



通信网络能效度量及优化方法

聂秀英

(中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 虽然网络在提高众多行业能效的过程中起到了非常重要的作用, 但随着互联网用户、业务和应用的迅猛发展, 网络能耗逐年增加, 已经威胁网络运营商的可持续发展。主要探讨了网络运营企业面临的能耗风险, 介绍了能效度量和优化方法研究方面取得的进展。最后, 总结了在新型网络研究中提高网络能效的相应事宜。

关键词: 网络能耗; 能效度量; 能效优化

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019276

Measures and optimization methods of communications network energy efficiency

NIE Xiuying

China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China

Abstract: Although network played an important role in energy efficiency improvement for many industries, network energy consumption had threatened the sustainable development of network operators, due to the fast increasing of the networks' energy consumption recent years as the swift development of internet users, internet services and applications. The energy consumption risk faced by network operators, the research development of the measures and optimization methods of network energy efficiency was introduced. The energy efficiency optimization in the future network was finally concluded.

Key words: network energy consumption, energy efficiency measure, energy efficiency optimization

1 引言

1.1 2030年CT电力消耗或将占总电力消耗的51%

节能降耗是全球可持续发展的要求。一直以来, 很多行业将使用CT (communication technology) 技术作为节能降耗的有效手段之一, 如

搭建视频会议系统可以节省交通工具引起的能源消耗、组建网络能源应用监控管理系统可以有效减少不必要的能源浪费等。CT从业人员更关注研发和使用功能更强、提供的服务更优质的技术和产品, 通常采用以能耗置换服务质量保证及可靠性 (采用冗余配置) 的做法, 而很少关注能耗问题。

收稿日期: 2019-09-30; 修回日期: 2019-11-02

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFF0212106)

Foundation Item: The National Key Research and Development Project (No.2018YFF0212106)

21 世纪以来,随着互联网用户和业务流量的激增,CT 自身的能耗已经是一个不可忽略的大数目。分析显示,在最坏的情况下,到 2030 年,CT 将消耗 51% 的全球电力。图 1 给出了 2010–2030 年全球通信技术设施电力需求^[1],图 2 给出了 2010–2030 年通信技术设施所需电力在全球电力需求中的比例^[1]。其中,CT 设施包括消费设备(桌面电脑、监视器、笔记本电脑、智能手机、平板电脑、普通移动电话、平板手机、移动宽带调制解调器、电视机以及电视外设)、网络(固定接入有线和 Wi-Fi 网络、无线接入网络、2G、3G、4G 以及 5G)、数据中心以及生产消费设备、网络和数据中心消耗的电力。

