



## 建设先进网络基础设施 支撑教育信息化发展和应用\*

文 / 刘莹 任罡 李崇荣 吴建平  
清华大学网络科学与网络空间研究院 北京 100084

**【摘要】** 建设先进的网络基础设施,对教育信息化的发展及应用有着重要的支撑作用。文章首先概要分析了各国教育信息化规划的制定情况,并以美国的 Internet2 和欧洲的 GÉANT2 为例分析了国际教育和科研计算机网的发展现状;分别介绍了 CERNET 网络的发展情况和支持的教育信息化应用以及 CNGI-CERNET2 网络的发展情况与支持的应用;最后阐述了教育和科研信息化网络基础设施发展面临的挑战和机遇以及未来的发展设想。

**【关键词】** 教育信息化,网络基础设施,应用

DOI 10.3969/j.issn.1000-3045.2013.04.009

### 1 引言

2010 年党中央国务院颁布了《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》<sup>[1]</sup>,提出加快“教育信息化进程”的总体部署,使我国教育信息化工作进入了一个崭新发展的阶段。在这一大方针的指引下,2012 年 3 月教育部出台了《教育信息化十年发展规划(2011—2020 年)》<sup>[2]</sup>,2012 年 9 月召开的全国教育信息化工作电视电话会议进一步强调了教育信息化作为国家信息化的战略重点的地位。加快教育信息基础设施建设,建设先进的网络基础设施,对教育信息化的发展及应用有着重要的支撑作用。

世界上许多发达国家都制定了本国的教育信息化发展规划,将教育信息化放在国家战略的重要位置,而网络基础设施的建设,对教育信息化的

发展具有重要意义。据统计,目前有 100 多个国家和地区建立了国家和地区教育科研网(NREN),美国的 Internet2<sup>[3]</sup>和欧洲的 GÉANT2<sup>[4]</sup>是其中的代表。中国教育和科研计算机网 CERNET 是始建于 1994 年的全国性学术计算机互连网络,是支撑我国教育信息化发展和应用的重要的网络基础设施。而 2003 年启动的中国下一代互联网示范工程 CNGI 示范网络核心网建设项目“CNGI - CERNET2/6IX”则对我国下一代互联网发展具有重要示范作用,已经成为我国研究下一代互联网技术、开发重大应用、推动下一代互联网产业发展的关键性基础设施。

### 2 国际教育信息化规划和教育信息化网络基础设施发展现状

#### 2.1 国际教育信息化规划情况

2010 年 3 月,美国教育部教育技术办公室

\* 收稿日期:2013 年 4 月 17 日

(OET)发布了《变革美国教育:技术推动的学习》的国家教育技术计划<sup>[5]</sup>。规划中提出了一种技术推动的未来的学习模式,其目标和建议涉及5个基本领域:学习、评价、教学、基础设施和生产力,这其中,综合的基础设施建设在教育信息化中具有重要的位置。同样是在2010年3月,欧盟委员会公布了指引欧盟发展的“欧洲2020战略”<sup>[6]</sup>,提出欧盟未来10年的发展重点和具体目标,即促进智能型增长、可持续增长和全面增长,为加快目标的实现,欧盟委员会提出了7项旗舰计划,其中“欧洲数字化议程”则重点关注推进高速互联网的全面普及。日本也在2010年发布了《教育信息化指南》以及教育信息化的展望大纲,在其中也强调了安全便捷的网络基础设施的重要。

在我国,教育部发布了《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》,强调建设覆盖城乡各级各类学校的教育信息化体系,促进优质教育资源普及共享,推进信息技术与教育教学深度融合,实现教育思想、理念、方法和手段全方位创新,以提高教育质量、促进教育公平、构建学习型社会和人力资源强国。在这一规划中,教育信息化网络基础设施的建设具有重要的位置。2012年召开的全国教育信息化工作电视电话会议进一步强调了教育信息化作为国家信息化的战略重点地位。国务委员刘延东同志在讲话中特别提到:教育信息基础设施初具规模。中国教育科研网、教育卫星宽带传输网、部分省市区教育网相互补充,与公共网络互联互通,覆盖全国、“天地合一”的教育信息骨干网络基本形成(“天网”是教育卫星数字专用频道;“地网”主要依托互联网和有线电视网)。其中,中国教育科研网成为世界最大的国家级学术互联网,连接2 000多所教育科研机构,用户超过2 000万人。百所高校承担建设的国家下一代互联网主干网建设

