

## 首份全链路测量报告出炉

# 5G 提速仍待共同演进

■本报见习记者 任芳言

5G 究竟有多快? 去年夏天,北京邮电大学一名学生发布在网上的一段体验视频,展示了瞬间完成 App 下载、几秒钟下载上百首歌、高清视频浏览无卡顿等画面,让人惊叹。

看到这段视频,同校计算机学院的博士生徐冬竹开始思考:从研究的角度给 5G 来一次深度测量,会有怎样的结果? 2019 年 4 月,北京邮电大学西土城校区成为国内首个实现 5G 网络全覆盖的高校。对研究者而言,这条件得天独厚。

历经数月的密集测量和数据分析,这项全球首份 5G 全程测量的研究,被网络通信领域国际顶级会议 ACM SIGCOMM 接收,并于 8 月会议期间发表。北京邮电大学计算机学院执行院长马华东、计算机学院教授周安福为论文通讯作者。

5G 网络的传输速率是否真有那么快?《中国科学报》采访了研究团队。

### 全链路测量兵分两路

在对 5G 进行全链路测量之前,业内其他研究大多基于理论仿真,或测量范围仅限于手机到基站。在该研究中,涉及到的测量则更加广泛。

这既是研究的亮点,也是难点。马华东介绍,在测量范围方面,“除了无线接入网部分,还包括对 5G 终端、核心网、骨干网、因特网以及远程服务器的全链路测量”。在测量维度方面,团队实现了从物理层到应用层的全栈跨协议测量。

为何下如此大的力气?“网络传输中出现的问题可能产生在各个角落,需要在多个层级间测量、对比,才能摸清状况。”周安福说。

研究团队分别在四个层面设置了测量目标。在物理信号层,研究者需测量 5G 信号的覆盖程度,包括校园内的基站密度、非独立组网架构等,确保信号在室内外都能无缝覆盖。在网络传输层,研究者要测量整个网络路径中每一对端点之间的时延,“这决定了用户能感受到多快的网速。”徐冬竹解释。

## 「隐身衣」让隐私更安全

■本报记者 卜叶

随着人脸识别技术的发展,面部考勤机、手机面部解锁、面部识别支付等一系列代表性应用铺开。与此同时,人脸识别窃取用户隐私的声音也越来越多,不少地区因此对人脸识别技术和相关应用发布了禁令。

“利用社交网络上的海量图像,深度学习模型可以自动识别、分析、获取大量用户的隐私信息,比如位置、喜好等,具有严重的隐私泄露风险。”武汉大学国家网络安全学院教授王志波告诉《中国科学报》。

近日,王志波课题组提出了适用于任意压缩方式的抗压缩对抗性图像生成方案,显著增强了图像的抗压缩能力,让用户在社交平台上更安全地分享生活点滴成为可能。

### 思索抗“压”计划

为了避免被恶意收集个人图像信息,研究人员提出对图像添加对抗性噪声,使其变成对抗性图像,从而躲过深度学习模型的抓取。“这种方法就像给图像穿上了‘隐身衣’。”王志波说。

王志波解释,“隐身衣”的原理是在原始图像上添加微小扰动,即对图像像素进行细微的修改。这些修改人眼难以察觉,但却能够改变模型的“认知”,使其识别完全出错。

但是,这种方法在现实中分享图像时却会失灵。通常,社交平台为了节约通信资源和提高访问效率会对上传的图像进行压缩,而压缩会破坏“隐身衣”,其对抗性也大大削弱,无法误导深度学习模型来保护隐私。

王志波课题组希望研究新方法保护社交网络中用户分享的图像。然而,社交平台多采用自定义、不公开的压缩算法,他人无法获取算法细节。这令研究人员头疼。

“在压缩算法未知或不可微的情况下,生成抗压缩的对抗性图像具有很大挑战。”王志波介绍,现有的常用于生成对抗性图像的算法往往通过取梯度来优化扰动。为了生成抗压缩的对抗性图像,研究人员需要将图像压缩加入到优



