

DOI ：10.12142/ZTETJ.201903002

网 络 出 版 地 址 ：<http://kns.cnki.net/kcms/detail/>34.1228.TN.20190520.1814.002.html

网 络 出 版 日 期 ：2019-05-20

收 稿 日 期 ：2018-12-30

1

2

[1]

[3]

[2]

边 缘计 算 开源 平 台 现 状分 析

The Present Situation of Open Source Platforms for Edge Computing

梁家越/LIANG Jiayue ，刘斌/LIU Bin ，刘芳/LIU Fang （1. 中山大学，广东 广州 510006；

1

2. 中国科学院电子学研究所，北京 100190 ）

（1. Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China;

2. Institute of Electronics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China）

摘 要 ：给出 了 边 缘 计 算 平 台 的 一 般 性 功 能 框 架 ，并基 于 平 台 的 设 计 目 标 和 部 署 方 式 ，对当 前 典 型 的 边 缘 计 算 开 源 平 台 进 行 了 分 类 。 从 设 计 目 标 、目标用 户 、可扩展 性 、系统特 点 和 应 用 领 域 等 方 面 ，对 EdgeX Foundry 、Apache Edgent 、Azure 物 联 网（IoT）Edge 、CORD 和 Akraino Edge Stack 等 典 型 开 源 平 台 进 行 了 对 比 和 分 析 。 最 后 介 绍 了 可 用 于 构 建 边 缘 计 算 平 台 的 一 些 开 源 软 件 ，并讨论 了 边 缘 计 算 平 台 的 未 来 发 展 方 向 和 研 究 热 点 。

关 键 词 ：边缘计 算 ；开源平 台 ；物联网 ；开源软 件

Abstract : In this paper, the general functional framework of edge computing platforms is analyzed, and the category of these platforms based on their design target and deployment characteristic is discussed. The existing typical open source edge computing platforms such as EdgeX Foundry, Apache Edgent, Azure Internet of Things (IoT) Edge, CORD and Akraino Edge Stack are introduced with comparison from the perspectives of design target, target user, scalability, system characteristic and application area. Finally, some open source software that can be used to build edge computing platform is introduced, and the future trends and research topics of edge computing platform are discussed.

Key words: edge computing; open source platform; IoT; open source software

随

着 万 物 联 网 的 趋 势 不 断 加 深 ，网 络 边 缘 产 生 的 数 据 在

部 署 于 接 近 数 据 产 生 源 的 网 络 边 缘 ，利用 边 缘 资 源 为 用 户 提 供 大 量

其 落 地 到 一 个 计 算 平 台 上 ，各个 边 缘 平 台 之 间 如 何 相 互 协 作 提 高 效

急剧增长。受限于网络带宽增长速 度 远 远 跟 不 上 数 据 的 增 长 数 据 ，传 统云计算模式需要解决带宽和延迟 这 两 大 瓶 颈 ，边 缘 计 算 应 运 而 生。边缘计算 中的 边缘（edge）指的 是 网 络 边 缘 上 的 计 算 和 存 储 资 源 ， 这 里 的 网 络 边 缘 与 数 据 中 心 相 对 ， 无论是从地理距离还是网络距离上 来 看 都 更 贴 近 用 户 。 作 为 一 种 新 的 计 算 范 式 ，边缘 计 算 将 计 算 任 务

服 务 或 功 能 接 口 ，大大 减 少 上 传 至 云 数 据 中 心 的 数 据 量 ，缓解 网 络 带 宽 压 力 ，同时 可 以 更 好 地 解 决 数 据 安全和隐私问题。边缘计算平台对 边缘计算领域的推广和发展有着重 要的意义和影响 。

1 边 缘 计 算 开 源 平 台 概述 边缘计算系统是一个分布式系

统 范 例 ，在具 体 实 现 过 程 中 需 要 将

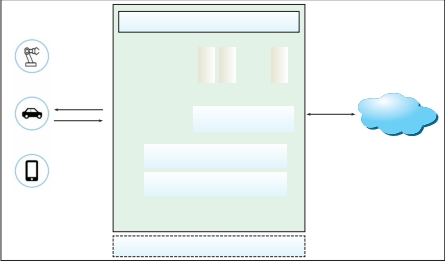
率，如何实现资源的最大利用率，对 设 计 边 缘 计 算 平 台 、系统 和 接 口 带 来挑战。例如，网络边缘的计算、存 储和网络资源数量众多但在空间上 分 散 ，如何 组 织 和 统 一 管 理 这 些 资 源 ，是一 个 需 要 解 决 的 问 题 。 在 边 缘计算的场景下，尤其是物联网，诸 如 传 感 器 之 类 的 数 据 源 ，其软 件 和 硬 件 以 及 传 输 协 议 等 具 有 多 样 性 ， 如何方便有效地从数据源中采集数

08

中 兴 通 讯 技 术

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

Jun. 2019 Vol. 25 No. 3



平 台 管 理

[4]

[5]

[4]

[4]

[4]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设  备  接  入 | 数  据  采  集 | 安  全  管  理 | 应 应 应  用 用 …… 用  应  1 2  用  管 容 器  理  调 度 管 理 |
| 资 虚 拟 化  源  管  理 计 算 网 络 存 储 | | | |
| 操 作 系 统 支 持 | | | |