取得重大进展,成为世界上规模最大的纯IPv6试验网,突破了网络地址资源瓶颈,为教育信息化长远发展开辟了广阔空间。并强调应多管齐下,进一步推进学校教育信息化基础设施。

综上所述,世界主要国家已将教育信息化放在重要的战略位置。而教育信息化基础设施的建设则是实现教育信息化战略的重要基础。

## 2.2 国际教育信息化网络基础设施发展

### 现状

根据统计,目前世界上有100多个国家和地区建立了自己国家和地区的教育科研计算机网(NREN),这些教育科研计算机网已经成为各国教育信息化的重要网络基础设施。

#### 2.2.1 美国的Internet2

Internet2成立于1996年,是由美国教育和科研机构组成的先进网络技术联盟,主要目的是开发先进的网络应用,并研发未来的网络创新技术。Internet2目前有330多个正式会员,拥有先进的主干网,主干网带宽达到100G。目前Internet2已和50多个国家的学术网互联。Internet2主干网为先进的网络应用提供可靠的网络服务,开发先进的网络技术,同时也为创新型网络应用技术的研提供有力的网络试验平台。

2011年Internet2得到了美国国家电信和信息管理局BTOP计划的支持,启动了美国联合社区锚网计划(U.S.UCAN)。U.S.UCAN项目的目标是利用升级的Internet2等主干网,建立一个覆盖全美国的高容量互联网,为超过20万家重要的组织提供先进的网络基础设施。Internet2正在全面升级主干网带宽至100G,主干网总带宽可扩展到8.8T,升级后将拥有15 000多英里的光纤,以提供连接全美范围超过20万个社区锚网所需要的带宽能力和范围。图1是In-



中国科学院

ternet2 主干网的拓扑。

### 2.2.2 欧洲的 GÉANT2

GÉANT 是由欧盟和 30 个欧洲国家的学术网共同合作于 2000 年开始建设的泛欧洲学术主干网。GÉANT 由非盈利组织 DANTE 负责规划、建设和运行。GÉANT2 是 2004 年开始建设的面向下一代互联网研究的新一代 GÉANT 主干网。GÉANT2 已连接 40 个欧洲国家的学术科研网络和 3 500 多所主要大学和科研机构,欧洲用户数超过 4 000 万。GÉANT2 主干网速率达 10G,包括 25 个 POP 节点。主干网拓扑如图 2 所示,目前已实现与欧洲以外的 50 个国家的网络互联。GÉANT 是在欧盟第五框架 FP5 下建立起来的,GÉANT2 是在欧盟第六框架 FP6 下建立起来的,目前,欧盟第七框架 FP7 正在支持第三代泛欧洲学术主干网 GN3。GÉANT2 连接的各学术网支持开展先进的网络技术研究和科学试验。

目前,世界主要发达国家和中等发达国家都建设了自己的以公益性为主并以支持教育和科研为主要目的的教育科研网。大部分主干网带宽都达到 10Gbps,部分发达国家的学术网正在进行到 100Gbps 的升级。主要的学术网都开展了 IPv6 的研究,支持应用类型包括网络基本应用以及面向教育和科研的先进网络应用和科学试验。这些教育和科研计算机网已经成为支持各国教育信息化的网络基础设施的重要组成部分。

