

基于5G网络切片技术的智慧电网应用研究

Application Research of Smart Power Grid Based on 5G Network Slicing Technology

陈 丰(中国联通广东分公司,广东 广州 510627)
Chen Feng(China Unicom Guangdong Branch,Guangzhou 510627,China)

摘 要:

以智慧电网为代表的垂直行业智能信息化建设离不开基础网络的连接,通过引入5G网络切片技术,可以实现电网在生产控制区、管理区和业务平台在网络上的逻辑隔离,为智慧电网应用提供安全可靠的信息通道,同时满足带宽、时延、可靠性、连接性等各种网络指标。结合5G网络切片技术对智慧电网中的几种典型场景应用进行深入探讨,为5G系统方案在电力垂直行业应用提供参考和借鉴。

关键词:

5G;网络切片;智慧电网
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.06.016
文章编号:1007-3043(2020)06-0087-07
中图分类号:TN929.5
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The construction of intelligent information in the vertical industry represented by the smart power grid cannot be separated from the connection of the basic network. By introducing 5G network slicing technology, the logical isolation of the power grid in the production control area, management area, and service platform on the network can be achieved, which provides a secure and reliable information channel for the application of smart grid. At the same time, it could meet various network indicators such as bandwidth, delay, reliability, and connectivity. Combined with 5G network slicing technology, it explores in depth the application of several typical scenarios in the smart power grid, which provides reference for 5G system scheme application in power vertical industry.

Keywords:

5G; Network slicing; Smart power grid

引用格式:陈丰. 基于5G网络切片技术的智慧电网应用研究[J]. 邮电设计技术,2020(6):87-92.

0 引言

2019年政府工作报告中明确提出,全面推进“互联网+运用新技术新模式改造传统产业,深化大数据、人工智能等研发应用,促进平台经济、共享经济健康成长,加快在各行各业各领域推进“互联网+”。近年来,国家电网提出打造“三型”(枢纽型、平台型、共享型)、建立“两网”(坚强智能电网、泛在电力物联网),建设世界一流能源互联网企业的战略目标;南方电网

提出定位“五者”、转型“三商做新发展理念实践者、国家战略贯彻者、能源革命推动者、电力市场建设者、国企改革先行者,推动南网向智能电网运营商、能源产业价值链整合商、能源生态系统服务商转型。主流电网企业都在全面提升电网信息化、智能化水平,充分利用现代通信技术,致力打造安全、可靠、绿色、高效的智慧型电网。越来越多的新型电力物联网应用对通信网络的资源调度能力、业务承载能力、信息传输安全性和实效性提出了更高要求,使能源电力和信息通信深度融合达到前所未有的新高度。

5G所具有的超高带宽(eMBB)、高可靠超低时延

收稿日期:2020-04-28

(uRLLC)、超大规模连接(mMTC)三大应用场景,能够全面提升传统垂直行业的运营效率和智能化水平,与智慧电网通信业务需求高度契合。5G网络切片技术的敏捷和可定制能力,可以完美对接并充分满足电网业务多样性和隔离性要求,为智慧电网不同业务需求打造“专属”网络。

1 智慧电网业务特点

智慧电网即电网的智能化,也被称为“电网2.0”。智慧电网建立在集成的、高速双向通信网络的基础上,通过运用新能源、新材料、新设备和先进传感技术、信息技术、控制技术、储能技术等新技术,形成的新一代电力系统,具有高度信息化、自动化、互动化等特征,可以更好地实现电网安全、可靠、经济、高效运行。

电力系统是电网企业的重要生产系统,按照电监会提出的安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证要求划分为生产控制大区和管理信息大区。其中生产控制大区分为控制区(安全区I)和非控制区(安全区II),信息管理大区分为生产管理区(安全区III)和管理信息区(安全区IV)。

控制区(I区)的典型业务系统包括电力数据采集和监控系统、能量管理系统、广域相量测量系统、配网自动化系统、变电站自动化系统、发电厂自动监控系统等,其主要使用者为调度员和运行操作人员,数据传输实时性为毫秒级或秒级,其数据通过电力调度数据网的实时子网或专用通道进行传输。