梁 家 越 等

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

专 题

据 也 是 一 个 需 要 考 虑 的 问 题 。 此 外 ，在网 络 边 缘 的 计 算 资 源 并 不 丰 富 的 条 件 下 ，如何 高 效 地 完 成 数 据 处理任务也是需要解决的问题。

目 前 ，边缘计 算 平 台的发 展方 兴 未 艾 。 由 于 针 对 的 问 题 不 同 ，各 边 缘 计 算 平 台 的 设 计 多 种 多 样 ，但 也不失一般性。边缘计算平台的一 般 性功 能框架 如图 1 所 示。在该框 架 中 ，资源 管 理 功 能 用 于 管 理 网 络 边 缘 的 计 算 、网络 和 存 储 资 源 。 设 备接入和数据采集分别用于接入设 备和从设备中获取数据。安全管理 用 于 保 障 来 自 设 备 的 数 据 的 安 全 。 平台管理功能用于管理设备和监测 控制边缘计算应用的运行情况。

各边缘计算平台的差异可从以 下方面进行对比和分析：

1. 设 计 目 标。 边 缘 计 算 平 台 的设计目标反映了其所针对解决的 问 题 领 域 ，并对 平 台 的 系 统 结 构 和 功能设计有关键性的影响。
2. 目 标 用 户。 在 现 有 的 各 种 边 缘 计 算 平 台 中 ，有部 分 平 台 是 提 供 给 网 络 运 营 商 以 部 署 边 缘 云 服

务；有的平台则没有限制，普通用户 可以自行在边缘设备上部署使用。

1. 可 扩 展 性。 为 满 足 用 户 应 用 动 态 增 加 和 删 除 的 需 求 ，边缘 计 算平台需要具有良好的可扩展性。
2. 系 统 特 点。 面 向 不 同 应 用 领域的边缘计算开源平台具有不同 的 特 点 ，而这 些 特 点 能 为 边 缘 计 算 应用的开发或部署带来方便。
3. 应 用 场 景。 常 见 的 应 用 领 域 包 括 智 能 交 通 、智能 工 厂 和 智 能 家 居 等 多 种 场 景 ，还 有 增 强 现 实 （AR）/虚 拟 现 实（VR）应 用 、边 缘 视 频处理和无人车等对响应时延敏感 的应用场景。

根据边缘计算平台的设计目标 和 部 署 方 式 ，可将 目 前 的 边 缘 计 算 开 源 平 台 分 为 3 类 ：面向 物 联 网 端 的 边 缘 计 算 开 源 平 台 、面向 边 缘 云 服 务 的 边 缘 计 算 开 源 平 台 、面向 云 边融合的边缘计算开源平台。

2 面 向 物 联 网 端 的 边 缘计 算 开 源 平 台

面向物联网端的边缘计算开源

平 台 ，致力 于 解 决 在 开 发 和 部 署 物 联 网 应 用 的 过 程 中 存 在 的 问 题 ，例 如设备接入方式多样性问题等。这 些 平 台 部 署 于 网 关 、路由 器 和 交 换 机 等 边 缘 设 备 ，为物 联 网 边 缘 计 算 应 用提 供支持 。代表 性的 2 个 平台 是 Linux 基 金 会 发 布 的 EdgeX Foundry 和 Apache 软 件 基 金 会 的 Apache Edgent 。

2.1 EdgeX Foundry

EdgeX Foundry 是 一 个 面 向 工 业物联网边缘计算开发的标准化互 操 作 性 框 架 ，部 署 于 路 由 器 和 交 换机等边缘设备上，为各种传感器、 设备或其他物联网器件提供即插即 用 功 能 并 做 管 理 ，进而 收 集 和 分 析 它 们 的 数 据 ，或导 出 至 边 缘 计 算 应 用 或 云 计 算 中 心 做 处 理 。 EdgeX Foundry 针 对 的 问 题 是 物 联 网 器 件 的 互 操 作 性 。 目 前 ，具有 大 量 设 备 的 物 联 网 产 生 大 量 数 据 ，迫切 需 要 结 合 边 缘 计 算 的 应 用 ；但物 联 网 的 软硬件和接入方式的多样性给数据 接 入 功 能 带 来 困 难 ，影响 了 边 缘 计 算 应 用 的 部 署 。 EdgeX Foundry 的 主旨是简化和标准化工业物联网边

提 供 服 务

采 集 数 据

协 同 云 边

云 数 据 中 心

缘 计 算 的 架 构 ，创建 一 个 围 绕 互 操 作性组件的生态系统 。

图 2 展 示 了 EdgeX Foundry 的 架 构 。 在 图 中 的 最 下 方 是“ 南 侧 ”，指的是 所 有 物 联 网器 件 ，以及

与 这 些 设 备 、传感 器 或 其 他 物 联 网 器件直接通信的边缘网络。在图的

网 络 边 缘

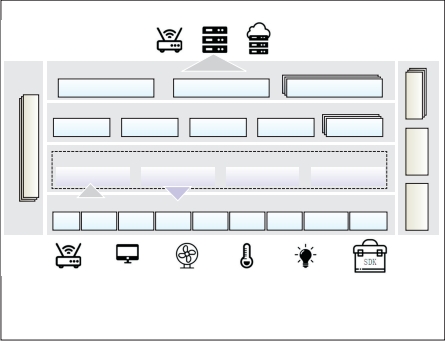
▲ 图 1 边 缘 计 算 平 台 一 般 性 功 能 框 架

最 上 方 是“北侧 ”，指的是 云 计 算 中 心 或 企 业 系 统 ，以及 与 云 中 心 通 信 的 网 络 部 分 。 南 侧 是 数 据 产 生 源 ， 而 北 侧 收 集 来 自 南 侧 的 数 据 ，并对