## 3 CERNET 网络的发展与应用

### 3.1 CERNET 的建设和发展

中国教育和科研计算机网 CERNET 始建于

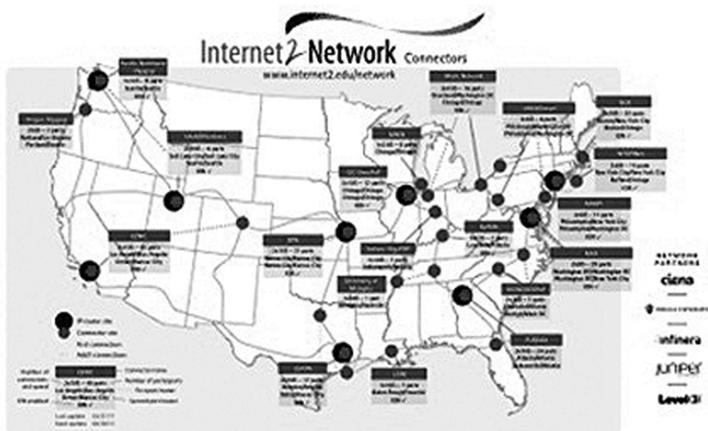


图1 美国 Internet2 主干网拓扑

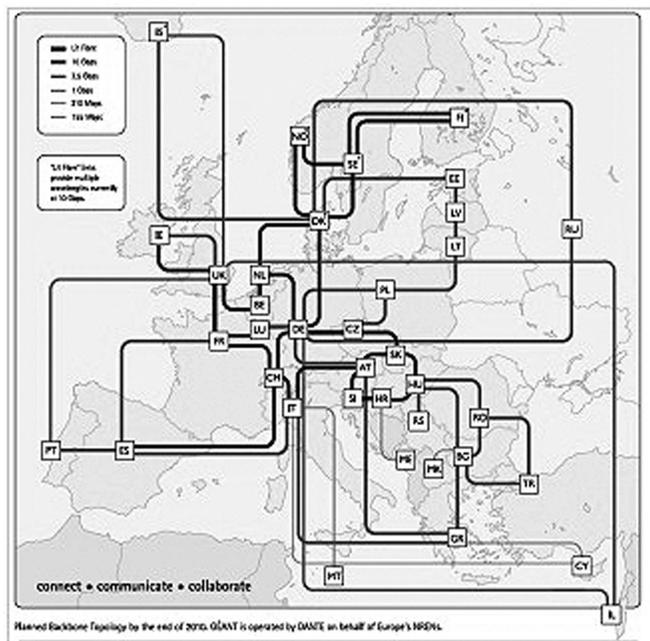


图2 欧洲 GÉANT2 主干网拓扑

1994 年,是由国家投资建设,教育部负责管理,清华大学等高校承担建设和管理运行的全国性学术计算机互联网,是全国最大的公益性计算机互联网。1996 年被国务院批准为 4 个具有独立国际出口的全国互联网单位之一,1998 年建成主干网有 38 个主节点的运行管理体系。2003 年开始建设中国下一代互联网示范工程 CNGI 示范网络核心网,2004 年建成主干网 CNGI-CERNET2,2005 年建成国际/国内互联中心 CNGI-6IX。通过 211 工程、CNGI 示范工程等一系列国家重大项目建设,

CERNET已经成为世界上最大规模的国家级学术网,在教育信息化中发挥了越来越重要的作用,成为国家教育信息化的基础平台,并推动我国下一代互联网研究走在世界前列。

截至2012年12月底,CERNET拥有主干线光纤超过30000公里,实际安装传输网设备超过17000公里,预计2013年扩展到22000公里,已经建成 $40 \times 100\text{G}$ 密集波分多路复用DWDM业务承载平台。目前,CERNET高速传输网不仅为CERNET主干网提供单波可达100Gbps的通信基础设施,同时也有力地支持了中国下一代互联网示范工程核心网CNGI-CERNET2等国家重大项目。

基于CERNET高速传输网提供的传输线路,CERNET主干网连接38个核心节点,覆盖全国31个省、市自治区的36个城市,主干带宽达到10G—100Gbps。CERNET在北京、上海和广州各设立了1个与国内其他网络互联的网络互联点,与中国科技网、国内主要电信运营商的公众互联网实现了互联,提高了国内网络互联的可靠性和网络访问性能。自1995年以来,CERNET在北京设立唯一的国际出口,与美国、欧洲、亚太地区的学术网实现互联。目前CERNET与国内其他互联网的互联带宽超过59Gbps,与国外和港澳地区网络的互联带宽超过35Gbps。据统计,CERNET拥有IPv4地址数约为1701万个,注册EDU.CN域名数为4026个。CERNET通达全国200多座城市,联网的大学、教育机构和科研等单位超过2000个,用户超过2000万人。CERNET已经成为与世界同步、高效快捷的高等教育公共服务体系的重要组成部分,成为推动中国高等

