# 高性能边缘计算

## 超级计算和加速的前沿

独家经销许可：Eurotech
高级分析师 Dan Mandell
执行副总裁 Chris Rommel

# 内部背景

边缘计算是创新的新领域。下一代分析、机器学习(ML)和其他高性能工作量处理需要全面的智能边缘框架和平台。 此外，在过去几年中，这些平台必须与嵌入式和企业/IT领域的融合保持同步。高性能嵌入式计算(HPEC)具有跨越硬件、软件、连通性、平台集成和安全的独特开发需求和挑战。几年前，一些供应商有远见和雄心开始处理高性能的边缘计算，并形成伙伴关系生态系统，包括关键的软件和技术供应商。然而，那些这样做的人现在正在收获自己的劳动成果，并且在竞争者争先恐后抢夺不同行业的关键市场份额股份中有了显着的领先优势。

# 边缘计算占据中心位置

## 工业现在依赖于数据

数据是一种关键资源。它为许多行业新兴的高价值应用提供了燃料。由于工业传感器、智能相机、成像仪和其他数据输入的有效性和性能不断提高，这一商业命脉正在以日益增长的速度产生。嵌入式视觉和传感技术的发展正在席卷许多行业，在远程监控、数据分析、ML和实时控制方面提供了新的可能性。增强的（越来越低的成本）连接传感器和相机的特性正在推动低延迟体系结构的发展，更广泛地推动确定性处理功能的界限超越任务关键工作负载。连接的传感器和摄像头（成本越来越低）的增强功能正在推动低延迟体系结构的发展，将处理确定性功能的范围更广泛地扩展到任务关键型工作负载之外。

*表1：领先的工业边缘应用*

| 工业 | 高性能边缘应用 |
|---|---|
| 航天和国防 | C2/C4关于移动和 C4ISR 态势感知，电子作战，地面/移动和机载雷达处理器，导航，无人机 |
| 汽车 | 自动驾驶，智能移动，娱乐，实时地图，传感器融合(毫米波雷达/激光雷达，视觉等。 ) |
| 能源和公用事业 | 能源管理和响应，石油和天然气勘探，发电厂，智能电网和电力分配 |
| 工业自动化与控制 | 自主机器人，Harsh/Dusty环境数据防御/成像处理，实时设备监测和诊断 |
| 医疗和保健 | 互联医疗，通知，病人数据管理，预测分析和控制，远程设备管理 |
| 铁路和运输 | 乘客计数，铁路管理，轨道车辆 |
| 零售自动化 | AR/VR，视频监控和人员统计/分析 |
| 其他 | 农业、网络安全和网络、地质调查和勘探、天气和环境状况监测 |

