

我国光纤通信的发展历程和趋向

Progress and Prospects of China's Optical Fiber Communication

钱宗珏

(邮电部电信技术科学研究院,高级工程师,教授 北京 100083)

通信对一个国家国民经济发展、科学技术进步和国防实力增强均起重要的促进作用,通信是综合国力的一部分,因此世界各国都非常重视通信的发展。“信息高速公路”已成为举世瞩目的世界发展战略重点。“信息高速公路”的特点在于它使语音、数据和图像等各种信息可通过统一的高速率、大容量通道进行传送,最适宜的高速通道就是光纤通信。

“信息高速公路”将使信息的产生、存储、交换、处理、转化、传送、显示过程加速,起到迅速交流、资源共享的作用。“信息高速公路”的实现必将转化成巨大的物质力量,光纤通信是“信息高速公路”的基础。

一、我国光纤通信技术发展的历程

我国光纤技术的发展经历了三个阶段

1. 初始期(1973~1980)

我国光纤通信的研究起步较早。在70年代初,中国科学院、高教系统、电子部、邮电部等的一些单位就紧跟国际动向,积极开展了光纤通信及其相关技术的研究。美国在1970年用气相沉积法制造出世界第一根石英光纤,我国用类似技术在1974年制出了光纤。美国于1970年实现了半导体激光器在室温下的连续激励,五年后我国也有了类似器件。1979年9月,上海、北京等地建成了用于市内电话中继线路的光缆通信系统试验段,仅比美国芝加哥市的世界第一条市内中继光缆通信系统试验段晚两年多时间。我国当时是国际上少数拥有光缆通信系统试验段的国家之一。

在此期间国外光缆通信系统试验段均采用多模光纤技术,而且都是在短距离的市内中继线路中采用,不过美、日等国的传输速率和实用化水平比我们高。

2. 初步研究开发期(1981~1985)

虽然我国光纤通信的科研开发起步较早,但由于科研与开发结合得不紧,后续力量未及时跟上,

在一定时期内发展迟缓。直到1983年,长度为13.3公里,采用短波长(850纳米)多模光纤,速率为8兆比特/秒,每对光纤传送120话路的市内中继光缆通信实用化系统才在武汉建成。接着,在同一线路段上相继建成了采用短波长(850纳米)多模光纤,34兆比特/秒,480路市内中继光缆通信实用化系统和采用长波长(1300纳米)多模光纤,34兆比特/秒,480路市内中继光缆通信系统。这标志着我国在短距离多模光纤市内中继光纤通信技术方面取得了显著成果。但国外1982年以后已迅速转向单模光纤技术,而且除在短距离光纤通信系统方面取得成就外,长距离光纤通信系统也得到了迅速发展。回顾起来,国外光纤通信技术的研究开发,采取了多模与单模技术“并行”发展的方针。鉴于单模光纤的优点,及时转移了科研重点。而我国却采取“串行”的方式,重点仍集中在短距离多模光纤市内中继光缆通信系统上,虽然在战术上取得了成功,但在战略上却在较低的水平上徘徊重复,与国际光纤通信技术的差距扩大了。

3. 研究开发成熟期(1986~1990)

在组织国家“七五”通信科技攻关时,我国加强了总体战略研究,光纤通信技术在此期间迅速的提高,并为今后的发展打下了良好的基础。

在“七五”攻关开始时我国单模光纤制造技术还处于萌芽状态,激光器的寿命仅数千小时,松套光纤及直埋光缆成缆技术的研究还未开始,单模光纤的光电端机、光电仪表的速率还不高,长途光缆通信系统技术(包括监控技术)正在起步,基础原材料和光纤通信应用基础理论研究均很薄弱,严重影响我国光纤通信技术的进一步发展。为此,采取了以下方针和措施。