5G 测量范围包括终端设备、无线接入网、核心网、云服务等。  
图片来源:pixabay

另外,团队在设计测量方案时,将特殊应用和硬件能耗也纳入研究范围。特殊应用即超高清全景视频通话应用等 5G 新应用,“用户录制视频并将其实时传给其他用户的过程,对网络的实时性和带宽的容忍度要求特别高。”徐冬竹表示,在 5G 环境下处理视频信号、发送功率变大时,对硬件的能耗要求也会随之提高。

为了实现测量目标,研究团队采用“兵分两路”的办法。网络环境中,物理层和数据链路层被认为是底层结构,传输层、网络层和应用层则被认定为上层结构。测量时,团队将底层和上层环境分开。底层信号的读取、解析与上层数据抓取和处理则分别研发、使用不同的测量工具。

据此分工,团队成员在不同层面的测量同时展开,测量范围包括整个校园及北京市部分 5G 覆盖区域。2020 年初,他们的测量工作基本进入尾声。

### 共同演进才能真提速

测量过程中,有些发现出乎意料。即便独立组网(SA)是未来的发展趋势,但在 5G 商用初期,我国采用的策略是

化过程中,但压缩算法往往是不可微的,这就意味着研究人员无法求取梯度来优化扰动。

为了解决这些问题,课题组希望采用近似算法模拟图片压缩的过程。研究人员采用当下使用较普遍的深度卷积神经网络模型训练包含用户原图和相应压缩图的数据集,达到近似压缩的目的。训练完成后,该近似模型便可作为压缩算法的可微近似形式加入到优化过程中,从而保证生成的对抗性图像能够抵御压缩。

### 打造“隐身衣”

课题组成员、武汉大学国家网络安全学院研究生郭恒昌介绍,为了取得较好的近似效果,该模型借鉴了 Unet、Resnet 网络的设计理念,引入了跳跃式传递等结构来增强模型的学习能力。

首先,利用包含原图和相应压缩图的训练数据集对模型进行训练。而后,分别用原始图像试验该模型与普通压缩算法的区别。研究发现,两者平均每个像素值相差小于 3.5。这意味着设计的模型达到了较好的近似效果。

另外,为了生成抗压缩的对抗性图像,研究人员构建了相应的优化目标,将模型融入优化过程中,并使用基于动量的迭代方法进行优化,最终使得生成的对抗性图像具有较好的抗压缩能力。

王志波表示,无论是针对 WEBP、JPEG2000、JPEG 等标准的压缩算法,还是社交平台上未知的压缩算法,该模型均能生成相应的抗压缩对抗性图像,可有效误导图像识别模型,实现对社交网络的图像隐私保护。

### 实际应用效果不俗

目前,该模型已在常用社交平台,比如 Facebook、微博、豆瓣上进行测试。结果表明,该模型构造的对抗性图像上传到社交平台并被压缩后,依旧能保持图像的对抗性,在误导图像识别模型方面表现不俗,在微博上甚至达到 90% 以上的成功率。目前,该研究成果的相关论文已被 ACM MobiHoc2020 录用。

“我们认为这项技术可以被所有社交网络用户采用来防止分享图像被非法滥用、识别。”郭恒昌说。

某位不具名的同行专家也认为,该研究是首次考虑社交网络中各种图像压缩算法的隐私保护措施,提出的方案更贴合真实场景,具有很大的可行性,是一项非常有意思且实用的工作。

“尽管该模型已在不同的社交平台上取得不俗的表现,但为了促进其更广泛地实际应用,抗压缩能力仍需进一步提高,因此我们团队接下来会对此进行更深入的研究。”王志波说。

先行部署非独立组网(NSA)架构,即 4G 核心网、无线网与 5G 无线网同时使用。因此,为了加快网络建设进度,运营商在初期的 5G 网络布设中,仍然沿用 4G 时代的分组核心网。

研究团队发现,尽管这一做法有利于迅速、大面积铺开 5G 网络,但对大带宽、低时延的需求仍难以满足。

“5G 生态系统需要网络各个部分长期共同演进,而不仅仅是处于边缘的无线接入网。”马华东指出,目前运营商主要着手部署的是 5G 基站,即接入网部分,而对于网络的有线部分,如骨干网、数据中心等方面的建设还存在不足。

