

文章编号: 2095-2163(2019)06-0286-06

中图分类号: TP391.44

文献标志码: A

基于PON与NB-IoT技术在智慧城市的应用

徐秦成¹, 李晓坤², 陈虹旭², 孙怡然¹, 林艺¹, 李菲¹

(1 黑龙江大学, 哈尔滨 150080; 2 黑龙江恒讯科技有限公司国家博士后科研工作站, 哈尔滨 150090)

摘要: 当前国内外物联网行业的市场规模逐渐扩增, 服务体系也随之完善, 在近年, 智慧城市(smart city)概念成为了人们关注的热点问题, 与之相关的数据传输网络也成为研究人员重点研究方向。窄带物联网(NB-IoT)的概念在2015年7月正式提出, 作为一种在全球范围内逐渐兴起的技术成果, 该项技术在智慧环境监测、智慧医疗等方面的应用逐渐推广开来。PON技术作为一种成本相对较低, 纯介质网络, 资源占用少的传输方式, 消除了有源设备, 仅需通过OLT即可进行信号处理。由于其造价低、架设便捷、维护方便等特点, 国内外运营商也将该项技术列入重点关注的方向。如在智慧城市的城市监控体系, 传统的MSTP存在着价格高昂, 接入繁琐复杂的问题, 而采用PON却能有效地改变该类状况, 未来可将NB-IoT、PON技术广泛推广于智慧城市的建设, 使城市的管理水平、居民的生活方式有效改善。本文对NB-IoT及PON技术的传输方法及其协议进行阐述并计算, 介绍了国内外智慧城市最前沿的应用体系, 对智慧环境监测体系中采集到的数据依据K-Means聚类算法分类, 可通过图形化方式区分不同类型传感器。

关键词: 智慧城市; 窄带物联网; 无源光网络; 传感器分类; K-Means 聚类算法

Application of PON and NB-IoT technology in smart city

XU Qincheng¹, LI Xiaokun², CHEN Hongxu², SUN Yiran¹, LIN Yi¹, LI Fei¹

(1 Heilongjiang University, Harbin 150080, China;

2 Heilongjiang Hengxun Technology Co., Ltd. Postdoctoral Programme, Harbin 150090, China)

[Abstract] At present, the market scale of the Internet of Things industry at home and abroad is gradually expanding, and the service system is also improving. In recent years, the concept of smart city has become a hot issue of concern, and the data transmission network related to it has become a key research direction. The concept of narrowband Internet of Things (NB-IoT) was officially proposed in July 2015. As a technological achievement that has gradually emerged on a global scale, the application of this technology in smart environment monitoring, smart medical care, etc. gradually spreaded. OLT PON technology, as a relatively low-cost, pure media network, resource-occupied transmission mode, first of all eliminates active devices, and because of its low cost, easy to install makes its maintenance easier, domestic and foreign operators also put this technology into the focus of attention. In urban monitoring system with an important position in smart cities, traditional MSTP has the problems of high price and complicated access, and PON can effectively change this kind of situation. In the future, NB-IoT, PON technology will be widely promoted in the construction of smart cities, which effectively improves the management level of the city and the lifestyle of the residents. This paper describes and calculates the transmission method and protocol of NB-IoT and PON technology, and introduces the most advanced application system of smart cities at home and abroad. The data collected in the intelligent environment monitoring system is classified according to K-Means clustering algorithm. Users can graphically distinguish between different types of sensors.

[Key words] smart city; NB-IoT; PON; sensor classification; K-Means clustering algorithm

0 引言

当今时代是信息化时代, 而信息的传输方式则是通过ICT^[1]。通信技术中有一种适用于远距离传

输的方式—LPWAN, 其中涉及的多项技术现今仍被应用, 如CDMA、WCDMA、卫星通信技术以及目前多数运营商的核心产品LTE-Advanced等^[2]。可以得知, 当投入人力和社会资源于传统和现代的通信基

