利用QKD协议和具有可信中继节点的网络实现全球范围的安全密钥分发,6-10年愿景是使用量子中继器在光纤上实现800公里以上的量子通信”。

既然如此,我们不禁想问,量子通信的实现对于现有通信网络会造成什么影响呢,对此潘建伟表示,量子加密通信并不是要颠覆或者取代现有的通信方式,反而可以大幅提升现有系统的安全性。

目前,广域量子通信网络的雏形已基本形成。未来,在此基础上,可进一步推动量子通信在金融、政务、国防、电子信息等领域的广泛应用。

同时,地面网络与量子卫星的结合,也将为超大尺度量子干涉的相关实验提供有力基础,如探索量子力学与广义相对论融合等问题,也为量子引力的基础检验和用于计量应用的大规模干涉测量提供了可能。[4]

科学家用“冰”做了辆科考机器人,南极火星都能跑

作者 Mickey

不久前,北京低温跌破21世纪最低纪录,达到零下20度。泼水成冰不只是东北的独有景观,北京的小伙伴也体验了一把快乐。

而且,青岛海浪被冻住还上了热搜。作为最常见的物理现象,“冰”是我们身边常见又陌生的材料,做冰屋、刻冰雕,也是人们一直以来喜闻乐见的活动。

不过,在科学家的眼中,冰又有不一样的用途。

最近,来自费城宾夕法尼亚大学GRASP实验室的科学家Devin Carroll和Mark Yim就用“冰”这种材料做了一项有趣的操作——一辆能自己给自己换轮子、修外壳的科考车。

听起来似乎非常炫酷,但文摘菌看到的雏形还是失望了一把。冰做出的车身非常简陋,身上还背着两块电路板虽然看起来个头小,但是动起来还是非常灵活,可以在各种地形行进,进行需要完成的动作。比如斜坡上行。或者是推开挡住自己前行的障碍物,继续往前走。

科学家解释称,目前放出的视频中的“迷你冰车”还是个设计雏形,未来,更大的冰车可以承载重要的考察任务,去南极或者火星上进行考察探索。

目前,这一研究论文已经被IROS 2020智能机器人与系统国际峰会(IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems)收录。

科考车为啥要用冰做?

看到这里,你可能和文摘菌一样有

个疑问,科考车为啥非要用水做?说好的先进的太空纳米材料呢?

回答这个问题之前,我们先看看传统的科考车都啥样?

2020年7月份,我国首次火星探测任务“天问一号”探测器的火星车,使用的热控材料是新型保温材料——纳米气凝胶,因为火星表面有稀薄的大气,必须针对这一特殊的太空环境采用新的保温材料。纳米气凝胶很轻,有非常好的隔热性能。此外,火星车还采用了铝蜂窝夹层、铝基碳化硅、复合纤维材料等多种新材料。

这些科考车的外壳虽然坚固轻薄,但是都面临一个很大的问题,坏了之后因为缺乏材料很难修复。

其实,科考车的故障并不会特别复杂,很可能是由于行进过程中的意外障碍碰撞导致的简单问题。

如果在修理站,稍微修复就能继续使用,但是由于这些机器人不是为维修而设计的,送回修理的费用很高。并且,即使“火星漫游者”确实有能力在磨损后更换自己的轮子,但这些罕见的复合纤维材料在火星、南极都非常难以获取。所以一旦损坏,即使是微小的问题,这些探索车都很有可能被废弃。

因此,寻找必要的材料以保持机器人在极端环境中运行,成为了科考机器人研究者们的重要课题。

过去的这些年,科学家们已经设法很好地解决了电源问题,通常利用太阳能就能保持其动力供给。

虽然不能用太阳能来制造轮子,但是可以用遍布整个太阳系的另一种易得材料制造轮子和其他结构部件——冰。

冰这种材质的优点显而易见,坚固、易得、容易粘黏调整。并且,冰遍布整个太阳系,勘探机器人可以将其用作消耗类结构材料。

“Mark和我开始探索用新型材料建造机器人的想法,以此为在远程或敌对环境运行的机器人系统增加鲁棒性,其次要目标是降低系统成本,”冰车创始人Carroll在接受IEEE采访时称,“我们最终确定了冰这种材料。气候变化使许多人对南极和冰盖感兴趣,而美国国家航空航天局(NASA)和其他太空探索团体则在向恒星寻求冰和水。因此,冰是最合逻辑的选择。”