这导致的后果之一是网络传输时较多的数据包丢失,即丢包率过高。

在理想状态下,5G 网速最高可达 1000Mbps,但在 500Mbps 条件下,研究团队测得的丢包率已经达到 3%。丢包率过高意味着网络链路不够可靠,进而影响传输控制协议(TCP)等算法的性能。

这可能使得诸如远程手术、高清视频电话等端到端的应用性能受限。

5G 接入网采用了扁平化设计,这原本会缩短空中接口的时延,但是,受到目前有线网络建设情况的限制,整条网络路径中

产生的延迟无法与空中接口节省的时间相抵消。

此外,在用户接触最多的手机终端上,研究者发现,有的终端处理视频帧的能力跟不上,能耗管理较为低效。接入 5G 网络后,手机处理单元和射频单元的功率变大,手机也会变得“烫手”。

马华东表示,这些测量结果直接影响到对 5G 网络有低延迟、低功耗需求的物联网应用。“这说明 5G 的设计及 5G 与物联网的联合设计还需要很多创新研究。”

### 测量只是开始

海量数据的高效传输是 5G 网络建设完整、健全的标志之一。徐冬竹打了个比方:当网络处理能力与数据流量不匹配,形成的数据流如同长征时的大渡河——数据流量高峰太大、动态性过强,但路由、交换机等设备处理能力有限,这就可能导致突发性计算压力。

找出这些问题的解决方案,是研究团队下一步的工作目标。“测量只是开始,有了测量获得的事实数据,就相当于有了第一手资料和经验,这可以指导后续的研究布局,也可以对 5G 后续部署及运营优化给出更有针对性的建议。”周安福表示。

在新发表的文章中,研究团队已经根据测量结果给出了一些建议。

对 5G 网络的建设者而言,应尽快加速核心网的建设,以满足大带宽、低时延、广连接的需求。室内应增设微基站,以保证信号的无缝衔接质量。对网络协议设计者来说,TCP 的拥塞控制算法智能度有待提升。对手机终端的研发者来说,当前硬件模块对 5G 还不够兼容,终端性能还需进一步强化……

未来,团队还将扩大 5G 网络的测量范围,扩展到大部分城市区域乃至多个行政区。此外,探索将 5G 网络与物联网联合,提出创新性的 5G 低延迟、大连接架构和机制设计,也是未来的工作方向。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1145/3387514.3405882>

## 众测之“痛”何解

■本报记者 胡琅琦

作为一种新兴业态,众测虽优势显著,却也不是“万能药”,尤其是其支撑方法、技术和服务模式还远远不够成熟。

为此,去年 7 月,国家重点研发计划“现代服务业共性关键技术研发及应用示范”重点专项“信息产品及科技服务集成化众测服务平台研发与应用”正式启动。最近,牵头这一重点专项的中国科学院软件研究所众测人员推荐研究报告率先取得了进展。该成果还获得了第 42 届软件工程国际会议杰出论文奖。

### 基于群体智能的众测

测试是产品开发生命周期中非常重要的一环。中国科学院软件研究所研究员、互联网软件技术实验室主任王青坦言,测试越充分,发现的缺陷就越多。但每一项测试都有成本,测试边界的覆盖是件难事。