基金项目: 中小企业创新基金(2017FF1GJ023); 专利优势示范企业基金(2017YBQCZ029); 国家自然科学基金(81273649, 61501132, 61672181); 中央高校基本科研业务费专项资金(3072019CFT0603); 黑龙江省自然科学基金联合引导基金(LH2019F049, LH2019A029); 中国博士后科学基金(2019M650069); 黑龙江省基础科研科技创新基金(KJCX201805); 黑龙江省基础科研青年创新团队基金(RCYJTD201805)。

作者简介: 徐秦成(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 机器学习、数据挖掘、软件开发; 李晓坤(1979-), 男, 硕士, 研究员级高级工程师, 教授, CCF高级会员, 主要研究方向: 虚拟化、人工智能、生物特征识别等; 陈虹旭(1986-), 男, 硕士, 工程师, CCF会员, 主要研究方向: 虚拟化、云计算、人工智能等; 孙怡然(2000-), 女, 本科生, 主要研究方向: 机器学习、数据挖掘; 林艺(1999-), 女, 本科生, 主要研究方向: 机器语言、人工智能、软件开发; 李菲(1998-), 女, 本科生, 主要研究方向: 移动通信、人工智能、云计算等。

通讯作者: 李晓坤 Email: li.xiaokun@163.com

收稿日期: 2019-08-15

基础设施,并通过该类基础设施推动可持续经济增长和高质量的生活时,那么一个城市便可以被称为“智慧”。因此,智慧城市也被定义为利用集体智慧连接物理基础设施、ICT基础设施及商业基础设施的城市。

物联网技术是一个有着广泛发展前景的研究和创新流程,其通过便捷有效的通信方式将物理世界和虚拟世界连接起来,为社会和城市服务创造了大量的机会^[3]。将电子装置分布在房屋、车辆、街道、建筑物和公共环境中以收集数据为人们的生活提供便捷。城市物联网是为支持智慧城市视觉而设计的,其利用最先进的技术为城市及其居民的管理提供增值服务^[4]。本文将探讨NB-IoT、PON技术的使用环境及其性能,以及在智慧城市中的价值和应用方式。其中涉及了智慧医疗、环境辅助生活、监测基础设施、环境管理、智能家居等多个领域。

1 NB-IoT和PON的概述

1.1 NB-IoT概念

随着物联网产业的飞速发展,当今全球物联网市场已经达到了新的产业顶点,各类运营商及企业也都加大了对物联网行业的投资。智慧城市作为提高生活水平、高效解决问题的有效途径,发展前景极为广阔。因此,随之而来的各类传输技术也应运而生^[5]。NB-IoT可视作融合NB-CIoT、NB-LTE的结果,作为低功率广域网(LPWAN)无线电技术标准之一,其被开发用于能够使用蜂窝电信频带连接各种设备和服务^[6]。可以说NB-IoT是为物联网而设计的无线电技术,其可以作为专用载波,独立地部署在三种不同的操作模式中。

在独立部署中,NB-IoT占用一个GSM信道(200kHz)^[7],而对于带内和保护频带部署,使用一个LTE(180kHz)的物理资源块(PRB)。由于NB-IoT采用基于现有LTE功能的设计,可以重用相同的硬件并且无需共存问题即可共享频谱^[8]。此外,NB-IoT可以简单地插入LTE核心网络,因而允许所有网络服务。如支持身份验证、安全性、策略、跟踪和计费。基于以上技术优势,该技术受到了世界上多个国家的支持和推广,使其成为了最受欢迎的物联网技术之一,未来的发展前景十分广阔。

1.2 PON概念

PON是一种能够为用户提供光纤网络的通信技术。该技术的基础架构由以下四部分构成:光线路终端(OLT)、光分配网(ODN)、光网络单元及光

网络终端^[9]。光分配网的主要组成部分即为光纤和无源分光器。对比传统的有源传输网络,节省了电源的困扰和支出,也是其铺设简单且维护费用低的原因之一。无源光网络是纯介质网络,在恶劣环境下的适应性极强,可避免雷电及磁场对线路信号的干扰,且能够提供极高的带宽,满足用户对于速率的需求。该技术的特点是能够实现点到多点的服务,能够以扇型结构对大量用户提供网络,节省了投资方的资金消耗^[10]。同时,用户还可共享局端设备和光纤,利于共享资源,因此也受到了各类电信运营商的青睐。