非控制区(II区)的典型业务系统包括调度员模拟系统、水库调度自动化系统、故障录波信息管理系统、电能量计量系统、实时电力市场运营系统等,其主要使用者分别为电力调度员、水电调度员、继电保护人员及电力市场交易员等。

管理信息大区(III区和IV区)是指生产控制大区以外的电网企业管理业务系统的集合。管理信息大区的传统典型业务系统包括调度生产管理系统、管理信息系统、办公自动化系统、客户服务系统等。

智慧电网主要依靠计算信息技术领域和通信技术领域的新方法进行控制和管理,它有着和传统电网不同的新特征,正是这些特征决定了智慧电网的建设方案有别于传统电网。智慧电网业务特点包括以下几个方面。

a) 智慧电网具有高可靠性的特点,能够在无需人

员介入或少量人员干预的情况下,对电力网络中的问题元器件进行隔离或使其自愈,从而减少用户断电风险。智慧电网应能够快速检测、分析、定位、响应并恢复局部网络的异常情况。

b) 智慧电网具有极高的安全性标准,不论是电力网络的物理系统还是计算机软件遭到外部攻击,智慧电网均能有效抵御由此造成的对电力系统本身的攻击伤害或对其他领域形成的伤害,一旦业务发生中断,也能很快恢复运行。

c) 智慧电网的整个系统是一套集成和交互的系统,能够实现包括监视、控制、维护、能量管理、配电管理、市场运营、企业资源规划等和其他各类信息系统之间的综合集成,并在此基础上实现业务集成。在智慧电网运行中,电网企业可以与用户设备和电力终端进行信息交互,促使电网企业发挥积极作用,实现电力运行和电网调度等多方面功能。

2 5G网络切片关键技术

2.1 5G网络切片概念与特征

作为5G网络关键技术之一,5G网络切片技术一直备受关注。通过采用网络虚拟化技术,将一张5G通信物理网络在逻辑上划分为多张虚拟的端到端网络。每张虚拟网络的无线网、传输网、核心网之间相互隔离,逻辑独立,任何一张虚拟网络发生故障都不会影响到其他虚拟网络。5G网络切片技术根据应用、场景、需求进行网络资源的管理编排,进行网络功能的裁剪定制,为客户自动化提供“量身定制”的“专属”虚拟网络,可以满足差异化服务的QoS需求,可以保证不同垂直行业、不同客户、不同场景、不同业务之间的安全隔离,实现网络即服务(NaaS)。

针对移动网络的切片管理与编排框架,3GPP工作组在协议3GPP TR 28.801中定义了面向切片部署的3级管理功能:通信服务管理功能(CSMF)、网络切片管理功能(NSMF)、网络切片子网管理功能(NSSMF)。同时,在3GPP协议中明确指出5G网络切片管理与编排架构设计将采用基于服务化架构(SBA)设计方法,而非传统面向部署的架构设计方法,如图1所示。

5G网络切片可以根据安全隔离要求和业务需求的差异采用灵活的切片方式,实现按需定制的个性化切片网络。无线网的切片主要基于空口频谱、基带处理和高层协议栈的共享或隔离;传输网切片在硬件层面基于TDM时隙交叉实现,软件层面可采用VLAN和

