

视觉中国供图

## 多国加紧部署量子互联网,相继推出建设计划

# 量子互联网时代就要来了?

本报记者 刘震

近日,美国能源部发布了题为《建立全国量子网 引领通信新时代》的报告,提出10年内建成全国量子互联网的战略蓝图,并希望借此确保美国处于全球量子竞赛前列,引领通信新时代。

美国能源部方面称,量子互联网利用量子

力学定律,能比现有网络更安全地传输信息,“几乎不可破解”,未来将对科学、工业以及国家安全的关键领域产生深远影响。

消息一出,就引发了众多疑问:量子互联网究竟是什么?它将给世界和我们的日常生活带来哪些影响?在发展量子互联网的道路上,会遇到哪些“拦路虎”?

## 信息无法被窃取复制,安全系数最高

上海交通大学集成量子信息技术研究中心(IQIT)主任金贤敏解释说,量子互联网由大规模分布的量子节点和链接各个节点的量子信道组成,用于实现各类量子增强的通信、计算和计量等技术。“一直以来,实际可用的量子互联网是量子信息科学领域追寻的目标之一。”金贤敏说。

早在2018年,《科学》杂志就曾发表文章《量子互联网:发展愿景》,其中描述了量子通信网络的发展蓝图。文章称,量子互联网不是现有互联网的简单替代,而是为其加上“盾牌”的新型基础设施。中国量子通信领域的领军人物、中国科学院院士潘建伟2019年在接受媒体采访时也提到了量子互联网,他说:“众所周知,互联网是用于传递、处理和存储经典信息的全球性系统。量子互联网则可以对量子信息进行同样的传递、处理和存储。量子比特和量子纠缠(量子比特互相关联的状态)将是量子互联网的基本资源。”

美国能源部的报告中提到,由于量子互联网具有特殊的访问方式,每一次访问都会留下不可磨灭的“痕迹”,因此其被称为“最安全的互联网”。据潘建伟解释,从实际应用的角度来看,量子互联网的首要任务是以一种无条件安

全的方式进行全球性的密钥共享,如果将随机产生的密码编码在光子的量子态上,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,一旦被测量就会被破坏。因此,一旦有人窃取并试图自行读取量子密钥,就一定会被发现。

据了解,量子互联网不仅可用来传输加密信息,还能支持基于云的量子计算,有望在多个领域大显身手。美国能源部的报告显示,其筹备建设的量子互联网将首先应用于银行和医疗服务部门,未来还有望在国防安全和飞机通信领域施展拳脚。报告中还提到,“最终,手机内使用量子网络技术可能会对每个人的生活带来广泛影响”。

另外,创建超级灵敏的量子传感网络还有助于更好地检测和预测地震,或者寻找地下的石油、天然气或者矿产。

据专家介绍,量子互联网是一步一步向前演进的,不断把量子计算、量子传感、测量等各类功能融入进来,最终的目标是形成包括量子安全网络、分布式量子计算和量子传感网络在内的“全量子网络”。美国能源部在报告中称,人们正在形成一个共识——量子互联网是21世纪最重要的技术前沿之一。

## 引发全球关注,各国竞相布局

鉴于量子互联网安全性高、应用领域广泛的特点,全球多个国家都在研发这种新型通信方式。

据悉,今年2月,美国能源部阿贡国家实验室和芝加哥大学的科学家在芝加哥郊区成功建立了一个52英里的纠缠光子“量子环”,这是美

国迄今最长的陆基量子网络之一。该网络很快将与能源部费米实验室连接,构成一个80英里的三节点试验平台。此外,石溪大学和布鲁克海文国家实验室联手劳伦斯伯克利国家实验室,已经搭建了一个80英里长的量子网络试验平台,同时正积极进行网络的扩展工作。

量子互联网也吸引了其他国家的关注。荷兰、加拿大、日本、韩国、俄罗斯等国以及欧盟也在加紧部署量子网络建设。

2016年5月,欧盟就提出了“欧洲量子技术旗舰计划”,总投资约10亿欧元,主要目标之一就是利用10年时间建成量子互联网。

此外,据俄罗斯《消息报》网站今年4月份报道,俄罗斯将利用俄罗斯铁路公司的基础设

## 走向实用化,关键在中继器

然而,量子互联网的发展之路并非一条坦途。

金贤敏指出:“对于量子互联网发展中的挑战,科学家们一直致力于解决两个关键问题,一是光子通过长距离光纤传输,在传播中的损耗会随距离呈指数型增加;二是光子态的产生具有概率性。这两个问题使得量子互联网的实际运行效率很低。”