当前,市场受众最广的两种PON网络分别是GPON和EPON。GPON(GigabitPON^[11])基于ITU-T G.984协议标准,源于对APON技术的升级,在下行带宽上可达2.5Gbit/s,对整体业务支持则是通过通用的帧格式实现,该技术相对EPON来说相对复杂。EPON(Ethernet over PON)基于IEEE 802.3ah协议标准,在上下行带宽上皆可达到1.25Gbit/s^[12],在业务上通过以太网的报文方式进行数据传输,通过简单高效的方式达到了传输目标。目前基于PON的研发方向主要分为以下几类,分别为XG-PON、TWDM-PON、WDM-PON,本文针对下一代无源光网络进行了如下比对分析,见表1。

表1 下一代PON技术对比分析

Tab. 1 Comparative analysis of next generation PON technology			
	XG-PON	TWDM-PON	WDM-PON
协议	ITU-TG.987	ITU-TG.989	ITU-TG.698.3
可用性	已应用	在建中	已应用
带宽	10G/2.5G	40G/10G	32G/32G
安全性	否	否	是
外部设备	分光器	具有WDM复用器的分光器	分光器
价格	中	中	高
功率预算(dB)	35(E2)	38.5	15

PON技术随着时代发展及智慧城市的逐渐普及,城市规划者也发现了PON在智慧城市中普及的重要性。尤其是在智慧楼宇、智慧数据中心等场所的应用上^[13],采用无源光网络作为传输介质,能够实现其对电力、照明、防火防盗、空调等方面的实时监控,以达到高效便捷的管理模式,节省了在人力方面的支出。

2 基于NB-IoT及PON的智慧城市应用

智慧城市采用物联网及通信行业的前沿技术,结合互联网信息技术实现了对城市的交通、医疗、工

业应用及城市设施等方面的全覆盖,智慧城市旨在为人们提供便捷的生活方式,打破信息孤岛现象,实现城市的立体化、产品的融合化^[14]。将环境中采集到的数据通过 WIFI、蓝牙、NB-IoT 及 PON 等方式传至用户终端。现阶段已经实现了在智慧建筑、智慧医疗、智慧家居、智慧环境监测等方向的具体应用。

2.1 智慧医疗

现实生活中医疗健康作为人们的必要需求,应该受到人们的重视,但往往人们会因为各类原因而无法及时到达医院得到有效的治疗,从而发生对身体健康状况错误把控,而造成治疗不及时的现象^[15]。随着智慧医疗的发展该现象可以得到有效解决。人们可通过智能穿戴设备将身体状态信息上传至云端,分析结果可实时上传至医生及其家人终端^[16]。NB-IoT 作为一个有着极强抗干扰能力且功耗较低的传输网络,更能够及时满足该方面的稳定性要求,帮助患者避免健康危机。智慧医疗能够快速发展的主要原因是:随着 NB-IoT 通信技术的出现,弥补了传统的 WIFI、蓝牙等通讯方式在功耗、隐私安全方面的欠缺,由此也吸引大量厂商推出支持 NB-IoT 的物联网芯片,助力智慧医疗的发展进程。

2.2 智慧家居

在智慧家居中,构建于建筑环境中的传感器设备能够实现对人体生命特征、身体活动及环境因素等信息的采集。活动跟踪器能检测生活单元的移动状态^[17],通过传输的数据判断患者是否发生跌倒或已驻足于浴室的时间,而智慧城市在细节层面同样达到了极高的程度,如步态分析等,通过将加速度计和应变计安装到典型的木质结构的住宅楼层中,并校准传感器以记录脚跟撞击,当每秒达到 200 次读数时,数据不仅能够检测到跌倒,甚至还能表示跛行或蹒跚时的状态。为了计量睡眠质量,创造性地使用睡眠传感器监测健康的质量,通过使用心冲击测量流入和流出心脏的液体,以此监测睡眠时间、不安状况以及睡眠呼吸暂停等^[18]。智慧镜子的产生同样为家居生活提供了质的提升,还有团队正在研发能够实现跟踪眼球运动相关放射能力的镜子,未来还可能实现监测牙齿上的牙菌斑的功能,让家居生活多功能化。