教育整体水平提升的重要支撑。

CERNET主干网拓扑图如图3所示。

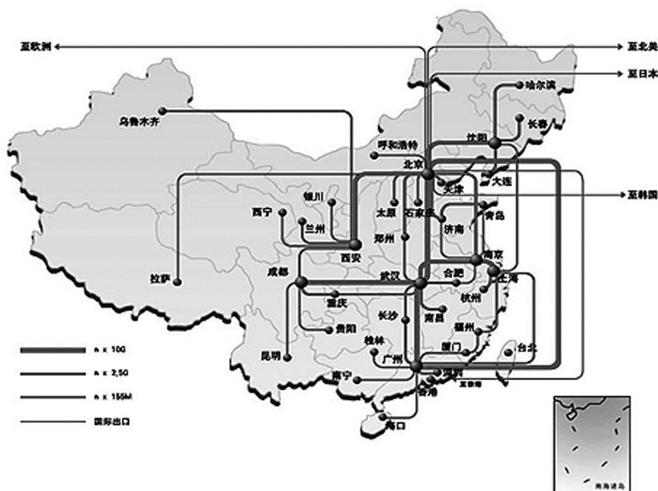


图3 中国CERNET主干网拓扑

### 3.2 CERNET支持教育信息化应用

CERNET为我国高校师生提供全面的互联网服务,为高校重点学科建设提供先进的科研与教学环境,支持了国家大型教育信息化工程,包括:中国高等教育文献保障系统、高等学校仪器设备和优质资源共享系统、高等学校招生网上录取系统、中国教育科研网格、大学数字博物馆、远程教育系统等,成为我国重要的互联网研究平台与人才培养基地,为我国教育信息化提供公共支撑环境。CERNET支持教育科研重大应用具体情况如下:

“中国高等教育文献保障系统”(CALIS)是“211工程”高等学校公共服务体系的重要组成部分,已建成由全国管理中心和4个全国文献中心、7个地区中心及东北地区国防文献服务中心、1个联机编目中心、3个技术中心、15个省中心、22个数字图书馆基地、加上800多个成员馆共同组成的三级全国高校文献保障和服务体系,实现了高校信息资源的共建共享。CALIS建成了分布式“中国高等教育数字图书馆(CADLIS)”支撑



中国科学院

和服务平台,有800个用户馆的全国联机编目系统和联合目录数据库(书目数据量达270万,馆藏数据量达2000万)、100多个高校馆参建的全国高校学位论文全文数据库中心平台(包含20多万篇学位论文)、70个高校馆参建的全国重点学科特色数据库平台(包含75个重点学科特色数据库)、40多个高校馆参建的全国教学参考信息资源管理平台(包含11万种)、50多个高校馆参建的全国重点学科网络资源导航数据库平台(包含77个一级学科和14万个网站)、200多个用户馆的全国中外文现刊目次数据库(包含2.3万种刊和2400万条数据)、50多个提供服务的高校馆组成的全国馆际互借与文献传递网、全国高校联合参考咨询服务网络。

“高等学校仪器设备和优质资源共享系统”(CERS)也是“211工程”高等学校公共服务体系的重要组成部分,已经建成了1个位于北京的全国优质资源项目管理中心,2个分别位于上海、武汉的区域中心以及10余所重点高校建设的校级平台,入网的优质资源包括33所高校超过1200余台(单价超过80万元)的大型仪器设备,217门的国家级精品课程资源以及200余个国家级实验示范中心信息。

“高等学校招生网上录取系统”从2001年起依托CERNET正式投入使用,已在全国30个省市(广东省除外)、全部普通高等学校,香港地区6所高校运行,每年处理的考生人数超过1000万人,录取高校新生数超过500万人,是世界上规模最大的网上招生录取应用系统。