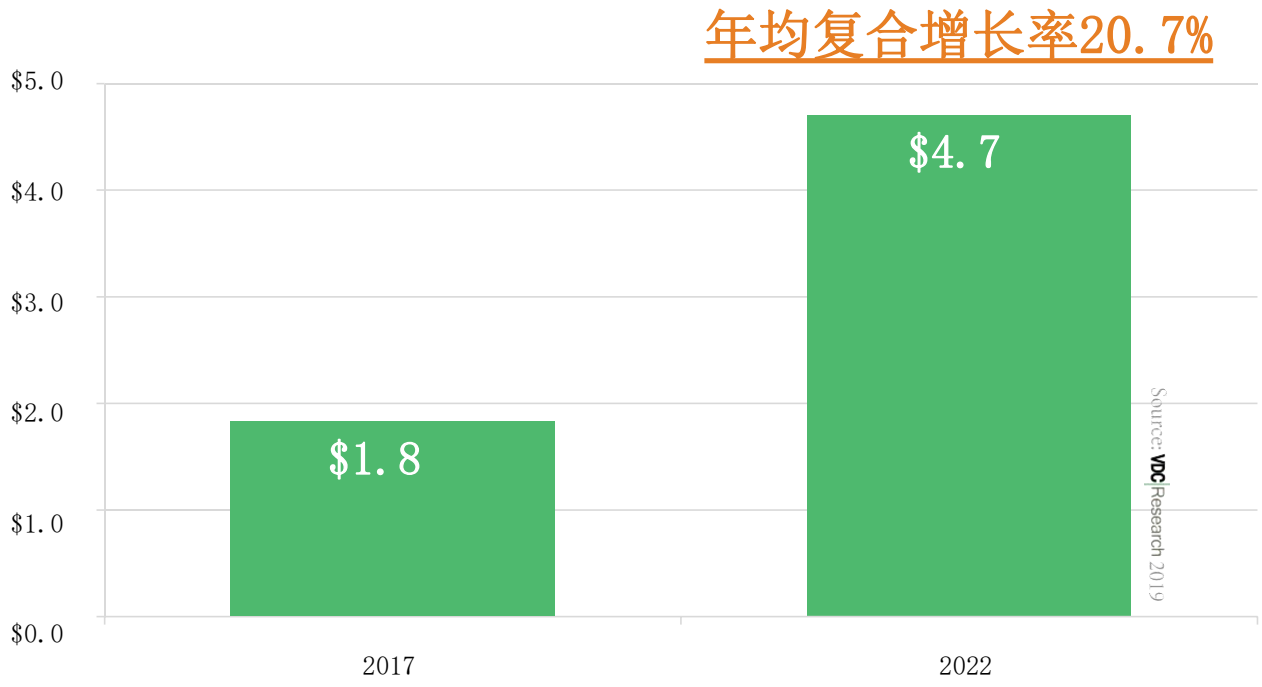
嵌入式技术供应商和制造商仍然面临的一个主要挑战是连接系统、云端和第三方平台或服务的端到端集成。需要一个灵活的嵌入式框架以确保最大限度地利用长期产生/收集的数据，特别是用于促进业务应用和与不同的物联网平台或PaaS/SaaS的交叉集成。这是开发高性能边缘服务器和处理解决方案的必要前提。该框架必须通过OT和IT域，来支持各种基础设施领域、通信基础设施、（IoT）应用程序基础设施以及应用程序/企业IT层。没有一个灵活的设备到云集成平台和支持网关和其他连接系统的软件/中间件库，高性能边缘的解决方案无法扩展或适应解决方案提供商和最终用户的动态需求。

## 高性能边缘正重新定义边界

网络边缘是目前平台创新的孵化器。虽然“边缘”的具体定义和界限有待领先的技术提供商和标准化机构进行讨论，但它在行业解决方案体系结构中日益增长的重要性是不可否认的。在过去的几年里，越来越多的设备类支持了不断发展的边缘产业，包括传统的智能路由器、M2M网关、智能网关、边缘服务器等。每一个都在促进数据连接、管理和安全进步方面发挥了重要作用。日益增长的数据依赖性不仅推动了对数据访问的需求，而且推动了对边缘的吞吐量和处理的需求，这需要健壮的计算体系结构。

物联网路由器和M2M网关是十多年前第一个解决异构连接和数据管理挑战的边缘场景。随着对网络边缘的更智能和灵活性的需求增加，智能网关被部署到API集成和嵌入式应用程序处理/分析的新功能中。最近，现场部署的边缘服务器和超转换加速平台已经出现，使更传统的数据中心技术更接近部署的操作侧，以安全地划分、处理和管理各种“重”工作负载或大量连接的OT基础设施。对于当前和未来的部署，主要聚焦在快速增长的智能网关、边缘服务器和其他高性能边缘硬件平台市场上，以支持下一代应用程序。

*表2：固定边缘服务器和边缘硬件平台的全球运输，2017年和2022年（单位：十亿美元）*



在开发利用连接数据流的新用例时，高性能边缘基础设施正在快速改变设备到云的解决方案体系结构。需要新的硬件、软件和IP类来托管日益流行的加速处理、机器学习和边缘的视觉应用程序。在某些情况下，这些不断增长的需求正在促进垂直定制的特性、功能、计算配置文件和外形因素的需求。智能边缘需要OT和IT基础设施的健康混合，以保持与系统和解决方案需求的同步。

