

基于智慧城市发展的电力通信网优化方法研究

智慧城市的建设以信息技术应用为主线,以健全的通信网络为支撑,实现对城市信息的全面感知,促进智慧城市的全面发展。近年来,随着智能用电业务的发展,智能电网和智慧城市的结合越来越紧密,智能电网的建设可以有效地支撑智慧城市的发展。随着智慧城市的快速发展,必定会导致相关业务通信流量的激增,对当前的城市通信网造成一定的冲击。电力通信网经过多年的发展,已经积累了大量的通信基础设施,成为智慧城市建设不可或缺的通信资源。利用通信流量分析和预测技术,实现对智能用电业务通信流量的分析和预测,同时进行电力通信网支撑智慧城市建设的预判和顶层规划。采用SDN技术实现对电力通信资源的柔性配置,提高电力通信网的网络运转效率,为智慧城市的全面建设提供坚强的通信支撑。

吴 燕¹ 李康玉¹ 金 鹏² 汪 强³ 耿 亮¹/1.北京国电网络技术有限公司 2.辽宁省电力有限公司沈阳供电公司 3.许昌许继昌南通信设备有限公司



吴 燕/工程师

关键词/Keywords

电力通信网·
智慧城市·
智能电网·

纵观国内外智慧城市的建设,都对通信网络的建设提出了全面的需求,我国也在智慧城市通信网络建设方面提出了相应的规划,如“宽带中国”、无线城市建设和三网融合建设等。随着智慧城市的快速发展,城市通信网承载的业务呈现数据大颗粒化、业务种类多样化以及传输速率高速化的形态,对城市通信网络的性能提出了更高的需求。

智慧城市的高效运转离不开智能电网,智能电网是智慧城市的重要基础和客观需要,能够促进城市绿色发展,保障城市用电安全,完善城市通信信息网络,带动城市产业发展,丰富城市服务内涵。近年来,用电信息采集、智能家居和电动汽车等智能用电业务的发展,进一步体现了智能电网对智慧城市发展的支撑。另外,随着智能电网的快速发

展,国网公司积累了大量的城市电力通信基础设施,电力光纤到户技术已逐渐成熟,并已取得了一定的建设成果,实现了对智慧城市接入网发展的支撑。同时,国网公司拥有大量的地下管道、杆塔等城市通信网络建设必需的基础资源,对城市通信网络的规划具有重要的作用。本文基于对电力通信网运转效率的提升、通信资源配置的优化以及负载均衡的改善,提高了电力通信网的业务承载能力,最终实现了城市智慧化、用电智能化的通信需求。

智慧城市通信网络建设需求

1. 智慧城市建设模型

智慧城市从广义上讲是指城市的信息化,通过物联网技术实现对城市信息的全面感知,依靠云计算、大数据等技术实现对感知信息的处理和分析,对包括政务、民生、环境、公共安全、城市服务、工商活动和智能用电等在内的各种需求作出智能化响应和智能化决策支持。

智慧城市的建设模型一般由感知层、网络层、平台层和应用层组成。感知层实现对城市信息的全面感知和监测;网络层实现对城市信息快速、安全的传递;平台层实现对城市信息高效、科学的处理;应用层实现对城市信息的综合应用。智慧城市的建设模型如图1所示。

智慧城市的建设需要依托完善的通信网络,以实现对城市信息随时随地的传输和处理。当前,智慧城市的发展需



图1 智慧城市建设模型

要城市通信网络拥有广阔的覆盖范围、快速的传输速度和可靠的传输性能，对城市通信网络的建设提出了更高的要求。

2. 城市通信网络存在的问题

随着智能用电、智慧医疗、智慧教育、智慧市政和智慧交通等智慧城市相关业务的快速开展，城市通信网络的业务呈现数据大颗粒化、业务种类趋于多元化以及数据传输速率高速化的形态，对当前城市的通信网络性能提出了更高的要求。但是当前城市通信网络存在以下的问题，限制了智慧城市发展的步伐。