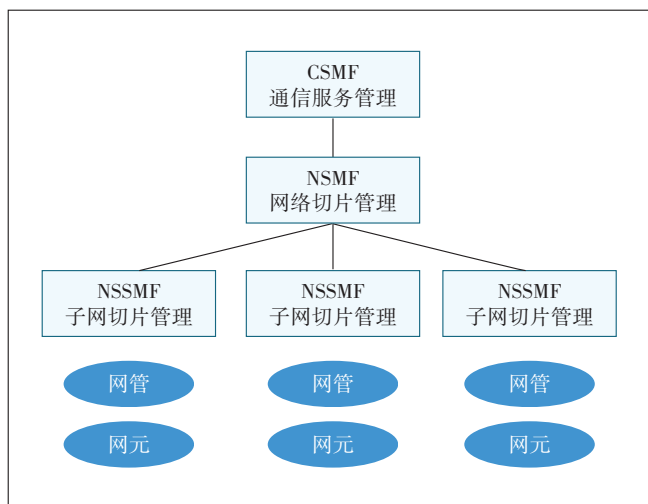


图1 3GPP标准定义切片管理架构

既可以采用独立的硬件资源池物理隔离,也可以在共享硬件服务器的同时采用不同虚拟机区分业务。

对于安全防护级别和业务隔离度要求最高的应用场景,可采用端到端完全独立切片方式,业务数据流通过逻辑分层的无线网、传输网和核心网接入各自的平台,业务之间互不干扰,切片网络可以为不同业务提供带宽、时延上的差异化网络服务。此外,对安全性要求略低且网络指标要求相似的同类业务,在保证核心网业务数据流隔离的前提下,还可以通过共享无线接入网、共享传输网和仅核心网切片等方式,多业务共享无线接入资源和传输资源,降低组网和切片管理复杂度,使网络承载能力得到充分利用。5G网络切片方式如图2所示。

2.2 5G端到端网络切片体系

QoS实现;核心网切片采用网络功能虚拟化NFV技术,

5G网络切片整体架构包括云端、管道、终端、安全

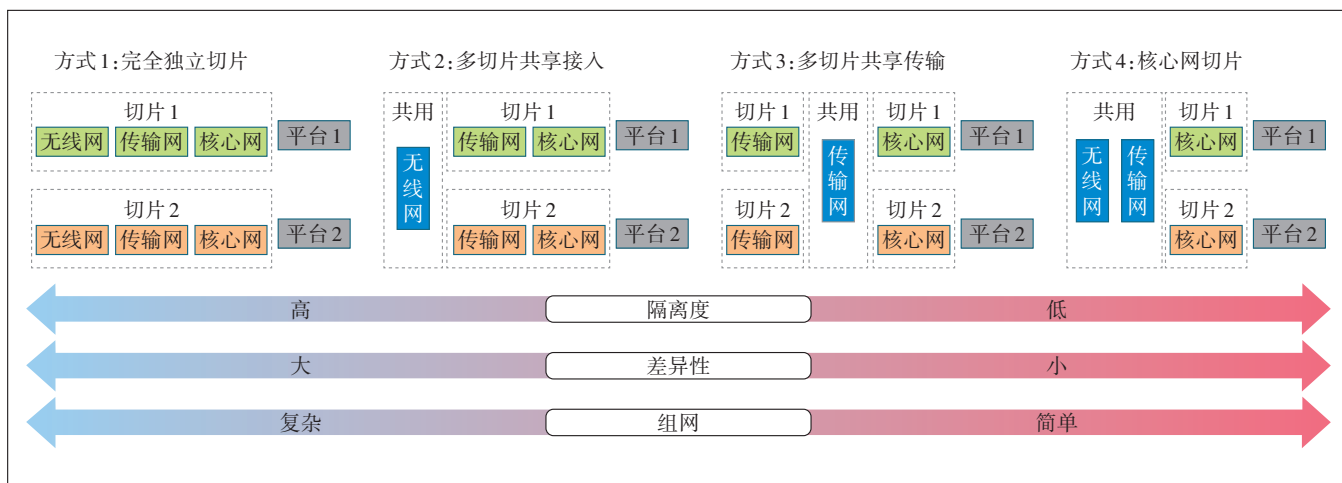


图2 5G网络切片方式

的一体化融合体系,如图3所示。

云端是指5G基于软件定义网络(SDN)和网络功能虚拟化(NFV)方式,为电力行业用户提供更加开放便捷、自主管理的平台搭建能力。智慧电网应用的云端平台可分为两大类:第一类为传统电力业务平台,如配电自动化、计量自动化、调度系统等,对应电力系统生产控制大区(I区和II区);第2类为通信管理支撑平台,包括终端管理、业务管理、切片管理、信息管理、调度管理等模块,对应电力系统管理信息大区(III区和IV区)。通信管理支撑平台可提供运营能力开放接口,为传统电力业务平台提供终端状态、业务状态的监控及切片管理,实现电力通信的可管可控。同时,通信管理支撑平台可以对传统电力业务平台的终

