

DOI:10.16644/j.cnki.cn33-1094/tp.2021.08.002

# 国内外边缘计算技术研究综述\*

周 杰

(贵州大学图书馆, 贵州 贵阳 550025)

**摘要:** 云计算的发展使得边缘计算引起广泛关注。根据来源于CNKI数据库1078篇文献的国内数据和来源于Web of Science核心库210篇高被引论文的国外数据,利用文献计量法、知识图谱以及CiteSpace软件,就文献量、关键词及热点、文献作者及其所属机构进行分析。在分析结果基础上,做出了总结与建议,可为推动边缘计算的理论与技术应用提供参考。

**关键词:** 边缘计算; 5G; 知识图谱; 边云协同

**中图分类号:** TP3; G353.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-8228(2021)08-08-04

## Review of edge computing technology at home and abroad

Zhou Jie

(Library of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

**Abstract:** Edge computing has attracted wide attention because of the ongoing development of cloud computing. According to the domestic data from 1,078 literatures in CNKI database and the foreign data of 210 high cited papers from Web of Science core database, by using bibliometric analysis, knowledge graph and CiteSpace software, the volume of literature, key words and hot spots, authors and the organizations they affiliated are analyzed. Based on the analysis results, this paper makes a summary and some suggestions, which can provide reference for the theoretical research and technical application of edge computing.

**Key words:** edge computing; 5G; knowledge graph; cloud and edge collaboration

## 0 引言

2019年, Gartner报告认为,边缘计算边缘端靠近数据源,有目的性的实现计算本地化,降低数据链路流量,提高实时处理能力<sup>[1]</sup>。国内外学术界与产业界针对其概念,不同的学者给予了不同的说明,如万物互联的计算模型<sup>[2]</sup>、未来颠覆性的计算思维<sup>[3]</sup>、数字行业转型的助推剂<sup>[4]</sup>、分布式信息技术架构<sup>[5]</sup>等,但对其技术内涵方面的认识却未有统一见解,针对此分歧,由多国共同发起成立边缘计算联盟,即边缘计算联盟(ECC),并发布边缘计算白皮书,边缘计算是在临近物或数据源的网络边缘端,结合网络计算、开放存储核心功能的应用平台,就近为边缘端用户提供相关智能服务,并满足各领域在实时处理、数据优化、协同联接、智能应用、安全与隐私保护等数字化方面的需求保障。

同时,边缘计算旨在分担云端处理数据的压力。

目前,针对边缘计算热点研究方面文献不多,基于此,本文采用文献计量法和知识图谱,对检索到的国内外边缘计算相关研究的文献进行深入的分析,从文献发文量、关键词与作者方面,运用CiteSpace对其分析,构建知识图谱。并对比国内外的分析结果,以探求边缘计算的研究现状与研究热点。

## 1 研究基础

### 1.1 研究工具

知识图谱是利用可视化技术展现知识资源与其之间的关系,是文献计量分析结果呈现的有利工具。2004年来自美国德雷塞尔大学的陈超美教授在库恩科学结构演进的启发下,使用JAVA开发了CiteSpace,

收稿日期:2021-03-29

\*基金项目:贵州大学文科研究青年项目资助“边缘计算驱动的高校智慧图书馆数据智能流通模式研究”(GDQN2020028)

作者简介:周杰(1992-),男,安徽六安人,贵州大学图书馆助理馆员,主要研究方向:新技术应用。

一款可视化的文献分析工具<sup>[6]</sup>。CiteSpace 工具可实现对文献作者、机构、关键字、文献被引等操作;本文选择 CiteSpace 的 5.0.R7 版、并利用该版中的 Data 菜单栏对数据进行必要的处理。

## 1.2 数据来源

对于国内数据,以 CNKI 为来源数据库,运用其高级检索模块,以“边缘计算”为关键词,精确检索,时间为 2016.1.1–2020.12.31 (为符合 CiteSpace 时间片设置,以下内容统称为 2016–2020 年),共检索出 1078 条

中文文献。而对于国外数据,以 Web of science 核心库高被引文献为对象,以“Edge Computing”为主题,选取时间 2016–2020 年,并通过“Remove duplicates”进行去重,共获得高被引论文 210 篇。

