



我国重点信息基础设施的现状、国际对比及政策建议

卿苏德, 宋扬, 赵丽, 曹磊
(中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 2015 年是全面完成“十二五”规划的收官之年,也是“十三五”规划的谋划元年,发现问题、研判趋势和解决问题是谋划元年的重中之重。我国正从网络大国、数据大国迈向网络强国、数据强国。根据世界经济论坛(WEF)发布的《2015 年全球信息技术报告》,我国也面临互联网人均带宽偏低、移动宽带普及率有限、创新环境亟待改善三大短板。从提升宽带能力、发展天地一体化网络和创新应用环境 3 个大方面,国内宽带网络、国际网络布局、移动通信、空间基础设施、应用基础设施和软件定义网络 6 个子方向进行现状分析和国际对比,并给出政策建议。

关键词: 国家信息基础设施;国际对比分析;政策建议

中图分类号: TN915

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017229

National key information infrastructure: status, international comparison and policy recommendations

QING Sude, SONG Yang, ZHAO Li, CAO Lei

China Information and Communication Research Institute, Beijing 100191, China

Abstract: 2015 is the year when “the 12th Five-year Plan” fully completed, and “the 13th Five-year Plan” starts. To discover problems, judge trends and solve problems are the top priorities in the first year of planning. According to “Global Information Technology Report 2015” that released by World Economic Forum, China is also facing three weaknesses, such as the low per capita internet bandwidth, the limited mobile broadband penetration and the urgent need of innovation environment. Situation analysis and international comparison were presented, and policy recommendations were given from three major aspects, such as improving broadband capabilities, developing Aerospace integrated networks and innovative application environments, which break down into six sub-directions such as domestic broadband networks, international network layout, mobile communications, space infrastructure, application infrastructure and software-defined network.

Key words: national information infrastructure, international comparison analysis, policy recommendation

1 引言

我国是名副其实的网络大国、网民大国和数据大国,拥有全球最大的 4G 网络、网民数量和数

据增速,具有天然的连接潜力、规模优势和资源禀赋,正通过网络强国、“互联网+”行动计划和大数据等一系列国家战略,充分释放政策红利、人口红利和信息红利。互联网女皇玛丽米克尔在

收稿日期: 2017-05-17; 修回日期: 2017-07-10



《2016 年互联网趋势报告》中指出,中国已经成为全球互联网的领袖。我国正从网络大国、数据大国迈向网络强国、数据强国^[1]。

2015 年是全面完成“十二五”规划的收官之年,也是“十三五”规划的谋划元年,发现问题、研究判断趋势、解决问题是谋划元年的重中之重。世界经济论坛(World Economic Forum, WEF)发布的《2015 年全球信息技术报告》^[2]指出,我国网络就绪度指数全球排名 62 位,与 2014 年持平,正面临互联网人均带宽偏低、移动宽带普及率有限和创新环境亟待改善三大短板。本文从提升宽带能力(国内宽带网络、国际网络布局)、发展天地一体化网络(移动通信、空间基础设施)和创新应用环境(应用基础设施、软件定义网络)3 个大方面、6 个子方向进行现状分析和国际对比,并给出政策建议。

2 我国信息基础设施建设发展特点

(1) 光纤入户渗透率远超欧美

我国 FTTH 用户占比超过 OECD 国家平均水平,根据 OECD 统计,2015 年 6 月 OECD 国家平均光纤用户比例为 17.9%,美国是 9.4%。同期,中国 FTTH 覆盖家庭数达到 3.4 亿户,FTTH 端口 2.1 亿个,占总端口比例达到 47%,是 OECD 国家平均水平的 2 倍多,是美国的 5 倍。

(2) 国内国际互联性能不断完善

我国互联网架构持续优化。2015 年,100 Gbit/s 的光传送网从省际骨干走向省内和城域网;网络架构逐渐由星形网络结构向复杂网状网演进;新增骨干互联互通点全面开通,中西部流量绕转现象明显改善,效率与质量大幅提升,区域均衡格局基本形成。

国际网络布局积极向好。国际互联网出口带宽增长迅速,2015 年,我国国际出口总带宽达到 12.4 Tbit/s。我国与周边 12 个国家建立了跨境陆地光缆系统,共有 17 个国际陆缆边境站。