1) 通信资源分布不合理。目前，关于智慧城市的通信网络该如何建设尚未形成统一的规划，存在通信资源分布不合理以及重复建设的现象，导致通信资源的闲置或紧缺。

2) 接入环节薄弱。城市的接入网在建设时存在接入终端种类繁多、建设环境复杂以及带宽容量难以预估等困难，导致城市接入网环节较为薄弱，由终端数量激增造成接入网容量不足，严重限制了智慧城市的发展。

3) 网络运转效率不足。目前，城市的通信资源主要包括电信运营商通信网、广播电视网以及电力通信网，部分网络尚存在较大的剩余带宽，网络运转效率不足，造成通信资源浪费。

4) 地下管道资源紧缺。地下管道是通信网络建设必不可少的资源，有利于城市通信网络的规划。但是，由于地下管道资源有限、二次建设困

难，造成了城市地下管道资源的严重紧缺，限制了城市通信网络的规划与建设。

解决当前智慧城市通信网络的问题，需要对城市通信网络进行统一的规划，同时对城市通信流量的分布和数据流量进行分析和预测，通过SDN技术柔性配置并整合城市的通信资源，促使城市通信资源更加合理、高效地承载智慧城市的业务，提高通信资源对智慧城市发展的支撑。

电力通信资源支撑智慧城市建设

智慧城市的高效运转离不开智能电网，智能电网是智慧城市的重要基础和客观需要，近年来，随着用电信息采集、智能家居、能效管理和电动汽车等智能用电业务的发展，智能用电业务成为智慧城市发展不可或缺的一部分。另外，电力通信网经过近年来大力的发展，已经积累了大量的通信资源，随着国家电网公司加大配电自动化和智能用电等项目的建设力度，配电通信网和用户侧接入网也得到了快速的发展，成为了城市通信资源不可或缺的一部分。电力通信网在支撑国网自身业务开展的基础上，可以承载部分智慧城市业务，支撑智慧城市的发展。

1. 电力通信资源现状

伴随着电网生产建设和企业经营发展，国网公司积累了覆盖广泛的电力信息通信基础设施，已经形成从骨干网、城域网到接入网的电力通信网络结构，在骨干网、城域网方面拥有部分常态的富余资源；同时公司拥有杆塔沟道、数据中心等战略性资源，具备了对外提供多元化信息通信融合服务的基础条件。

在骨干网资源方面，国网公司经营区域内光纤覆盖较为全面，光缆长度达到了23.4万km，与运营商的通信资源相当。2013年，国网公司全面建成了大容量骨干传输平台——“OTN骨干传输网”，骨干通信网带宽由2.5 GB上升至400 GB，在高效承担公司自身业务的基础上，可以实现对智慧城市发展的有力支撑。

在城域网资源方面，国网公司在城市拥有35 kV及以下杆塔674万个，管道12.3万km，是电信运营

领域的稀缺基础性资源。电信运营商在城市通信网络建设中，已大量使用电力公司的杆塔和沟道资源。另外，国网公司近年来正大力进行配电自动化的建设，配电通信网得到了高速的发展，进一步丰富了城市的通信资源。

2. 电力通信资源支撑智慧城市建设的优势

(1) 在接入网方面

通过光纤复合低压电缆技术，在新建居民区铺设电缆，同时进行光纤的架设，实现电力光纤到户，避免通信资源二次建设造成的资金浪费，在国家“三网融合”伟大战略的基础上，进一步实现“四网融合”。电力光纤到户能够解决城市通信网络“最后一公里”的问题，提高城市接入网的覆盖面积，强化城市神经网络末梢，实现对城市信息的全面感知。

(2) 在城市杆塔和沟道资源方面

电力供应作为城市发展的基础，在城市建设的初期，国网公司积累了大量的杆塔和沟道资源，形成了全面覆盖城市的地下管道网络，它是发展智慧城市通信网络必不可少的资源，可以有效地支撑智慧城市通信网络的规划，这点是其他电信运营公司不具备的优势。