## 2 国内边缘计算研究结果分析

### 2.1 文献量分析

国内数据通过 CNKI 获取,对检索出的文献,以不同年份利用图表将其展示出来,如图 1 所示。

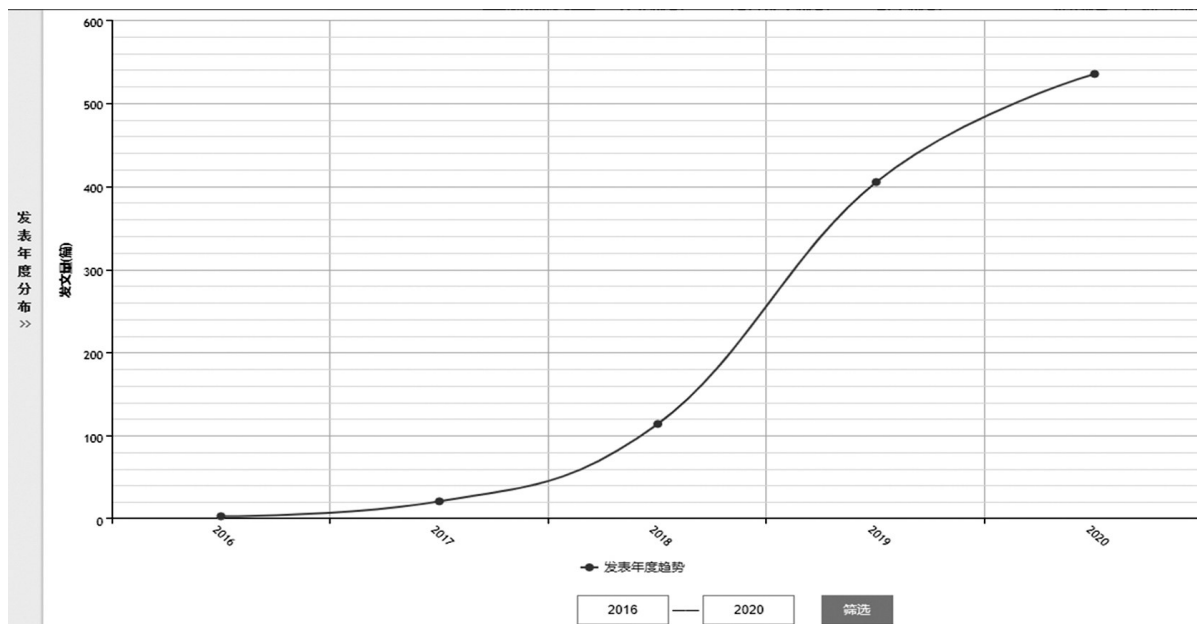


图 1 2016–2020 年国内边缘计算文献发量

从图 1 可以发现,国内对于边缘计算的研究分三个阶段,第一阶段是 2016–2017 年,该阶段边缘计算开始被相关学者、企业所关注,但并没有进行深入探讨,因边缘计算在理论体系、模型、机制等方面没有统一的方案;更因该年度云计算是研究的重点,注重云端,而忽略了边缘端。第二阶段 2017–2018 年,这一阶段,对于边缘计算的研究处于上升期,由于云计算暴露出的问题,如云端数据处理压力大,网络延迟等,使得专家学者逐渐开始从云端转向边缘端,文献量也明显增加。第三阶段 2018–2020 年,该阶段对于边缘计算的研究明显处于激增状态,这是由多方原因引起。首先,云端研究遭遇瓶颈,如网络延迟、数据处理能力压力大等;其次,2019 年 IOT、CPS、移动网络等技术得到了飞速发展,使得更多边缘设备接入到互联网中,这也使得对边缘计算的关注不断提高。另外,从图 1 可以看出,2018–2020 年发量较高,这是因为该年度相关企业、

机构开始进入到边缘计算领域,如华为、中科院、中信院、腾讯、阿里、百度等,并成立了相关组织,旨在通过会议、资金的投入加大对边缘计算领域的研究,这直接助推了边缘计算的发展。

### 2.2 关键词及热点分析

本文利用 CiteSpace 对研究对象进行关键词分析,设置时间为 2016–2020 年,时间间隔 1 年;聚类词来源 (term source) 为作者、摘要、关键词、补充关键词 (keywords plus);节点类型为关键词 (keyword);选择标准为 top50, top10%,最终生成关键词知识图谱。

国内边缘计算中,出现频次相对较高的有“边缘计算”、“物联网”、“云计算”、“5G”、“人工智能”、“工业互联网”等概念。根据中心性定义可知,文献关键词中心性越高,说明该关键词在该领域越重要。关键词中心性较高的有云计算、边缘计算、物联网、5G。其中云计算的中心性最高,云计算是将云端的数据处理量