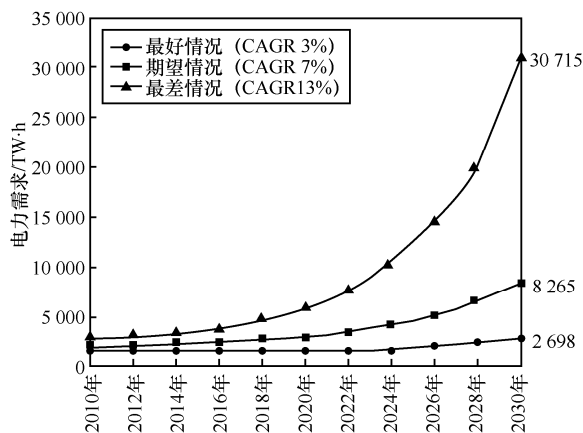


图1 2010–2030 年全球通信技术设施电力需求

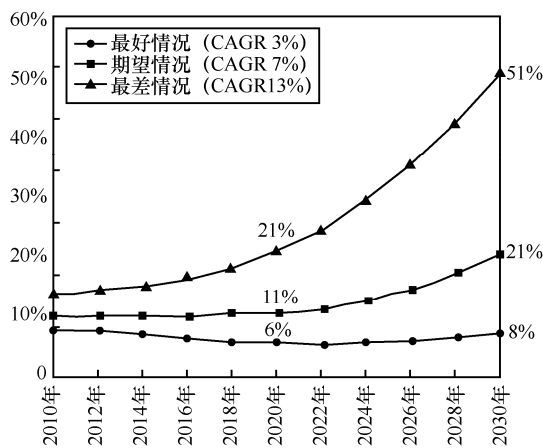


图2 2010–2030 年通信技术设施所需电力在全球电力需求中的比例

1.2 能耗挑战网络运营商的可持续发展

图 3 给出了 2011–2025 年网络运营商全年能

耗^[2]。若通信网络延续当前的发展模式发展,那么,全球通信网络能耗开支将从 2011 年的 400 亿美元/年增加到 2025 年的 3 430 亿美元/年。

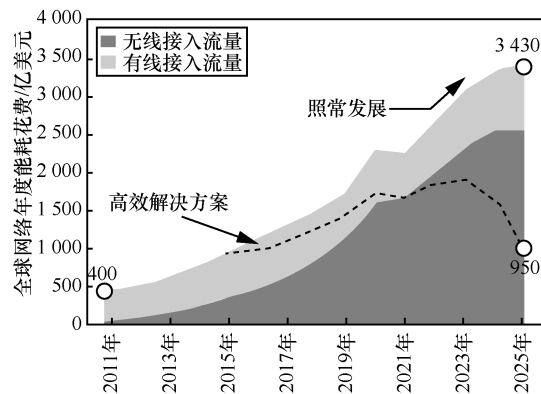


图3 2011–2025 年网络运营商全年能耗

2010 年,国务院国有资产监督管理委员会将我国三大网络运营商列为能源消耗“关注类企业”^[3]。近年来,尽管网络运营商采用了各种方式实现网络节能减排,但随着网络业务和应用以及网络流量的迅猛增加,网络总体耗电量依然处于增长之中。据不完全统计,2014 年我国三大网络运营商耗电量达 4.508×10^{10} kW·h, 占全社会耗电量的 0.8%; 2017 年,我国三大网络运营商耗电量达 5.568×10^{10} kW·h, 占我国全社会耗电量的 0.9%。从 2014 年到 2017 年,我国网络运营商耗电增长了 23%。2018 年,我国三大网络运营商全年电费支出均超过 100 亿元。对于网络运营企业而言,运营支出包括 CAPEX (capital expenditure, 资本支出) 和 OPEX (operating expense, 管理支出), 在网络投入运营后, OPEX 对网络运营者的影响更大一些。属于 OPEX 的电费支出已经成为网络运营商占比非常大的运营支出, 或将直接影响网络运营企业的可持续发展。

2 应对能网络能耗挑战的努力

2.1 能效指标及测量方法标准

若降低通信网络运营中的能耗, 需要有度量组成通信网络设备以及网络运行中的能效的方法。自



21 世纪初,国内外标准化组织便开始进行网络能效相关指标及测量方法的标准化工作,由于网络在运行过程中涉及网络设备、传输设备、终端及相应的业务系统,网络运行中能效的测量相对复杂一些。目前,国际标准化组织公布的能效相关标准主要针对网络设备,如 ATIS-0600015-2009(通信设备能效:方法、测量和报告——通用要求)、ATIS-0600015.03-2009(通信设备能效:路由器和以太网交换机设备测量和报告方法:定义、符号和缩略语)、ETSI ES203136 V1.0.0(2013-3)(环境工程:路由器和交换机设备的能效测量方法)以及 ITU-TL.1310(2017)(通信设备的能效指标和测量)等。

我国陆续发布了 30 多项包括电源、机房、接入设备、光传送设备、路由器、交换机和基站等通信设施的节能指标及测试方法通信行业标准,如 YD/T 2403-2012(以太网交换机节能参数和测试方法)等。

2.2 采取措施实质性节能降耗

欧洲一家主要网络运营企业已经将能耗管理作为其企业的核心战略,计划在 2020 年将其年能耗开支降低到 10 亿美元以下;北美一家主要网络运营商于 2014 年宣布将在其网络设备中部署新的太阳能电力系统,并希望通过使用太阳能技术在 2020 年将网络每万亿字节数据流量等能耗降低到 2014 年的 50%。

工业和信息化部制定了《工业和信息化部关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见》,并先后发布了两批通信行业节能技术指导意见目录,以指导通信企业实现节能减排的目标。我国三大电信运营商也通过制定规划、实施绿色节能行动等方式,通过降低通信机房/移动基站的能耗、在设备选型中增加能耗要求等方式切实推进通信网络的节能降耗。

2.3 网络能效优化研究取得进展

在通信发展的过程中,网络研究人员一直致力于为用户提供具有服务质量保证的网络能力。

在网络实际部署中,通常采用冗余配置的方式来保证网络的可靠性和服务质量,这样网络运行中所消耗的电能多于提供业务服务本身所消耗的电能。除此之外,为保证通信设施正常运行需要确保存放通信设施的环境(如机房、基站站点等)的温度、配置相应的空调等设施,这同样需要消耗一些附加的电力资源。为此,在研究网络能效优化时通常采用:使用低能耗的设备改进网络、使空闲设备处于休眠状态、使用混合线路速率(mixed line rate, MLR)、选择性地旁路中间网络设备、使处于空闲状态的资源处于低功耗模式、优化网络拓扑结构、优化用于内容分发的分布式云以及网络虚拟化^[4]等方法。