(3) 在建设优势方面

智慧城市的发展离不开智能电网的支撑，可以说有人的地方，就有电网的存在。随着智能电网的大力发展，未来的电力通信网将随着电网的建设延伸到城市的各个角落，实现真正意义上的城市通信全覆盖。

(4) 在城市信息感知方面

智能电网的正常运行需要对周围环境进行实时感知，电力通信网积累了大量的环境感知传感器，可以实现对城市环境的实时感知，支撑智慧城市环保事业的开展。

电力通信网优化方法

随着用电信息采集、智能家居、能效管理和智能小区等电力相关业务的飞速发展，电力相关的通信业务将是未来智慧城市通信网主要承载的业务类型之一。但是，目前的通信网络存在通信

资源分布不合理和负载失衡的现象，大大限制了网络的业务承载能力。

本方案通过提高电力通信网对智能用电相关业务的承载能力来实现对智慧城市发展的支撑。以通信流量分析和预测技术为基础，建立电力通信流量模型，对通信网的流量分布和数据流向进行分析和预测，通过SDN技术柔性配置电力通信资源，促使电力通信网更加合理、高效地承载智慧城市相关业务，提高电力通信资源对智慧城市发展的支撑作用。

1. 电力通信流量模型建立

电力通信流量模型的建立流程为：首先对电力通信网中的数据流量进行数据采集、整理和测算，根据典型的数据流分析方法，研究通信流量的基本形态、流向特征；其次在中长期智能电网和初期智慧城市建设中，通过业务发展对通信网络进行需求分析，研究通信流量的分布形态，建立电力通信网通信流量典型形态案例库；最后根据众多的典型案例建立电力通信网通信潮流模型，并对模型进行测试和评估，根据得到的结果优化和修正模型。电力通信网的通信流量模型建立技术方案如图2所示。

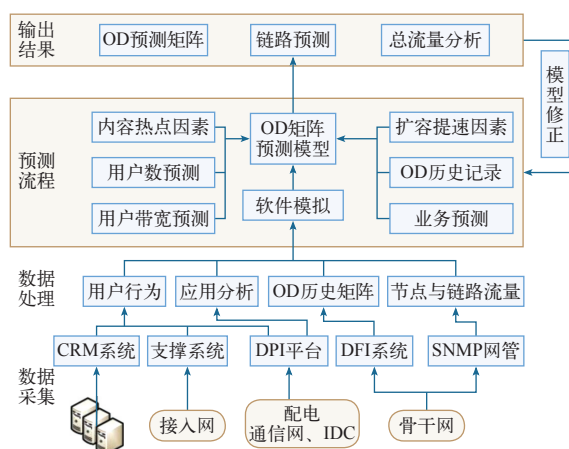


图2 通信流量模型建立技术方案

建立电力通信流量模型的流程为：数据采集—数据处理—数据预测—结果输出。数据采集单元根据需要可以提取SNMP网管、DPI系统和DFI系统中各局向流量的比例系数、链路/用户状态和应用流量分布等监测信息；数据传输到数据处

理单元进行数据融合、错误校验和平滑滤波等处理；预测单元的核心功能包括OD矩阵计算、网络流量软件仿真以及用户基础带宽、用户行为特征、扩容/提速和内容热点等因素对OD矩阵的影响因子分析等，其中OD矩阵预测模型是预测流程的核心内容，对通信网的流量进行分析和预测；预测分析的结果经过后评估过程，再次反馈送入前级预测单元，同时对预测模型进行修正。

电力通信流量模型的建立，可以实现电力通信资源面向智慧城市相关业务通信流量的准确分析和预测，对电力通信网的规划和建设具有重大的指导意义，并且可以作为电力通信资源柔性配置的依据。

