

# 边缘计算面面观和发展探讨

滴雨软件科技（上海）有限公司 董事长 金宇航

近年来，边缘计算风生云起，热闹非凡，而且跟其它一些时髦，新鲜的概念都在一起了，它不只是从云计算的原生态衍生而来，而且跟 5G，CDN 似乎也如影相随；同时这些云服务或计算的概念又分公有，私有，混合，融合的区别。另外跟边缘计算直接相关的又有雾计算，霭计算，微云等。在所有的概念中似乎边缘计算是比较复杂的，内含和外延上容易误解并难以界定界限。如果想看清它的来龙去脉或是何去何从，你得需要综合知识和视野，并从不同维度来分析问题。因为边缘计算的解决方案中杂合了移动，IP 网络，软件，人工智能，大数据，存储，安全的很多东西，甚至根据作者的分析，这跟微服务，区块链和 WEB3.0 今后也会是体戚相关的；最后指出边缘计算和边缘计算平台是不同的概念，并认为综合边缘计算平台有其出现的必要性；在不久的将来，它会和中央的云将会形成互补或是替代的关系。

## 1 云计算的发展

云计算、云服务是在口语上是一个笼统的概念，广义理解可包含云存储和大数据。

从技术的定义而言，云计算是网格计算，分布式计算，并行计算、效用技术、网络存储、虚拟化和负载均衡等传统计算机和网络技术发展融合的产物。其目的是通过基于网络的计算方式，将共享的软件/硬件资源和信息进行组织整合，按需提供给计算机和其他系统使用。

云平台作为提供云计算服务的物理基础，管理着数量巨大的 CPU、存储器、交换机等大量硬件资源，以虚拟化的技术来整合一个数据中心或多个数据中心的资源，并屏蔽不同底层设备的差异性，以一种透明的方式向用户提供计算环境、开发平台、软件应用等在内的多种服务。

通常情况下，云平台从用户的角度可分为公有云、私有云、混合云等。从提供服务的层次可分为基础设施即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）和软件即服务（SaaS）。但是从技术上的发展路线来看，由于云存储和大数据技术上发展路径不同，一般是分开来论述的。HCI（Hype Convergence Infrastructure）代表了云计算和存储的融合，这种融合首先会在私有云的域内发生，超融合近几年得以快速发展的原因，还要归功于硬件设备性能的提升：具体来说是 CPU 核数，内存容量的增多增大，SSD 的降价及网络传输的提速等。

### 1.1 云计算的发展及历史粗略可见下图：



资料来源： 前瞻产业研究院

## 1.2 云存储的发展：

现在任何大型的计算机服务系统都离不开存储，但存储本身也是作为一个产业在不断地演化。



越来越多的证据表明,存储不是独立的,无论从技术和成本的角度,它必须和云计算一起发展超融合私有云(HCI: Hype convergence infrastructure), 或超融合大数据,甚至作为区块链基础架构的存储。这种技术目前我们称之为超超融合(super hype consolidation),事实上有很多分布式存储系统可以兼容或替代 HADOOP 的 HDFS 文件系统(。值得指出的是,在大数据平台的核心系统中,GOOGLE, AMAZON 始终没有开源第二代,第三代文件系统或其它相关模块), HDFS 只适用于大文件,多次读,一次写的情形,这对构建 NoSQL 和超大型的分布式数据库或是实现大数据上的 OLTP 是技术障碍之一。

### 1.3 大数据的发展：

2008 年被《自然》杂志提出了 BigData 概念。人工智能的发展应属大数据的一个子集（人工智能的算法和运算都要基于大数据），物联网则指的是具体的实现，物联网中有大量的信息流是要经过大数据处理和存储，当然物联网的发展同时也离不开网络和 IC 等领域的发展。其几个典型的发展过程是：

萌芽阶段：

20 世纪 90 年代到 21 世纪的样子，数据库技术成熟，数据挖掘理论成熟，也称数据挖掘阶段。

突破阶段：

2003——2006 年，非结构化的数据大量出现，传统的数据库处理难以应对，也称非结构化数据阶段。

成熟阶段：

2006——2009 年，谷歌公开发表两篇论文《谷歌文件系统》和《基于集群的简单数据处理:MapReduce》，其核心的技术包括分布式文件系统 GFS，分布式计算系统框架 MapReduce，分布式锁 Chubby，及分布式数据库 BigTable，这期间大数据研究的焦点是性能，云计算，大规模的数据集并行运算算法，以及开源分布式架构（Hadoop）。

