

边缘计算当前技术发展综述

21215122, 何峙

大数据与人工智能, 计算机学院, 中山大学

摘 要 边缘计算作为一种新兴的计算网络架构, 它将云计算服务扩展到网络边缘, 利用软件和硬件平台, 可以应用于移动、无线和有线网络的场景。随着物联网的出现、自动驾驶、VR 和 AR 设备的推出等, 使得边缘计算成为关键技术之一。为了理解边缘计算当前存在的挑战与机遇, 本文概述了边缘计算技术的基本概念, 通过分析边缘计算研究现状和应用场景, 指出当前边缘计算在数据存储、数据传送、网络安全等方面的技术要点, 并分析它们的优缺点。最后, 对边缘计算技术的未来发展进行探讨和展望。

关键词 边缘计算, 移动边缘计算, 云计算, 雾计算, 边缘智能

第一章 引言

智能手机和平板电脑等移动终端的普及对移动网络产生了极大的影响, 这给全球移动网络带来了挑战。首先, 蜂窝网络要承受低存储容量、高能耗、低带宽和高延迟等缺点。物联网的出现进一步加剧了这种状况。云计算技术通过提供集中的云资源, 为终端设备提供相当大的存储和计算能力。然而, 随着大量终端设备的出现, 云计算正面临着如高延迟、安全漏洞、低覆盖等挑战。另外, 云计算不太适用于实时性要求较高的应用和高服务质量的场景。边缘计算通过将处理带到应用程序的边缘来满足上述云计算适用不了的要求。

目前, 云计算问题可以通过若干种边缘计算模型来解决。如欧洲电信标准协会 (ETSI) 引入的移动边缘计算^[1], 移动用户可以利用来自基站的计算服务。思科引入了雾计算 (Fog Computing)^[2]概念, 使应用程序能够通过数十亿个智能连接设备直接在网络边缘上运行。还有 Satyanarayanan 等引入了 Cloudlets^[3]的概念, 通过使用本地网络中可用的计算机资源来解决访问云的延迟问题。所以, 边缘计算技术为快速增长的终端设备和数据提供稳定的服务, 而且边缘计算离数据源很近, 比如智能终端, 它在网络边缘存储和处理数据, 具有邻近性和位置感知, 能较快的为用户提供近端服务。在数据处理方面, 它更快、实时且安全。它还可以解决云计算中的过度能耗问题, 降低成本, 减轻网络带宽压力。

本文将从以下几个方面阐述边缘计算技术的发展现状:

- 第二章主要阐述边缘计算的基本概念, 包括其架构与特性, 以及与云计算的区别与联系;
- 第三章边缘计算的应用场景, 了解其中的实现方式;
- 第四章指出边缘计算目前存在的安全问题;
- 第五章总结边缘计算的探索与挑战;

第二章 边缘计算基本概念

1. 概念与技术定义

在了解边缘计算概念之前，先回顾一下云计算的概念。云计算是通过网络将所有数据传输到云计算中心，集中解决计算和存储问题。在 2006 年 8 月的搜索引擎大会（sessane jose 2006）上，Google 首席执行官首次提出了云计算的概念。随着以谷歌为代表的搜索引擎的发展，云计算开始显示出强大的生命力。如今，云计算已经发展得越来越成熟。它是一个非常强大的网络服务平台，包括分布式计算、负载均衡、并行计算、网络存储、虚拟化等技术。然而，随着物联网在人们生活中的出现与发展，接入物联网的设备数量逐渐增加，产生了大量的数据。云计算的网络带宽逐渐无法满足数据处理实时性能的需求。因此，云计算模型在负载、实时性、传输带宽、能耗以及数据安全和隐私保护等方面存在很大缺陷。

不同于传统的云计算，边缘计算是一种在网络边缘执行计算的新计算范式。其核心思想是使计算更接近数据源。Satyanarayanan 等^[3]将边缘计算描述为：“边缘计算是一种新的计算模型，它将计算和存储资源部署在网络边缘，以靠近移动设备或传感器”。而 Zhao Ziming 等^[4]则认为：“边缘计算是一种新的计算模型，它将地理距离或网络距离接近用户的资源统一起来，为应用服务提供计算、存储和网络。” Shi Weisong 等^[5]也介绍了边缘计算中边缘的概念：“边缘是指数据源与云计算中心路径之间的任意计算和网络资源。”根据中国边缘计算产业联盟的定义^[6]，边缘计算是“在网络边缘或数据源附近，一个集成网络、计算、存储、应用等核心功能的开放平台，并在附近提供边缘智能服务，以满足连接、实时业务、数据优化等行业敏捷性关键要求，以及应用程序智能、安全和隐私”。综上，边缘计算就是在网络和网络的边缘提供服务和执行计算。