“中国教育科研网格”(ChinaGrid)是“211工程”高等教育公共服务体系的建设内容,自主研发了网格公共支撑平台CGSP,集成了分布于全国13个省市20所重点高校的计算、存储、数据、软件等信息资源,建立了聚合计算能力达到16万亿次、存储能力达到180TB的网格环境,并开发部署了一系列具有重要影响的典型网格应用,为重大科学研究和学科建设提供了先进技术手段和重要基础平台。

“百万册数字图书服务系统”(CADAL)是“中英文图书数字化国际合作计划”的重要内容,也是“211工程”高等教育公共服务体系的建设内容。目前数字化保存了100余万册图书文献,其中中文图书文献资源87余万册,英文图书文献资源15余万册,多媒体资源8余万件,存储容量约10TB。已吸引全球80多个国家的用户,日均点击量达30万次,日均浏览图书近4000册,服务人数100万人以上。

“大学数字博物馆”建设工程以30所高等院校10万余件优质教学标本和特色藏品为基础资源,涵盖地球科学、人文科学、生命科学和科学技术4大领域,建成了以图片、动画、音视频等多媒体信息和科学规范的专业描述为主体的28个大学数字博物馆,以藏品为知识节点构建了跨学科的立体知识网络,形成多学科融合的数字博物馆体系。

“远程教育系统”是教育部实施“现代远程教育工程”的重要建设内容,全国共有67所高校被批准设立网络学院,设置了3000多个校外学习中心,实现了东部优质教学资源向西部输送,成为我国终身学习体系的重要组成部分。

“中国教育和科研计算机网门户系统”(www.edu.cn)面向全球互联网用户提供丰富的中国教育信息资源与服务。目前,系统的日均页面访问量达970万次,最高达2500万次;日均独立访问IP地址数达60万个;日均流量达150Mbps。

## 4 CNGI-CERNET2网络的发展与应用

### 4.1 CNGI-CERNET2的建设和发展

从1998年起,CERNET在我国率先开展了下一代互联网研究与试验。2003年启动的“中国下一代互联网示范工程CNGI示范网络核心网建设项目CNGI-CERNET2/6IX”是由国家发改委批复立项,中国工程院组织协调,教育部主管,中国教育和科研计算机网CERNET网络中心与清华大学等25所高校承担建设的国家重大项目,是中国下一代互联网示范工程CNGI的重要组成部分,对我国下一代互联网发展具有重要示范作用。建成的

CNGI-CERNET2 主干网全面支持 IPv6 协议, 已经成为我国研究下一代互联网技术、开发重大应用、推动下一代互联网产业发展的关键性基础设施。

2006 年 9 月, CNGI-CERNET2/6IX 通过国家鉴定验收。鉴定委员会一致认为, CNGI-CERNET2/6IX 是目前世界上规模最大的纯 IPv6 大型互联网主干网。该项目立足于国产关键网络设

备和自行研发的网络技术, 设计和建设了以国产设备为主的大型下一代互联网主干网。该项目技术起点高, 实现难度大, 已在国内外产生了重要影响。该项目有多项重大创新, 特别是“建设纯 IPv6 大型互联网主干网”、“基于真实 IPv6 源地址的网络寻址体系结构”和“IPv4 over IPv6 网状体系结构过渡技术”属国际首创, 总体上达到世界领先水平。

截至 2012 年 12 月底, CNGI-CERNET2 主干网共有 34 个 IPv6 自治域, IPv6 地址总数达到 18 个/32, IPv6 域名总计 188 个。CNGI-CERNET2 的接入单位达到 300 多个, 其中包括 100 个 CNGI 高校驻地网还有 200 多所学校、科研院所和研发机构, 这些单位通过专线或隧道方式接入 CNGI-CERNET2, IPv6 用户总数超过 200 万。CNGI-CERNET2 主干网拓扑见图 4。

