

信息高速公路

(续集)

张 煦 著



XINXI GAOSHU GONGLU

上海交通大学出版社

信息高速公路(续集)

张 煦 著

上海交通大学出版社

内 容 简 介

中国科学院院士张煦教授于1995年9月出版《信息高速公路》一书,登载1994年以来著作的文章28篇,连同附录共22万字。自从此书付印以后,作者继续撰写了有关信息高速公路的现代通信技术,包括光纤通信、卫星通信和通信网技术的最新发展动态,连同国际著名通信专家事迹记述共34篇,编成这本续集。此书还登载了作者的通信学科回忆录和近两年撰写的教育工作短论及老教师生活随笔20篇,作为书的附录。全书约30万字,供国内信息和通信界广大工程技术、管理和教育工作者参考。

信息高速公路(续集)

上海交通大学出版社·出版

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

新华书店上海发行所·发行

昆山亭林印刷总厂·印刷

开本:850×1168(毫米) 1/32 印张:11.75 字数:302 000

版次:1997年3月 第1版 印次:1997年3月 第1次

印数:1-2500

ISBN 7-313-01797-9/TP·325 定价:16.20元

前言

1995年9月,上海交通大学出版社为我出版了《信息高速公路》一书,此书收集了1994年至1995年上半年我在国内各地期刊杂志上陆续发表“信息高速公路”和国家通信网基础结构有关的现代通信与电视技术及国际会议的文章28篇。在此书付印以后,适逢1995年上海科技节开幕,此节以信息为主题在全市展开活动,我应聘担任科学顾问,作了几次关于“信息高速公路”和现代通信技术的科普报告。1995年下半年至1996年,我又在国内各地期刊杂志上继续发表“信息高速公路”和光纤通信、卫星通信、移动通信、通信网、电视网等几方面的文章连同国际著名通信专家事迹记述共34篇,汇编成这本《信息高速公路(续集)》,书末附载了我在百年校庆特刊上发表的通信学科回忆录、两年中陆续撰写的教育工作短论和老教师生活随笔共20篇,作为书的附录。

1995年出版的《信息高速公路》一书,承中国电子学会理事长、中国工程院院士孙俊人同志写了书评,向全国会员推荐,上海通信学会在举行年会时又向全市会员推荐,作者非常感激。又承国内几家通信期刊的主编和上海交大出版社的热情支持,得以接连出版这本续集,希望能对国内电子、信息通信界广大工程、科技、管理和教育工作同行们有所裨益,尚祈大家惠予指教。

张 煦

1996年6月,时年83岁

目 录

I 信息高速公路	1
1. 谈谈“信息高速公路”	3
2. 信息时代与信息高速公路	6
3. 信息高速公路的光纤通信与卫星通信	9
4. Prospects of Lightwave and Microwave Communications in National Information Infrastructure	13
II 光纤通信	23
5. 光纤通信的 30 年历程和跨世纪展望	25
6. 新一代单模光纤设计	39
7. 密集波分多路技术最新实验评析	44
附:一根光纤可同时通 1300 多万路数字电话	54
8. 光纤通信技术发展动向评析	56
9. 光子交换技术前景简述	71
10. 对武汉邮电科学研究院建院 20 年的祝贺和期望	78
附:我国研究光子集成技术的必要性	85
11. 祝贺上海光纤通信公司成立 10 周年	87
附:光纤通信——发展史及应用	90
12. Applications of Optical Fiber Communications in Shanghai	93
III 卫星通信	105
13. 全球移动卫星通信的发展前景	107
14. VSAT 卫星通信网的发展前景	119
15. 无线个人通信的发展趋向	129