边缘计算与云计算互相区别又互相联系。在网络、商务、应用、智能等方面，二者共存、互补、协调发展。边缘计算是云计算的延伸，它与云计算各有其特点。云计算的主要特点是能够把握全局，能够处理大量数据进行深入分析，并且在业务决策等非实时数据处理领域发挥着重要作用。而边缘计算专注于本地，可以在小规模、实时智能分析中发挥更好的作用，如满足本地企业的实时需求。譬如，在智能应用中，云计算更适合大规模数据的集中处理，而边缘计算可以用于小规模智能分析和本地服务。在网络资源方面，边缘计算负责更接近信息源的数据。因此，数据可以在本地存储和处理，而无需将所有数据上传到云端。网络负担的减轻大大，提高了网络带宽的利用效率。

云计算和边缘计算在未来智能物联网的发展中发挥着重要作用。边缘节点上的所有数据仍然需要在云中进行汇总，以实现深入分析并获得更有意义的分析结果。因此，云计算仍然在逐渐智能化的物联网设备的发展中发挥着重要作用。在物联网的背景下，如果连接设备产生的所有大量数据都传输到云，云计算将造成巨大的负载。此时，边缘计算需要分担云的压力，并负责边缘范围内的任务。当边缘计算出现问题时，数据不会在云平台中丢失。在一些互联网服务中，数据经过边缘计算处理后需要返回到云进行处理，比如数据挖掘和共享的数据分析，这需要云计算和边缘计算的互相协作。两者发展都为物联网中的连接设备带来了稳定性。两者的工作方式可以是云计算基于大数据分析和输出，将数据传递到边缘端，然后由边缘计算处理和执行。如今，两者的协调发展已经应用于现实生活的许多方面，如智能制造、能源、安全和隐私保护以及智能家庭。例如，在智能制造的工业生产中，云计算的作用是控制整体。在边缘节点中，需要具有实时检测和及时解决问题的功能。边缘计算利用了实时性的特点，与云计算合作，不仅提高了生产效率，还可以及时检测设备的异常情况。在智能家居领域，边缘计算节点主要涉及一些智能终端。边缘计算节点计算来自不同设备的异构数据并上传到云端进行处理，从而实现云端边缘节点的控制和边缘节点对云端的访问。为了满足物联网设备的需求，云计算和边缘计算发挥各自的优势，只有两者的共同发展才能不断推动互联网的进步。

2. 边缘计算基本架构

边缘计算架构是一种联邦网络结构，通过在终端设备和云计算之间引入边缘设备，将云服务扩展到网络边缘。云边缘协作的结构由下到上一般可以分为以下三层。

- 终端层。终端层由连接到边缘网络的所有类型的设备组成，包括移动终端和许多物联网设备（如传感器、智能手机、智能汽车、摄像头等）。在终端层，设备不仅是数据消费者，也是数据提供者。为了减少终端服务延迟，只考虑各种终端设备的感知，而不考虑计算能力。因此，终端层的数亿台设备收集各种原始数据并上传到上层，在那里存储和计算数据。
- 边界层。边界层是三层体系结构的核心。它位于网络的边缘，由广泛分布在终端设备和云之间的边缘节点组成。它通常包括基站、接入点、路由器、交换机、网关等。边界层支持终端设备向下访问，并存储和计算终端设备上传的数据。连接云端，将处理后的数据上传到云端。由于边界层距离用户较近，因此到边界层的数据传输更适合实时数据分析和智能处理，比云计算更高效、更安全。
- 云计算层。在云边缘计算的联邦服务中，云计算仍然是最强大的数据处理中心。云计算层由多台高性能服务器和存储设备组成，具有强大的计算和存储能力，可以在需要大量数据分析的领域发挥良好作用，如定期维护和业务决策支持。云计算中心可以永久存储边缘计算层的报告数据，还可以完成边缘计算层无法处理的分析任务和集成全局信息的处理任务。此外，云计算模块还可以根据控制策略动态调整边缘计算层的部署策略和算法。