2. 电力通信资源柔性配置

SDN (Software Defined Network) 技术即软件定义网络，电力通信资源柔性配置是“软件定义化”趋势从上层应用向基础设施的蔓延，从软件向硬件和网络设施的延伸。网络基础设施大体上是由终端、网络设施以及服务器组成。其中，用户终端和服务器都已经实现了软件定义，当前这股定义化浪潮正在波及网络层面。

在现有的网络中，通信流量传输路径的选择主要依靠网络设备进行控制和转发，每个设备中都集成了与硬件紧密耦合的操作系统，通信流量的传输无法根据网络的实际运转情况进行最优选择，其传输受网络设备的限制程度较高，网络的整体智能化程度较低，大大限制了网络的运转效率和流量转发的灵活性。

在SDN网络中，网络设备只负责单纯的数据转发，它可以采用通用的硬件，设备的控制转发功能由专用操作系统统一执行，可以根据网络的整体运转情况进行通信流量转发路径的最优选择，提高网络资源的利用效率。现有网络设备形态向SDN设备形态的转变如图3所示。

SDN技术可以根据网络的全局情况，以数据传输时延、带宽占用率和丢包率等数据为依据，高效地调度通信流量的传输路径，提高网络的整

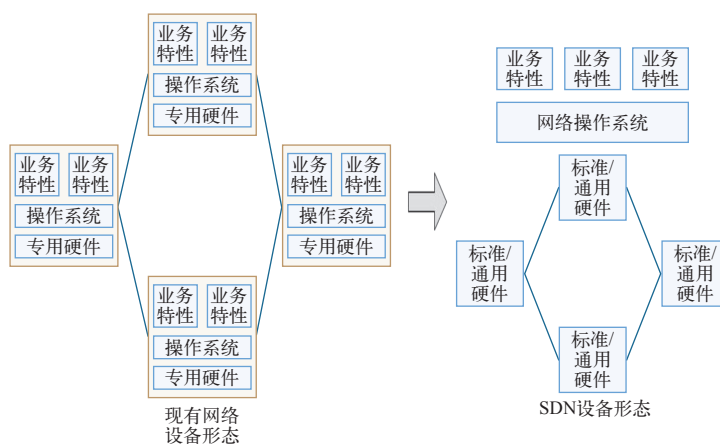


图3 网络设备形态向SDN设备形态的转变

体性能和网络运转率，实现通信资源的柔性配置和业务承载能力。

当前的电力通信网在进行拓扑计算时，每台设备独立运行，未做到网络的全局优化，业务隧道的分配都是基于峰值进行预留的，造成了通信资源的浪费，网络采用分布式控制策略，没有网络整体及不同层次的协同能力。传统网络业务带宽分配策略如图4所示。

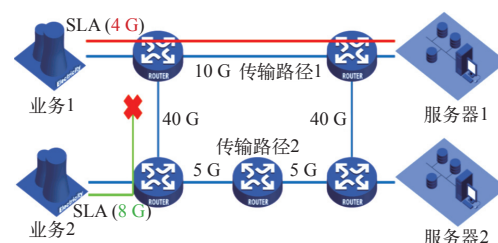


图4 传统网络业务带宽分配策略

在传统网络中，通过路由协议计算，业务1被分配传输路径1来进行对服务器1的访问，业务1的峰值为4 GB，传输路径1的剩余带宽为6 GB。业务2的带宽峰值为8 GB，业务2访问服务器2的最优传输路径2的最大带宽只有5 GB，而传输路径1的剩余带宽只有6 GB，都无法满足业务2的峰值带宽8 GB的需求，从而造成业务2无法完成对服务器2的访问。

通过在网络中部署SDN控制器可以有效地避免以上问题的发生，SDN控制器可以收集全网所有设备的信息，通过对全局拓扑信息的掌控，可以统一计算路径，并分配带宽资源。通过解决资源冲突，提高网络的业务容纳量，最大限度地利