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

中 兴 通 讯 技 术 Jun. 2019 Vol. 25 No. 3

09



其

他

服

务

其 他 服 务

规 则 引 擎

其 他 服 务

客 户 端 注 册

安

全

服

务

安

全

分 发

导 出 服 务

协 议 选 择

调 度

警 报 & 通 知

日 志

支 持 服 务

BLE

MQTT

SNMP

VIRTUAL

其 他 设 备

服 务

设 备 服 务（通 过 SDK 实 现 任 意 标 准 及 其 组 合） REST OPC-UA Mod Bus BACNET

容

器

管

理

本 地

管 理

控 制

台

[5]

专 题

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

梁 家 越 等

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核 心 服 务 | | | | | | |
| 核 心 数 据 |  | 命 令 |  | 元 数 据 |  | 注 册 表 & 配 置 |

“ 北 侧 ”设施 和 应 用

1. 导 出 服 务层 。 导 出 服 务 层 用 于 将 数 据 传 输 至 云 计 算 中 心 ，由 客户端注册和分发等微服务组件组 成。前者记录已注册的后端系统的 相 关 信 息 ，后者 将 对 应 数 据 从 核 心 服务层导出至指定客户端。
2. 系 统 管 理和 安 全 服 务 。 系

统 管 理 服 务 提 供 安装 、升级、启动 、 停 止 和 监 测 EdgeX Foundry 微 服 务

BACNET ：楼宇自 动 化 与 控 制 网 络 BLE ：低功耗 蓝 牙

Mod Bus ：一种串 行 通 信 协 议 MQTT ：消息队 列 遥 测 传 输

“ 南 侧 ”设备 和 传 感 器

OPC-UA ：面向过 程 控 制 的 对 象 连 接

与 嵌 入 统 一 架 构

REST ：RESTful 应 用 程 序 编 程 接 口 SDK ：软件开 发 工 具 包

SNMP ：简单网 络 管 理 协 议

VIRTUAL ：虚拟设 备

的功能。安全服务用以保障来自设 备的数据和对设备的操作安全。

最 新 版 本 的 EdgeX Foundry 没 有 为 用 户 自 定 义 应 用 提 供 计 算 框 架 ，用户 可 以 将 应 用 部 署 在 网 络 边 缘，将该应用注册为导出客户端，进

▲ 图 2 EdgeX Foundry 的 架 构 图

数 据 进 行 存 储 、聚合 和 分 析 。 如 图 2 所 示，EdgeX Foundry 位 于 南 侧 和 北 侧 两 者 之 间 ，由一 系 列 微 服 务 组 成 ，而这 些 微 服 务 可 以 被 分 成 4 个 服 务 层 和 2 个 底 层 增 强 系 统 服 务 。 微 服 务 之 间 通 过 一 套 通 用 的 Restful 应 用 程 序 编 程 接 口（API）进 行通信。

（1）设 备 服务 层 。 设 备 服 务 层 主 要 提 供 设 备 接 入 的 功 能 ，由多 个 设备服务组成。每个设备服务是用 户 根 据 设 备 服 务 软 件 开 发 工 具 包 （SDK）编 写 生 成 的 一 个 微 服 务 。 EdgeX Foundry 使 用 设 备 文 件 去 定 义 一 个 南 侧 设 备 的 相 关 信 息 ，包括 源 数据 格式、存储在 EdgeX Foundry 中 的 数 据 格 式 ，以及 对 该 设 备 的 操 作命令等信息。设备服务将来自设 备 的 数 据 进 行 格 式 转 换 ，并发 送 至 核心服务层。目前，EdgeX Foundry 提 供 了 消 息 队 列 遥 测 传 输 协 议

（MQTT）、ModBus 串 行 通信 协议 和 低 功耗 蓝牙协 议（BLE）等 多种 接入 方式。

1. 核 心 服 务层 。 核 心 服 务 层 由 核 心 数 据 、命令、元数 据 、注册表 和 配置 4 个 微 服务 组件 组成 。核 心 数据微服务存储和管理来自南侧设 备 的 数 据 、元数 据 微 服 务 存 储 和 管 理设备的元数据。命令微服务将定 义在设备文件的操作命令转换成通 用 的 API，提 供 给 用 户 以 监 测 控 制 该设备。注册表和配置微服务存储 设备服务的相关信息。
2. 支 持 服 务层 。 支 持 服 务 层 提 供 边 缘 分 析 和 智 能 服 务 ，以规 则 引 擎 微 服 务 为 例 ，允许 用 户 设 定 一 些 规 则 ，当检 测 到 数 据 满 足 规 则 要 求 时 ，将触 发 一 个 特 定 的 操 作 。 例 如 ，规则 引 擎 可 监 测 控 制 温 度 传 感 器 ，当检 测到 温 度 低 于 25 ℃ 时 ，触 发对空调的关闭操作。