## 嵌入式与数据中心技术的融合

智能边缘是嵌入式和OT世界与企业/IT领域广泛融合的背景环境。这种融合推动了无数新的伙伴关系、协作、工业/技术集团和联盟，以及各种规模组织标准的形成。即使是那些在IT领域有着强大历史的企业，如思科、戴尔和IBM，也不得不扩大他们的战略合作和支持，因为解决方案需求（甚至在行业应用程序中)的多样性和分散性令人难以置信。

大多数OT工程团队和IT团队正在彼此合作进入新的领域，更不用说与其他第三方组织。需要连接两个世界的新集成来促进OT基础设施管理和边缘应用启用。链接这两个世界带来了难以置信的挑战，这些挑战涉及OT和IT团队长期工作的安全性和惯性。例如，高性能边缘平台通常需要快速存储(例如，使用NVMe管理)和高度可配置的I/O卡，来自嵌入式领域的技术提供者不太了解部署多个设备云和启用托管服务的复杂性。

## 行业需要指导和方向

很少有组织本身有集成嵌入式/OT和IT平台，为开发提供灵活的端到端解决方案体系结构的历史和经验。许多嵌入式硬件供应商选择坚持其传统的重点，开发新产品，并依赖系统集成商和/或一般的“生态系统”进行端到端解决方案的开发。然而，为高性能边缘开发解决方案具有许多独特的挑战，需要来自OT和IT世界的有经验的合作伙伴。

部署下一代分析和应用程序的要求跨越传统的SWAP，热管理，坚固，硬件加速，软件开发，安全，等等。OEM和其他希望开发HPEC解决方案的企业正在进入新的领域，需要尽可能多的模块和尽可能多的专业支持。

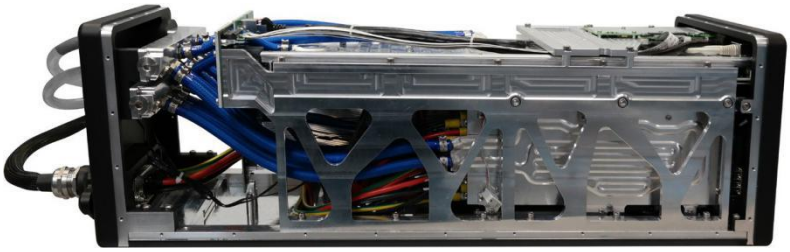


*图1：虹科HPEC系统内部结构*

这些HPEC构建块（包括硬件、软件和云）必须是模块化的，具有灵活性，以支持广泛的配置，以适应各种开发人员的选项、工作流和堆栈需求。仅仅支持不同软件框架、硬件平台和供应商插件对于大多数工程组织来说是不够的。可用的资源必须容易地相互结合/整合，以减少目标应用程序的上市时间和开发成本。通过同质的发展平台和环境往往最容易获得真正的、有形的利益。

# 高性能边缘发展的独特要求

## 功耗，坚固，热管理障碍

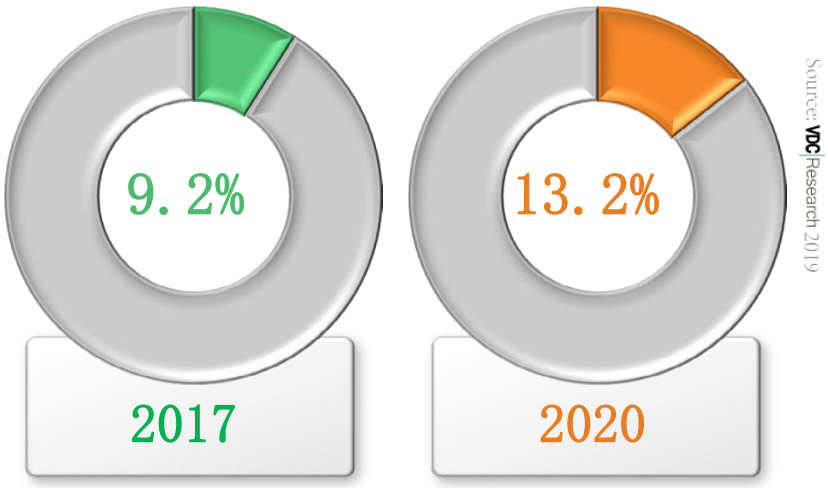
高性能边缘具有独特的硬件要求组合，最大的挑战来自适应传统服务器机柜和受控系统以外的环境。与企业/IT部署相比，最小化尺寸、重量、功率和成本对于具有空间和能量约束的HPEC应用程序更重要。即便是那些从事高性能计算和超级计算工作的少数组织，在大多数情况下也没有充分重视最小化功耗或加固其硬件，但这对于边缘HPEC是必不可少的。边缘基础设施有效地包括OT系统，这些系统通常需要与来自恶劣环境的下游设备和传感器相似的保护，以防止灰尘/水的进入、振动、EMI、温度等。在某些行业，例如汽车和工业自动化中，通过行业标准进行认证为HPEC增加了另一层要求和挑战。