2.3 智慧环境监测

工业环境包含大量的不可控事件,在数据中心的 管理过程中,往往因为管理不当,亦或是体系上的漏洞,造成数据中心发生失火、漏水现象。PON 作

为一种新的传输网络,在数据中心的建设也有着举足轻重的作用^[19]。其在传感器的数据采集方面,拥有着可靠性能极高的特点,用户能够实时通过客户端的监控界面观察数据中心空调、电量、温湿度等最新状态,实现智慧管理数据中心环境^[20]。同样,窄带物联网(NB-IoT)在环境监测行业同样有着不可替代的优势及特点,其在下行链路中使用正交频分多址技术,且在频域中仅使用了 12 个 15 kHz 的子载波,比蜂窝 LTE 中的资源量小 7 倍。在上行链路中,NB-IoT 同样使用 180 kHz 的总带宽,多载波传输基于 SC FDMA,具有 15 kHz 子载波间隔,因此资源块结构与下行链路中的相同^[21]。然而,不同的物理信道用于信令,有效载荷的总资源量是不同的。图 1 展示了基于现有信道的 NB-IoT 系统设计示例图。

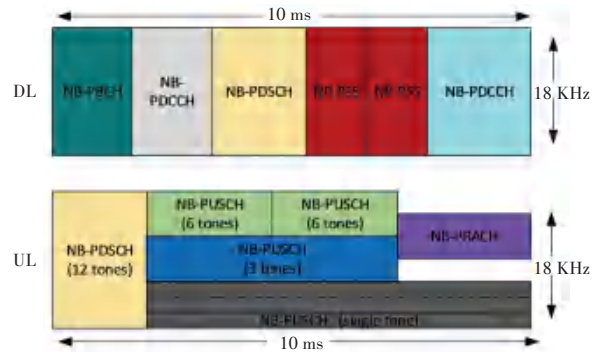


图 1 NB-IoT 系统设计示例

Fig. 1 NB-IoT system design example

3 NB-IoT 的传输标准及协议

NB-IoT 的资源块与 LTE 循环前缀 (Normal CP) 一样,由 12 个子载波和 7 个 OFDM 符号组成,由此保证了其与 LTE 的兼容性。每个时隙为 0.5 ms,2 个时隙即可组成一个子帧(SF),而每个无线帧(RF)由 10 个子帧组成。每个 IoT 设备在频域中使用一个资源块,而在时域中使用 2 个连续的资源块(1 ms 子帧)^[22]。因此,一个设备的资源元素总数是:

$$N_{Res} = 12 \cdot 14 = 168, \quad (1)$$

NB-IoT 的部署模式可分为以下几类:带内、保护带及独立部署。信令的资源元素数量随部署方案的改变而不同。对于独立和保护带部署,仅使用 16 个导频参考符号来预测专用子载波的下行链路信道质量。因此,有效载荷的元素数量是:

$$N_{payload} = 168 - 16 = 152, \quad (2)$$

对于带内部署,附加的 16 个特定参考符号用于

LTE 用户设备, 并有 28 个物理控制信道用于发送 LTE 用户设备的调度信息和资源分配。因此, 物联网有效载荷的元素总数将是:

$$N_{payload} = 168 - 16 - 16 - 28 = 108, \quad (3)$$

在上行链路中, 36 个参考符号用于任何类型的部署。因此, 物联网有效载荷的元素总数将是:

$$N_{payload} = 168 - 36 = 132, \quad (4)$$

为了传输有效载荷, NB-IoT 使用传输块, 1 000 bits 用于上行链路, 680 bits 用于下行链路, 这比常规 LTE 减少 100 倍^[23]。为了评估 NB-IoT 系统的吞吐量, 分别计算用于上行链路和下行链路的一个传输块所需子帧的数量。NB-IoT 帧结构如图 2 所示。

$$N_{SF} = \begin{cases} \lceil 1\,000 / (132 \cdot 2) \rceil = 4, UL; \\ \lceil 680 / (108 \cdot 2) \rceil = 4, in - band DL; \\ \lceil 680 / (152 \cdot 2) \rceil = 3, standalone DL. \end{cases} \quad (5)$$