应用阶段：

2009 年至 2019 年，大数据基础技术成熟之后，学术界及企业界纷纷开始转向应用研究，2013 年大数据技术开始向商业、科技、医疗、政府、教育、经济、交通、物流及社会的各个领域渗透，因此 2013 年也被称为大数据元年。

后 HADOOP 时代：

从 2019 年 6 月份之后，随着美国 MR，Hortonwork，Cloudera 有了新的归属，表明已进入了后 HADOOP 时代。意思是说总体上大数据的框架和技术成型，也基本稳定。开源的大数据同时包含了象深度学习框架的开源，如谷歌的 Tensorflow 和 Facebook 的 PyTorch 等深度学习的框架。其开源的功能能支持大部份业务，功能的融合已势不可挡，象 GOOGLE 的 SPANNER 和阿里的 OCEANBASE 是用在一些特殊的场景之下的。

在大数据的产品阵营中，第一阵营是美国的 FANNG，第二阵营以 HADOOP 开源上修葺的美国 MR，Hortonwork，Cloudera，及中国 BAT 等，第三阵营，全球或中国更小一点的其它大数据平台公司及运营公司

在过去 10 年，云计算开始风靡全世界。当一些公司认识到他们使用云可以节省多少成本时，他们开始考虑将云计算应用到其他业务方面，以便进一步降低成本。此外，随着云技术的不断改进，通过云得到的服务种类也越来越多。

随着更多功能迁移到云中，公有云的一些局限性和缺陷变得更加明显。用户发现当前的云计算架构不适合某些类型的项目和情形。具体来讲，他们发现正处于高速增长过程中的物联网（IoT）并不总是能够很好地与云计算一起使用。

### 1.4 对公有云的总结

云计算，大数据，云存储目前有公有云，也有私有云，对一般的中小企业来说，由于自身建设缺乏实力，有相当一部份业务是在公有云上面的。

广义的云计算的发展自有它的客观规律，所以它已红火了十来年，但任何技术和模式都是生产力发展的一种体

现或呈现，在物联网蓬勃发展的今天，它也显现了以下的一些弱点和不足之处：

- 云计算，大数据，云存储在云端属重资产投资，由于设备和管理成本，实际上不少运营厂家并不赢利；
- 每块业务系统由于历史原因，都是基于不同的开源技术而搭建的，维护成本非常高；
- 超配现象严重，性能得不到保证（用户得到的资源是小于标称的虚资源）；
- 对某些用户来说，需要购买不同的远端服务，在边缘时，无论从运营还是使用的角度所有的功能必须综合到一起，边缘的服务需要一定的综合性和便利性；
- 对每块业务来说，实际上都需要一定的量体裁衣或定制功能，在公有云上，只有非常通用的功能和服务，运营厂商才具有维护的成本优势；
- 离用户端太远，延时大，实时性，即使有 CDN，带宽也无法得到保证；
- 日趋复杂的边缘业务的部署，对高度离散分布和大规模可扩展性缺乏考虑；
- 缺少边缘和边缘的协同，构建分布式系统难度高；
- OT 和 IT 世界技术割裂，协同门槛高；
- 实际上目前国内运营平台上所有的技术，都是以开源的为主，从经济的角度而言，用户应有其它更合适的办法来使用这些技术；
- 用户需要更廉价，统一的方案，所有的业务和平台最好能轻松地在一起，以便于灵活使用和管理；
- 代表了新型生产关系的区块链技术中，存储是分布式的，加上合约和加密机制，在 web3.0 的时代，融合的趋势是必然的；一部份在中心化的云中，一部份在去中心化的私有云中是一种现实的解决方案；
- 某些应用需要可控的安全鉴权方案，和分布式，去中心化的理论；
- 人工智能，大数据，物联网（三者可以认为是同一事物的不同维度）要求更综合的功能，并靠近用户端；

## 1.5 区块链和 web3.0

区块链是由一系列技术实现的全新去中心化经济组织模式，2009 年诞生于比特币系统的构建，2017 年成为全球经济热点，但区块链的成功应用寥寥，这个新兴产业还远未成熟。为方便理解区块链的历史与趋势，可将其发展划分为六个阶段。