国际海缆已通达 30 多个国家和地区,建有 4 个大型海缆登陆站,实现 8 条国际登陆海缆,我国运营商企业在登陆海缆系统上拥有容量超过 10 000 Gbit/s。海外 POP 点初步实现全球化部署,我国运营商企业在海外 30 多个城市,建设了 77 个 POP 点。

(3) 4G 网络加速布局,5G 研发持续演进

建成全球最大的 4G 网络。截至 2015 年底,我国 4G 用户超过 3.8 亿户,占全球 4G 用户数量 1/3 以上,4G 基站累计建设 183.4 万个,占全球 4G 基站数量一半以上。

移动通信研发向 5G 演进。5G 无线方面,新空口路线主要面向新场景和新频段进行全新设计;5G 网络方面,基于“三朵云”(接入云、控制云和转发云)向新型 5G 网络架构演进,构建基于 SDN、NFV 和云计算技术的智能、高效、灵活和开放的网络系统^[3]。

(4) 北斗卫星从区域运行向全球拓展迈进

2015 年 3 月 30 日,北斗系统全球组网首颗卫星在西昌发射成功,标志着我国北斗卫星导航系统由区域运行向全球拓展的启动实施。随着我国北斗卫星导航系统与美国 GPS(全球定位系统)、欧洲伽利略卫星导航系统、俄罗斯格洛纳斯卫星导航系统兼容共用,全球卫星导航从美国主导的单一 GPS 时代迈向美国、俄罗斯、中国、欧洲四大全球系统和日本、印度两大区域系统竞相发展的新时代。

(5) 数据中心从“中国制造”向“中国设计”迈进

微模块数据中心是国内首创的数据中心模式,实现了数据中心的工业产品化和标准化。据 ODCC(Open Data Center Committee,开放数据中心委员会)统计,截至 2015 年 9 月底,国内已部署的微模块数据中心的总量已经达到近 1 100 套,实现了超过 40 万台服务器的建设规模,相比 2014 年增长近 2 倍。微模块数据中心的加速落地,

标志着我国数据中心产业创新能力的大幅提升,正从“中国制造”迈向“中国设计”,并向着“中国创造”的方向不断推进。

(6) 我国 SDN/NFV 进入试验部署阶段

我国三大运营商加快 SDN/NFV 部署、加速网络转型升级的步伐^[4]。2014 年 11 月,中国移动发布全球首个软件定义分组传送网 (software-defined package transport network, SPTN), 开启政企专线新时代。同月, 中国电信发布了全球首个光传送网 SDN, 成功实现光传送网的带宽按需订购。2015 年 12 月, 中国联通完成 T-SDN 部署, 在杭州城域传送网实现带宽按需订购的政企专线应用。

3 我国信息基础设施建设和国外的对比分析

(1) 数字鸿沟存在进一步扩大的趋势

固定宽带用户普及率与发达国家差距大。截至 2015 年年底, 全国固定宽带接入用户达到 2.13 亿户, 其中光纤接入 (FTTH/O) 总数达 1.2 亿户, 占总数的 56.1%。自 2008 年超过全球各国平均水平后, 我国的固定宽带用户普及率不断追赶全球主要发达经济体, 与 OECD 国家平均水平的差距逐步缩小, 但仍有较大差距。

高速宽带用户占比有待提高。根据工业和信息化部发布的《2015 年通信运营统计公报》, 2015 年我国 8 Mbit/s 以上、20 Mbit/s 以上宽带用户总数占宽带用户总数的比重分别达 69.9%、33.4%, 2016 年的提速目标为 20 Mbit/s 以上高速宽带用户比例超过 50%。2015 年, 德国约 70% 的家庭拥有 50 Mbit/s 或更高的带宽, 2018 年前实现全国最低 50 Mbit/s。相比之下, 我国的提速发展任重道远。

网络性能人均水平的国际排名偏低。根据 2015 年 4 月 15 日世界经济论坛发布的《2015 年全球信息技术报告》, 我国互联网人均带宽、移动电话用户普及率和移动宽带用户普及率的指