端、业务、网络数据进行采集和汇总,提供大数据分析等高级应用功能。

管道即5G通信网络,包括无线基站、传输网、核心网等,共同为智慧电网特殊应用提供切片服务。在上述3类网络切片的基础上,可根据传统电力业务的不同分区,进一步为不同细分业务提供独享的子切片服务,保证电力业务的安全隔离和网络指标要求。通过与电力各类业务平台及模块之间对接,实现电力终端至主站系统的可靠连接。同时运营商网络通过网络能力开放接口,实现终端与网络信息的开放共享,进而使电网企业实现网络切片二次运营成为可能。

终端是指接入通信网络的远端设备,主要包括智能分布式配电自动化终端、智能电表、高清摄像头、无

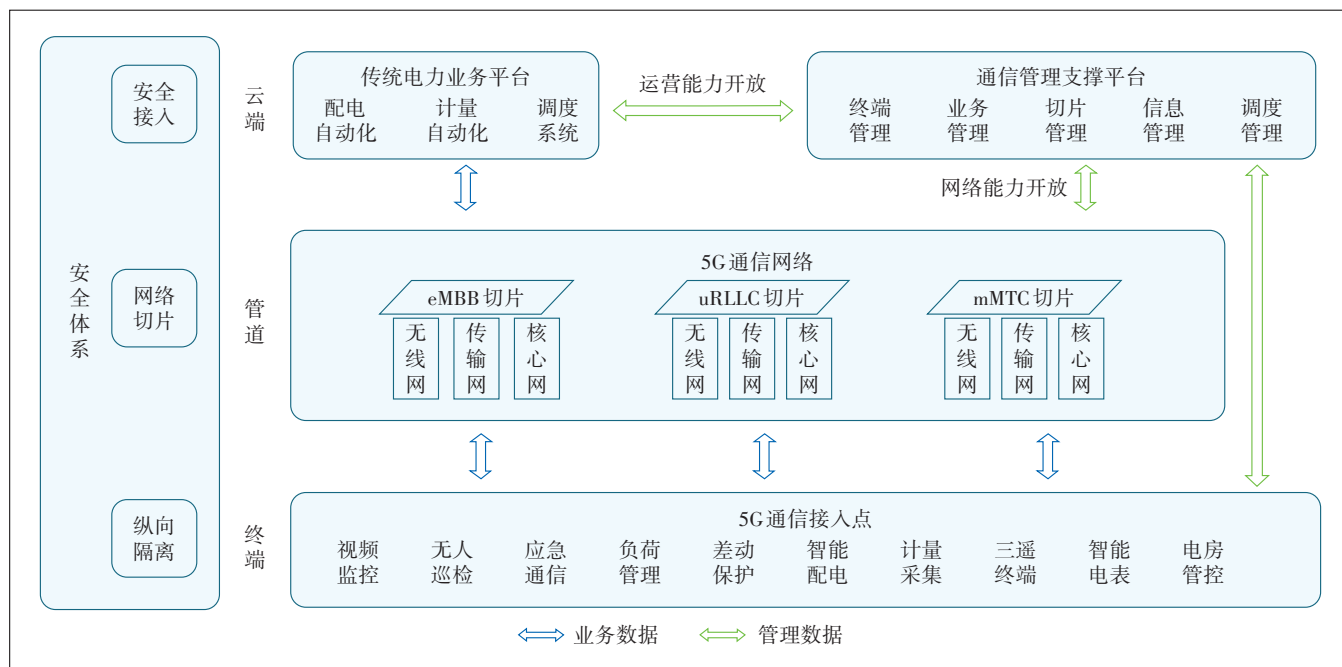


图3 5G端到端网络切片体系

人机、巡检机器人等特殊电力终端,或基于5G通信模组提供通信能力的传统电力终端。终端对网络的带宽、时延及可靠性、连接数等要求,分别对应5G网络切片的三大应用场景,并通过切片技术实现业务之间的安全隔离。