据了解,量子互联网需要量子通信、量子精密测量、量子计算等领域全方位的突破。金贤敏表示,从长远来看,将真正的全量子互联网推向实用化的关键仍然在于量子中继器。

简单来说,处于纠缠态的两个量子不论相距多远都存在一种关联,其中一个量子状态发生改变(比如人们对其进行测量),另一个的状态会瞬时发生相应改变。假设信息的接收方和发送方各有一个光子,它们各自派出一个与之纠缠的光量子作为“中介”,让两个“中介”光子在中继器纠缠起来,那么两个留下的光子也会形成纠缠关系。

在信息通信领域中,量子中继器是一个广泛的概念,它就像信息高速公路上的“加油站”,主要通过纠缠交换、纠缠纯化和量子存储等基本技术实现对量子态的纠缠操纵,帮助信息传输到更远的距离,从而突破量子通信距离的限制。

施打造量子互联网平台,该平台试验区将在2021年启动,金融机构、国家集团、生产企业和基础设施可能成为首批用户。

近年来,我国也在大力发展量子通信技术,并在量子通信领域取得了举世瞩目的成就:2017年,全长2000余公里的世界首条量子保密通信骨干线路“京沪干线”项目通过总技术验收;今年6月,中国科学技术大学潘建伟研究团队利用全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”,在国际上首次实现基于纠缠的无中继千公里级量子保密通信。

金贤敏认为,这些成就对于我国构建量子互联网具有重要意义,同时也标志着我国量子互联网的研究与发展已经处于国际先进水平。

今年3月,哈佛大学和麻省理工学院的研究人员在《自然》杂志发表了一项研究成果,其中提到,从本质上讲,量子中继器是一种小型的专用量子存储设备,它必须能够有效地捕获和处理量子信息,并将其存储足够长的时间,以将信息传输至数千公里之外。

金贤敏研究团队一直致力于量子中继器走向实用化的关键问题研究,并实现了一种混合架构的、可在室温下运行的宽带量子存储网络,这对于量子互联网的实际应用具有重要意义。据介绍,该成果已于今年上半年在《科学》杂志刊《科学进展》上发表。

金贤敏进一步指出:“构建可实际应用的量子存储,挑战来自于需要同时满足高存储带宽、长寿命、高效率和低噪音等指标,更重要的是能够在室温条件下工作,这是艰难而又意义深远的。”

在量子技术日趋成熟和接近商用的今天,我国的量子技术研究不断取得突破。“未来,我们期待充分挖掘基于实际可用的量子中继器的量子互联网,能够通过构建更多节点和提升节点性能的方式,使得量子互联网具有完全可扩展性和丰富的量子信息处理能力。通过共同努力,最终实现全球量子互联网。”金贤敏如是说。

# 互联网进入下半场,确定性成刚需

本报记者 张晖

“现在在互联网开始进入下半场,从消费领域逐步进入到实体经济,例如工业互联网、能源互联网等都在加紧建设。现在技术上遇到一个很大的挑战,因为传统互联网是‘尽力而为’去传输数据的一种架构,能传好就传好,一次不行就两次。但是在实体经济当中不允许这样。因此,确定性是未来网络的刚性需求。”

近日,在南京举行的第四届未来网络发展大会上,中国工程院院士、紫金山实验室主任兼首席科学家刘韵洁,在发布全球首个确定性广域网创新试验成果时说道。

## 确定性网络可满足绝大多数需求场景

据了解,广域网指的是连接不同地区局域网或城域网计算机通信的远程网,通常跨越很大的物理范围,所覆盖的范围从几十公里到几千公里,它能连接多个地区、城市和国家,或横跨几个洲并能提供远距离通信,形成国际性的远程网络。网络的确定性指在一个网络域内给承载的业务提供确定性业务保证的能力,这些确定性业务保证能力包括时延、时延抖动、丢包率等指标。

此次发布的全球首个确定性广域网创新试验成果,依托未来网络试验设施和长三角综合试

验环境,构建了覆盖北京、南京、上海、郑州、武汉、合肥等13个核心节点的大规模测试环境,该创新试验实现全球首个跨2000公里以上传输距离、100微秒级的时延抖动控制。

“例如工业控制需要250微秒的时延抖动,也就是说工业控制每250微秒就要发1条指令,如果时延抖动大于250微秒,这个指令就丢了,生产线就会出问题。从目前来看,100微秒的时延抖动足以满足绝大多数的需求场景。”刘韵洁介绍说。

据悉,全球首个确定性广域网创新试验由紫金山实验室主导,联合华为、北邮等多家专业机构共同建构。“我们通过对整个网络的演算,能够精确地计算出每一个节点,要做到什么样的时延,怎么样去控制服务质量。通过全网的协同,节点之间的协同,解决核心的抖动问题。”华为公司全球数据通信产品线总裁胡克文解释说。