边缘还具有独特的挑战--冷却，因为系统本身必须使用被动，水或其他现场配置来维持热管理，以维持对速度的需求。实际上，在需要IP等级/密封外壳来保护嵌入式系统的环境中，涌现出许多新兴的高价值HPEC市场机会，这进一步使电源和冷却设计要求复杂化。事实上，许多新兴的高价值HPEC市场机会正在出现在需要IP级/密封外壳来保护嵌入式系统的环境中，进一步复杂了电源和冷却设计要求。为（高性能）坚固耐用的冷却系统获得有价值的系统IP需要多年的经验，尤其是在移动环境中。例如，虹科的HPEC硬件的嵌入式液体冷却机制方面拥有丰富的经验，在自动驾驶汽车应用中可连接至车辆冷却系统。

## HPEC软件需求与IOT不同

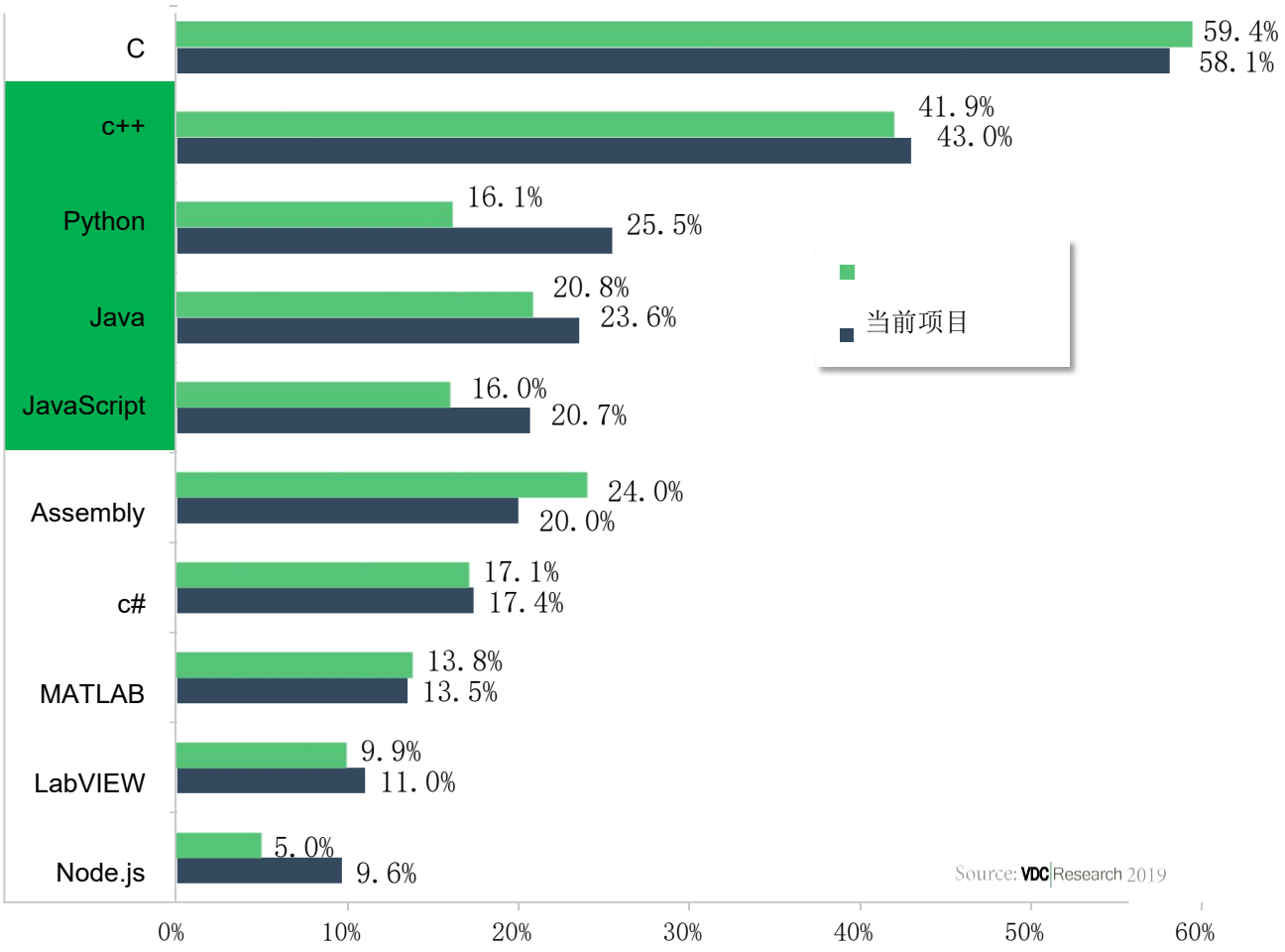
边缘技术提供商正在寻求使更多的数据中心性能和功能更接近现场，从而为应用程序，数据和设备管理提供新的可能性。对于处于边缘的企业级硬件，需要服务器型技术和解决方案。灵活的硬件架构对于智能码头和热交换组件是必不可少的，以适应各种部署类型或工作负载。虚拟化技术可以是嵌入式工程和企业/IT系统的强大解决方案。虚拟化技术在硬件和软件之间提供了一个关键的抽象层，能够在现有平台上部署新的应用程序。虚拟化支持对许多行业越来越重要和有价值，特别是在航空航天和国防、汽车/铁路、工业自动化和医疗等安全关键行业。