**1. 技术实验阶段（2007—2009）。**化名中本聪的比特币创始人从 2007 年开始探索用一系列技术创造一种新的货币——比特币，2008 年 10 月 31 日发布了《比特币白皮书》，2009 年 1 月 3 日比特币系统开始运行。支撑比特币体系的主要技术包括哈希函数、分布式账本、区块链、非对称加密、工作量证明，这些技术构成了区块链的最初版本。从 2007 年到 2009 年底，比特币都处在一个极少数人参与的技术实验阶段，相关商业活动还未真正开始。

**2. 极客小众阶段（2010-2012）。**2010 年 2 月 6 日诞生了第一个比特币交易所，这标志着比特币真正进入了市场。尽管如此，能够了解到比特币，从而进入市场中参与比特币买卖主要是狂热于互联网技术的极客们。他们在 Bitcointalk.org 论坛上讨论比特币技术，在自己的电脑上挖矿获得比特币。

**3. 市场酝酿阶段（2013-2015）。**2013 年初比特币价格 13 美元，3 月 18 日金融危机中的塞浦路斯政府关闭银行和股市，推动比特币价格飙升，4 月最高至 266 美元。8 月 20 日德国政府确认比特币的货币地位。10 月 14 日中国百度宣布开通比特币支付。11 月美国参议院听证会明确了比特币的合法性。11 月 19 日比特币达到 1242 美元新高！然而，此时区块链进入主流社会经济的基础仍不具备，2015 年初一度至 200 美元以下，在这个阶段，大众开始了解比特币和区块链，尽管还不能普遍认同。

**4. 进入主流阶段（2016-2018）。**以 2016 年 6 月 23 日英国脱欧，2016 年 9 月朝鲜第五次核试验，2016 年 11 月 9 日特朗普当选等事件为标志，世界主流经济不确定性增强，具有避险功能从而与主流经济呈现替代关系的比特币开始复苏，市场需求增大，交易规模快速扩张，开启了 2016-2017 牛市。尽管中国市场受到政策的严厉遏制，但韩国、

日本、拉美等市场快速升温，比特币的造富效应，以及比特币网络拥堵造成的交易溢出带动了其他虚拟货币以及各种区块链应用的大爆发，出现众多百倍、千倍甚至万倍增值的区块链资产，引发全球疯狂追捧。使比特币和区块链彻底进入了全球视野。芝加哥商品交易所上线比特币期货交易标志着比特币正式进入主流投资品行列。

**5. 产业落地阶段 (约 2019-2021)。**在市场狂乱之后，2018 年的虚拟货币和区块链会在市场、监管、认知等各方面进行调整，回归理性。2017 年造富效应和区块链理想造就的众多区块链项目中，大部分会随着市场的降温而消亡，小部分会坚持下来继续推进区块链的落地。2019 年这些项目将会初步落地，但仍需要几年时间接受市场的检验，中国政府对区块链有了新的政策和理解，市场再次升温。

**6. 产业成熟阶段 (约 2022-2025)。**各种区块链项目落地见效之后，会进入激烈而快速的市场竞争和产业整合阶段，三五年内形成一些行业龙头，完成市场划分，区块链产业格局基本形成，区块链在全球范围内对人们的生活产生广泛而深刻的影响。

在这里提区块链的目的，是想说明，随着大数据和云计算行业的业起，这实际是代表新型的生产力，我们常称为数字经济。那么区块链和 web3.0（保证信息属于个人所有）则是与之对应的一种新的生产关系，或是新的互联网 / 物联网关系，包括网络存证，追溯，电子合同等等的一些技术，也是属于这一块。从而我们也认为，在把云技术推向边缘的时候，区块链则也应在其中的。

考虑到区块链的安全性和分布性，它必须是开源的，“非开源，不区块链”是民间的共识，如果区块链是全部建在远端的云上面，则又是某种意义的集中式区块链，虽然在目前法制或许可以保证自律，但至少云上面是可能性和资本来作弊的。建立在区块链之上 Web3.0 应用既解决了信用问题，又不会使用户的信息泄漏。