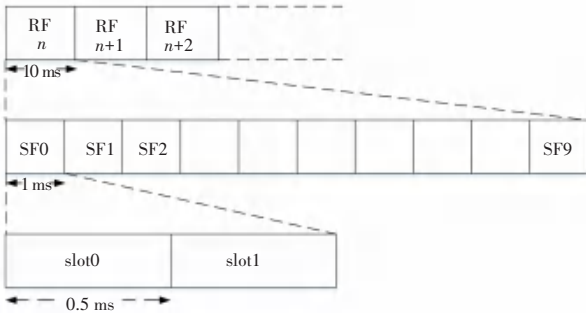


图 2 NB-IoT 帧结构

Fig. 2 NB-IoT frame structure

在物联网通信协议中, 有两种协议得到了行业人士的普遍好评, 其是 CoAP 和 MQTT。CoAP 作为能够支持网络传输且在受限资源环境下起作用的一种协议, 在智慧城市的应用层面有广泛前景, 该协议为 M2M 而设计, 且有着开销较低、支持多播的优点^[24]。CoAP 的实现比 HTTP 简单, 其在 UDP 上运行, 而不是在 TCP 中使用复杂的拥塞控制。因此, CoAP 的最大包的大小仅为 1 152 字节。

MQTT 同样是基于 ISO 标准的“轻量级”消息传递协议, 能够在资源受限设备及低带宽、高延时、不稳定的网络中进行消息传输。该协议可视为一个中心辐射型系统: 传感器、应用和设备之间的通信通过中央代理端运行的数据中心服务实现^[25]。其精简低带宽的特性使得其能够适用于很多方面, 如家庭照明、智能设备和安全等都采用了 MQTT 协议。

CoAP 和 MQTT 的性能比较(见表 2), 计算了为每个协议传输一个数据包所需的传输块数:

$$N_{TB_MQTT} = \begin{cases} 32\,768 / 1\,000 = 33, UL \\ 32\,768 / 680 = 49, DL \end{cases}, \quad (6)$$

$$N_{TB_CoAP} = \begin{cases} 9\,216 / 1\,000 = 10, UL \\ 9\,216 / 680 = 14, DL \end{cases}, \quad (7)$$

计算发送一个数据包的相应子帧数:

$$N_{SF_MQTT} = \begin{cases} 4 \cdot 33 = 132, UL \\ 4 \cdot 49 = 196, in - band DL \\ 3 \cdot 49 = 147, standalone DL \end{cases}, \quad (8)$$

$$N_{SF_CoAP} = \begin{cases} 4 \cdot 10 = 40, UL \\ 4 \cdot 14 = 56, in - band DL \\ 3 \cdot 14 = 42, standalone DL \end{cases}, \quad (9)$$

MQTT 和 CoAP 的可实现吞吐量计算如下:

$$R_{MQTT} = \begin{cases} 1\,000 / 132 \cdot 32\,768 = 229\,kbps, UL \\ 1\,000 / 196 \cdot 32\,768 = 164\,kbps, in - band DL \\ 1\,000 / 147 \cdot 32\,768 = 197\,kbps, standalone DL \end{cases}$$

$$R_{CoAP} = \begin{cases} 1\,000 / 40 \cdot 9\,216 = 230\,kbps, UL \\ 1\,000 / 56 \cdot 9\,216 = 157\,kbps, in - band DL \\ 1\,000 / 42 \cdot 9\,216 = 212\,kbps, standalone DL \end{cases}$$

表 2 CoAP、MQTT 协议对比

Tab. 2 Comparison of CoAP and MQTT protocols

类别	CoAP	MQTT
通信机制	同步	异步
传输协议	UDP(无连接)	TCP(面向连接)
通信模式	单对单协议, Server 和 Client 之间传递消息	多对多协议, 中间代理传递消息
适用场景	数据采集(传感器)	实时控制(即时通讯)
功耗	功耗低	功耗高
反向控制	不能反向控制	可反向控制