目前,费城宾夕法尼亚大学GRASP实验室已经开始了用冰制造机器人的工作,不过他们也承认,无法用冰制造制动器、电池或其他电子产品,而且冰永远不会像软、碳纤维或任何其他材料那样高效地用作结构材料。

但是冰可以在很多不同的地方找到,而且冰的修改方式也非常独特——加热可以用来切割和雕刻冰,也非常容易粘合起来。

科考冰车在哪里可以工作?

IROS的论文探讨了使用增材制造和减材制造工艺从冰制造机器人结构部件的不同方法,目的是为能展现“自我重构、自我复制和自我修复”的机器人开发一种概念。”

那么,什么样的环境可以使用一台科考“冰”车呢?

科学家们假设,这台机器人会在有冰的环境中运行,首先环境温度足够冷以使冰保持稳定,其次,还足够冷以

使机器人产生的热量不会导致结冰。

对于冰材料的打磨雕刻,对比了雕刻、3D打印和CNC加工后,研究小组发现,用钻头切冰是最节能、最有效的方法,不过还是需要找到一种方法处理打磨过程中产生的废水和冰刨花,以防它们在不需要的地方冻结粘连。

当然,有时重新冻结又是需要的,因为这是执行诸如放置执行器并将一个零件连接到另一零件的操作。

科研小组目前给这台车的定位是:一台在南极进行科考的机器人,重6.3公斤。这是一台手工制作的车型模型,研究人员大多只是希望用这个雏形表明,冰制机器人也可以移动,并且即使在室温下,零件也不会掉落。

科学家称,这台车距离要实现被定义自我重置、自我复制和自我修复功能,还有很长的路要走,但研究人员正在研究之中。

比如,制造机器人并将其安全地运送到现场还存在一些复杂问题。“如果我们先建造它,然后将其运送到部署现场,则必须在整个过程中保持低温;而如果我们部署现场制造,则还必须随系统一起运送制造现场,这会增加与系统相关的总体金钱和能源成本系统。”Carroll称。

出自机器人鼻祖GRASP Lab

研发出这台“冰车”的宾夕法尼亚大学GRASP Lab成立于1979年,是一流的机器人孵化器,专注于视觉、感知、控制系统、自动化和机器学习方面的基础研究。

1961年,机器人技术走出了科幻小

说,进入了现实世界。佩恩工程学院内米罗夫斯基家族院长维杰·库马尔(Vijay Kumar)曾在机械工程和应力学、计算机与信息科学以及电气与系统工程系任职,他说通用汽车安装了第一台机器人来处理当年的钢锭。当年的工业机器人还是笨拙的机器,必须用螺栓固定在车间。

直到1980年代,工程师首次开始使机器人移动(增加腿部或轮子),让机器人能够完成任务,就是从GRASP Lab开始的。从那时起,“机器人可以进入应用程序,整个世界都有可能成为机器人实验室。”

发展近四十年来,GRASP Lab已经成为了专业的机器人研究机构,同时孵化了不少创新机构项目。除了机器人科考冰车,GRASP Lab还孵化过带尾双足机器人,从袋鼠、老鼠身上汲取了灵感,机器人具有准静态(将尾巴用作支撑)和动态平衡(当尾巴在空中时,机器人可以运行或跳跃但不能站立)的能力,以及敏捷的过渡运动(如跳跃和转弯);康复机器人,价格合理新型治疗设备——机器人,辅助残疾人康复训练等。[4]