## 2 边缘计算的由来

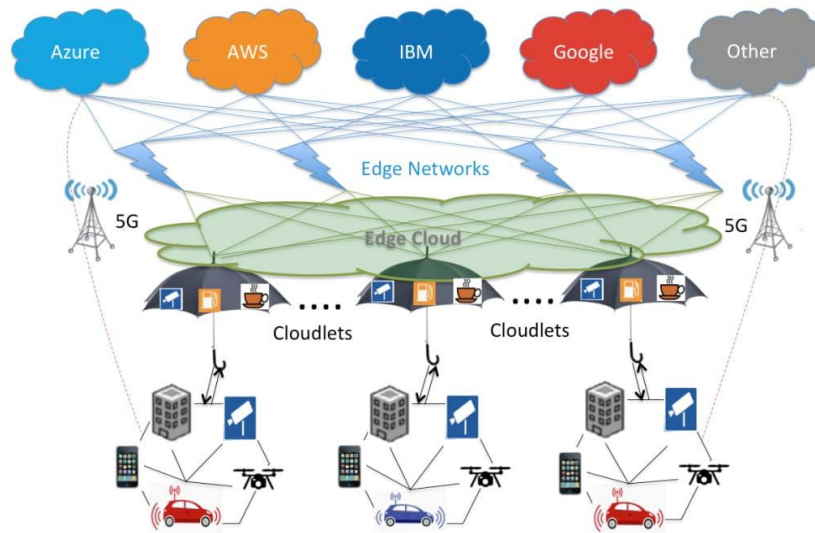
边缘计算是被美国太平洋西北国家实验室的 Ryan LaMothe 在 2013 年提出的。这是一个大概念，它是一种计算模型，移动边缘计算和雾计算，雾计算都可以算是它的分支，它关注所有用户到云之间的中间件的计算、存储资源（最初它的提出是为了防止黑客攻击）。边缘计算（Edge computing）是相对于云计算而言的，它是指收集并分析数据的行为发生在靠近数据生成的本地设备和网络中，而不是必须将数据传输到计算资源集中化的云端进行处理。边缘计算又被叫做分布式云计算，第四代数据中心。我们认为如果边缘计算和雾计算，雾计算相提并论时则指的是是一种计算力，边缘计算是指笼统的靠近用户的计算力，当和云计算相对比时，则更多地指的是平台的概念。

边缘计算平台起源于传媒领域，是指在靠近物或数据源头的一侧，采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台，就近提供最近端服务。其应用程序在边缘侧发起，产生更快的网络服务响应，满足行业在实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面的基本需求。边缘计算平台处于物理实体和工业连接之间，或处于物理实体的顶端。而云端计算平台，仍然可以访问边缘计算平台的历史数据。

对物联网而言，如果边缘计算技术取得突破，意味着许多控制将通过本地设备实现而无需交由云端，处理过程将在本地边缘计算层完成。这无疑将大大提升处理效率，减轻云端的负荷。由于更加靠近用户，还可为用户提供更快的响应，将需求在边缘端解决。

边缘计算首先通过在 WAN 网络上虚拟化网络服务而出现。最初是由一个平台来驱动的，以适应云计算用户的习惯，这也便是思科(Cisco)于 2011 年曾提出的雾计算概念的由来。随着新的边缘计算能力的出现，边缘计算不再全依赖于远端集中式的数据中心，理想的目标是依靠于潜在的数千个可应用的大规模分布式节点的能力。

以下是一些国际或国内提出的关于边缘计算和平台的一些建议和标准：



关于边缘计算的位置和网络架构

## 设备接入

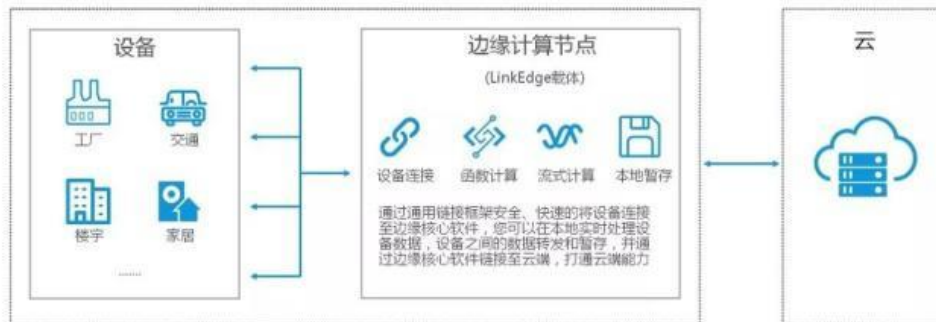
提供设备接入工具，将各厂商提供的各种协议及数据格式的设备转换为标准统一的设备模型