16. 移动通信的压缩编码技术	139
17. 移动通信和个人通信的演变过程和发展趋向	143
18. 新一代移动通信系统的发展前景	152
IV 通信网	163
19. 数字通信网技术的发展历程	165
20. 宽带综合业务数字网参考模型简述	184
21. SDH 光纤网和 ATM 交换机简述	192
22. 波分多址通信网技术的发展前景	206
23. 智能网技术的发展	218
24. 多媒体通信技术简述	226
25. 音频处理技术进展	236
26. 数字信号处理器在通信设备中的应用	246
27. 数字电视技术的现状和趋向	252
28. 鼓励邮电/广电联合发展电视事业	263
29. 美籍华裔专家讲通信工程技术新动态	265
30. 欢迎香港与大陆各大学间加强学术合作	275
V 国际著名通信专家事迹记述	278
31. 记光纤通信发明家——高锟博士	280
附:在科学院院士大会上介绍外籍院士候选人	
高锟博士情况	287
32. 记光波系统先驱者——厉鼎毅博士	289
33. 记交大的杰出校友电路设计理论先驱者——	
葛守仁教授	296
34. 回忆无线电发明家马可尼 60 年前访问上海	304
附录一 教育工作短论	306
35. 世界一流大学是交大的奋斗目标	306
36. “东方的 MIT”和“西方的交大”	310
37. 一流大学必须有一流的学科建设	312

38. 大学实验室加强建设的必要性	315
39. 对跨世纪优秀中青年教师的期望	321
40. 提升青年教师应考虑的原则	323
41. 当代大学生应注意培养的几方面	326
42. 教书育人,引导学生树立爱国荣校思想	328
43. 赠大学生的中外格言	331
44. 电视台小记者采访爱国主义教育	333
45. 只要是无私的,可以大胆前进	335
46. 奥林匹克中国选手给我鼓舞和教育	337
47. 在母校发展通信学科的回忆	340
附录二 老教师生活随笔	348
48. 事业不断追求,生活简单朴素, 有助于老年身心健康	348
49. 遵守普通市民“七不”,再加新的“七不”自勉	352
50. 老教师的工作、消遣和为人	355
51. 记者采访科学家的感慨	359
52. 心理专家说勤奋工作有利于身心健康	361
53. 继续不断地工作是最好的享受	364
54. 中国科学报“院士心迹”调研问答	366

I 信息高速公路

1. 谈谈“信息高速公路”

现在大家已有共识:我国必须迎头赶上时代步伐,尽快建立我国自己的“信息高速公路”,着手规划和建设我国自己的“国家信息基础结构”(NII)。首先是大大地充实、巩固和扩大现有的国家通信网基础设施,目标将是完成宽带综合业务数字网(B-ISDN),把数字话音(digital audio)、计算机数据(digital data)和压缩编码数字图像和电视(compressed digital video)所有各种信息综合一起。传输(transmission)将以同步数字系列(SDH)为标准,线路主要依靠光纤光缆,构成同步光通信网(SONET)。交换(switching)将采用异步转移模式(ATM),程控交换局的功能大大增加,构成高级智能网(AIN)。长途光纤光缆装置光纤放大器(EDFA)和密集波分多路(WDM)设备,构成高速数字通信干线。市内公用网的通信线路,将与有线电视(CATV)广播线路,以及无线个人移动通信各微蜂窝区(microcell)电台连接交换局的线路统一使用。交换局至用户的分配线路(distribution)可能是光纤光缆与同轴电缆或对绞电缆结合使用。至大单位的用户线可能最早使用光纤(fiber to office),至住家的用户线可能是光纤至路边(fiber to curb),也可能直达至家(fiber to home)。用户终端可以与交换局的数据库联系,实现交互通信(interactive communication),上行线路由用户拨号至数据库,下行线路则由数据库按用户需要提供信息或传送电视或电影(VOD)为用户服务。各大单位按地区大小,分别设置局域网(LAN)、城域网(MAN)和广域网(WAN),可以分别自己装置对绞电缆或光纤光缆,长途线路可以租用公用网的光纤光缆,也有使用甚小孔径终端(VSAT)的卫星。它们的运行速率,低的有10Mb/s,高的为155Mb/s。原先专供计算机