(1)采取了分层次、有重点、突出1310纳米单模光纤通信技术的方针。国家“七五”通信科技攻关中,对光纤通信技术作了分层次、有重点的全面安排。对光纤通信技术的各个方面,包括光电器件、光纤光缆、光电端机、光电仪表、系统试验段工程、基

础原材料和光纤通信技术的应用基础理论都作了安排,明确了攻关的重点和具体要求。激光器件、单模光纤光缆和系统试验段工程是攻关的重点,而激光器的寿命、单模光纤的质量,以及系统试段工程的实用化程度是攻关成败的关键。

(2)结合国情,明确突破口。原国家“七五”通信科技攻关中还包含多模光纤市内中继光缆通信系统的内容。根据光纤通信温度系数变化小,中继距离长的特点和我国现有的明线杆路基本完好的实际情况,并考虑省内通信采用架空光缆通信系统会节省大量建设资金,甚至可低于模拟系统(当时光纤通信的造价远高于模拟系统),计划提出单模光纤架空光缆通信系统作为我国光纤通信系统的突破口。根据这一新构思,在计划中加列了单模光纤架空光缆通信系统项目,并削减了有关多模光纤市内中继光纤通信系统的项目。这一思路被接受后,邮电部武汉研究院首先在汉口—荆州—沙市建成了多模光纤架空光缆通信工程,但由于单模光纤的一系列优点(如便于扩容)都不是多模光纤系统所可比拟的,又在“七五”科技攻关计划中明确安排了扬州—高邮和成都—灌县单模光纤架空光缆通信工程,以“单模”为重点。后两工程完成后在全国得到了大量的普遍推广。

“七五”科技攻关最突出的重点是合肥—芜湖单模光纤直埋光缆长途干线光缆通信系统,它的建成使我国光纤通信整体技术上上了一个新台阶。

(3)引入竞争机制,集中各方面力量支持重点项目。在重大课题上,为了加快进度,引进了竞争机制。重要项目都分别安排了几个主攻单位。例如,对激光器件,安排了中科院半导体所、邮电部武汉研究院和电子部44所;对单模光纤,安排了武汉研究院和上海地区;对单模光纤架空光缆系统安排了邮电部五所和武汉研究院。在各承担单位奋力竞争和及时交流的情况下,较好地较快地完成了任务。

(4)反复实践,从严要求。我国光纤通信技术的进步经历了反复实践的过程。以光电端机为例,在鉴定验收时出现了光端机与电端机阻抗不匹配,程控—光纤联合试验中出现光端机不能承受高温环境,汉口—荆州—沙市工程和成都—灌县工程都出现过大量返工,扬州—高邮工程出现接头损耗过大,合肥—芜湖工程中曾出现过大量需要重新作出决策的技术问题。反复实践,终于取得了成功。为我国的光通信技术积累了丰富的经验,为以后的成功。

(5)以“成套”和“实用”为目标。“七五”攻关中自始至终强调和贯彻了“成套”和“实用”这一目标,使我国光纤通信技术在“七五”期间真正上了一个台阶,并迅速实用化,形成了产业的基础。

(6)为后续发展作准备,注意应用技术基础研究。在此期间,应用基础研究取得了很大进展,“八

五”攻关计划中的五次群光纤通信技术在“七五”期间就已打下了基础。

通过国家“七五”科技攻关,我国光纤通信技术取得了以下成就,缩短了我国光纤通信技术与国外的差距:由多模光纤通信技术转为单模光纤技术,由短波长技术转为长波长技术,由试验线路转为实际的实用线路系统,由短距离通信系统发展为长距离通信系统,由单个的技术发展为成套技术。

通过“七·五”攻关,光纤通信系统所需的元器件、光纤光缆、光电端机、光电仪表等国内已都能制造,激光器和其它光电器件的寿命由数千小时提高到数十万小时,除紧套光纤外已能生产松套光纤,国产光缆通信工程已在全国范围内推广使用。占有40%以上市场的相干光通信技术、波分复用技术、光纤材料在此期间也有了不同程度的进展。