而将来自设备的数据导出至应用来 处 理 。 EdgeX Foundry 的 设 计 满 足 硬 件 和 操 作 系 统 无 关 性 ，并采 用 微 服 务 架 构 。 EdgeX Foundry 中 的 所 有微服务能够以容器的形式运行于 各 种 操 作 系 统 ，且支 持 动 态 增 加 或 减 少 功 能 ，具 有 可 扩 展 性 。 EdgeX Foundry 的 主 要 系 统 特 点 是 为 每 个 接 入 的设 备 提供通 用 的 Restful API 以 操 控 该 设 备 ，便于 大 规 模 地 监 测 控 制 物 联 网 设 备 ，满足 物 联 网 应 用 的 需 求 。 EdgeX Foundry 的 应 用 领 域主要在工业物联网，如智能工厂、 智 能 交 通 等 场 景 ，以及 其 他 需 要 接 入多种传感器和设备的场景。

2.2 Apache Edgent

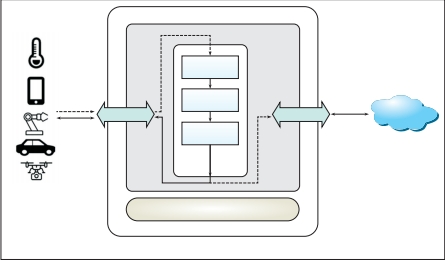
Apache Edgent 是 一 个 开 源 的 编 程 模 型 和 微 内 核 风 格 的 运 行 时 ， 它 可 以 被 嵌 入 到 边 缘 设 备 上 ，用于 提供对连续数据流的本地实时分析 。 Edgent 解 决 的 问 题 是 如 何 对 来 自边缘设备的数据进行高效的分析

10

中 兴 通 讯 技 术

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

Jun. 2019 Vol. 25 No. 3



过 滤

分 裂

转 化

[6]

[7]

[6]

[6]

梁 家 越 等

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

专 题

处理。为加速边缘计算应用在数据 分 析 处 理 上 的 开 发 过 程 ，Edgent 提 供一个开发模 型和一套 API 用 于实 现数据的整个分析处理流程。

基于 Java 等的开发环境，Edgent 应用的开发模型如图 3 所示。

该 模 型 由 提 供 者 、拓 扑 、数 据 流 、数据 流 的 分 析 处 理 、后端系统 5 个组件组成。

1. 提 供 者 。 一 个 提 供 者 对 象 包 含 了 有 关 Edgent 应 用 程 序 的 运 行 方 式 和 位 置 信 息 ，并具 有 创 建 和 执行拓扑的功能。
2. 拓扑。拓扑是一个容器，描 述了数据流的来源和如何更改数据 流 的 数 据 。 数 据 的 输 入 、处理 和 导 出至云的过程都记录在拓扑中。
3. 数 据 流。 Edgent 提 供 了 多 种 连 接 器 以 不 同 方 式 接 入 数 据 源 ， 比 如 支 持 消 息 队 列 遥 测 传 输 （MQTT）、超文 本 传 输 协 议（HTTP） 和 串 口 协 议 等 ，用户 还 可 以 添 加 自 定义代码以控制传感器或设备的数 据输入。
4. 数据流的分析处理。Edgent

提 供 者

数 据 流

提供一系列功 能性的 API 以 实现对 数据流的过滤、分裂、变换等。

（5）后 端 系统 。 由 于 边 缘 设 备 的 计 算 资 源 稀 缺 ，Edgent 应 用 程 序 无法支撑复杂的分析任务。用户可 以 使 用 连 接 器 ，通 过 MQTT 和 Apache Kafka 方 式 连 接 至 后 端 系 统 ，或 者 连 接 至 IBM Watson IoT 平 台进一步对数据做处理。

Edgent 应 用 可 部 署 于 运 行 Java 虚 拟 机 的 边 缘 设 备 中 ，实时 分 析 来 自 传 感 器 和 设 备 的 数 据 ，减少 了 上 传至后端系统如云数据中心的数据 量 ，并降 低 了 传 输 成 本 。 Edgent 的 主要系统特点是提供了一套丰富的 数 据处 理 API，切合 物 联 网应 用 中 数 据 处 理 的 实 际 需 求 ，降低 应 用 的 开 发难 度并加速 开发过 程。Edgent 的主要应用领域是物联网，此外，它 还 可 以 被 用 于 分 析 日 志 、文本 等 类 型的数据。