数据通信,近来也用综合业务,甚至使用 ATM 交换,构成宽带综合业务区域网。数据通信可以用于电子数据互换(EDI),适合于银行、贸易、海关、证券等金融单位的需要。至于教学科研单位很多利用计算机接通电子邮箱(E-mail),甚至进入国际的 Internet,得到通信、检索和共享信息资源的便利。对于个人移动通信,个人的手持通信机经过无线接入(wireless access)就可进入固定的公用通信网。当然也可能通过卫星,实现远距离、甚至全球个人通信。这表示国家通信网基础设施,既有光纤光缆的有线传输,也有微波无线电传输,两者应该并存,配合使用,以上是根据现在大家知道的情况描绘未来通信网基础设施的粗略轮廓,只是 NII 的一小部分。

现在转而谈谈信息产业。信息产业范围很广,主要包括:

- (1)运营企业,负责通信网和信息系统的运转、安装、维护和营业;
- (2)制造工业,负责通信设备、计算机及软件、微电子和光电子集成等工艺和生产;
- (3)研究院所,负责基础及应用研究和开发;
- (4)服务行业,负责信息系统的推销和服务。

“信息高速公路”原来的主导思想是:一方面普遍推广信息应用促使社会进步,另一方面(更重要的一面)是强化各种信息产业,振兴国家经济,因为信息产业总的经济产值和从业人员在整个国家经济中占很大比重。西方发达国家为了遏止或缓和经济衰退和裁减人员的恶性循环,急于把信息产业带动起来,以期取得良好效果。我国情况和他们大不相同,我们的经济建设正在蓬勃发展欣欣向荣,但我们的信息产业非常薄弱,尤其是制造工业与国外有很大差距;此外为了对外开放、参与国际合作和竞争,信息交流和沟通十分重要,因此建立我国自己的 NII,加强通信网基础设施确是当务之急。对于通信和广播、计算机及软件、微电子和光电子等信息产业,应当看作属于战略性基础产业,必须不失时机地妥慎规划和积极建设,制造工业更加迫切需要整顿和加强。不能考虑每种信息和通信设备都从国外购

进,耗费大量外汇。在初期,引进国外先进技术和合资生产是必要的,但应限期做好消化吸收工作,并尽快逐步国产化,建立自力更生的制造业。就是说我国一方面按照轻重缓急、推广信息系统应用,另一方面应当花力气建立和强化信息产业的各种制造业。只有这样,我国的“信息高速公路”才能蒸蒸日上,永远立于不败之地。

原载《中国电信建设》1995 年第 3 期

2. 信息时代与信息高速公路

今年上海举办的科技节是以人类进入信息时代为主题。这几个星期正在普遍开展多种多样有关信息技术和信息应用的科学普及活动,盛况空前,气氛热烈。对近年国际上谈论的信息高速公路人们正在逐步深入理解其涵义。诚然信息时代的物质基础确实是“信息高速公路”,而其实际行动则主要是加快发展和建设“国家信息基础结构”,简称 NII(National Information Infrastructure),它包括整个国家的通信网基础设施和众多用户的信息应用系统,将普遍装置计算机,广泛发挥信息效能。

信息业务可以概括地分为三大类:一是电话和音响的音频信息,二是计算机数据信息,三是图像和电视的视频信息。音频和视频信息的模拟信号都要经过编码过程变成数字信号,与计算机数据信息一样,数字速率用比特/秒(bit/s)表示。这样就有可能使众多用户发出不同信息的数字信号在通信网中综合一起传输和交换,称为综合业务(integrated services)。近年不少用户希望做到话音、数据、文本、图像甚至电视等多种信息结合使用,这就形成多媒体通信(multimedia)。随着时代的推移,计算机的数据容量和运行速率急剧增大,需要高速数据联网;数字电视进展至高清晰电视(HDTV),宽带信息的通信与广播受到人们欢迎,故通信网必须具备足够能力承担高速数据和宽带信息的通信,这种固定地点间的通信网称为宽带综合业务数字网(B-ISDN)。每一用户信息应用的数字速率也许不很高,只有几十 Megabit/s(即 10^7 b/s),但众多用户汇集到骨干线路,数字速率就高达 Gigabit/s—Terabit/s(即 $10^9 - 10^{12}$ b/s)。这样高速率的通信干线,可以说是“信息高速公路”了。