*表4：目前和预期的未来使用程序化/虚拟化/集成化（受访者的百分比）*



一个全面的开发框架对于高性能的边缘系统至关重要，以确保更大的软件灵活性和对设备（生命周期）管理的控制。该框架必须在支持多个方向的分支，最大化其可部署的覆盖范围，以支持不同的编程语言，云环境，现场设备和IoT平台集成。开发人员需要针对其目标应用程序和地区的领先的现场设备和协议提供连接性和接口库支持。此外，嵌入式框架需要支持高级语言，如Java，以保持与不断变化的编程语言(和API)使用的兼容性，并利用更多的开发人员生态系统。特别是基于OSGi的框架近年来产生了相当大的吸引力，使得能够开发和部署软件模块，同时利用丰富的Java开发人员生态系统。

*表5：项目使用的编程语言类型（受访者百分比，显示前10位）*




## 加速是必须的

跨行业对使用硬件加速的高度并行处理功能的需求正在增长，以应对从AI到加密技术和机器视觉等各种繁重的工作负载。跨越CPUs协处理器，FPGA和GPU的多种处理器类型可实现硬件加速。每种技术在用于硬件加速方面都有其自身的优缺点。对于为处理应用程序数据而集成在SoC的加速器，板载解决方案以及不同内核IP集成系统的开发/部署的动态变化，也需要考虑一些关键因素。

嵌入式GPUs已经成为硬件加速的领先者，因为底层架构的固有性能以及两个供应商的大力支持，在GPU市场上占95%的+份额-AMD和NVIDIA。Abaco Systems、Artesyn嵌入式技术和Eurotech等单板计算机市场的领导者都推出了利用GPU技术解决关键任务工作负载和应用的产品。事实上，具有GPU的5G和高性能边缘基础设施从2017年到2022年以15.0%的CAGR增长-比嵌入式FPGA的出货量更快。在2018年6月，这是历史上第一次，在前500名排名中增加的大多数来自GPU，而不是CPU。事实上，在2018年11月公布的最新排名中，排名前五名的系统中有三个采用GPU加速器。鉴于核心GPU技术和工具提供商的丰富生态系统以及具有不同水平的现成集成和性能的硬件供应商的日益增长的支持，我们预计GPGPU将继续成为许多不同行业的首选加速器。