3 面 向 边 缘 云 服 务 的 边缘 计 算 开 源 平 台

网 络 运营 商的 网 络边 缘，如蜂

拓 扑 A

窝 网 络 基 站 、中央 端 局 和 在 网 络 边 缘 的 小 型 数 据 中 心 等 ，是用 户 接 入 网络的地方，其计算、存储和网络资 源也可用以部署边缘计算应用。面 向边缘云服务的边缘计算平台着眼 于优化或重建网络边缘的基础设施 以 实 现 在 网 络 边 缘 构 建 数 据 中 心 ， 并提供类似云中心的服务。代表性 的平台有开放网络基金会（ONF）的 CORD 项 目 和 Linux 基 金 会 的 Akraino Edge Stack 项目 。

3.1 CORD

CORD 是 为 网 络 运 营 商 推 出 的 开 源 项 目 ，旨在 利 用 软 件 定 义 网 络 （SDN）、网络 功 能 虚 拟 化（NFV）和 云计算技术重构现有的网络边缘基 础 设 施 ，并将 其 打 造 成 可 灵 活 地 提 供计算和网络服务的数据中心。现 有网络边缘基础设施构建于由电信 设备供应商提供的封闭式专有的软 硬件系统，不具备可扩展性，无法动 态 调 整 基 础 设 备 的 规 模 ，导致 资 源 的 低 效利用 。 CORD 计 划利用 商 用 硬件和开源软件打造可扩展的边缘 网 络 基 础 设 施 ，并实 现 灵 活 的 服 务 提供平台，支持用户的自定义应用。

图 4 为 CORD 的 硬 件 架 构 图 ， CORD 利 用商用服务器和 白 盒交 换

数 据

反 馈

连 接 器

连 接 器

数 据

云

机提供计算、存储和网络资源，并将 网络构建为叶脊拓扑架构以支持横 向 网 络 的 通 信 带 宽 需 求 。 此 外 ，

传 感 器 和 设 备

▲ 图 3 Edgent 应 用 的 开 发 模 型

拓 扑 B

……

在 边 缘 设 备 上 的 Edgent 应 用

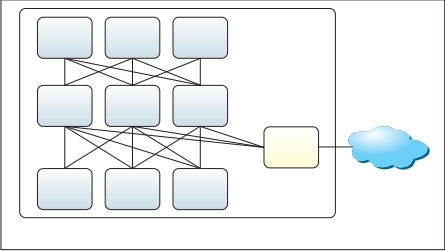
CORD 使 用 专 用接入硬件将移动、 企业和住宅用户接入网络中。

CORD 的 软 件 架 构 如 图 5 所 示 ，云 平 台 管 理 项 目 OpenStack 用 以 管 理 计 算 和 存 储 资 源 ，创建 和 配 置虚拟机以及提供基础设施即服务

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

中 兴 通 讯 技 术 Jun. 2019 Vol. 25 No. 3

11



虚 拟 内 容 分 发 网 络 等 组 件

移 动 用 户

接 入

企 业 用 户

接 入

住 宅 用 户

接 入

白 盒

交 换 机

白 盒

交 换 机

白 盒

交 换 机

商 用

服 务 器

商 用

服 务 器

商 用

服 务 器

可 重 构

光 分 插

复 用 器

OPENSTACK/DOCKER

虚 拟 路 由 器 等 组 件

ONOS

XOS

服 务

CORD ：网络运营商推 出 的 开 源 项 目 DOCKER ：容器引擎

ONOS ：开源网络操作 系 统

OPENSTACK ：开源的云计算 管 理 平 台 项 目

XOS ：服务控制平台

[7]

专 题

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

梁 家 越 等

CORD

中 央 端 局

叶 脊 拓 扑

网 络

CORD ：网络运 营 商 推 出 的 开 源 项 目

广 域 网

的服务体验。

对 于 用 户 而 言 ，CORD 在 运 营 商 网 络 边 缘 提 供 的 边 缘 云 服 务 ，具 有 与 云 计 算 相 同 的 优 点 ，即无 需 用 户 提 供 计 算 资 源 和 搭 建 计 算 平 台 ， 降 低 了 软 硬 件 和 管 理 成 本 。 此 外 ， 有线和无线网络的广泛分布使用户 提交边缘计算应用不受地理位置的 影 响 。 目 前 ，运营 商 正 研 究 如 何 部 署 CORD，中 国 联 通 发 起 成 立 了 CORD 产 业 联 盟 ，推 动 CORD 项 目

▲ 图 4 CORD 的 硬 件 架 构

（IaaS）功 能 。 开 源 网 络 操 作 系 统 （ONOS）为 网 络 提 供 控 制 平 面 ，用 于管理网络组件如白盒交换网络结 构 等 ，并提 供 通 信 服 务 。 容 器 引 擎 Docker 使用容器技术来实例化提供 给用户的服务。服务控制平台 XOS 用于整合上述软件，以组装、控制和 组合服务。

根据用户类型和使用案例的不 同 ，CORD 可 被 具 体 实 现 为 M- CORD、R- CORD 和 E- CORD。 以 M-CORD 为 例 ，M-CORD 面 向 无 线 网络（特别是 5G 网络），使用蜂窝网 络 将 用 户 接 入 。 M- CORD 基 于