大约 30 年前发明的光纤通信历经几代更新,确证单模光纤(SMF)具有巨大的潜在传输容量。在波长 $1.55\mu\text{m}$ 窗口低损耗和低色散的频带宽度达 30TernHertz(即 $3 \times 10^{13}\text{Hz}$),比一路电话频带宽十个数量级),能够传输的数字速率为 Tb/s。而且每公里光纤的损耗很低,约 0.2dB/km,其性能大大优于铜线电缆。所以 NII 在国内固定通信网 B-ISDN 的传输线路,尤其是干线决定选用光纤光缆已无疑问。并且近年制成光纤放大器(EDFA)可以延长光纤传输至很远距离,不必经过多次光/电和电/光转换,保证误码率小于 10^{-15} 。为了克服大规模集成电路芯片对数字速率的限制,可采用密集波分多路(WDM)方式,如果每路光载波的电子“瓶颈”使数字速率限于 10Gb/s,则一根光纤同时传输 20 路光载波,总的数字速率将为 200Gb/s。所以形象地说,光纤放大器延长了信息高速公路的通达距离,而波分多路相当于多车道的信息高速公路,总的来说光纤光缆是陆地和海底固定地点间的理想高速和宽带传输线路,SMF + EDFA + WDM 是信息高速公路的“基石”。

上面说了 NII 在陆地平面上敷设光纤光缆构成全国各固定地点间的 B-ISDN,它们汇集了众多用户的信息、实现高速数据和宽带信息的通信,真像“信息高速公路”。然而在信息时代,通信的方式和设施还不止如此,人们需要移动通信。不仅在汽车、飞机、轮船中任何个人得以按其需要与对方实行通信,方便地交流信息,而且任何个人随身携带手持机,各有自己的号码,不论走到哪里或坐在哪里,都可按其需要与世界上任何地点的对方实行通信,这称为全球性的个人通信业务(PCS)。个人通信也是用数字信号的通信,以通话为主,也可互通低速数据和简单可视图像,总的数字速率是低的,频带是窄的。这里应说明:尽管全球个人通信是低速数字通信,但业务性质重要,不容忽视。人们对信息高速公路涵义和对 NII 的理解应该是广义的。就是说信息高速公路和 NII 的范围不仅指陆地上固定的高速、宽带通信 B-ISDN,还应包括全球的、移动的低速、窄带个人通信

PCS,两者都要重视和发展。

个人通信既是移动通信,个人的手持机首先经过无线接入微蜂窝通信网是必不可少的,但如个人通信是全球性的,需要连通远地对方,那末经过陆地固定的光纤通信网,接转太多不够迅捷,这就有必要考虑利用高空的卫星通信。如果认为个人手持机与 36,000km 高空的地球同步卫星联系,在功率和时延上有困难,那末设想利用 10,000km 高度的中轨道(MEO)卫星族或 1,000km 高度的低轨道(LEO)卫星族将更为合适。这些中、低轨道卫星族各有几十颗,各按一定速度连续绕地球运转,它们能够较迅捷地实现全球性个人通信。在使用频率上,个人通信手持机与微蜂窝区小电台的无线接入倾向于使用微波 1.6—2.5GHz,中、低轨道卫星通信也使用微波,将来也许使用更高频率 10GHz 或 20—30GHz。

由上可见,信息时代既有高速宽带的固定终端通信 B-ISDN,又有低速的、移动的个人通信 PCS;既要利用光纤光缆和铜线电缆,又要利用中、低轨道卫星族;既利用光波,又利用微波;既利用有线,又利用无线;既包含通信,又包含广播;既注重信息交往,又兼顾文化娱乐。人们对信息时代的信息高速公路和 NII 的理解,既强调 B-ISDN,又发展 PCS,不能狭隘片面,而应广义全面。