## 就近计算

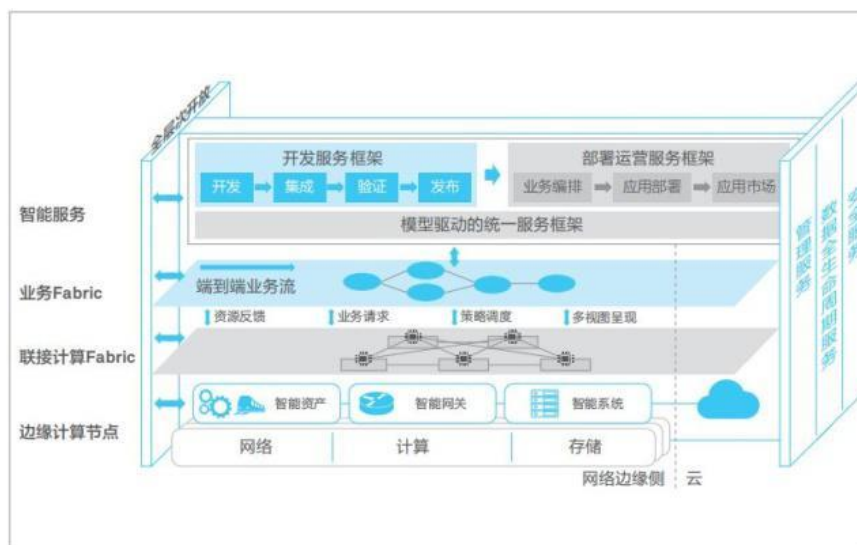
一定资源要求下的计算在边缘就近计算，在脱机情况下计算不被终止

## 服务打通

打通或下沉云端的微服务



边缘计算的基本原理



边缘计算业务架构



### 3 边缘计算和云计算

无论是云、雾还是边缘计算，本身只是实现物联网、智能制造等所需要计算技术的一种方法或者模式。严格讲，雾计算和边缘计算本身并没有本质的区别，都是在接近于现场应用端提供的计算。就其本质而言，都是相对于云计算而言的，从云原先的定义来看，原来并不是直接针对物联网这一块，这个倒是应用的推广，要求云具有更多地适应物联网的能力。

从二者的计算范式可以看出来，边缘侧的数据计算，一下子变得丰富起来。这里产生了全新的想象空间。

物联网的概念已经提出有超过 15 年的历史，然而，物联网之前却并未成为一个火热的应用。一个概念到真正的应用有一个较长的过程，与之匹配的技术、产品设备的成本、接受程度、试错过程都是漫长的，因此往往不能很快形成大量使用的市场。据预测，未来超过 50% 的数据需要在网络边缘侧分析、处理与储存。边缘侧面临巨大挑战。

Gartner 预测，到 2020 年，全球联网的设备数量将达 250 亿。设备多意味着产生的数据量大，数据越多处理数据需要的计算力就越大，尽管云计算已经大幅提升了计算效率，但面对如此大的数据量依旧难以应对。

在中国，边缘计算联盟 ECC 正在努力推动三种技术的融合，也就是 OICT 的融合（运营 Operational、信息 Information、通讯 Communication Technology）。

那么，边缘计算和云计算又有何区别？这两者都是处理大数据的计算运行方式。但不同的是，这一次，数据不用再传到遥远的云端，在边缘侧就能解决，更适合实时的数据分析和智能化处理，也更加高效而且安全。

如果说物联网的核心是让每个物体智能连接、运行，那么边缘计算就是通过数据分析处理，实现物与物之间传感、交互和控制。“边缘计算”作为一种将计算、网络、存储能力从云延伸到物联网网络边缘的架构，遵循“业务应用在边缘，管理在云端”的模式。

在边缘计算模式的大数据处理时代，网络边缘设备会产生海量的实时数据，据思科互联网业务解决方案部门的预测，在马上到来的 2020 年，链接到网络的无线设备数量将增至 500 亿台。