# 构建和开发HPEC

## HPEC处理器、主板和系统需要大量的开发人员支持

HPEC的发展是一个多层次的挑战，需要一些组织的大力支持才能有效。首先是嵌入式处理器和IP提供商，如Arm和Intel，它们正在稳步扩大系统堆栈和解决方案的支持和影响。他们希望为云连接器、连接/接口、互连和网络、机器视觉(例如Movidius)、片上分析、安全、服务器管理、SoC核管理(例如CPU+FPGA、CPU+GPU)和虚拟化等提供支持组件。日益增长的实时处理需求也影响到嵌入式处理器、操作系统和中间件的选择，以实现更好的决策和高价值的分析。

正如所讨论的，热管理是一个主要的障碍，通常随着边缘服务器和其他硬件的高性能处理器而产生。数据中心的系统工程与边缘环境有很大的不同。此外，对传统企业/IT基础设施提供商来说，边缘冷却是一个全新的绿地。例如，在嵌入式/密封环境中，满足可靠性和坚固性(冲击、振动等)要求是一个巨大的挑战，只有通过液体冷却可以更多的部署提供最新创新AI应用程序所需的计算密度。对于自动驾驶，液体冷却可以在两个方向上扩展温度范围，以在嵌入式领域中加热或冷却硬件（服务器）组件。这类新型硬件需要创新的电源管理解决方案，以平衡数据中心的高功耗CPU/APU和GPU硬件与现场部署的电源和认证要求。

其他更高级的构建块可从板模和系统提供商获得，以促进端到端或端到云解决方案体系结构的边缘应用启用。HPEC的高端构建块包括各种组件，如OS支持和软件优化、扩展槽和编排中间件，以及系统管理解决方案、功能安全工具和支持混合边缘云的框架。 然而，构建块只会在开放、模块化和可扩展的硬件和软件平台中有效。对多功能平台的需求推动了诸如Eclipse Kura等开源项目的增长，它提供了对物联网网关和其他边缘基础设施硬件接口的一系列功能和API访问。高速互连标准，如用于硬件加速的CCIX也在产生吸引力，因为它成为边缘设计的一个更重要的元素。高效的HPEC开发需要与一些不同的实体（及其路线图)进行协调。

## 没有人能独自完成

原始设备制造商需要有效地“选择他们的位置”进行内部开发，然后决定他们想要使用哪些构建块来启动开发。如果不这样做，将不可避免地导致项目延误，最经常提到的困难是“技术障碍”（24.8%的受访者)、“规格变化”(23.0%）和“复杂性应用/技术“（22.7%）。同样，同样地，嵌入式硬件提供商必须确保他们有足够的构建模块，可以是内部开发的，也可以是通过合作伙伴和第三方平台/软件支持提供的。这些结盟通常是IBM、VMware、Microsoft、Oracle或Red Hat等公司之间的战略协作，为端到端解决方案汇集了更多的设计元素，同时使更多的软件开发人员和工程师能够合作。嵌入式Linux及其支持生态系统在整个高性能边缘基础设施中的扩散和不断增长的能力是开发基础要素的另一个例子，大多数供应商和最终用户都希望在此基础上建立更多的工业用例。

> *“在2018年5G和高性能边缘基础设施硬件出货收入中，81%使用了基于Linux的操作系统。”*
>
> -VDC研究

## 安全不能忽视

安全问题现在是设计规划和供应商评价的重中之重。原始设备制造商和系统集成商需要在其产品系统的部署的生命周期中广泛覆盖嵌入式硬件和软件安全和数据保护。对于智能边缘，嵌入式安全需求最突出，因为连接系统和基础设施暴露了扩展的攻击面。在整个解决方案体系结构中，对安全的需求一直延伸到设备和平台身份的验证和认证、集成PKI和证书管理、加密通信、安全配对和设备的提供。安全的软件管理和分发平台对于在整个部署过程中保持安全健康至关重要。幸运的是，随着边缘系统采用更多的数据中心技术，它们也承担了更多的安全功能，如网络和系统安全（防火墙、硬化）、基于角色的访问控制、安全管理访问、虚拟机和用于远程管理的VPN服务。