4 智慧环境监测的数据分类及可视化

环境监测问题向来是倍受人们关注的话题, 从全球变暖到工业污染, 无不提及有效监测在其中的意义^[26]。且伴随着信息时代的发展, 数据的重要程度也逐渐被人们所得知。数据中心不断兴建的同时也伴随着重要的安全保障问题, 缺乏合理监测的数据中心存在巨大隐患, 而智慧环境监测即是解决该问题的有效方案。

为了有效地对采集数据分析归纳, 可对采集到的结果进行分类。由于物联网体系中存在大量数据, 很难对大数据阵列进行缩放, 并以友好的方式对其可视化。而物联网监控系统本质上具有来自相邻传感器测量的相似性^[27]。因此, 根据所需的比例将传感器聚类到组中是很重要的。为了解决这个问题, 使用 K-means 聚类算法来区分不同区域, 这些区域具有与所选择的可视化尺度相对应的观测相似性^[28]。

首先定义一组需要集群的传感器 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, 一组取决于所需比例的目标随机质心, 根据最短距离准则, 每个传感器被分配到 C 中最近的质心^[29]:

$$X^{\{C_k\}} = \operatorname{argmin} \|x_i - c_k\|, i = 1, \dots, N \quad (10)$$

$$X^{\{C_k\}} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, n \in [1, N], C_k \in C$$

对于(10)中的每个集群, 按以下方式计算集群中心点:

$$m_k = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, k = 1, \dots, K \quad (11)$$

根据(11)分配新的集群中心:

$$\{C \rightarrow C'\} = \{c_1 = m_1, c_2 = m_2, \dots, c_k = m_k\}, \quad (12)$$

计算簇质心的偏差:

$$\Delta C = C' - C = \sum_{i=1}^K m_i - c_i. \quad (13)$$

重复方程(10)到方程(13)的循环, 直到满足收敛准则 $\Delta C = 0$ 为止。

上述过程对于物联网监控系统非常重要, 可以指定测量值的精度和空间密度。例如: 测量密度太高, 一般趋势可能不清楚, 在这种情况下, 系统的效率非常低。另一方面, 如果密度太低, 系统可能无法提供足够的信息, 这也会对效率产生负面影响^[30]。因此, 大多数系统倾向于使用测量的平均值取决于必要的尺度。