#### 4.2 CNGI-CERNET2 的技术创新和支撑的应用示范

依托已经建成的 CNGI-CERNET2/6IX, 应用已经取得重大突破的下一代互联网关

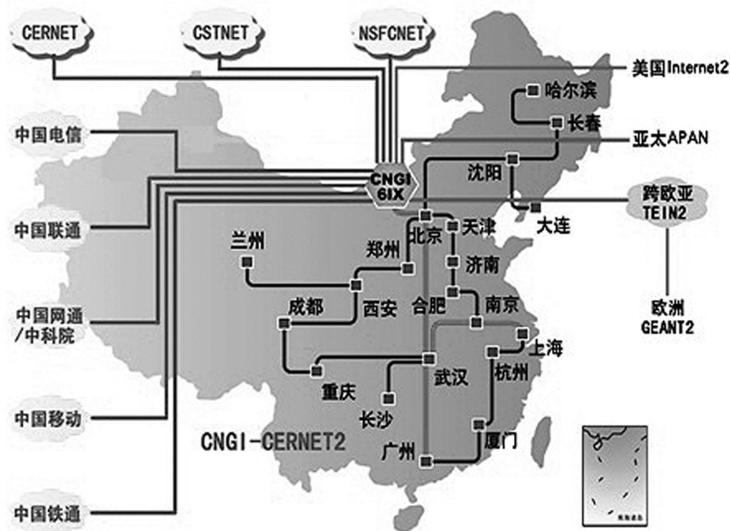


图 4 中国 CNGI-CERNET2 主干网拓扑

键技术, 上百所高校在教育部的领导下开展了下一代互联网技术创新和应用示范, 2012 年圆满完成了国家科技支撑计划重大项目“可信任互联网”和列入中央拉动内需计划的 CNGI 重大项目“教育科研基础设施 IPv6 技术升级与应用示范”, 并通过了国家项目验收。取得的标志性成果如下:

(1) 建成 100 个完成升级改造并实现 IPv6 普遍覆盖的校园网, IPv6 用户规模超过 200 万。实现了 100 所学校校园网 IPv6 全面升级和普遍覆盖, 百校 IPv4/IPv6 双栈覆盖率平均为 97%, 达到了 IPv6 在校园网上的普遍覆盖。IPv6 网络流量持续增长, 接入 CNGI-CERNET2 主干网的 IPv6 总流量超过 50G, 达到接入 CERNET 主干网的 IPv4 总流量的 1/3。培育了我国首批 IPv6 用户, 百校 IPv6 用户总计超过 200 万人, 为园区网 IPv6 升级及培育 IPv6 用户提供了宝贵的经验。

(2) 研制完成 IPv6 网络运行管理与服务支撑系统, 在 100 个校园网及 CNGI-CERNET2/6IX 规模应用。在全球率先实现了自主研发的 IPv6 网络支撑系统在 100 个校园网以及 CNGI-CERNET2 主干网的大规模联



中国科学院

合部署与应用。形成了较为完整的IPv6下一代互联网在基础设施、运行管理和重大应用等方面所需的网络支撑与服务平台。在IPv6管控、IPv6过渡、IPv6网络服务等方面试验验证了网络的可管理性、可控制性和安全性。成套的IPv6网络运行管理与服务支撑系统部署在100个正常运行的校园网上,为公众互联网IPv6升级改造及规模商用进行了必要的技术准备。

(3)2008年开通了IPv6奥运官方网站镜像站点,成为我国面向全球的IPv6重要应用示范,在国际上引起了很大反响。在此基础上,升级改造和开发了一批重要的教育科研IPv6网络信息资源与应用。综合运用IPv4/IPv6双协议栈、IPv4/IPv6反向代理以及翻译技术三种技术路线和方法,实现了教育科研门户网站、重点学科信息资源、大学数字博物馆、高等学校网上招生等10项重要教育科研网络信息资源和应用的IPv6升级;开发了基于IPv6的视频直播点播、高清视频会议、无线宽带通信等10项新的下一代互联网教育科研重大应用示范;带动了1300多个校园信息资源和应用系统IPv6升级,在100个校园网上提供了上千个IPv6信息资源与应用服务。对网站系统IPv6升级改造及IPv6应用服务进行了有益尝试。截至2012年12月23日统计,全球IPv6 Enable认证的网站总计1918个,中国有523个,排名第一。其中高校获认证网站473个,占国内总量的90%。

(4)开通了IPv6下一代互联网国际高速互联。升级了CNGI示范网络核心网CNGI-CERNET2/6IX的接入能力和互联能力,支持100所学校1G以上带宽接入,实现了中美下一代互联网10G高速互联。升级后的100个IPv6校园网和CNGI-CERNET2/6IX构成了全球范围的下一代互联网科技创新试验平台,有力地支持了科技支撑计划“可信任互联网”等一批国家项目的研究与试验。