◀图 5

CORD 的 软 件 架 构

NFV 和 云 计 算 技 术 将 蜂 窝 网 络 功 能 进 行 分 解 和 虚 拟 化 ，实现 网 络 功 能 的 动 态 扩 展 同 时 增 强 资 源 利 用 率 。 在 此 基 础 上 ，M-CORD 支 持多 接 入 边 缘 服 务 ，为用 户 提 供 定 制 服 务 和 差异 化 体验质 量（QoE）。 此 能 力切合具备移动性的边缘计算应用 的需求，能通过无线网络为手机、无 人车和无人机等移动设备的边缘计 算 应 用 就 近 提 供 强 大 的 计 算 能 力 。 R-CORD 和 E-CORD 同样可以在网 络边缘支持住宅用户或企业用户的 边 缘 计 算 应 用 ，如 VR 和 AR 应 用 等 ，以获 得 更 快 的 响 应 时 间 和 更 好

的落地。

3.2 Akraino Edge Stack

Akraino Edge Stack 是一个面向 高 性 能 边 缘 云 服 务 的 开 源 项 目 ，并 为边缘基础设施提供整体的解决方 案。Akraino Edge Stack 致力于发展 一 套 开 源 软 件 栈 ，用于 优 化 边 缘 基 础 设 施 的 网 络 构 建 和 管 理 方 式 ，以 满 足 边 缘 计 算 云 服 务 的 要 求 ，例如 高性能、低延迟和可扩展性等。

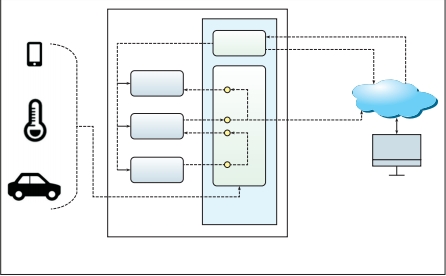
Akraino Edge Stack 项目涉及的 范围从基础设施延伸至边缘计算应 用 ，其范 围 可 以 划 分 为 3 个 层 面 。 在 最 上 面 的 应 用 层 面 ，Akraino Edge Stack 致 力 于打 造 边缘 计算 应 用程序的生态系统以促进应用程序 的开发。中间层面着眼于开发中间 件和框架以支持上面层次的边缘计 算 应 用 。 在 这 个 层 面 中 ，Akraino Edge Stack 将 开 发 API 和 框 架 以 接 入 现 有 互 补 性 的 开 源 边 缘 计 算 项 目 ，例如 上 述 的 面 向 物 联 网 的 互 操 作 性框 架 EdgeX Foundry，最大化 利 用开源社区的现有成果。在最下面 的 基 础 设 施 层 面 中 ，Akraino Edge Stack 将 提 供 一 套 开 源 软 件 栈 用 于

12

中 兴 通 讯 技 术

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

Jun. 2019 Vol. 25 No. 3



IoT Edge

中 心

数 据

IoT Edge

代 理

用 户 应 用

用 户 应 用

用 户 应 用

IoT Edge 运 行 时

实 例 化 模 块

模 块

模 块

模 块

Azure IoT Edge

[8]

[9]

[10]

梁 家 越 等

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

专 题

优 化 基 础 设 施 。 此 外 ，Akraino Edge Stack 为 每 种使 用 案例 提供 蓝 图以构建一个边缘计算平台。每个 蓝 图涵 盖上述 3 个 层 次的 声明 性配 置，其中包括对硬件、各层面的支撑 软件、管理工具和交付点等的声明。

Akraino Edge Stack 基于使用案 例 提 供 边 缘 云 服 务 ，可部 署 于 电 信 运 营 商 的 塔 楼 、中央 端 局 或 线 缆 中 心等。其应用领域包括边缘视频处 理、智能城市、智能交通等。

4 面 向 云 边 融 合 的 边 缘计 算 开 源 平 台

云计算服务提供商是边缘计算 的 重 要推 动 者 之一 ，基 于“ 云 边 融 合”的理念，致力于将云服务能力拓 展 至 网 络 边 缘 。 目 前 ，亚马 逊 公 司 推 出 了 AWS Greengrass ，微 软 公 司 推出 了 Azure IoT Edge ，阿里云 公 司 推 出 了 物 联 网 边 缘 计 算 平 台 Link IoT Edge ，微 软 公 司 在 2018 年宣布将 Azure IoT Edge 开源。

Azure IoT Edge 是 一 种 混 合 云 和 边 缘 的 边 缘 计 算 框 架 ，旨在 将 云 功能拓展至如路由器和交换机等具 备 计 算 能 力 的 边 缘 设 备 上 ，以获 得 更 低 的 处 理 时 延 和 实 时 反 馈 。 Azure IoT Edge 运 行于 边缘 设备上 ， 但 使 用 与 云 上 的 Azure IoT 服 务 相 同的编程模型；因此，用户在开发应 用 的 过 程 中 除 对 计 算 能 力 的 考 量 外 ，无需 考 虑 边 缘 设 备 上 部 署 环 境 的 差 异 ，可以 将 在 云 上 原 有 的 应 用 迁移至边缘设备上运行。