图3和图4分别显示了对于同一组传感器, 聚类为3组和4组的比较, 通过使用上述算法, 能够在不同的尺度范围内为监控系统提供灵活性。

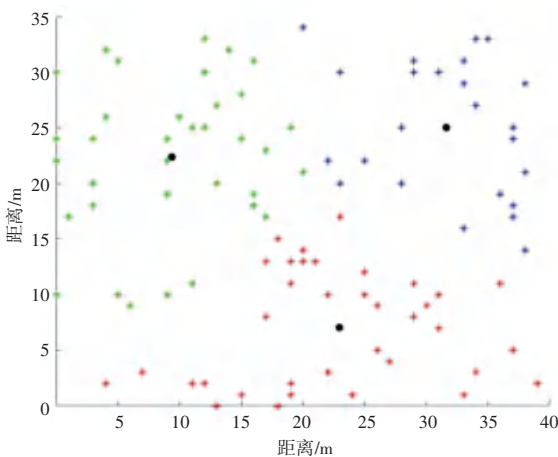


图3 聚类3组图像

Fig. 3 Clustering 3 groups of images

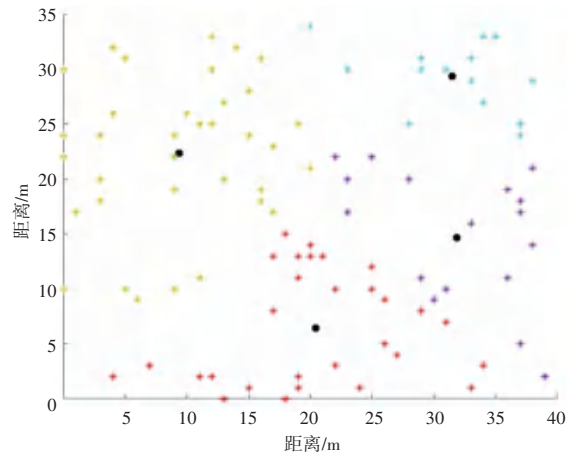


图4 聚类4组图像

Fig. 4 Clustering 4 groups of images

5 结束语

本文研究了在智慧城市发展过程中通信技术的更新迭代, 包括 NB-IoT 及 PON 技术未来在智慧城市各领域的应用, 尤其是在智慧家居、医疗及环境监测等方面的影响。对 NB-IoT 技术涉及到的传输标准及协议进行了阐述, 并对其支持的三种部署方式: 带内部署, 保护带部署和独立部署所需的有效载荷元素数及上下行链路一个传输块所需子帧数进行计算, 在协议方面对 CoAP、MQTT 的性能通过数据计算进行了对比。并使用聚类算法解决了在不同尺度下数据的可视化问题, 能够对任意目标区域的数据进行分类。

参考文献

- [1] SARWAT A I, SUNDARARAJAN A, PARVEZ I, et al. Toward a Smart City of Interdependent Critical Infrastructure Networks[J]. 2018.
- [2] AL-SARAWI S, ANBAR M, ALIEYAN K, et al. Internet of Things (IoT) communication protocols: Review [C]// International Conference on Information Technology. 2017.
- [3] GUBBI J, BUYYA R, MARUSIC S, et al. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions[J]. Future Generation Computer Systems, 2013, 29(7):1645-1660.
- [4] HE L, OTA K, DONG M. Learning IoT in Edge: Deep Learning for the Internet of Things with Edge Computing [J]. IEEE Network, 2018, 32(1):96-101.
- [5] OLSZEWSKI R, PAŁKA P, TUREK A. Solving "Smart City" Transport Problems by Designing Carpooling Gamification Schemes with Multi-Agent Systems: The Case of the So-Called "Mordor of Warsaw". [J]. Sensors, 2018, 18(1):141.
- [6] PETAJAJARVI J, MIKHAYLOV K, ROIVAINEN A, et al. On the coverage of LPWANs: range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology [C]// International Conference on Its Telecommunications. 2016.
- [7] MANGALVEDHE N, RATASUK R, GHOSH A. NB-IoT