(5)实现了产学研协同创新,推动了下一代互联网产业发展。向华为、中兴等著名网络设备制

造企业提供了形成国际标准的自主创新技术,并积极向中国电信等著名电信运营企业推广应用技术,基本形成了产学研协同创新模式,推动了我国下一代互联网产业发展,培养了大批下一代互联网技术研发、网络运行等方面的人才,为我国实现下一代互联网大规模商用奠定了重要基础。

## 5 挑战与机遇

我国教育信息化已经取得显著进展,但与人民群众的需求和世界发达国家水平相比还有明显差距。目前我国整体信息化发展总体水平与发达国家相比差距较大,根据国际电信联盟(ITU)的最新报告《衡量信息社会发展:2012年》<sup>[7]</sup>,其评价指数IDIITU的比较结果显示,2011年中国的IDIITU指数水平在155个国家和地区中位于第78位。中国信息化发展的突出问题是信息化基础设施建设的力度还亟待加强,信息化发展环境和效果仍存在比较大的改善空间,信息消费水平也有待进一步提升。此外,我国信息基础设施明显落后,在宽带基础设施建设方面,截至2010年底,尽管我国的宽带用户数已经是全球第一,但宽带人均普及率不到10%,低于OECD国家平均水平约15个百分点,远未达到发达国家30%—40%的水平,且仍处于“低速宽带”阶段,宽带平均下载速率为1.77Mbps,全球排名第71位,不足全球平均水平的1/3。尽管带宽速率偏低,但我国宽带价格却远远高于OECD各先进国家水平。

我国把教育信息化作为国家信息化的战略重点和优先领域全面部署、加快实施。《国家中长期教育改革和发展规划纲要》要求:加快教育信息基础设施建设,信息技术对教育发展具有革命性影响,必须予以高度重视。把教育信息化纳入国家信息化发展整体战略,超前部署教育信息网络。《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》将完善教育信息网络基础设施列为教育信息化的主要发展任务之一,指出“加快中国教育和科研计算机网(CERNET)、中国教育卫星宽带传输网(CEB-

Sat)升级换代,不断提升技术和服务水平。充分利用现有公共通信传输资源,实现全国所有学校和教育机构宽带接入。根据国家互联网发展战略要求率先实现向下一代互联网的过渡。探索国家公益性网络的可持续发展机制。”

党的“十八大”提出“新四化”,教育信息化责任非常重大。2013年3月习总书记指出,世界科技发展有4个趋势,第一就是移动互联网、智能终端、大数据、云计算、高端芯片等新一代信息技术发展将带动众多产业革命和创新。习总书记的重要讲话,对加快推进教育信息化工作有很强的指导意义。世界科技发展的新趋势以及信息技术及产业的加速创新和发展,为我们加快教育科研信息化基础设施的建设,强化基础设施与各学科领域发展的深度融合,提升科技创新能力和效率提供了良好的基础和环境。

## 6 发展设想

“十二五”期间,CERNET首先将完成好“211工程”三期高等教育公共服务体系建设项目“中国教育和科研计算机网主干网和重点学科信息服务体系升级扩容工程”项目,该项目是贯彻落实教育部2012年发布的《教育信息化十年发展规划2011—2020年》中教育信息化基础能力建设行动计划的具体举措,实施中国教育和科研计算机网CERNET主干网升换代,将更好地为全国教育信息化提供主干网接入服务。

项目目标是,全面提高中国教育和科研计算机网的技术水平和服务能力,扩大传输网络的覆盖范围和传输容量,提高主干网高速接入能力和核心节点的性能,建立可靠的网络运行管理和安全保障系统,完善重点学科信息资源服务系统,提升服务全国高等教育和高校重点学科建设的能力,使其成为达

到世界先进水平的国家教育科研信息基础设施。

2012年底CERNET在国内首次开通了单波100G传输业务;进行了CERNET主干网升级,在国内首次开通了连接北京、上海等8个城市的12条100G线路,成为国际上继美国Internet2之后第二个开通100G的国家级学术网。