通信设备生产厂商会采用各种方式降低通信设备在工作中所消耗的电量,在通信设备被生产出来并应用到网络中时,其空闲时的耗电量通常不可被使用者改变,网络运营者仅能在搭建网络时选择耗电量最少的通信设备。若能够在网络运行期间充分了解构成网络的各种设备和设施所处于的工作状态(空闲还是提供服务),而适时地将处于空闲状态的设备调整为休眠状态,便可以降低整个网络的能耗、提高网络的效能。参考文献[5]提出了一种网络能耗和协作缓存优化方法,用以支持智慧协同网络的“选择性休眠”功能。SDN、NFV 技术的出现,为便利网络运营者方面灵活地搭建通信网络、降低网络建设的建设时间提供了有效的支持。同样,网络能耗研究者可尝试使用 SDN 和 NFV 技术降低网络能耗。参考文献[6]提出了一种通过利用 SDN 技术确定流量的路由和实现负载均衡的方式,以实现网络节能的方案。

由 50 多个行业研究单位和企业于 2010 年联合成立的联盟——Green Touch 致力于实现通信网络能耗领域的技术突破的研究工作。经过多年的研究和努力,Green Touch 综合使用了上面所述的 7 种网络能效优化方案,通过仿真实验,得出在设备能效提高 20 倍(与 2010 年相比)的情况

下,使用 Green Touch 研发的技术,在预测的 2020 年网络业务流量及优化的网络拓扑的环境下,在云计算分发内容根据热度指数进行分布式缓存、根据虚拟机使用需求和虚拟网络请求进行构建和分布,并最大限度地使用网络资源的前提下能够得到网络能效提高几百倍的仿真结果^[5]。虽然这些技术方案目前还没有全部在实际环境下应用,但在保证业务服务质量的前提下,通过使用虚拟化技术、在接近用户边缘存储内容减少骨干网络中的数据流量、构建虚拟网络、合理使用虚拟机等方式合理利用网络资源方式提高网络能效在理论和仿真上得到了验证。

3 结束语

近些年,ICT 是创新发展最为活跃的领域,云计算、大数据、物联网、人工智能、VR、SDN、NFV、TSN 和边缘计算等新技术新应用已经渗透到整个社会的方方面面,新设备、应用创新层出不穷,带动网络技术、网络协议、网络体系架构和部署方式创新变革。网络技术研究人员一直在研究和探索满足用户和业务不断发展所需要的网络技术,从下一代网络到未来网络,研究探索的步伐一直没有停息。受云计算按需提供资源服务的成功的启发,有研究者认为未来的网络会类似于计算机通过使用操作系统提供服务的方式,通过网络操作系统为业务和应用提供边缘计算资源、核心云计算以及广域网的计算、存储、网络和数据资源以满足相应业务和应用的需求^[7]。目前,我国网络研究人员正在致力于研究面向有限目标的网络 5.0 相关技术,以满足工业互联网、ICT 基础设施以及 5G 承载网等需求。

未来网络的研究一方面为用户的创新业务和应用提供便利,另一方面在设计和部署新型网络时充分考虑网络能效的优化,做到在网络资源利用率、能效最优化以及可靠性、服务质量保障之间兼顾。SDN 和 NFV 技术的不断成熟和应用为软件定

义业务的应用、均衡和按需划分网络资源提供了可能和便利,未来网络的研究将网络资源的可管可控、计算资源/存储资源和网络资源的协调管理和控制技术作为研究的重点内容之一,按需使用网络资源,提高网络资源利用率,使处于空闲状态的网络设施进入睡眠状态,降低网络运营成本,保证用户的服务质量,也是网络能效优化的优选方案。

参考文献:

- [1] ANDRAE A S G, EDLER T. On global electricity usage of communication technology: trends to 2030[J]. Challenges, 2015, 6(1):117-157.
- [2] WELDON M K. Future X network, a bell labs perspective[M]. Cleveland: CRC Press, 2016.
- [3] 国务院国有资产监督管理委员会. 中央企业节能减排监督管理暂行办法[EB]. 2010. State-owned Assets Supervision and Administration Commission of the State Council. Interim measures for the supervision and administration of energy conservation and emission reduction at central enterprises[EB]. 2010.
- [4] ELMIRGHANI J M H, KLEIN T, HINTON K, et al. Green Touch GreenMeter core network energy-efficiency improvement measures and optimization[J]. Journal of Optical Communications and Networking, 2018, 10(2): 250-269.
- [5] 贾濡. 智慧协同网络资源适配机制与方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016. JIA R. Research on the adaptive mechanism and method of smart identifier network resources[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2016.
- [6] 孙冬冬. 基于 SDN 架构的未来网络节能方案研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2017. SUN D D. Research on future network energy saving scheme based on SDN architecture[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2017.
- [7] 蒋林涛. 数据网的现状及发展方向[J]. 电信科学, 2019, 35(8): 1-15. JIANG L T. Current situation and development trend of data network[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(8): 1-15.

[作者简介]



聂秀英(1965—),女,中国信息通信研究院教授级高级工程师,现担任 IEC TC1 中国专家、SAC/TC232 委员、CCSA TC1 WG3 组长、CCSA TC614 WG4 组长,主要研究方向为数据及多媒体通信。