众测,是一种依托互联网技术衍生的全新测试服务模式。它通过众包的分发形式,根据应用类型、用户群类别或者业务功能等测试需求,找到符合条件的测试者。

王青认为,众测变革了传统的测试服务模式,利用具有众包的特征,采用分布、协作的方式组织生产,协同测试需求和测试资源,聚合形成规模效益。

“此外,跟其他众包服务不同的是,众测的结果是众测工人完成的任务集合。这正是它的独特之处——基于群体智能来提高测试效率。”王青表示。

目前,众测服务已经覆盖互联网、软件业、金融业、通信业、汽车工业、医疗业等众多行业领域。

### 众测服务的“痛点”

“但作为一种新的业态,众测的支撑方法、技术和服务模式并不成熟,特别是存在资源不协同、过程不可控、想测不敢测、需测不能测、能测不可信等‘痛点’问题。”王青直言。

王青解释,当前众测平台选择测试人员的方式大多是自发选择测试项目。它面临的一个重要问题是测试人员是否适合本次招募任务。

她指出,测试工人的能力不齐,测试报告质量也就参差不齐,还有的可能是重复报告。如何对测试结果进行整合,去除重复信息、垃圾信息、高质量地完成报告,是众测的生存之本。

经过调研,王青团队还发现,现有的许多测试机构资源闲置率很高。这些机构

有测试资源,但缺乏测试工人,而社会上很多有能力又有闲的人,没资源、也没有测试设备。因此,急需通过一些虚拟化的手段,在人和设备之间做好协同。

她还提醒,从测试结果、测试行为、测试主体三个维度研究众测服务的评估、评价技术和标准,是不可忽视的一个方向。“只测不评,是当下很多测试平台的通病。当它们直接把测试结果交给客户时,客户通常还需要请一个专家团队来对测试结果做评价,这是一笔很大的支出。”

据悉,“信息产品及科技服务集成化众测服务平台研发与应用”重点项目最终会在这些研究基础上,形成标准驱动与检测认证相结合的第三方在线众测服务平台。

### “掌控”了人等于掌控了众测

说到众测领域最核心的资源,非人莫属,因为众测质量的好坏很大程度上和招募到的测试工人有关。但目前,众测面临的一个棘手问题就是无法做到对测试工人进行有效的监控。

互联网软件技术实验室团队的这项最新研究成果瞄准的正是这一痛点。

在传统认知里,关于测试人员的推荐,主要根据报名人员的资质或历史数据来对人员进行筛选,找到合适本项目的人,对人员的把控也到此为止。

论文第一作者、中国科学院软件研究所研究员王俊杰解释,众测的场景下,测试任务是多轮迭代进行的,而且,众测需要不断有新工人加入,除了确保测试的多样性,更多测试工人也能够获得快速成长。因此,过程监控非常重要,必须进行动态优化。

如今,大数据与人工智能技术的不断发展可以为众测人员推荐的新方法提供底层的技术支持。

王俊杰表示,团队通过对测试工人历史表现的感知建立模型,从而捕获任务的进展状态和人员属性信息,比如测试的充分性、人员效能的发挥、群体协作的情况等,并基于排序学习得到测试工人发现缺陷的概率,同时还能对他们未来的表现进行预测。

“正是基于这种动态变化,实时地进行测试人员推荐和更替,才能使得整个众测过程中群体作用发挥到极致。”王俊杰说,该实验表明,使用这种人员推荐的方法能够缩短 50%~58% 的测试周期。

这项研究改变了传统静态的、针对任务初始前后历史的推荐方式,对众测资源优化配置和群体协同具有意义,并有助于推动众测这种新型科技服务模式的应用。

## 一 所 一 人 一 事



方敬忠(左三)和团队成员讨论工作。

### 方敬忠

中科院光电技术研究所光学轻量化与新材料技术研究中心研究员。主要从事光学工程和材料科学方向的研究。获中科院科技进步奖一等奖、中科院杰出科技成就奖、省部级科技进步奖一等奖等。

我们了解一位科学家,往往最先关注的是他的科研成就。但人们也好奇,光环的背后隐藏着一个怎样丰盈的灵魂,使他凭借一腔热血在科研道路上砥砺前行。

答案就在光学轻量化与新材料技术研究中心研究员方敬忠和其团队中。

### 人生航向明晰 只得起锚远航

方敬忠在中学时代经历了“文革”和“上山下乡”运动,生活的磨难使他对继续求学充满渴望,他坚持学习,在恢复高考后第一批考上大学。

大学毕业后,方敬忠被分配到青海省人事厅工作,待遇优厚、生活安稳有序。但这并没有让他陶醉,反而思索起自己未来的发展道路,最终下定了献身祖国科研事业的决心,申请到科研单位工作。1987 年,他来到中科院光电技术研究所。

终于可以开展科研工作,但如何选择合适的研究方向?