安全体系涵盖了云端、管道、终端3个层次,在电力生产类业务和控制类业务接入云端平台前,依据国家和电力行业的安全要求进行物理和逻辑隔离。5G智慧电网的安全机制重点集中在管道和终端侧,通过5G网络提供统一鉴权认证框架、多级网络切片安全管理、灵活的二次认证和加密、网络域安全和边界防火墙等特色功能,进一步提升管道网络和终端接入安全性。

3 5G网络切片在智慧电网中的应用

3.1 5G网络切片应用网场景

一直以来,国内三大通信运营商都未积极参与到电网企业的通信基础设施领域,电网企业更倾向于使用自有的通信方案,如数字集群通信、电力线通信PLC、窄带物联网NB-IoT等满足内部通信需求。其原因之一是运营商的公有通信基础设施无法保证电网企业所要求的QoS和安全隔离专网专用要求。5G网络切片技术将可以作为运营商助力智慧电网建设的切入点,通过5G网络切片针对业务特点实现定制化网

络,满足智慧电网各种特色业务要求。

a) 分布式配电自动化。分布式配电自动化是一项集计算机技术、数据传输、控制技术、现代化设备及管理于一体的综合信息管理系统,主要实现对配电网的保护控制,通过继电保护自动装置检测配电网线路或设备状态信息,实现智能判断、分析、故障定位、故障隔离以及非故障区域供电恢复等操作,从而快速实现配网线路区段或配网设备的故障判断及准确定位,快速隔离配网线路故障区段或故障设备,最大可能地减少故障停电时间和范围,使配网故障处理时间从分钟级降到毫秒级。

b) 精准负荷控制。在电网故障或用电失衡的情况下,负荷控制会通过稳控系统紧急切除负荷,并通过低频低压减载装置降低负荷。传统配电网由于缺少通信网络支持,切除负荷手段相对简单粗暴,通常只能切除整条配电线路。精准负荷控制业务是精准切除可中断负荷的重要技术保障,从而提高电网运行的经济性和安全性,提升电网企业的投资效益。毫秒级精准负荷控制通信业务对通信时延、可靠性和业务隔离具有较高要求。

c) 低压用电信息采集。低压用电信息采集业务是对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控,随着未来新业务对用电信息上报的新需求及电力用户终端数量级的进一步提升,需要高效准确地实现

海量终端的用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析和管控、相关信息发布、分布式能源监控、智能用电设备的信息交互等功能,最终实现自动抄表、错峰用电、阶梯定价、负荷预测从而降低用电成本。

d) 视频图像实时监控。视频图像实时监控主要用于安防和监控,对电力系统重要场所的安全管控及配电网重要节点的运行状态、资源情况进行监视。视频监控的布点通常位于远端配电房内或相对隐蔽的公共场所,部分位于禁止施工的生产控制区域内。视频信号传递大部分是集中型实时业务,仅依赖光纤覆盖的有线传输无法满足监控的灵活部署。现有的4G通信网络或电力通信系统在传输带宽上无法满足多路高清视频的回传。

e) 分布式电源控制。分布式能源包括太阳能、风能、水力、核能和燃气冷热电三联供等,是一种分布在用户端的能源供应方式。分布式发电地理位置灵活分散,适用于零散供电需求和资源分布,延缓了输配电网升级换代所需的巨额投资。分布式电源监控可以实现对大量远端电源运行监视和自动化控制,具备

数据采集和处理、功率调节、功率控制、孤岛检测、调度与协调控制及与相关业务系统互联等功能。

f) 智能巡检图像回传。智能巡检采用无线遥控和程序控制的无人机、机器人等设备,集成了传感器技术、通信技术、信息处理技术、智能控制技术和动力推进技术等,对电力生产管理中的中低速率移动场景,通过现场可移动的视频回传替代人工巡检,避免了人工现场作业带来的不确定性,同时减少人工成本,极大提高运维效率。智能巡检的操控和图像实时回传要求基础通信网络能够具备毫秒级通信时延和每秒百兆比特级带宽的支撑。

3.2 智慧电网切片网络指标要求

针对智慧电网不同应用场景,可以对端到端网络分别采用eMBB切片、uRLLC切片和mMTC切片,且不同切片之间通过组合,实现分域切片管理,能够分别满足对应场景的网络指标要求。基于5G网络切片的架构功能及其在智慧电网的应用场景,智慧电网多切片设计和管理的总体架构如图4所示。