4. 推广和深入发展期(1991年至今)

在此期间,我国首条合肥—芜湖1920路(140兆比特/秒)单模光纤直埋式长途干线光缆通信工程正式投入使用。该工程全长为147公里,经过山区、湖泊,并跨越长江,经受了1991年我国东部特大洪水的考验,性能良好。邮电部武汉研究院在以往工作的基础上研究开发了采用先进线路码型的三次群光电端机和系统,该系统特别适合于区域(省)内通信,模块较少,功耗较低,便于维护,便于上下电路,并有较好的监控性能,因此得到了广泛推广采用。在此基础上还发展了140兆比特/秒光电端机,采用该光电端机已组成了北京—汉口—广州长达3023公里的架空光缆通信工程,并已开通使用。此外,7680路(565兆比特/秒)五次群干线光缆系统已在上海—无锡间开通使用,还将继续延伸和发展。

在确定我国光纤通信技术的“八五”攻关重点时曾发生较大的意见分歧,关键是应否将光同步数字体系(SDH)列为“八五”攻关重点。经过充分论证后,明确“八五”攻关的重点为光同步数字体系的STM-1(155兆比特/秒)和STM-4(622兆比特/秒)以及交叉连接设备(DXC),而565兆比特/秒光缆通信系统技术则在“七五”攻关成果的基础上进一步实用化。邮电部第五研究所和武汉邮电研究院在光同步数字体系(SDH)的科研攻关上作了努力。与此同时,国家“863”计划的“光电子”专题以及新增列的“通信高技术”专题已将STM-16(2.5吉比特/秒)的光通信系统列为重点,并已进行了大量工作。我国光纤通信技术可望在1995年取得新的突破。

三、我国光纤通信的应用概况

随着改革开放的进一步深化,我国通信事业正

在迅速发展。在科技进步方面,邮电部采取了分三个层次的方针,即引进先进技术设备、引进先进技术生产线和在引进消化吸收的高起点上进行自主研究开发。光纤通信作为现代化通信网的骨干发展迅速,其使用已遍及全国各地。在1981~1985年期间,国家通信干线网共敷设了331.5公里光缆,1986~1990年共敷设7310.5公里,1991年共敷设9032公里,而1992年一年内敷设光缆的长度跃至22035公里,1993年有更多的光缆线路投入使用。这说明我国光纤通信的发展已进入新纪元。

中国光纤通信干线骨干网在1990~1995年期间将基本形成。北京是干线光缆网络的中心,由北京向东、西、南、北、中各个方向辐射。

从北京向东南沿海方向:北京—天津—南京和南京—上海光缆干线与以上海为起点的东南沿海光缆干线(上海—福州—广州光缆干线)将构成东南沿海经济发达地区的信息神经网络,为东南地区的经济腾飞创造条件。

从北京向东北方向:北京—天津—沈阳—长春—哈尔滨和北京—承德—阜新—白城—齐齐哈尔两条光缆干线和四条分支线路将形成格型网络结构,覆盖北京、天津、唐山经济发展区和东北三省以及内蒙古东部,并将哈尔滨和沈阳的干线光缆延伸至大连。

从北京向中部和南部:北京—武汉—广州将建成架空与直埋式两条光缆干线,以形成我国信息通道的大动脉,它将与东南部光缆干线和西北部光缆干线构成格型和网型的光缆骨干网。

从北京向西北、西南方向:北京—呼和浩特—银川—兰州、北京—太原—西安和西安—兰州三条光缆干线构成的环型网向西延伸至乌鲁木齐,并将继续延伸至伊宁。成都—重庆—贵阳—长沙—南昌—福州(杭州)光缆干线和成都—昆明、昆明—南宁、南宁—广州、广州—海口光缆干线链构成西南部大环,将形成西南部的格型光缆干线网。