刘韵洁认为,该成果可以满足未来工业自动化、工业遥控、全息通信、车路协同等业务微秒级时延抖动保障需求,比如远程操控机器人手术、远程生产控制、无人驾驶高铁等,对推进我国智能制造战略,提升国家未来网络竞争力具有重要意义。

## 应对互联网下半场竞争 中国已有行动

“互联网经过50年的发展,取得了非常大的成就。进入到实体经济,又要面临巨大的变革。互联网下半场进入核心竞争后,我们面临的重大变革就是将互联网从‘尽力而为’的网络变成更具确定性的网络。”刘韵洁介绍,为了应对这场变革,科学家们提出建立新的网络架构,去年,紫金

山实验室发布的全球首个大网网络操作系统便是其中之一。

拥有自主可控的操作系统,对于国家安全和产业安全意义重大。

紫金山实验室研发的这套大网操作系统,能支持300多个城市1000多个节点,具有微架构服务、全维度协同、确定性可控、高容灾抗毁、毫秒级切换等特点。

刘韵洁说,紫金山实验室和他带领的团队10年前就开始探索,他们研究的一些成果跟现在社会的需要,尤其跟5G垂直行业的发展比较吻合,相信中国完全可以在互联网下半场做出更大的贡献,对国家的制造业、实体经济起到比较大的推动作用。

“我们把这些成果都在长三角工业互联网这个大的平台上作了发布,所有的企业都能通过该平台享受到确定性网络服务。”刘韵洁院士口中的这张“网”,正是紫金山实验室发布的另一项重磅成果——长三角工业互联网高质量外网。

长三角工业互联网高质量外网采用自研微服务化网络操作系统,面向企业总部分支互联、企业上云、多云互联三大场景,能够为协同制造、云仿真、数字孪生等各类新业务提供高安全、低时延、大带宽、确定性的高质量网络服务。

据悉,这个网络将全面覆盖长三角城市群,同时,无损数据中心、内生安全靶场、智能无线通信试验网络、新型城域网、多云交互平台等一系列技术领先的新型基础设施将于南京开工建设。该成果对推动长三角地区工业互联网开放性产业生态体系建设、培育发展战略新兴产业、促进工业转型升级具有重要意义。

## 消息站

### 去年境外来源的

### 计算机恶意攻击主要来自美国

新华社(记者余俊杰)国家互联网应急中心近日在京发布的《2019年中国网络安全报告》显示,去年捕获计算机恶意程序样本超过6200万个,日均传播次数达824万余次;其中境外来源的恶意攻击主要来自美国,比例为53.5%。

报告指出,按照目标IP地址统计,我国境内受计算机恶意程序攻击的IP地址约6762万个,约占我国IP地址总数的18.3%,主要集中在山东省、江苏省、浙江省和广东省等地区。

2019年,我国境内感染计算机恶意程序的主机数量为581.88万台,同比下降11.3%。位于境外的约5.6万个计算机恶意程序控制服务器感染影响了我国境内约552万台主机,其中位于美国、日本和中国香港地区的控制服务器数量分列前3位。

据报告分析,2019年新增移动互联网恶意程序样本279万余个,同比减少1.4%,为过去5年来首次增量下降。按照恶意行为分类统计,排名前3位的仍然是流氓行为类、资费消耗类和信息窃取类,占比分别为36.1%、33.2%和11.6%。

尽管新增的移动互联网恶意程序有所下降,然而以仿冒App为代表的“灰色”应用程序大量出现,主要以“擦边球”形式躲避监管,损害金融、交通等重要行业的用户利益。

这些仿冒App具有容易复制、版本更新频繁、靠蹭热点快速传播等特点,主要仿冒公检法、银行、社交软件、支付软件等热门应用,在仿冒方式上以仿冒名称、图标、页面等为主,具有很强的欺骗性。

据悉,由于开发者在应用商店申请App上架前,需提交软件著作权等证明材料,因此仿冒App很难在应用商店上架,其流通渠道主要集中在网盘、云盘、广告平台等线上传播渠道。

## 行业观察

### IP网络遭遇困局

### 多模态智慧网络是未来发展方向

刘强 本报记者 乔迪

“在万物互联的产业互联网时代,IP网络越来越难以满足多样化场景对服务质量的需求,多模态智慧网络(PINet)代表着未来网络技术与产业的发展方向。”近日,中国工程院院士鄂江兴接受科技日报记者采访时说道。