对于电网各项典型应用场景,由于不同业务之间的特性差异,在隔离度、带宽、可靠性、时延、连接数等

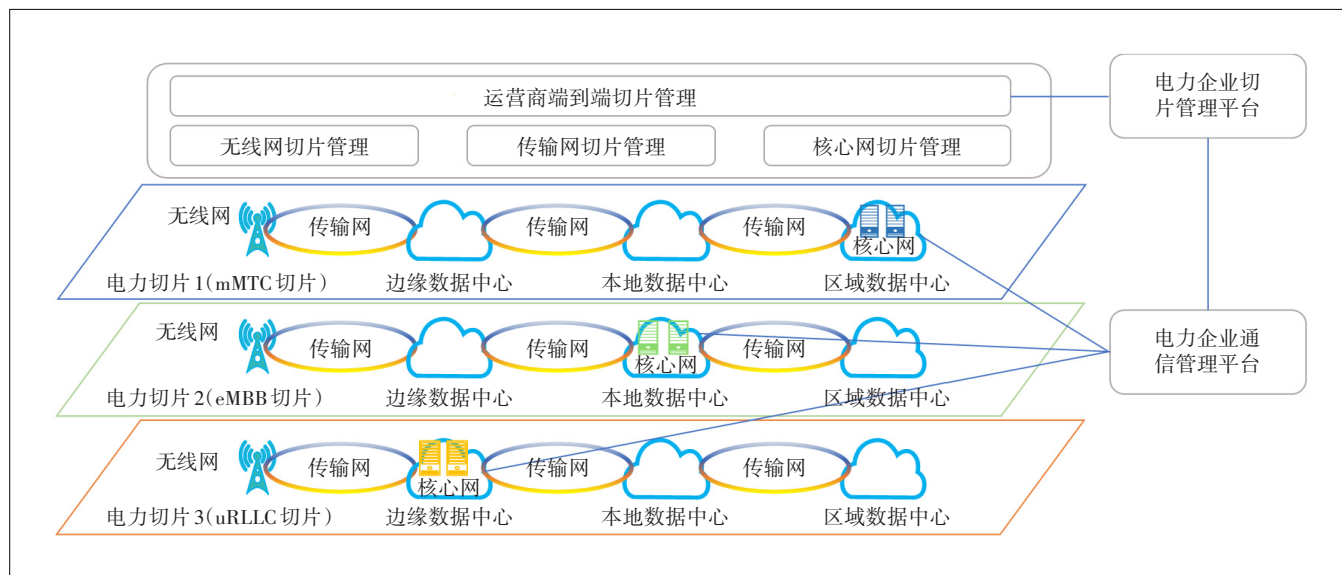


图4 智慧电网多切片网络

方面都会有不同的要求。eMBB切片满足高带宽业务需求,uRLLC切片满足低时延业务需求,mMTC切片满足大连接业务需求。每类切片可按需构建多个网络切片实例,电网企业可根据切片运行的状态及业务需求,为所属各单位提供差异化的电力业务网络切片服务。

智慧电网5G切片业务场景网络指标要求及切片实例应用如表1所示。分布式配电自动化和精准负荷控制都要求业务高度隔离、对可靠性和时延要求敏感,对应可采用uRLLC切片实例。低压用电信息采集则要求大量的传感器连接,适用于mMTC切片实例。视频图像实时监控则是典型的大带宽需求业务,eMBB

表1 智慧电网5G切片业务场景网络指标要求

业务场景	隔离度	带宽	可靠性	时延	连接数	切片实例
分布式配电自动化	高	低	高	高	中	uRLLC
精准负荷控制	高	低	高	高	中	uRLLC
低压用电信息采集	低	低	中	中	高	mMTC
视频图像实时监控	低	高	低	低	低	eMBB
分布式电源控制	中	低	高	中	高	uRLLC+mMTC
智能巡检图像回传	中	高	中	高	低	eMBB+uRLLC