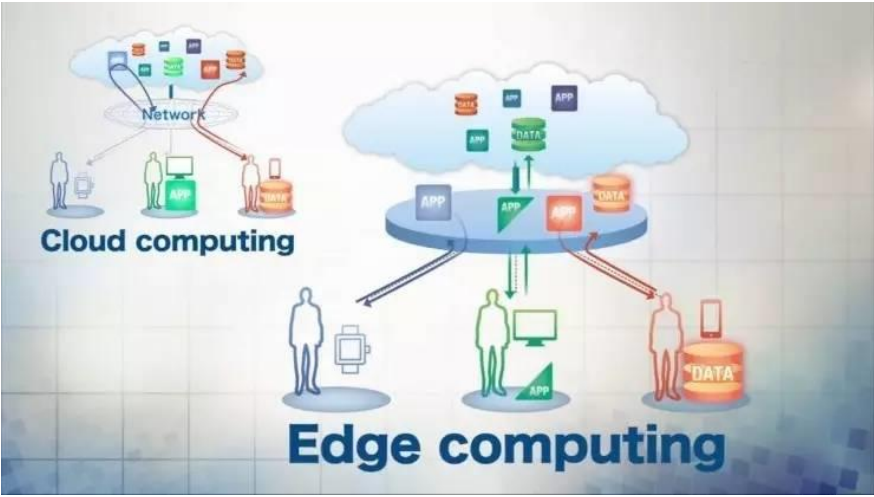
而物联网产生数据的 45% 将在网络边缘进行存储、处理、分析等一系列操作。全球数据中心数据流量预计总量将突破 10.4 泽字节（Zettabyte, ZB）。

需要说明的是，支持实时数据处理的边缘计算平台部署在边缘设备边上，在具有部份智能处理的边缘设备支持下，将为用户提供大量的服务或功能接口，用户可以通过调用这些接口来获取所需要的边缘计算服务。

综上所述，线性增长的集中式云计算能力已经渐渐的无法满足爆炸式增长的海量边缘数据，基于云计算模型的单一计算资源已经不能满足大数据处理的实时性、安全性以及低能耗等需求。而且如果服务的硬件不是在规模化的 IDC 机房里面，用户侧用来作边缘计算的服务器或 P C 更应是具有普通性的异构性的。这也是分布式系统一直追求的目标。