在 边 缘 设 备 上 ，后 者 则 是 一 个 在 Azure 云上提供服务的管理界面。

1. IoT Edge 模块。IoT Edge 模 块 对 应 于 用 户 的 边 缘 计 算 应 用 程 序 。 一 个 模 块 镜 像 即 一 个 Docker 镜像，模块里包含用户的应用代码， 而一个模块实例就是一个运行着对 应 的 模 块 镜 像 的 Docker 容 器 。 基 于 容 器 技术 ，IoT Edge 具 备 可 扩 展 性 ，用户 可 动 态 添 加 或 删 除 边 缘 计 算 应 用 。 由 于 相 同 的 编 程 模 型 ， Azure 机 器 学 习 和 Azure 数 据 流 分 析 等 Azure 云 服 务 也 可 以 部 署 到 IoT Edge 模 块 ，此 特 性 便 于 在网 络 边 缘 部 署 复 杂 的 人 工 智 能 应 用 ，加 快了开发过程。
2. IoT Edge 运 行 时 。 IoT Edge 运 行 时由 IoT Edge 中 心 和 IoT Edge 代 理 2 个 组 件 构 成 ，前者 负责 通 信 功 能 ，后 者 负 责 部 署 和 管 理 IoT Edge 模 块 ，并 监 测 控 制 模 块 的 运 行 。 IoT 中 心 是 在 Azure 云 上 的 消 息 管理 中心，IoT Edge 中心与 IoT 中 心连接并充当其代理。IoT Edge 中

数 据

传 感 器 和 设 备

心 通 过 MQTT、高 级 消 息 队 列 协 议 （AMQP）和 HTTPS 协 议获 取 来自传 感 器 和 设 备 的 数 据 ，实现 设 备 接 入 的 功 能 。此 外 ，IoT Edge 中 心 作 为 消 息 中 转 站 ，连接 IoT Edge 模 块 之 间 的 消 息 通 信 。 IoT Edge 代 理 从 IoT Hub 接 收 IoT Edge 模 块 的 部 署 信息，实例化该模块，并保证该模块 的 正 常 运 行 ，如对 故 障 模 块 进 行 重 启 ，并将 各 模 块 的 运 行 状 态 报 告 至 IoT 中心。

（3）IoT 云界面。云界面提供了 设备管理的功能。用户通过云界面 进 行 添 加 设 备 ，部署 应 用 和 监 测 控 制 设 备 等 操 作 ，为用 户 大 规 模 部 署 边缘计算应用提供了方便。

Azure IoT Edge 的 主 要 系 统 特 点 是 有 强 大 的 Azure 云 服 务 的 支 持 ，尤其 是 人 工 智 能 和 数 据 分 析 服 务 的 支持 。 Azure IoT Edge 具 有 广 阔的应用领域，除了物联网场景，原 有在云上运行的应用也可以根据需 求 迁 移 至 网 络 边 缘 上 运 行 。 目 前 Azure IoT Edge 已 有智 能工 厂、智能

部 署 模 块

报 告 模 块 运 行 情 况

IoT 中 心

IoT Edge 云 界 面

如 图 6 所 示 ，Azure IoT Edge 由 IoT Edge 模 块 、IoT Edge 运 行 时 和 IoT Edge 云 界 面组 成，前 两 者 运行

▲ 图 6 Azure IoT Edge 的 架 构 图

边 缘 设 备 IoT ：物联 网

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

中 兴 通 讯 技 术 Jun. 2019 Vol. 25 No. 3

13



[11]

[16]

[12]

[13]

[14]

[15]

专 题

边 缘 计 算 开 源 平 台 现 状 分 析 ZTE TECHNOLOGYJOURNAL

梁 家 越 等

灌溉系统等使用案例。

5 构 建 边 缘 计 算 平 台 的开 源 软 件

一些开源软件能为边缘计算平 台提供组件功能，具体包括：

1. 网 络 管 理。 开 源 网 络 自 动 化 平 台（ONAP） 是 一 个 为 物 理 或 虚拟网络功能的自动化和实时策略 驱 动 化 编 排 提 供 平 台 的 开 源 项 目 ， 在 边 缘 云 中 可 用 于 定 制 网 络 服 务 。 Linux 基 金 会 在 2018 年 将 ONAP 与 其 他 5 个 功 能类 似的 开源 项目合 并 成 LF Networking Fund 项 目 。 ONOS 是 一个开 源网络 操 作系 统， 它提供一个控制平面用于管理网络 组件，运行软件程序和模块，并为终 端 主 机 提 供 通 信 服 务 。 目 前 ， ONAP 应用于 Akraino Edge Stack 项 目中，ONOS 应用于 CORD 项目中。
2. 容 器 技 术 。 Docker 作 为 一 个 开 源 的 应 用 容 器 引 擎 ，被多 个 边 缘计算平台使用以提供灵活的应用 部 署 方 式 。 Kubernetes 是 一 个 对 容 器 化 应 用 进 行 自 动 化 部 署 、扩展 和 管 理 的 开 源 项 目 ，可用 于 边 缘 计 算平台中以提供可靠和可扩展的容 器编排。
3. 云平台。OpenStack 是一个 开 源 的 云 计 算 管 理 平 台 项 目 ，可用 于 构 建 边 缘 云 ，管理 边 缘 云 基 础 设 备 的 计 算 、存 储 和 网 络 资 源 。 StarlingX 是 一 个 用 于 构 建 分 布 式 边 缘 云 的 开 源 项 目 ，提供 一 套 完 整