综合考量,方敬忠最终选择了反射镜轻量化技术研究作为主要研究方向。主反射镜是大型光学望远镜的核心部件之一,光学系统轻量化对于大型地基光学望远镜或大型空间光学望远镜具有重要意义。

反射镜轻量化技术是集光学、材料学、力学、热学等多学科交叉的前沿性研究领域,这对大学所学专业为无机材料工程的方敬忠而言是个挑战。

### 专业领域上的精耕细作

研究工作开始时,方敬忠面临着研究基础薄弱、经费短缺等重重困难,甚至一度对研究方向选择产生质疑。但他迎难而上,在老专家的支持下,和课题组研究人员一起夜以继日地扎根在实验室。他与同事经常骑着自行车往返 60 公里到位于市区的省情报所借阅资料。

为了研究得以顺利开展,方敬忠先后自学了温度控制、结构设计、力学分析等专业知识。在研究工作的关键阶段,他更是通宵达旦地工作,研究和解决技术难题。经过数年的艰苦攻关,研究取得突破性进展,为反射镜轻量化技术的工程化应用奠定了技术基础。

在方敬忠带领下,光电所反射镜轻量化技术研究工作取得了丰硕的研究成果,反射镜轻量化技术也成为我国大口径光学系统重要的支撑技术。

有专家这样评价方敬忠的工作:“方敬忠同志工作踏实,学风严谨,他所带的研究团队年轻有朝气,攻关能力强。可以说没有反射镜轻量化技术,就没有光电技术研究所在大口径光学系统技术领域的一席之地。”

### “科研工作者一定要有担当”

“科研工作者一定要有担当。”这是方敬忠经常对周围人说的话,也是他多年以来的行事准则。

上世纪 90 年代,方敬忠承担了某航天工程项目产品关键部件的研制任务。经过艰苦努力,研制任务顺利完成,产品经过检验合格提交给用户单位。

但用户单位在开展系统整机实验时发生了意外情况,在参加总单位组织的由多方参与的事故“归零”分析会议时,方敬忠表态:“我们从事的是一项对国家、对人民都非常有意义的工作,我们光电技术研究所愿意和你们一起,当是自己的环节出了问题,各自寻找可能存在的问题,仔细分析和研究,争取早日找到解决问题的办法。”

方敬忠这一表态赢得了总体单位和用户单位的一致赞赏。经过多方努力,终于解决了问题使研究工作顺利开展。十几年来,该用户单位与方敬忠研究团队一直保持着良好合作关系。

2008 年“5·12 大地震”稍稍平静后,方敬忠首先想到的是存放在作业区价值千万元的产品和原材料。他组织单位骨干,冒着余震的危险,将产品和材料搬运到安全地点并日夜看护。

为了将地震对项目研究工作的影响降至最低,局势稍稳后,方敬忠便组织大家在简易防震棚里继续开展工作。经过团队的共同努力,相关单位研制的系统关键部件并没有因地震而延期交付。

即便从岗位退下,方敬忠也一如既往地关心项目进展,每天八点半准时出现在办公室,到现场察看项目进展情况。

### 新时代的精神坚守

科技创新的巨轮不断前行。方敬忠在已有的成绩面前没有固步自封,依然不断拓宽自己的研究领域。

“不能靠一条腿走路。”与方敬忠共事 16 年的陈益超说,“这是方老师十多年前就经常对大家讲的话。”方敬忠在团队中鼓励新思维、新方法,强调开辟新的研究方向。轻量化中心团队目前在编 28 人,其中 10 人专注于新材料研究。

近年来,在方敬忠的带领下,团队致力于开展新型反射镜材料与先进复合材料合成技术研究,其中一些研究方向已进入工程化应用阶段,为光电所反射镜轻量化技术的发展注入了新的活力。正在开展研究的多项前瞻性应用基础研究也取得了阶段性研究成果。

初心不改,清风自来。科技创新是这个时代的嘹亮号角,相信方敬忠和他的团队已做好准备,必将在新的科技征程里再奏凯歌。

(作者单位:中科院光电技术研究所)

## 一位光电技术专家的初心与坚守

——记中科院光电技术研究所研究员方敬忠

■贺晓栋