跨越中南和东部的光缆:将建成武汉—重庆、徐州—郑州、郑州—西安和西安—成都等光缆干线。

总长度约32000公里的所有光纤干线均将在1995年底前建成。以上22条光缆干线与20条省间微波干线和19座地球卫星站将形成立体三维的国家数字通信干线网。

省内、城市和农村大量的光缆通信线路也正以惊人的速度发展,总长度约为50000公里。

我国与日本之间长度为1260公里的海底光缆,系统容量为7560路,已投入使用。横跨欧洲和亚洲的欧亚大陆桥光缆工程的中国段已经开工。

以光纤通信为基础的有线电视网方兴未艾。

90年代将是我国通信大发展时期,也将是我国

光纤通信大发展时期。

四、光纤通信高技术的发展方向

国外光纤通信技术发展趋势,概括起来有以下五个方面:

1. 进一步增大光纤通信的“速率距离乘积”。

(1)继续改进、提高常规的强度调制直接检波(IMDD)的光通信系统技术。除1310纳米光纤波长窗口外,1550纳米光纤通信技术的重要性日益突出,DSF光纤的技术也有进展。

(2)掺铒光纤放大器(EDFA)和密集波分复用(DWDM)技术将实用化。

(3)相干(Coherent)和频分复用(FDM)技术和光孤子(Soliton)技术正在进一步发展。

2. 光同步数字体系(SDH)将迅速得到应用和发展。

光同步数字体系统一了不同数字通信标准,采用同步数字体系网节点接口(NNI)后有利于国内外通信互连和发展更高速率的通信系统,从而增强了系统效能。它大大增强了通信网运行的维护、监控、管理功能,简化了复接、分接技术,上下电路方便,大大提高了通信网的可靠性和社会效益,特别是与交叉连接技术(DXC)结合起来使用时,使现代化通信网提高到新的水平。

3. 宽带业务本地用户光纤网和异步转移模式引起了世界的重视。

通信网中本地用户系统的建设费用约占总费用的30%以上。本地用户网也是发展现代化通信网(特别是宽带综合业务网)的瓶颈所在。80年代末、90年代初世界各国已掀起了研究宽带用户光纤网的热潮,在高清晰度电视(HDTV)进一步发展的情况下,宽带业务更为需要。

由于异步转移模式(ATM)已被确定为宽带综合业务网的主要模式,本地用户光纤网的发展应该考虑这一趋向。

4. 海底光缆网发展迅速。

5. 迅速开发光电集成技术。

光纤通信技术的发展与光电集成技术息息相关,相辅相成。随着科技的发展,光通信不仅将在通信的传输部分,而且将在交换部分起重要作用,特别是光子技术的发展将使通信面貌发生巨大的变化。

展望国际光纤通信高技术的发展,结合我国的国情来考虑我国的发展战略非常必要。光纤通信技术的发展要结合通信网的发展来考虑。光缆通信网可以分为干线光缆网、本地用户光缆网和海底光缆网三类。从光纤通信技术来说,干线光缆网,无论是

(下转第19页)

程,特别是非线性过程进行研究,国际上目前正突飞猛进,已取得显著进展。这方面的研究我国十分薄弱,必须切实在设备和组织上予以加强。

为保证发展战略的贯彻:

1. 理顺学科布局,加强对学科发展方向的引导,在原有专业学会、协会基础上组织统一的全国等离子体物理学二级学会,以团结全国等离子体物理学研究和教学工作者,协调组织全国性的学术交流活动。

2. 由于历史的原因,我国等离子体物理研究已形成的现有布局是:重点突出地集中在聚变研究方面,空间和天体等离子体研究已有一定实体机构,而在基础等离子体研究、低温等离子体研究以及等离子体教学方面则程度不同地显得较为分散和薄弱。对后三个方面进行的支持和扶植,可通过联合协作的方式形成若干研究中心,或建立必要的国家重点实验室及部门开放实验室。