分担到边缘端,这表明边缘计算并没有摆脱云,说明云计算在数据时代依然占据着重要的位置。物联网、5G、人工智能、工业物联网的发展依靠边缘端,对边缘端数据计算能力的提高,也就助推了这四领域的发展。而2020年主要有“云平台”、“AI”以及不同的企业、运营商,如阿里、中国联通等。分析可发现,随着边缘计算基础理论、架构、相关技术等不断完善,使得边缘计算越来越受到重视,开始被应用于各行各业中。

### 2.3 文献作者机构关联分析

本文利用NoteExpress文献管理软件中的统计分析选取发文量前50的作者进行分析,得出国内边缘计算研究作者发文数。同时根据对部分机构的调查发现,边缘计算联盟关于边缘计算研究成果较多,其中边缘计算联盟发表了多个白皮书,对边缘计算的特点、概念模型、参考架构等进行了介绍<sup>[7-8]</sup>,也给后期

研究的学者、机构提供了一定的指导。另外华为边缘计算联盟的成员,史扬学者分别在《电气时代》等期刊上发表了相关文章,这充分说明边缘计算联盟自2016年成立以来,对边缘计算的研究一直处于国内领先的地位。另外来自贝加莱的宋华振学者,主要关注的是智能制造方面的边缘计算研究<sup>[9-10]</sup>。虽然较多的学者、机构投入到边缘计算的研究中,但是研究内容及时间点比较分散,这说明各机构以及学者之间的交流合作并不多,长久下来,这将导致边缘计算关注度下降,影响边缘计算的发展。

## 3 国外边缘计算研究结果分析

### 3.1 边缘计算文献量分析

国外文献来源于Web of science高被引文献,选取时间为近五年,其文献发文量趋势如图2所示。

选择	字段: 出版年	记录数	%/210	柱状图
<input type="checkbox"/>	2020	59	28.095 %	<div></div>
<input type="checkbox"/>	2019	66	31.429 %	<div></div>
<input type="checkbox"/>	2018	46	21.905 %	<div></div>
<input type="checkbox"/>	2017	31	14.762 %	<div></div>
<input type="checkbox"/>	2016	9	4.286 %	<div></div>

图2 2016-2020年国外边缘计算高被引文献发文量

从图2中可知,国外对边缘计算的关注度明显高于国内,尤其是2017-2019年期间,对边缘计算的研究处于激增状态,这种状态是因为边缘计算研究思想来源于国外,国外更早的掌握了边缘计算的基础知识和核心架构。另外,国外云计算、物联网、人工智能等相关领域技术的成熟,引导了边缘计算的发展。从发文量的增长趋势来看,边缘计算仍然会是国外未来一段时间研究的热点领域。

### 3.2 关键词及热点分析

为了保证国内外分析结果对比的准确性,针对国外边缘计算的关键词分析,采用的研究方式,阈值的相关设置与国内研究一致。最终生成关键词知识图谱。

国外边缘计算研究中,关键词较高的有“Mobileedge computing”、“Edgecomputing”、“5G”。其中较高的是移动边缘计算(Mobileedge computing),移动边缘计算是在移动网络的支撑下,注重对移动边缘

端的研究,这与先进的移动网络技术是分不开的。其次是边缘计算,雾计算,而雾计算的高频使用,也说明了国外已经从边缘计算的基础上,拓宽了边缘计算的研究领域。

国外边缘计算高频关键词中心性较高的有“Mobileedge computing”、“Edgecomputing”、“learning”。对比国内外的中心性发现,对于边缘计算的重视,国内明显高于国外。同时,国内比国外更加重视对边缘计算产业的扩展,这与国家政策有关,如,2016年7月,国务院发布《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十三个五年规划的建议》,旨在提高物联网的发展,助力设备智能化发展;2017年6月,工信部发布《工业和信息化部办公厅关于全面推进移动物联网(NB-IOT)建设发展的通知》,全面推进建设低功耗、宽领域的物联网基础设施建设;2020年将诸如5G、物联网等一批新型基础设施建设纳入到政府工作报告中。

国外的研究,相比于国内边缘计算关键词时序图



谱所呈现的突变词,内容上大同小异,但在时间分布上明显不同,关键词与国内基本持平,但其研究时间明显长于国内。如“edge computing”,“edge computing environment”分别出现在不同的年份,但仍然是针对边缘计算展开的深入研究。这说明,国外更加重视基础理论研究。另外,从研究趋势上,国外在产业应用广度、深度方面明显低于国内。如国内在边缘计算研究初期就开始研究 5G 技术,毕竟 5G 是未来边缘计算发展的支撑网络。