- deployment study for low power wide area cellular IoT [C]// IEEE International Symposium on Personal. 2016.
- [8] JOVER R P, JOVER R P, LABIB M, et al. LTE/LTE - a jamming, spoofing, and sniffing: threat assessment and mitigation [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 54(4):54-61.
- [9] CORPORATION Z. Optical network system, optical line terminal, optical network unit and optical distribution network apparatus [J]. 2014.
- [10] OBITE F, JAJA E T, IJEOMAH G, et al. The Evolution of Ethernet Passive Optical Network (EPON) and Future Trends [J]. Optik, 2018, 167.
- [11] ROHDE H, GOTTWALD E, TEIXEIRA A, et al. Coherent Ultra Dense WDM Technology for Next Generation Optical Metro and Access Networks [J]. Journal of Lightwave Technology, 2014, 32(10):2041-2052.
- [12] SADON S K, DIN N M, RADZI N A, et al. Efficient Bandwidth Allocation Methods in Upstream EPON [M]// Transactions on Engineering Technologies. 2014.
- [13] HASHEM I A T, CHANG V, ANUAR N B, et al. The role of big data in smart city [J]. International Journal of Information Management, 2016, 36(5):748-758.
- [14] VANOLO A. Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy [J]. Urban Studies, 2014, 51(5):883-898.
- [15] S. D. GRIGORESCUET al., "Robotic Platform with Medical Applications in the Smart City Environment," 2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), Bucharest, Romania, 2019: 1-6.
- [16] WOOD D, APHORPE N, FEAMSTER N. Cleartext Data Transmissions in Consumer IoT Medical Devices [J]. 2018.
- [17] WALEED J, ABDULDAIM A M, HASAN T M, et al. "Smart home as a new trend, a simplicity led to revolution," 2018 1st International Scientific Conference of Engineering Sciences-3rd Scientific Conference of Engineering Science (ISCES), Diyala, 2018: 30-33.
- [18] PERUMAL T, CHUI Y L, AHMADON M A B, et al. "IoT based activity recognition among smart home residents," 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Nagoya, 2017: 1-2.
- [19] SENSOY, MURAT, LE T, VASCONCELOS W W, et al. Resource Determination and Allocation in Sensor Networks: A Hybrid Approach [J]. Computer Journal, 2018, 54(3):356-372.
- [20] ADIONO T, FATHANY M Y, FUADA S, et al. "A portable node of humidity and temperature sensor for indoor environment monitoring," 2018 3rd International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid (IGBSG), Yi-Lan, 2018: 1-5.
- [21] SEDA P, MASEK P, STUSEK M, et al. Visualization and Managing Platform for Narrowband-IoT Devices [C]// 2018: 134-139.
- [22] ABDULHAYAN S, KULKARNI P T, NOUBADE R D. Comparison of Priority-based two-level Schedulers in LTE - Advanced [J]. 2014.
- [23] LIN Y B, TSENG H C, LIN Y W, et al. NB-IoTalk: A Service Platform for Fast Development of NB-IoT Applications [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018 (99):1-1.
- [24] MONSEF E, GONZALEZ M, YI W, et al. "Managing Quality of Service in Wireless Body Area Networks using CoAP," 2016 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT), Grand Forks, ND, 2016: 0183-0186.
- [25] SAHADEVAN A, MATHEW D, MOOKATHANA J, et al. "An Offline Online Strategy for IoT Using MQTT," 2017 IEEE 4th International Conference on Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), New York, NY, 2017: 369-373.
- [26] MANLIO B, FRANCA D, ERINA F, et al. Environmental Monitoring for Smart Cities [J]. IEEE Sensors Journal, 2017 (99):1-1.
- [27] NITÄET V A. "Smart Sensor Box for Alivemaps Based on NB-IOT," 2018 IEEE 4th International Symposium on Wireless Systems within the International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS-SWS), Lviv, 2018: 6-9.
- [28] HE Z, YU C. Clustering stability-based Evolutionary K-Means [J]. Soft Computing, 2019, 23(1):305-321.
- [29] AGHDAI A, CHU C Y, YANG X, et al. Spotlight: Scalable Transport Layer Load Balancing for Data Center Networks [J]. 2018.
- [30] SHENG Z, MAHAPATRA C, LEUNG V C M, et al. Energy Efficient Cooperative Computing in Mobile Wireless Sensor Networks [J]. IEEE Transactions on Cloud Computing, 2018, 6(1):114-126.

(上接第285页)

参考文献

- [1] 朱雨桃. 汽车自动报警系统新的触发方式的提出 [J]. 中国科技博览, 2015 (1):259-260.
- [2] 罗宁, 李柏年, 杨昊, 等. 基于红外测距传感器的倒车雷达系统设计 [J]. 价值工程, 2013 (20):244-245.
- [3] 张凤静, 周建江, 夏伟杰. 基于双目立体视觉的汽车安全车距测量方法 [J]. 智能系统学报. 2011;6(1):79-84.
- [4] 谢璐阳, 夏兆君, 朱少华, 等. 基于卷积神经网络的图像识别过拟
合问题分析与研究 [J]. 软件工程, 2019, 22(10):27-29.
- [5] 苏赓, 刘笛, 果敢. 车载毫米雷达技术及测试方法 [J]. 电信网技术. 2017(6):1-6.
- [6] 刘富, 崔熠明, 王博运, 等. 新型基于激光雷达的主动防撞系统 [J]. 吉林大学学报(信息科学版), 2016, 34(1):67-72.
- [7] 何玮, 刘昭度, 王斌, 张彪. 汽车自适应巡航系统激光雷达扫描平面定位 [J]. 传感器与微系统, 2008;27(2):19-20.
- [8] 陆增斌, 林德富. 车辆后向防追尾预警系统设计与控制的研究 [J]. 机电产品开发与创新, 2017(6):36.