3. 国家对等离子体物理学学科的支持,宜采取多渠道和交叉支持的方式,工程技术性应用研究,如耗资较大的聚变研究及空间观察手段的建立等,由国家高技术发展计划予以专门支持,低温等离子体应用研究则主要从有关产业部门取得支持,国家自然科学基金委应着重支持等离子体基础研究。

4. 等离子体研究后继力量的培养,应鼓励在大

学物理系开设等离子体物理的选修课,对已有的大学等离子体物理专业,应予加强,而不是削弱和取消。

5. 加强国际交流活动,参予国际竞争与合作。国家应拨出一定款项,组织和支助我国科学家参加国际等离子体学术交流。

6. 国家自然科学基金委员会应选择下列学科发展前沿作为优先资助领域:

(1)磁约束等离子体近点火区物理的理论研究(如 α 粒子物理)和边界等离子体物理研究;

(2)激光与高密高温等离子体相互作用基本物理的研究;

(3)等离子体非线性过程,特别是等离子体湍流及反常输运的研究;

(4)相对论性等离子体物理研究;

(5)低温等离子体中的物理、化学过程及其与表面相互作用机理的研究;

(6)非中性等离子体物理(包括强耦合等离子体)的实验和理论研究;

(7)空间和天体等离子体的磁场重联和粒子加速机制的研究;

(8)等离子体物理与化学、材料科学、信息科学以及生命科学交叉项目的研究。

(责任编辑 刘先曙)

(上接第6页)

题。

第一,目前已经公布的改革方案,还存在某些争议或漏洞。例如,企业所得税按“隶属关系”上交、三资企业的外汇收入可以不结汇等规定都值得进一步的研究。

第二,今年出台的财税体制和金融体制改革与其他方面的改革,如建立现代企业制度、建立社会保障体系等关系密切,必须组织好各方面改革的协调,加强薄弱环节的配套改革,避免发生脱节现象,牵制改革的全面推进。

第三,宏观经济的稳定是保证各项重大改革措施顺利实施的前提。目前我国面临较大的通货膨胀压力,必须保持适当的宏观调控力度,改善调控方法,力争把通货膨胀率控制在居民能够承受的范围之内。同时,要注意缓解在利益格局调整过程中可能出现的失业增加等社会矛盾,保持社会稳定。

1979年以来我国经济经常由于过热和通货膨胀而导致波动。这种波动将随改革的推进而有所减少。如果前面提出的诸项改革能够顺利推行,使市场力量更充分地发挥作用,则在90年代保持10%左右甚至更高的增长率是完全可以做到的。

(责任编辑 蔡 今)

(上接第54页)

一级还是二级干线,其科研和应用发展的重点应放在常规的强度调制直接检波(IMDD)技术、光同步数字体系(SDH)与数字交叉连接(DXC)技术的发展和应用上。

对于掺铒光纤放大器(EDFA)和密集型波分复用(DWDM)技术要积极开发,尽快实用化。

从本地用户光缆网来看,现阶段应重点发展用户光纤环路(FITL)和与有线电视(CATV)有关的技术,并积极开展对异步转移模式(ATM)的本地用户光纤通信系统的研究。

从海底光缆网看,它是将来组成我国沿海光缆网络和全球光缆网的必要技术,对海底光缆通信技术开展研究将对我国的光电集成电路技术、光放大和波分复用技术、光孤子通信技术的发展起重要的促进作用。

国际通信技术正处于更新换代,蓬勃发展的时期。美国的“信息高速公路”和日本的“新世纪通信网”都是以光纤通信网为基础加以发展的。到2000年,我国交换机的总容量将超过1亿门,光纤通信在我国的发展将进入一个新的纪元。我们应该结合国情,把握住发展方向,缩小与国际水平的差距,建成四通八达,并具有巨大社会和经济效益的现代化先进通信网。

(责任编辑 孙立明)