一 。 Acumos 人 工 智 能（AI） 是 一 个 用于 训练、部署 和共享 AI 应用 程 序 的 开 源 框 架 ，可用 于 边 缘 云 中 以 提 供 AI 边 缘 计 算 应 用 的 快 速 开 发 和 部 署 。 Acumos AI 目 前 已 用 于 Akraino Edge Stack 项目中。

6 结 束 语

边缘计算平台为基于边缘计算 的 应 用 提 供 了 一 种 降 低 延 迟 、提高 数据处理实时性的架构和软件栈支 撑 。 目 前 ，边缘 计 算 平 台 仍 处 于 快 速 发 展 时 期 ，本文 中 我 们 对 其 未 来 的发展趋势进行如下分析：

1. 面 向 特 定应 用 场 景 的 专 用 性 边 缘 计 算 平 台 将 迅 速 发 展 。 目 前，智能家居、智能工厂和智慧城市 都 是 受 关 注 的 应 用 场 景 ，如何 系 统 化支持这些场景的功能需求是边缘 计算平台的发展趋势之一。
2. 边 缘 计 算平 台 的 数 据 安 全 与 隐 私 保 护 问 题 将 变 得 更 加 突 出 。 边缘设备相互协作时的数据安全如 何 保 证 ，边缘 平 台 如 何 避 免 暴 露 用 户 的 位 置 隐 私 信 息 、尤其 是 边 缘 计 算设备的计算资源，存储能力有限， 使得边缘计算平台的安全防御具有 更高的挑战性。
3. 边 缘 计 算平 台 将 结 合 更 多 人 工 智 能 技 术 。 目 前 ，以深 度 学 习 为代表的人工智能技术发展十分迅 速 ，但“智能 边 缘 ”的研究 才 刚 刚 起 步 ，未来 的 边 缘 计 算 平 台 将 引 入 人 工 智 能 技 术 ，实现 边 缘 数 据 的 智 能

[2] 赵 梓 铭 , 刘 芳 , 蔡 志 平 , 等 . 边 缘 计 算 ：平台、应用 与 挑 战 [J]. 计 算 机 研 究 与 发 展 , 2018, 55(2): 327-337. DOI: 10.7544/issn1000-

1239.2018.20170228

[3] 施 巍 松 , 刘 芳 , 孙 辉 , 等 . 边 缘 计 算 [M]. 北 京 : 科 学 出 版 社 , 2018:3-6

[4] EdgeX Foundry[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>www.edgexfoundry.org

[5] Apache Edgent[EB/OL]. [2018-12-30]. http:// edgent.apache.org

[6] CORD[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://www.>

opennetworking.org/cord/

[7] Akraino Edge Statck[EB/OL]. (2019-02-22) [2018-12-30]. <https://wiki.akraino.org>

[8] AWS Greengrass[EB/OL]. [2018-12-30].

<https://aws.amazon.com/greengrass/>

[9] Azure IoT Edge[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>azure.microsoft.com/zh-cn/services/iot-edge/

[10] 物 联 网 边 缘 计 算 [EB/OL]. [2018-12-30]. <https://www.aliyun.com/product/iotedge?>

spm=5176.cniotedge.loT.7.483f61efVjFy39

[11] ONAP[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://www.>

onap.org/

[12] LF Networking Fund[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://www.lfnetworking.org/>

[13] ONOS[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>

onosproject.org/

[14] Kubernetes[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>

kubernetes.io/

[15] StarlingX[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>

www.starlingx.io/

[16] Acumos AI[EB/OL]. [2018-12-30]. <https://>www.acumos.org/

作 者 简 介

梁 家 越 ，中山 大 学 数 据 科 学 与 计 算 机 学 院 在 读 硕 士 研 究 生 ；研究方 向 为 边 缘 计 算 。

刘 斌 ，中国 科 学 院 电 子 学 研 究 所 在 读 博 士 生 ；研究 方 向 为 边 缘 计 算 。

刘 芳 ，中山 大 学 数 据 科 学 与 计 算 机 学 院 副 教 授 ；研究 方 向 为 计 算 机 系 统 结 构 与 存 储 技 术 ；先后 主 持 和 参 加 国 家

的 云 基 础 架 构 软 件 栈 ，现 应 用 于 Akraino Edge Stack 项目中。

（4）人 工 智能 技 术 。 引 入 人 工 智能技术是边缘计算的发展趋势之

处理。

参 考 文 献

[1] SHI W, CAO J, ZHANG Q, et al. Edge Computing: Vision and Challenges[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2016, 3(5):637- 646. DOI: 10.1109/JIOT.2016.2579198

明 专 利 10 余 项 。

自 然 科 学 基 金 、科技 部 重 点 研 发 、“863 ”计划 等 项 目 10 余 项 ；获中 山 大 学“百 人 计 划 ”中青年 杰 出 人 才 ，并获军 队 科 技 进 步 二 等 奖 1 次 ；发 表 论 文 70 余 篇 ，授权国 家 发

14

中 兴 通 讯 技 术

2019 年 6 月 第 25 卷 第 3 期

Jun. 2019 Vol. 25 No. 3