在现有的以云计算模型为核心的集中式大数据处理基础之上，亟待需要以边缘计算模型为中心，面向海量边缘数据的边缘式大数据处理技术。

以下的图标从另外的角度说明两者具有的异同：

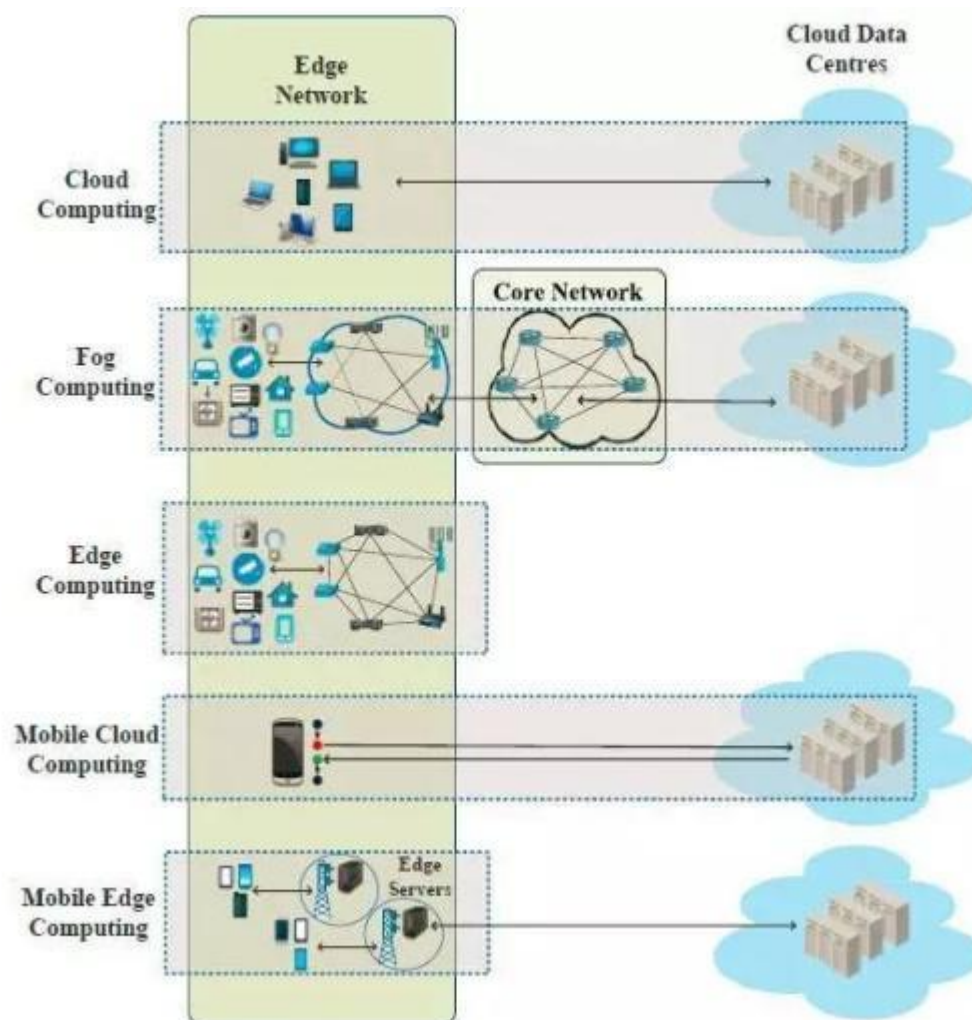


边缘计算和边缘计算平台

项目	云计算	边缘计算
计算方式不同	集中式计算	分布式计算
地点不同	远离	靠近应用场景设备或网关
功能不同	所有的数据分析和控制逻辑功能	收集数据、执行指令和部分分析功能
延时性	延时	低延时
隐私和安全	需要高度关注和采取措施	隐私性和安全性较高
数据存储	存储所有的收集的信息	仅向云发送有用的处理后信息
布署成本	高	低
计算能力	由性能强大的服务器组成	由性能较弱、分散的各类功能计算机（服务器）组成。是云计算的补充。
人工智能	云计算智能	继承云智能（精简智能），仅实现应用场景的大部分智能

云计算和边缘计算的比较





云计算，边缘计算和网络的关系

据 IDC 预测，未来超过 50%的数据需要在网络边缘侧分析、处理和储存。边缘计算将延伸至交通运输系统、智能驾驶、实时触觉控制、增强现实等诸多领域，成为运营商数字化转型的关键使能技术，技术进步为布署边缘计算提供了可能，因此边缘计算平台也是呼之欲出了。

## 4 雾计算

对于需要处理来自多个传感器的数据的项目，以及最小化延迟至关重要的项目，雾计算非常适合。基于这些特征，我们可以看到自动驾驶车辆非常适合使用雾计算。

自动驾驶汽车依靠多个传感器来获得它周围环境的全面解读。但是，在云中处理所有这些数据是不可能的，因为汽车需要尽快获得该数据的结果。拥有一个能立即处理该数据的网关设备，是让汽车正常行驶的关键。此外，网关设备必须能够过滤和查找需要发送到云端进行进一步分析的相关数据，从而减少所需的带宽。

当然，雾计算不是完全没有缺点。雾计算的最大问题是，整个系统的正常运行完全依赖于网关设备，这意味着网关可能是单点故障。类似自动驾驶车辆的系统中存在这样的问题可能非常危险，所以采用一种备份或冗余机制很重要。

雾计算实现是基于雾计算节点（FCN）的分散式计算基础设施，其位于终端设备和云之间的架构的任何点处。FCN 本质上是异构的，因此可以基于不同类型的元件，包括但不限于路由器，交换机，接入点，IoT 网关以及机顶

盒。FCN 的异构性为支持不同协议层的设备铺平了道路，并支持基于非 IP 的接入技术在 FCN 和终端设备之间进行通信。通过暴露统一的雾抽象层来隐藏节点的异构性，该抽象层暴露一组功能以执行资源分配和监视，安全性和设备管理以及存储和计算服务。这些功能由服务编排层使用，它接收来自最终用户的请求并根据请求的要求分配资源。