### 3.3 文献作者分析

针对国外边缘计算研究的相关作者,选取 Cited Author 为网络节点,得出发文作者知识图谱。国外单个作者的发文量明显高于国内,如 ZHANG YAN、ANSARI NIRWAN 学者分别在《Internet of Things Journal》上发表过 Energy-Efficient Admission of Delay-Sensitive Tasks for Mobile Edge Computing、Mobile Edge Computing: A Survey、Edge computing Aware Noma for 5G Networks 等多篇文献,探讨边缘计算、移动边缘计算的基础理论与 5G 等应用领域知识<sup>[11-13]</sup>。国外单篇文章常常为多个作者共同完成,这提示我们应更加注重边缘计算研究机构之间的合作。

## 4 结论

本文通过国内外数据的对比,可发现国内相关方面还存在一些问题,今后可从以下几方面加大关注度。

(1) 边缘计算基础理论的研究。从国外文献关键词时序图谱可发现,国外更加注重对边缘计算相关理论的研究,而国内这方面比较欠缺,国内将更多的研究内容放在了其应用之上,但相关研究成果却并不是很多,这是边缘计算以及相关技术理论基础并不牢固所导致。国内应加深边缘计算理论研究,形成统一的理论认知体系,促进边缘计算及相关产业的发展。

(2) 立足自身产业优势,拓宽边缘计算领域研究。国内在产业领域的创新技术已然赶上国外水平,甚至是超过了国外。以国内的华为、阿里、腾讯为代表,如,可依托阿里云,发挥云计算的技术优势,助推边缘计算的发展,形成云边协同的发展态势,实现云边端三位一体的计算模式。依托由华为联合中科院、中信院、ARM 成立的边缘计算产业联盟,构建边缘计算产业合作平台,推动 IOT、人工智能、5G 等相关产业的发展。

(3) 加大研究合作力度。相比于国外来说,国内边缘计算相关研究学者、机构、企事业单位缺乏合作。

有目的性的合作可挖掘出更多潜在的价值信息,各研究方在国家政策下,广泛开展合作,积极探讨边缘计算领域知识,如云边协同平台实现问题、如何有效应对不同环境、技术、产业的冲击问题、边缘计算相关理论体系的一致性等问题,问题的解决,将使得边缘计算向着更加科学、平稳的状态发展。

(4) 智能时代对边缘端的要求。数据密集型范式的形成,加快了智能时代的到来。在智能时代背景下,对基础设施的要求变得越来越高,尤其是 IOT、CPS 的快速发展,使得越来越多的智能设备接入网络,促使了设备需具备计算的能力。加大对设备的建设,必然需要更多的关注边缘计算、移动边缘计算领域。

### 参考文献(References):

- [1] Gartner. Top 10 Strategic Technology Trends for 2019[OL]. [2018.10.15]. <https://www.gartner.com/doc/3891569?ref=mrktg-srch>.
- [2] 施巍松,孙辉,曹杰等.边缘计算:万物互联时代新型计算模型[J]. 计算机研究与发展,2017.54(5):907-924
- [3] 周庭锐.边缘计算:未来十年最具颠覆性的技术思维[J]. 商学院,2017.12:23-24
- [4] 史杨,刘梅刚.边缘计算已来,助力行业数字化转型[J]. 自动化博览,2017.34(4):10-13
- [5] 华榕.边缘计算的应用及未来挑战[J]. 自动化博览,2017.34(2):52-53
- [6] 陈悦,陈超美,刘则渊等.CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究,2015.33(2):242-253
- [7] 边缘计算产业联盟.边缘计算参考架构 1.0[EB/OL]. [2016]. <http://www.eccconsortium.org/Lists/show/id/32.html>
- [8] 边缘计算产业联盟.边缘计算参考架构 2.0[EB/OL].[2017]. <http://www.eccconsortium.org/Lists/show/id/163.html>.
- [9] 宋华振.边缘计算——走在智能制造的前沿(上)[J]. 自动化博览,2017.34(3):62-64
- [10] 宋华振.边缘计算——走在智能制造的前沿(下)[J]. 自动化博览,2017.
- [11] Lyu Xc, Tian H, Ni W, Zhang Y, et al. Energy-Efficient Admission of Delay-Sensitive Tasks for Mobile Edge Computing[J]. IEEE transactions on communications, 2018.5(1):450-465
- [12] Abbas N, Zhang Y, Taherkord, et al. Mobile Edge Computing: A Survey[J]. IEEE Internet of Things Journal,2018.66(6):2603-2616
- [13] Kiani Abbas, Ansari Nirwan. Edge computing Aware NOMA for 5G Networks[J]. IEEE Internet of Things Journal,2018.5(2):1299-1306