标分别为 4.23 kbit/s、88.7% 和 21.4%, 在 143 个经济体中的排名为 123 位、108 位和 80 位, 排名相对靠后。

(2) 国际网络能力与发达国家差距明显

国际互联网出口总带宽和人均带宽与发达国家具有较大差距。根据 CNNIC 第 37 次统计报告^[5], 我国国际互联网出口带宽达到 5 392 116 Mbit/s, 人均带宽占有量为 0.007 8 Mbit/s。欧洲、美国国际互联网出口带宽处于领先地位, 我国人均带宽占有量处于较低水平, 仅为德国占有量的 1/64, 美国的 1/16。

海外 POP 点数量与全球著名企业差距还较大。我国运营商企业在海外 30 多个城市共建设了 77 个 POP 点, 而全球著名运营商企业如 Level3、AT&T 和 Verizon 等海外 POP 点分别有 238、109 和 101 个, 数量远超我国。

CDN 与发达国家规模差距大。中国电信在全国建设了覆盖全网的 300 多个 CDN 节点, 总服务能力接近 19 Tbit/s; 对外服务的 CDN 国际网络, 已在 41 个国家和 83 个城市建有 CDN 节点。网宿科技在海外部署近 60 个 CDN 加速节点, 覆盖范围遍及亚洲、欧洲、美洲以及中东和非洲。然而, 美国 Akamai 公司于 2013 年底已在全球 90 个国家部署 15 万台服务器, 并实现全球 40% 流量的分发。

(3) 天地一体化网络亟需加强资源协调和自主创新

无线频率资源存在较大缺口。目前我国 6 GHz 以下可分配的频率资源有限, 初步测算我国 2020 年 IMT 系统频率缺口范围在 803~1 123 MHz。

北斗导航创新缺乏高端芯片支撑。我国北斗芯片的制造工艺刚达到 40 nm, 而美国 GPS 芯片主流工艺已为 32 nm, 正向 28 nm 进军。芯片上的代际落差, 导致了明显的性能差距, 不利于北斗导航的创新, 难以培育国产导航龙头企业。

国内无自主卫星移动通信系统。国际上各大



卫星移动通信系统逐渐部署完毕，主要有美国“铱”星系统、美国“全球星”（Globalstar）系统、国际海事卫星（Inmarsat）系统等，卫星移动业务终端制造商有英国 Cobham 公司、新加坡 Addvalue 公司、澳大利亚 APSI 公司等。目前，我国的卫星移动通信业务大多使用国外的卫星系统，信息安全无法得到保障。

我国目前没有 Ka 频段宽带卫星通信系统。美国、加拿大、欧洲、泰国和阿联酋等国家和地区均发展了 Ka 频段宽带卫星系统并已经投入使用。我国将在 2017 年发射中星 15 号（Ka）宽带通信卫星。

（4）数据中心整体布局不够理想，节能潜力巨大

据 2015 年工业和信息化部统计，美国数据中心的平均电能使用效率（PUE）已达 1.9，先进数据中心的 PUE 已达到 1.2 以下。我国的数据中心总量已超过 40 万个，年耗电量超过全社会用电量的 1.5%，其中大多数数据中心的 PUE 仍大于 2.2，与国际先进水平相比有较大差距。

（5）软件定义网络（SDN）产业生态环境亟需改善

我国在 SDN 开源生态圈中需要弘扬“中国精神”。SDN 领域先后成立了开放网络基金会（Open Networking Foundation，ONF）和 OpenDaylight 等标准化组织。我国共有 12 家企业/事业单位加入了开放网络基金会，虽然开放网络基金会的董事会成员中没有一个人，但阿里巴巴和华为分别占据了 ONF 操作和服务领域的主管职位。OpenDaylight 目前拥有 51 家成员企业，我国华为、华三、中兴、联想、腾讯、阿里巴巴都是最低级别的白银会员。OpenDaylight 软件依托思科代码库构建，思科具有绝对的主导权和话语权。

我国运营商的 SDN/NFV 网络转型步伐与国外有差距。2015 年 4 月，AT&T 宣布基于 SDN 技

术实现的“按需服务网络”业务范围已扩展到 100 个城市。2015 年，虽然中国电信、中国移动和中国联通分别发布 B2I 战略转型、NovoNet 2020 愿景和 CUBE-Net 2.0 战略，但是转型步伐和落地进度相对缓慢。