*表6：，从目前的项目到三年后，预计使用量增长最快的堆栈组件(除了OS)*

*（答复者百分比）*

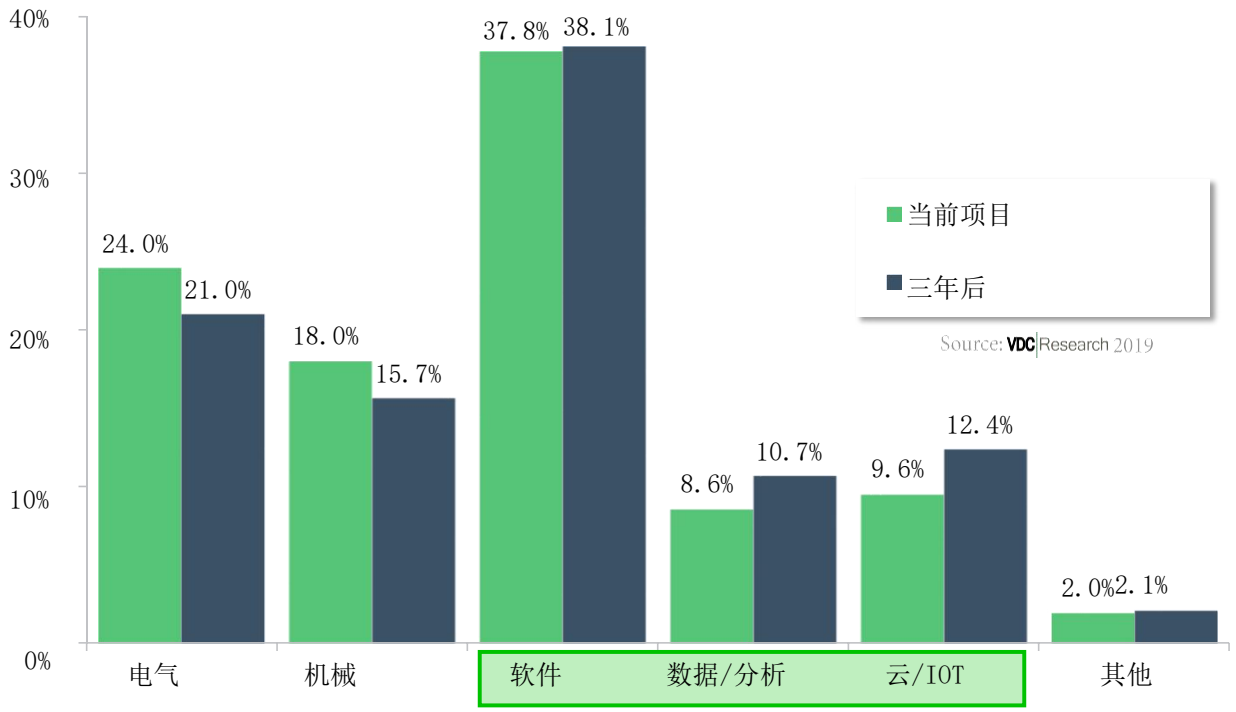
| 堆栈组件 | 使用增长 |
|---|---|
| 嵌入式安全硬件<br>(例如。 硬件信任根RoT，密码协处理器，生物识别传感器等 ) | +14.1% |
| 云代理 | +12.4% |
| 嵌入式安全软件<br>(例如反病毒、密码学、认证等) | +10.9% |
| 固件空中下载(FOTA)软件 | +9.0% |