切片实例能够很好地保障带宽资源。对于分布式电源控制,因其对时延要求较高,同时业务节点覆盖面较广,可以采用uRLLC+mMTC组合切片实例的方式。智能巡检图像回传主要是无人机、巡检机器人等终端,除了需要实现高清视频回传外还需要精准的远程控制,因此可以结合eMBB+uRLLC组合切片实例为其提供网络保证。

4 结束语

智慧电网是电网技术发展的必然趋势,智慧电网相对传统的电网具有更高的信息化与自动化程度,在发电、输电、变电、配电、用电和调度等环节灵活实现自动化控制,能够有效提升电网运行效率,增强电网运行可靠性。构建具备智能判断、自适应调节能力、分布式管理的智能化网络系统是建设智慧电网的核心,将5G网络切片技术融入智慧电网应用,能够实现对电网状态的有效监控和数据信息的收集,有助于对电网与用户用电信息进行实时监控与采集,使电能得到最优的配置与最好的利用,从而使整个电网运营更加稳定。5G网络切片技术能够实现高安全隔离度的端到端超大带宽、高可靠性、低时延、海量连接、广域覆盖和非视距连接,可充分满足智慧电网的各种应用场景需求。随着5G技术的进一步普及,系统、芯片、终端等产业链日趋成熟和完善,相信未来将会推出更多面向智慧电网的5G切片场景应用。

参考文献:

[1] General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access: 3GPP TS 23.401[S/OL]. [2020-03-12]. ftp://ftp.3gpp.org/.

[2] System Architecture for the 5G System: 3GPP TS 23.501[S/OL]. [2020-03-12]. ftp://ftp.3gpp.org/.

[3] Procedures for the 5G System: 3GPP TS 23.502[S/OL]. [2020-03-12]. ftp://ftp.3gpp.org/.

[4] Study on management and orchestration of network slicing for next

generation network: 3GPP TS 23.801[S/OL]. [2020-03-12]. ftp://ftp.3gpp.org/.

[5] 栗欣,龚基金,曾捷. 面向5G网络切片无线资源分配[J]. 电子产品世界(4):34-36+44.

[6] 月球,肖子玉,杨小乐. 未来5G网络切片技术关键问题分析[J]. 电信工程技术与标准化,2017,30(5):45-50.

[7] 王全. 端到端5G网络切片关键技术研究[J]. 数字通信世界,2018,(3):52-53.

[8] 周巍. 5G网络切片安全技术研究[J]. 移动通信,2019(10):38-42.

[9] 陆平,李建华,赵维铎. 5G在垂直行业中的应用[J]. 中兴通讯技术,2019(1):67-74.

[10] 侯建星,李少盈,祝宁. 网络切片在5G中应用分析[C]// 中国通信学会信息通信网络技术委员会2015年年会. 2015.

[11] 张宁,杨经纬,王毅,等. 面向泛在电力物联网的5G通信:技术原理与典型应用[J]. 中国电机工程学报,2019,39(14).

[12] 韩治,张晋. 5G网络切片在智能电网的应用研究[J]. 电信技术,2019(8).

[13] 夏旭,朱雪田,邢燕霞,等. 5G网络切片使能电力智能化服务[J]. 通信世界,2017(20).

[14] 徐建平. 浅析智慧电网信息安全体系及其保障措施[J]. 网络安全技术与应用,2014(8):211-211.

[15] 张聪,樊小毅,刘晓腾,等. 边缘计算使能智慧电网[J]. 大数据,2019,5(2):67-81.

[16] 胡红明. 5G通信技术在智能电网的应用分析[J]. 电子测试,2019(17).

[17] 张君怡,任鑫博. 非独立组网架构下5G网络在智能电网中的应用[J]. 通讯世界,2020(2):11-12.

[18] 韩治,张晋. 5G网络切片在智能电网的应用研究[J]. 电信技术,2019(8).

[19] 郭克强. 5G使能智能电网 运营商大有可为[J]. 通信企业管理,2018(10).

作者简介:

陈丰,毕业于华南理工大学,工程师,学士,主要从事核心网的工程规划、可研和设计工作。