据了解,网络最初诞生于基础数据服务,由于技术的时代局限性,发展至今的TCP/IP协议仍基于端到端的传输方式提供服务,且仅支持单一IP的寻址模式……单一化、同质化的技术特点,导致网络发展在性能和安全方面的问题层出不穷。

为解决网络发展的瓶颈问题,适应现在数字经济时代的网络应用需求,鄂江兴带领科研团队提出了多模态智慧网络(PINet)。它采用的多模态寻址路由技术,在网络体系结构中内嵌了新型的寻址与路由功能要素,支持IP、内容标识、身份标识、地理空间标识等多模态标识的共存与协同,能够极大地丰富网络空间的多样性。

### 新一代网络服务向体系结构创新转变

作为数字信息的“高速路”,互联网在当前社会中承担的任务日益增多,终端类型更加多元,接入方式也在不断发展,人-人、人-机、机-机、网-网通信等成为常态,这要求网络必须为海量业务提供多元、智慧、高效、稳定的服务。

鄂江兴认为,网络空间首先要解决好基础网络问题。随着摩尔定律放缓,由硬件设备升级所带来的计算能力增长式微,计算数据和计算能力的剪刀差越来越大,新一代网络服务正在从主要依赖工艺进步向主要依赖体系结构创新转变。

目前,全球出现了不少新型网络研究成果,例如云、可重构网络、软件定义网络、网络功能虚拟化等。但如今的局面是“满地珍珠但不成项链”,所以新型网络技术急需主线串珠成链,进而构建多元化网络环境。

而采用多模态寻址路由技术的多模态智慧网络通过构建具有相当规模的真实网络平台,在智慧城市、工控网络、科学实验等方面开展应用,通过创新网络架构体系,使网络的功能形态能够灵活高效地适应复杂多变的社会发展需求,让传统网络中的“高延迟”“高成本”“难管控”等问题成为历史。

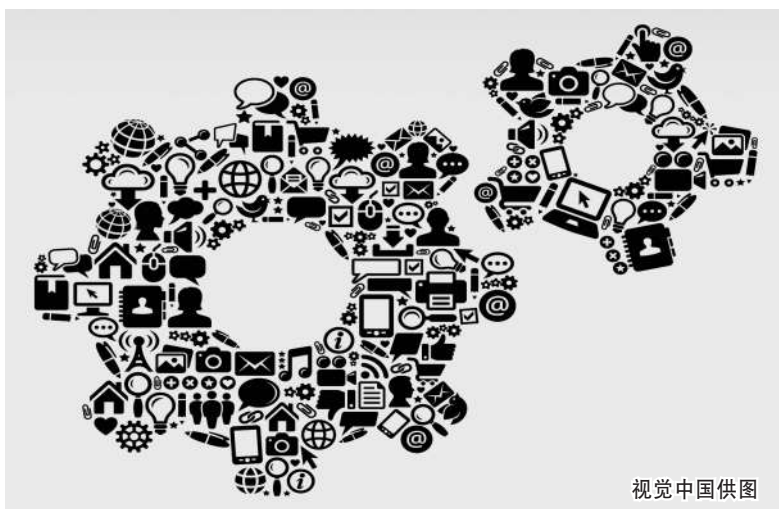
### 多模态智慧网络有“三大法宝”

除了多模态寻址路由技术,鄂江兴说,多模态智慧网络使能新基建的核心技术还有“三大法宝”,即网络全维可定义、网络智能化管控和网络内生安全构造。

首先是网络全维可定义技术。新兴网络业务形态层出不穷,对底层网络设备的承载能力不断提出新的挑战,而传统网络基础结构单一、功能封闭,硬件设备通常无法及时完成更新和升级,导致网络服务能力和应用业务需求之间长期存在“代沟”的问题。全维可定义技术打造完全透明的基础平台,实现网络设备、协议控制、网络资源、节点能力、网络接口、转发控制、承载方式等要素的全方位开放,为开展新型网络架构研究、试验和应用提供基础环境。

第二是网络智能化管控技术。鄂江兴强调,在引入人工智能技术后,可建立“感知、决策、适配”一体化的网络智慧化管理与控制机制,通过网络局部节点的智能化管控实现整个网络管理与优化,整个网络可以做到智能感知、自主决策和自动执行。

三是网络内生安全构造技术。当前,链路、节点、系统漏洞等新型互联网安全威胁层出不穷。网络内生安全构造技术依据“结构决定安全”“系统大于部分之和”的理念,构造出新型拟态防御技术,任何的“探测”或“试错”攻击都可能导致当前防御场景改变,从而打破网络未知威胁的周期性作用,提高网络空间的整体安全性。



视觉中国供图