用网络的带宽资源。SDN控制下的业务带宽分配策略如图5所示。

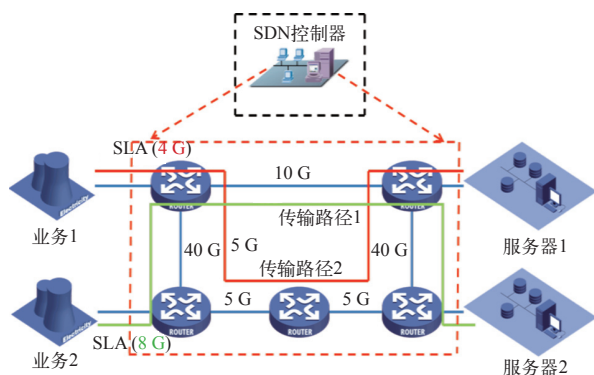


图5 SDN控制下的带宽分配策略

SDN控制器通过对网络全局资源和业务需求信息的掌握，控制业务1由传输路径2来完成对服务器1的访问，业务2由传输路径1来访问服务器2，这样可以完成业务2的部署。

通过在电力通信网中部署SDN网络设备，实现对网络设备的集中控制，以电力通信流量模型的预测结果为依据，结合电力通信网各条链路的运行情况，进行通信流量传输路径的最优选择，实现电力通信资源的柔性配置，提高网络运转效率和对智慧城市相关业务的承载能力，从而实现电力通信资源对城市发展的支撑。

结束语

本文从智慧城市发展对通信的需求为出发点，分析了电力通信网支撑智慧城市建设的优势，结合智能电网业务和智慧城市的关联性，利用通信流量分析和预测技术，对电力通信网承载智慧城市相关业务的通信流量进行分析和预测，以SDN技术实现对电力通信资源的柔性配置，提高网络的运转效率和资源利用率，进而实现对智慧城市发展的支撑。

参考文献

- [1] 左青云, 陈鸣, 赵广松. 基于OpenFlow的SDN技术研究[J]. 软件学报, 2013, 24(5): 1078-1097.
- [2] 赵恒, 袁博, 范亮. 基于SDN架构的电信承载网和BNG设备演进思路[J]. 中兴通信技术, 2013,

19(6).

- [3] 邹文峰, 王宏. 基于OD流的网络流量分析系统的设计与实现[J]. 电脑应用技术, 2009(75).
- [4] 程小芳. IP城域网流量流向分析[J]. 通信与信息技术, 2012(5).
- [5] 杨扬, 周静静, 杨家海, 等. 流量矩阵估算算法研究[J]. 计算机科学, 2009(7).
- [6] 张卫峰. 深入解析SDN[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014: 173-195.
- [7] Thomas D Nadeau, Ken Gray. 软件定义网络[M]. 毕军, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2014: 231-264.
- [8] 寿航涛. 智慧城市的网络建设与分析[J]. 信息通信, 2012(1): 205-206.
- [9] 刘广红, 何小山, 王仁杰, 等. 智慧城市信息通信系统研究[J]. 邮电设计技术, 2012(6).
- [10] 郭恩阳, 范云凌, 陈文华, 等. 移动分组域核心网向SDN架构EPC演进的发展展望[J]. 移动通信, 2013(14).
- [11] McKeown N, Anderson T, Balakrishnan H, et al. OpenFlow: enabling innovation in campus networks[J]. SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 2008, 38(2): 69-74.
- [12] Gude N, Koponen T, Pettit J, et al. NOX: towards an operating system for networks[C]. Proceedings of ACM SIGCOMM CCR, Seattle, WA, USA, 2008.
- [13] Software Defined Networking: the New Norm for Networks[N]. ONF White Paper, 2012-08-25.
- [14] Mosharaf Kabir Chowdhury N M, Boutaba R. A survey of network virtualization[J]. Journal of Computer Networks: the International Journal of Computer and Telecommunications Networking, 2010, 54(5).
- [15] Tsujino M. Study on process model for IP traffic estimation[C]. IEEE 12th International Telecom Network Strategy and Planning Symposium, New Delhi, 2006.

(收稿日期: 2015-02-10) EA