建设先进的教育信息化基础设施,必须充分重视和利用先进的网络和信息技术。目前,IPv4地址已经分配完毕,今后新建网络只能使用IPv6技术,下一代互联网已经成为“十二五”期间我国加快培育和发展战略性新兴产业的先导性和基础性领域,对我国加快经济转型、建设创新型国家、抢占信息技术产业国际竞争战略制高点具有重要战略意义。2011年12月23日,国务院召开常务会议,研究部署加快我国发展下一代互联网产业,明确了“十二五”期间发展我国下一代互联网的路线图和主要目标,确定了重点任务<sup>[8]</sup>。下一代互联网是未来国家信息化基础设施的重要组成部分。

“十二五”期间,为了贯彻落实我国“十二五”期间加快发展下一代互联网的战略行动计划,CERNET将充分利用已经建成的CNGI-CERNET2/6IX基础设施,继续开展和支持下一代互联网的技术创新,为下一代互联网大规模商用提供技术试验与应用示范的验证推广平台,为下一代互联网关键技术及应用创新、探索新型互联网体系结构提供开放性的试验环境;同时,CERNET将积极推动国家对我国下一代互联网试验与示范网络的升级建设的继续支持,使我国在下一代互联网试验与示范网络方面保持在世界上的先进地位,并争取达到世界领先水平。

### 参考文献

- 1 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020).



中国科学院

- 2010,7.
- 2 教育信息化十年发展规划(2011-2020年). 2012,3.
- 3 <http://www.intenet2.edu>.
- 4 <http://www.Geant2.edu>.
- 5 国际教育信息化研究. 中国教育网络,2012,7.
- 6 欧洲教育信息化规划分析. 中国教育网络,2012,8.
- 7 统计科研所信息化统计评价研究组. “十一五”时期中国信息化发展指数(IDI)研究报告——中国信息化发展水平的国际比较与分析. 中国信息界, 2011, (1): 67-74.
- 8 关于下一代互联网“十二五”发展建设的意见. 2012,3.

## Building an Advanced Network Infrastructure to Support Education Informatization and Its Applications

Liu Ying Ren Gang Li Chongrong Wu Jianping

(Network Science and Cyberspace Research Center, Tsinghua University, Beijing 10084, China)

**Abstract** Building an advanced network infrastructure can play an important role to support education informatization and its applications. This paper firstly analyzes the education informatization strategies of different countries and the trend of the international network infrastructure to support education informatization. Then, we introduce the developments of CERNET and CNGI-CERNET2 and their applications. Finally, the future direction of network infrastructure is presented to support education informatization.

**Keywords** network Infrastructure, education informatization, application

**刘莹** 清华大学网络科学与网络空间研究院副研究员。2001年获西安电子科技大学博士，2001—2003年在清华大学计算机系从事博士后研究。曾任中国计算机学会互联网专委会秘书长。主要研究方向是下一代互联网体系结构、组播路由算法研究、组播路由协议设计、高性能路由器体系结构。作为项目和课题负责人，承担和参加了多项国家省部级重点科研项目，包括“973”项目、“863”项目、国家自然科学基金项目、国家科技基础条件平台项目、国家科技支撑计划课题等，发表论文30余篇。E-mail: liuying@cernet.edu.cn

**吴建平** 男，清华大学计算机科学与技术系教授，博士生导师。现任清华大学信息化工作办公室主任、计算机科学与技术系主任、网络科学与网络空间研究院院长、信息化技术中心主任。兼任中国教育和科研计算机网CERNET专家委员会主任、网络中心主任，下一代互联网核心网国家工程实验室主任。国家“973”项目“新一代互联网体系结构和协议基础研究”首席科学家，中国下一代互联网示范工程CNGI专家委员会副主任，国家“十二五”“863”计划信息领域网络与通信主题专家组成员。“国家杰出青年科学基金”和“长江学者奖励计划特聘教授”获得者；获得“2008年何梁何利科技奖”和“2010年国际互联网界最高奖乔纳森·帕斯塔奖”。E-mail: jianping@cernet.edu.cn