4 政策建议

4.1 缩小数字鸿沟

城市地区积极推进全光网城市建设。政府加强引导，提升社会信息化应用普及程度和应用水平，继续推进既有小区光纤到户改造。加强《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范》和《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程施工及验收规范》两项国家标准的落实。加快制定城市地区信息基础设施专项规划，落实住房和城乡建设部和工业和信息化部联合下发的《关于加强城市通信基础设施规划的通知》，各级政府做好相关规划的衔接和协调，将信息基础设施规划纳入城乡建设规划中统筹考虑。

农村地区抓好普遍服务补偿机制项目实施，加快农村地区宽带网络覆盖和能力升级。积极落实电信普遍服务补偿机制，推动基础电信企业深度合作共享，加快农村地区宽带建设。持续推进村村通建设纵深发展，扩大农村地区光纤覆盖范围。推动农村地区宽带能力升级，实现农村家庭带宽接入能力达到 12 Mbit/s 的目标。扩大《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程设计规范》和《住宅区和住宅建筑内光纤到户通信设施工程施工及验收规范》两项国家标准的适用范围，新农村建设、城镇化改造过程中采用 FTTH 方式建设。

4.2 完善国际网络布局

一是扩大国际通信网络辐射。持续推进“一带一路”、东盟信息港、中美合作、中巴信息走廊和中欧合作等国际合作计划的实施，统筹规划海

底光缆和跨境陆缆等设施在全球的战略布局, 加快推动与周边国家信息通信设施的互联互通, 打通经中亚到西亚、经南亚到印度洋等陆上信息丝绸之路, 积极推进美洲、欧洲、非洲等方向海缆建设, 重点满足跨境光缆、卫星通信、海外 POP 点等国际通信基础设施的建设需求, 通过网络扩容、部署内容分发网络的缓存节点、推进 SDN 技术试点等措施, 缓解国际出口拥堵问题, 构建通达全球的信息网络。

二是积极提升我国互联网价值和地位。加快扩展我国各互联网骨干网与全球其他互联网的直联, 鼓励企业发展互联网转接业务, 提升我国互联网在全球的地位。加快互联网国际出入口宽带扩容, 探索新型互联网交换中心建设试点。积极参加联合国、金砖国家、上合组织以及其他区域和国际组织的活动, 充分利用多边和双边机制开展多层次、多渠道的对话与交流, 推动建立多边、民主、透明的国际互联网治理体系。

三是加大资金政策保障, 鼓励企业“走出去”参与信息通信网络建设和运营。加强资金投入和规章建设, 保障相关配套设施建设, 满足互联网国际出口带宽持续扩容要求。加大亚洲基础设施投资银行、国家进出口银行和丝路基金等政策性金融机构对国内运营商“走出去”的资本和财务支持。鼓励基础电信企业和互联网企业建设海外 POP 点、数据中心和 CDN 节点等设施, 增强网络通达性和业务接入能力。

4.3 加强天地一体化网络资源协调

一是持续推进宽带无线和移动通信技术演进。统筹 2G/3G/4G/WLAN 协同发展, 积极开展 5G 研究, 力争实现 5G 全球领先发展。大力支持 5G 标准研究和技术试验, 统筹国内产学研用力量加快 5G 标准制定和产业化, 推进 5G 大规模技术试验, 提升 5G 组网能力、业务应用创新能力和商用能力。积极推进 5G 频谱规划以满足 5G 技术和

业务发展需求。

二是技术、管理两手抓, 解决频谱资源缺口问题。在技术层面, 继续推进各类无线电技术的演进升级, 提高频谱使用效率; 探索利用认知无线电等技术, 加强频率资源的动态共享; 加强 6 GHz 以上高段频率资源利用技术, 探索高频段资源利用。在管理层面, 建立国家频谱审计和回收机制, 形成频率资源的闭环管理; 探索频率资源的市场化配置, 充分发挥频率资源使用效益; 统筹各行业用频需求, 制定我国频率资源中长期规划。针对我国卫星频率的短缺困境, 管理部门、卫星行业应用单位和其他无线电用频单位要深入沟通, 协调卫星频率资源, 在频率规划、频率审批时预留卫星移动通信及宽带卫星通信系统所占频率及未来发展频率, 加强频率资源管理, 减少其他无线电设备对卫星通信的干扰。

三是加快开拓北斗的国际市场。加快建设北斗地基增强系统, 提供广域米级/分米级实时导航定位服务以及区域厘米级定位服务, 以巴基斯坦、泰国、缅甸等周边国家为支点, 加快推进北斗在亚太的区域性基准站建设, 促进区域级导航基础设施的互联互通。