如图 1 的 Ju Ren 等^[7]在可扩展的物联网架构中总结的边缘计算网络架构就比较好的概括了边缘计算网络层次。

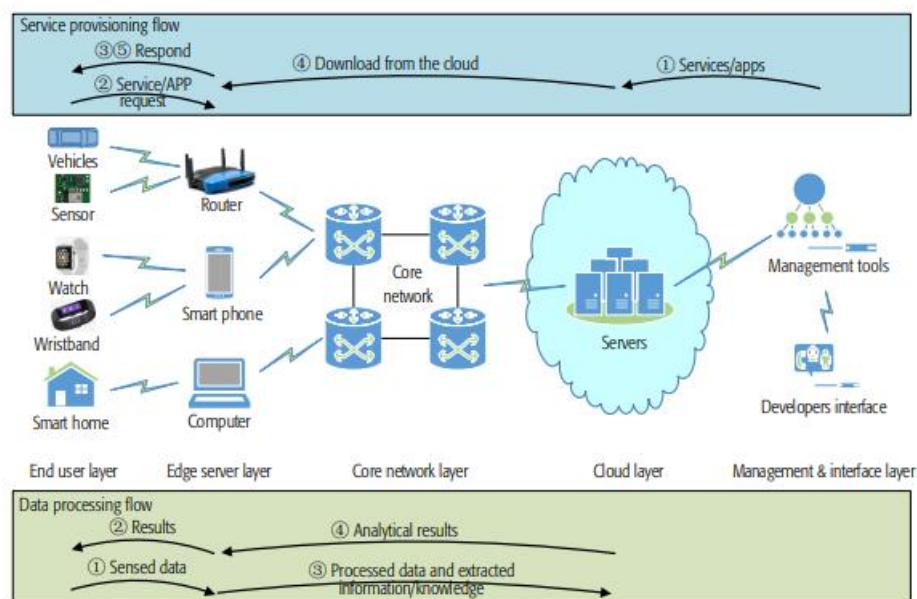


图 1 边缘计算基本架构^[7]

3. 边缘计算特性

3.1 密集的地理分布

边缘计算通过在边缘网络中部署大量计算平台，使云服务更接近用户基础设施的密集地理分布有助于网络管理员可以促进基于位置的移动服务，而无需穿越整个广域网，另外也使

大数据分析可以更快、更准确地执行。而且，边缘系统能够实现大规模的实时分析。

3.2 可移动性

随着移动设备数量的快速增长，边缘计算也支持移动，如定位器 ID 分离协议 (LISP)，以直接与移动设备通信。LISP 协议将位置标识与主机标识分离，并实现了一个分布式目录系统。主机身份与位置身份的分离构成了边缘计算中支持移动性的关键原则。

3.3 位置感知

边缘计算的位置感知属性允许移动用户从距离其物理位置最近的边缘服务器访问服务。用户可以使用各种技术，如手机基础设施、GPS 或无线接入点来查找电子设备的位置。这种位置感知可用于多个边缘计算应用，例如基于边缘设备的车辆安全应用和基于边缘的灾难管理。

3.4 本地化

在边缘计算中，计算资源和服务在用户附近可用，可以改善他们的体验。本地附近计算资源和服务的可用性允许用户利用网络上下文信息做出卸载决策和服务使用决策。类似地，服务提供商可以通过提取设备信息和分析用户的行为来利用移动用户的信息，以改进他们的服务和资源分配。

3.5 低延迟

边缘计算范式使计算资源和服务更接近用户，从而减少了访问服务的延迟。边缘计算的低延迟使用户能够在资源丰富的边缘设备上执行资源密集型和延迟敏感型应用程序。

3.6 上下文感知

移动设备可以根据位置感知进行定义。边缘计算中移动设备的上下文信息可用于做出卸载决策和访问边缘服务。实时网络信息，如网络负载和用户位置，可以用来为边缘用户提供上下文感知服务。此外，服务提供商可以使用上下文信息来改善用户满意度和体验质量。

3.7 异质性

边缘计算中的异质性指边缘计算元素（终端设备、边缘服务器和网络）使用的各种平台、架构、基础设施、计算和通信技术。在终端设备的异质性中，软件、硬件和技术的变化构成了异质性的主要因素。边缘服务器端的异构性主要是由 API、定制策略和平台造成的。这种存在的差异导致互操作性问题，并使其成为边缘计算成功部署的主要挑战。

第三章 边缘计算应用场景

todo...

第四章 边缘计算网络安全

todo ...

第五章 总结

todo...

参考文献

- [1] European Telecommunications Standards Institute. Mobile Edge Computing: . [S], 2018.
- [2] Cisco. Cisco Fog Computing Solutions: Unleash the Power of the Internet of Things[Z], 2018.
- [3] Mahadev Satyanarayanan,Paramvir Bahl,Ramon Caceres, et al. The case for VM-based cloudlets in mobile computing[Z], 2009.
- [4] Zhao Ziming,Liu Fang,Cai Zhiping, et al. Edge Computing: Platforms, Applications and Challenges[Z], 2018.
- [5] Shi Weisong,Zhang Xingzhou,Wang Yifan, et al. Edge Computing_ State-of-the-Art and Future Directions[Z], 2019.
- [6] Consortium Edge-Computing. 边缘产业联盟白皮书: . [S], 2016.
- [7] Ju Ren,Hui Guo,Chugui Xu, et al. Serving at the Edge: A Scalable IoT Architecture Based on Transparent Computing[Z], 2017.