1995 年 10 月上海科技节科普演讲摘要

3. 信息高速公路的光纤通信与卫星通信

发展“信息高速公路”主要是筹划建立“国家信息基础结构”(NII),这首先要考虑一个国家的通信网基础结构,其核心部分将是光纤通信和卫星通信。前者是利用光波的有线固定宽带通信,而后者则是利用微波的无线移动低速通信。

一个国家的固定地点间长途和市内通信网,尤其是骨干网必将承担高速数字通信,称为宽带综合业务数字网(B-ISDN),它们肯定无疑地选择光纤光缆为传输线路,所以人们常说光纤是信息高速公路的基石。以石英为基的单模光纤(SMF)经过色散移位处理后,在长波长 $1.55\mu\text{m}$ 窗口的色散低至 $3\text{ps}/\text{km}\cdot\text{nm}$,每根光纤有 20—30THz 的巨大潜在带宽容量,而且光纤的损耗低至 $0.2\text{dB}/\text{km}$,在没有中间放大时可能传输高速数字信号几十公里。如沿线路适当间隔加置光纤放大器(EDFA),总的传输距离可以长达几千公里,而且是全光传输,只在发收两地终端设置电/光和光/电转换,避免再生中继。这样的传输系统可以施行密集多路光载波的波分多路技术(WDM),容许每根光纤同时传输几十路光载波,提高数字信号速率几十倍。例如每路光载波传输数字信号速率为 $10\text{Gb}/\text{s}$,30 路光载波总的传输数字信号速率达 $300\text{Gb}/\text{s}$ 。形象地说光纤类似于行驶汽车的高速公路,放大器(EDFA)使高速公路距离延长,波分多路技术(WDM)使高速公路成为多车道,两根光纤相当于两个方向有同样多车道的高速公路。况且一根光缆中包含许多根光纤,光缆总的传输速率容量将是非常巨大的。对于几千公里的直达线路,如越洋海底光缆还可以利用光孤子(soliton),实现超窄脉冲,超高速率和超长距离的直达传输。

实际上光纤通信和半导体激光技术在二、三十年前的兴起,打开了光子学和光子技术新领域的大门,不仅激光二极管的激活层现已开始采用纳米技术的多量子阱(MQW)结构,使光纤传输系统得到更精密的光源,而且若干个激光管排成阵列和同样数量的光检测器也排成阵列,通过光子集成技术(PIC),可各自与合波器和分波器等光波导制成芯片。还有其他新型光子有源器件正在相继出现,特别是自电光效应器件(SEED),用于逻辑开关阵列,打开了另一重要应用局面,引人注目。这种器件先是对称式,近来为场效应管,采用多量子阱结构,性能不断得到改进,这就使光开关,光计算,光交换等功能可以由光子器件来实现,加上其他有用和可靠的光无源器件,有可能让光在高速数字通信网起更全面的作用。这意味着在不太远的未来有可能组成更理想的全光通信网(AON),其信息容量更大,传送速率更快,更适合于信息高速公路的发展。

上面说的是固定通信,即全国各地众多的单位和住宅各自在办公室和家庭装置电话机、传真机、计算机,这是固定地点间实现市内、长途、甚至国际通信,是传统的通信。近年来又出现移动通信,例如城市内汽车沿道路驶行,在行车过程中需与对方联系通信,就是一种移动通信。每一城市的移动通信网结构采用蜂窝网,在每一蜂窝区的中心地点设置固定的无线电台,车载移动机为了实现通信,必须经过“无线接入”连通蜂窝区的固定电台。相仿地个人携带的袖珍通信机也随时随地移动,或在街道上步行走动时需要通信,当然这属于移动性较慢的个人移动通信,但也需要无线接入,这是必不可少的。总的来说在全面考虑完整的国家通信网基础结构时,应该重视移动通信,把无线接入这一特征包括在内。尤其是随着信息时代的来临,人们越来越向往个人移动通信,不仅限于城市内,还要延伸至远距离,遍布世界各地,这就是全球性的个人通信业务(PCS)。

卫星通信早已是人们公认的一种有力的通信方式,20余年来多数人使用的卫星通信,是通过赤道上空约 36,000km 与地球同步运