

光纤通信的过去、现在和未来

赵梓森

(武汉邮电科学研究院, 湖北 武汉 430074)

摘要 简略介绍了世界光纤通信发展历史, 概括了光纤通信的现状, 最后重点介绍了中国光纤通信的发展历程。

关键词 光纤通信; 发展; 中国

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS201131.0900109

Past, Present and Future of Optical Fiber Communications

Zhao Zisen

(Wuhan Research Institute of Post and Telecommunication, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract The development of optical fiber communications in the world has been briefly introduced, and the current situation of fiber communication is recalled. The development of optical fiber communications in China is introduced at last.

Key words optical fiber communications; development; China

OCIS codes 060.2330; 060.4250

1 光纤通信发展史

1966 年英籍华人高锟(Charles Kao)发表论文提出用石英制作玻璃丝(光纤),其损耗可达 20 dB/km,可实现大容量的光纤通信。当时,世界上只有少数人相信,如英国的标准电信实验室(STL)、美国的 Corning 玻璃公司,Bell 实验室等领导。2010 年高锟因发明光纤获得诺贝尔奖。1970 年,Corning 公司研制出损失低达 20 dB/km,长约 30 m 的石英光纤,据说花费了 3000 千万美元。1976 年 Bell 实验室在华盛顿-亚特兰大建立了一条实验线路,传输速率仅 45 Mb/s,只能传输数百路电话,而用中同轴电缆可传输 1800 路电话。因为当时尚无通信用的激光器,而是用发光二极管(LED)做光纤通信的光源,所以速率很低。1984 年左右,通信用的半导体激光器研制成功,光纤通信的速率达到 144 Mb/s,可传输 1920 路电话。1992 年一根光纤传输速率达到 2.5 Gb/s,相当 3 万余路电话。1996 年,各种波长

的激光器研制成功,可实现多波长多通道的光纤通信,即所谓“波分复用”(WDM)技术,也就是在 1 根光纤内,传输多个不同波长的光信号。于是光纤通信的传输容量倍增。在 2000 年,利用 WDM 技术,一根光纤传输速率达到 640 Gb/s。有人对高锟 1976 年发明了光纤,而 2010 年才获得诺贝尔奖有很大的疑问。事实上,从以上光纤发展史可以看出,尽管光纤的容量很大,没有高速度的激光器和微电子仍不能发挥光纤超大容量的作用。现在电子器件的速率才达到吉比特/秒量级,各种波长的高速激光器的出现使光纤传输达到太比特/秒量级(1 Tb/s = 1000 Gb/s),人们才认识到“光纤的发明引发了通信技术的一场革命!”

2 光纤通信的现状和展望

光纤通信除容量大之外,还有传输距离长的优点。现在光纤的损耗低达 0.2 dB/km。中继光放大

收稿日期: 2011-07-07; **收到修改稿日期**: 2011-07-18

作者简介: 赵梓森(1932—),男,1953 年毕业于上海交通大学电信系。曾任邮电部武汉邮电科学研究院总工程师兼副院长。现任高级技术顾问,中国工程院院士,中国通信学会会士、IEEE Fellow、湖北省科协副主席,武汉-中国光谷首席科学家。他是我国最早从事光纤通信技术研究的科研人员之一,是我国光纤通信技术的开拓者。曾当选第六、七、八届全国人大代表主席团成员,被评为有突出贡献的国家级专家,获国家“五一”奖章、全国先进工作者、邮电部特等劳模、湖北省特等劳模等各种荣誉称号。获国家科技进步二等奖 5 项(排名第一)。

器间距可达 100 km(电缆中继放大器间距为 6 km)。因此,现在通信网包括电视网中,除用户到小站间仍是铜线外,全世界包括跨洋全部采用光纤。随着用户对信息需求的增加以及高清电视(HDTV)的普及,铜缆将不能适应,需要进行“光进铜退”。现在发达国家开始实施“光纤到户”(FTTH)。现在的通信,不只是电话和电视。由于计算机的普及,计算机间的通信,即数据通信产生了“因特网”即互联网,互联网的物理层主要就是光纤网。当今广泛使用的手机,采用无线通信连接到“基站”后,各基站仍需要用光纤连接到各电话支局。

现在,光纤通信实用的单信道的最高速率是 100 Gb/s。2005 年世界首个实用的 100 Gb/s 线路在巴黎-法兰克福之间建成。2007,2008 年美国 Verizon 公司建设了 3 条 100 Gb/s 实验线路。目前,高速率商用线路以 40 Gb/s 为主。

光纤通信技术不断进步。采用 WDM 技术使一根光纤通信的容量达到太比特每秒。近来采用各种调制和复用方法如:光正交频分复用(OOFDM),正交幅度调制(QAM),正交相位键控(QPSK),极化复用(PM)等,使一根光纤通信的容量已经达到 100 Tb/s(NEC),相当于 1 s 可传输时长 3 个月的高清电视。