四是加快法律法规制定, 注重责权划分。加快国内公众移动通信基站立法, 形成公众移动通信基站管理的法律法规和政策制度, 规范基站的建设、管理行为, 使基站管理步入法制化、规范化管理的轨道。强化基站建设单位的主体责任, 促使建设单位正确处理好履行法定责任、做好通信服务、保护公众环境权益和追求企业利益的关系。

4.4 提高应用基础设施管控

一是适度超前布局应用基础设施。从国家层面统筹指导云计算服务平台建设, 推进超大型和大型数据中心优先在能源充足、气候适宜的西部省份部署, 引导我国数据中心合理发展和布局, 鼓励建设绿色数据中心。



二是切实提升数据中心的安全可控。以高端路由器、服务器为突破口,加快国产设备在我国信息基础设施的推广应用。以应用引领落实,党政军带头使用国产云服务,减少政府自建数据中心的数量。

4.5 形成软件定义网络产业生态

一是构建 SDN 开源生态圈,提供 SDN 技术人员的培育环境。鼓励和支持 SDN 开源生态建设,吸引全球智慧参与,形成以技术为纽带的创新模式,培育开放共享的开源社区,为 SDN 技术人才的培养提供良好环境。

二是加快标准化工作,为 SDN 应用加速部署提供技术依据。加强统筹协调,发挥产业联盟与相关标准组织的作用,推进 SDN 标准化工作,为 SDN 产业健康发展和规模应用部署提供必要的技术支撑;加快 SDN 安全技术研究,探索基于 SDN 架构的安全解决方案,制定 SDN 安全相关标准。

三是建设互通测试平台,推动解决方案的成熟落地。聚焦 SDN 商用场景,制定 SDN 解决方案的基准测试规范,加快建设 SDN 互通测试平台,推动商用场景下多厂商解决方案的互联互通,为 SDN 大规模的商用部署奠定基础。

参考文献:

- [1] 廖建新. 大数据技术的应用现状与展望[J]. 电信科学, 2015, 31(7): 7-18.
LIAO J X. Big data technology: current applications and prospects[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(7): 7-18.
- [2] 张建光, 朱建明. 从世界经济论坛《全球信息技术报告 2015》看信息化发展态势[J]. 电子政务, 2015(10): 110-117.
ZHANG J G, ZHU J M. Research on the development trend of informatization based on global information technology report 2015[J]. E-Government, 2015(10): 110-117.
- [3] 李文宇, 宋丽娜, 何秀森. LTE 产业发展分析和展望[J]. 电信

科学, 2014, 30(3): 6-11.

LI W Y, SONG L N, HE X M, et al. Development analysis and perspective on LTE current status[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(3): 6-11.

- [4] 韦乐平. SDN 的战略性思考[J]. 电信科学, 2015, 31(1): 7-12.
WEI L P. Strategic thinking on SDN[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(1): 7-12.
- [5] 中国互联网络信息中心. 第 37 次中国互联网络发展状况统计报告[J]. 国家图书馆学刊, 2016(2): 20.
CNNIC. The 37th statistical report on internet development in china[J]. Journal of the National Library of China, 2016(2): 20.

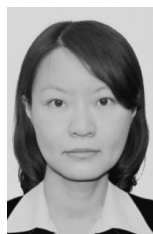
[作者简介]



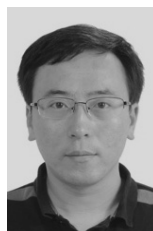
卿苏德(1985-), 男, 博士, 中国信息通信研究院高级工程师, 主要研究方向为国家信息化战略和规划、信息基础设施、大数据和区块链。



宋扬(1986-), 男, 中国信息通信研究院工程师, 主要从事无线电管理、卫星业务监管等方面的研究工作, 参与通信业规划、卫星业务相关政策文件编写工作。



赵丽(1979-), 女, 中国信息通信研究院高级工程师, 主要从事宽带网络、国际通信基础设施、国际通信合作等方面的咨询工作。



曹磊(1983-), 男, 博士, 中国信息通信研究院高级工程师, 主要从事无线与移动通信、移动互联网和物联网等领域研究、规划和咨询工作。