# VDC的观点

## 边缘提供了许多不断发展的需求

目前，针对边缘的HPEC处于动荡的局面，对硬件，软件/中间件，连接性和云支持提出了一系列动态要求，以推动下一代功能和应用的发展。数据中心技术和超转换系统向边缘的迁移正在从根本上改变高性能嵌入式平台的现状。对于硬件，对充分验证和优化的GPU解决方案的需求正在增加，从半导体到集成/OEM边缘服务器的所有类型的供应商都有不同的加速和标量性能。然而，在开发成本增长最快的地方，开发人员需要最多的支持--软件、数据/分析和云/IoT。原始设备制造商、集成商和其他公司正在频繁地寻找他们的嵌入式技术供应商，以帮助填补这些专业知识发展方面的空白。

*表7：开发费用预估分配（答复者平均数）*




但是，对硬件和I/O的更传统的要求仍然存在，并随着HPEC的要求而发展。例如，高速PCIe Gen4 通道总线技术的特点是减少了系统延迟，使Gen3的传输速率和吞吐量增加了一倍，并且能够实现NVMe存储和GPU计算应用所需的内部性能（只要保持信号完整性）。其他技术，如实时动态(RTK)用于自动驾驶、地质调查和其他基于位置的精确应用的价值也在增长，以支持领先的HPEC在边缘的部署。

## 扩大嵌入式服务器级技术的需求&开发支持

HPEC在各种领域的发展迅速，应用范围从边缘的AI/ML、自动驾驶、数字安全和监视，到分布式雷达、勘探和智能农业。大量数据在应用现场产生，结合越来越有强大的现成嵌入式平台和框架，可以在现场启用新的高性能工作负载处理。今天，在许多行业中，启用智能边缘的业务价值对于提高运营效率和建立竞争优势至关重要。例如，地质调查——无论是在北极还是你的家乡——传统上都依赖于需要在数据中心处理的巨大数据集为未来的测量或行动提供指导。随着HPEC在现场，测量员可以基于实时边缘分析确定是否应在附近进行其他测量，避免使用可能的高昂代价的后续部署。

高性能的边缘要求类似OT/IT系统产品，这些系统具有来自这两个领域的需求和特性。幸运的是，来自数据中心领域的最佳实践和技术正从欧洲技术公司(Eurotech)等多年来横跨这两个领域的供应商引入嵌入式领域。智能系统/服务器管理和虚拟化对HPEC的边缘至关重要。启用复杂的边缘计算平台还需要跨不同的解决方案/堆栈元素的伙伴关系生态系统。最通用且最适合未来的是基于开放标准和技术边缘平台。与其他类型的嵌入式硬件一样，开发人员工具包和参考硬件对于减轻边缘开发人员采用新技术和新特性的困难和挑战至关重要。此外，坚固是HPEC的一个关键要素，并将是计算硬件和组件供应商的一个显著差异。

## 未来-边缘超级计算和自治

无论你如何看待它，下一代自主系统和分布式计算都需要更大的边缘处理性能才能进化。然而，开发高性能的边缘平台比大多数工程师和开发人员过去面临的挑战要大得多，因为OT和IT对共享设备的需求混杂在一起。同时，随着项目变得更加复杂，供应商的任务是为垂直/行业的专门知识和功能提供更多的支持。很少有供应商拥有内部经验、产品和支持，来开发高性能的边缘系统平台或解决方案。

具有HPEC和IT相关专业知识的供应商扩展了嵌入式和企业技术的范围，对于边缘超级计算和自动化应用越来越有价值。边缘服务器和平台要求的组合具有挑战性：低功耗、智能连接硬件、灵活的开发人员框架、丰富的伙伴关系生态系统、开放标准和集成用户选择的加速器和模块的专业服务。为了从融合的嵌入式/OT和企业/IT领域中获益，需要使用开放和可扩展的方法协调来自这两个领域的几种不同和创新的技术。边缘可能代表领域中终端设备与数据中心/云之间的概念中间领域，但它在支持下一批高价值应用程序和服务方面的突出作用是无与伦比的。高性能边缘是下一个超级计算和加速的大战场。

# 联系我们

**负责人：**林燕芬；**手机/微信号：**181 2413 0753；**邮箱：**lin.yanfen@hkaco.com
**总　部：**广州市黄埔区科学城科学大道99号科汇金谷三街二号701室

欢迎关注我们自动驾驶解决方案公众号，了解更多行业知识及产品应用。