光纤也有新的发展。过去,长距离传输使用标准单模光纤(G. 652)。单模光纤经过长距离传输后,到达用户进楼房时,需要用能适应小弯曲的室内光纤。现在,正发展“低弯曲损失大芯光纤”,采用该光纤可从长距离直接进入室内,无需更换光纤品种。该光纤的损耗低达 0.16 dB/km,其弯曲损耗是标准单模光纤的几分之一。

近来发展的高分子光纤(POF),即塑料光纤,很适合楼房和室内使用,它弯曲不容易断,便于安装,可自行用剪刀等切割施工。尤其对于正在发展的高清电视,通常传送电视的同轴电缆只可传输几米,而高分子光纤可传输几十米。

光通信用的器件在不断进步。激光器的直接调制速度达到 40 Gb/s,不需要采用外加的 LiNO_3 调制器。光集成技术可把许多光器件甚至于把简单的光电系统集成在一起,如把 4 个不同波长的激光器和探测器组成 4 个收发系统集成在一个单片上;40 个波长的光滤波器用平面光线路 PLC 制成模块;把速率为 160 Gb/s 的相干接收系统单片集成在半导体材料上(通常用 LiNbO_3)。这里不一一枚举。

光交换技术目前尚未成熟,主要是光开关器件

和光缓存技术上存在的问题有待解决。目前,光交换采用的是“光-电-光”方式,即把光信号转换成电信号,用电子交换机实现交换后,再把电信号转换为光信号,当然是不经济的。

3 中国光纤通信的发展

1973 年,武汉邮电科学研究院(简称武邮院 WRI)开始研究光纤通信。当时,中国正处文化大革命时期,中国与世界隔绝,无可借鉴。研制光纤要自行提纯原料,自制光纤熔炼和拉丝设备。光纤做成后,需要测试,还要研制测试仪表等。光电子器件也要自己开发,十分困难,所以进展比较缓慢。直到 1978 年,改革开放,进度大大提高。相继,上海冶金所,WRI 等研制出光纤通信用的 LED。1979 年 WRI 可批量生产实用化的光纤光缆。WRI 和上海邮电 519 厂开发出数字光纤通信系统。1982 年 1 月,中国第一条实用化的光纤通信线路在武汉建成。跨越武昌-汉阳-汉口三镇。全长 13.3 km,速率 8.448 Mb/s,传输 120 路电话。该线路是国家“会战工程”,承建单位有武汉邮电科学研究院、上海邮电 519 厂、侯马 505 厂、邮电设计院和邮电第三工程公司等。1986 年,中国第一条长途光纤通信线路在武汉至荆州之间建成,速率达 34 Mb/s,全长约 200 km,中间有 3 个中继站。主要是长波长 1.3 μm 的激光器开发成功,在波长 1.3 μm 处光纤的损失比较小,1988 年延伸到沙市。1988 年,中国第一条单模光纤通信线路在武汉至汉南区之间建成,传输速率 140 Mb/s,可传输 1920 路电话,光纤通信容量首次超过同轴电缆容量 1800 路。1988 年,中国邮电部正式宣布:长途通信不再使用电缆,要采用光缆。

1992 年中国第一条长途光纤通信线路在合肥至芜湖之间建成。全长约 120 km,传输速率 140 Mb/s。该线路是国家“会战工程”,承担单位有武汉邮电科学研究院、北京邮电研究院第五研究所、侯马 505 厂、邮电设计院、邮电第三工程公司和安徽邮电管理局等。

1993 年,上海-无锡 565 Mb/s 光纤通信线路建成,发达国家按照“巴黎统筹委员会”的规定,光纤通信属于高技术,禁运给中国共产党。该年,巴黎统筹委员会声称:中国发展了自己的光纤通信,禁运无效,不如开放,随即解除禁运。1997 年,中国首个采用国际电信联盟 ITU-T SDH 标准速率为 622 Mb/s 光纤通信线路在攀枝花建成。1999 年,中国首个

WDM 多波长光纤通信线路在青岛至济南之间建成，采用 8 个波长，每波长传输速率 2.5 Gb/s。2003 年，中国首个太比特/秒的光纤通信线路在上海至南京之间建成，采用波分复用技术，速率为 1.6 Tb/s。2005 年，3.2 Tb/s 光纤通信线路在上海-杭州开通，是当时世界上容量最大的商用线路。

以上工程除 1997 年的 SDH 线路是北京邮电研究院主要承担单位外，其余均为武汉邮电科学研究院主要承担。武汉邮电科学研究院 WRI 被国家确定为“国家光通信工程技术研究中心”。

中国光纤通信的产业已有一定规模。中国的光

纤产能约每年 8×10^7 km(2011 年)，全球最高。光电子器件在 WRI 和广东等地均有生产，但主要是中、低档产品。光纤通信系统设备生产有华为、中兴和烽火(WRD)等，目前最高速率达 40 Gb/s 和 100 Gb/s 或更高速率的产品正在开发。

中国光纤通信的市场很大，因为中国广大农村的发展需要，特别是贫困地区尚无通信，而大城市需要发展光纤到户。估计光纤市场需求每年约 7×10^7 km，与中国的产能每年 8×10^7 km 基本吻合。(仅供参考)