与云计算相比，雾计算所采用的架构更呈分布式，更接近网络边缘。雾计算将数据、数据处理和应用程序集中在网络边缘的设备中，而不像云计算那样将它们几乎全部保存在云中。数据的存储及处理更依赖本地设备，而非服务器。所以，云计算是新一代的集中式计算，而雾计算是新一代的分布式计算，符合互联网的“去中心化”特征。

一般而言，雾计算和边缘计算的区别在于，雾计算更具有层次性和平坦的架构，其中几个层次形成网络，而边缘计算依赖于不构成网络的单独节点。雾计算在节点之间具有广泛的对等互连能力，边缘计算在孤岛中运行其节点，需要通过云实现对等流量传输。

虽然，雾计算提出更美好的想法，但似乎目前无法落地和实现，但其中的一些创新点是可以用来借鉴和发展的。

## 5 边缘计算和雾计算

边缘计算、雾计算虽然说的是低延时，但是其 50ms、100ms 这种延时周期对于高精度机床、机器人、高速图文印刷系统的 100 $\mu$ s 这样的“控制任务”而言，仍然是非常大的延迟的，边缘计算所谓的“实时”，从自动化行业的视角来看——很不幸，依然被归在“非实时”的应用里的。

这样说起来，边缘计算需要借鉴一点通信的理念和概念了，如 SCADA 就是处理实时的机器信息和信号，但是值得指出，所有的云计算和边缘计算平台都只是利用通用计算机数据处理，该领域和专用的通信处理系统是有明显的区别。既然是通用，一般只能是用来做分析，做得最快，也不是实时控制，难以达到完全的 QOS 标准。边缘计算更多地是一个平台的概念，要求能基本处理用户的信息流。个人倒有一个观点，边缘计算平台可以算是计算机领域的，边缘计算能力和数据网络传输却可以算是通信领域的，尽管两者是多么地密切。

从数据库处理的角度来看，真正实时的应用应在 1-10ms 的样子，如同 OLTP（有提 < 1s）和 OLAP（>1s）的时间上的概念。

边缘应用和非边缘应用，借用通信的 QOS 的概念，边缘应用 < 10ms，实时性要求高（智能消防，无人机，自动驾驶，虚拟现实，某些实时制造场景）。

雾计算是指将计算、通信、控制和存储资源与服务分布给用户或靠近用户的设备与系统，从而将云计算模式扩展到网络边缘。雾计算最初是由思科提出来的，更侧重于在物联网上的应用。2015 年 11 月，ARM、思科、戴尔、英特尔、微软和美国普林斯顿大学联合成立了开放雾联盟（Open Fog Consortium），该联盟旨在通过开发开放式架构、分布式计算、联网和存储等核心技术以及实现物联网全部潜力所需的领导力，加快雾计算的部署。Open Fog 架构利用开放的标准方法，将云端的无缝智能与物联网终端联合在一起。2017 年 2 月，开放雾联盟宣布发布了 Open Fog 参考架构（reference architecture，RA），这是一个旨在支持物联网、5G 和人工智能应用的数据密集型需求的通用技术架构，该架构为雾节点（智能互联设备）与网络、部署模式、层次模型和用例提供了一个中高层次的系统架构视图，标志着雾计算向制定标准迈出了重要的一步，未来的工作将更偏向于新需求和底层细节的研究。

从这个角度看，雾计算更多地是把云计算中学习到的算法直接应用在物联网用户端，给用户直接的服务，而不是一个平台或是具有机器学习类似的功能。

雾计算提供了一个利用 M2M 网关和无线路由器等设备的计算层。这些被称为雾计算节点(Fog Computing Nodes)，用于在转发到云之前本地计算和存储来自终端设备的数据，从这个角度看，它是一种预处理的功能。

## 6 边缘计算和 5G 的关系

这个本身是松耦合的关系，4G,5G 是通道，由于 5G 专门设计了 IOT 的信道，所以移动运营商也在宣传这个边缘计算，面对物联网这个巨大市场，自然是不会袖手旁观的。

中国移动联合产业合作伙伴共同发布了边缘计算“Pioneer 300”先锋行动，并宣布将在 2019 年引入 100 个边缘计算合作伙伴；此外，中国移动还联合中国电信、中国联通及产业链合作伙伴共同发布基于最新一代 Intel CPU (Cascade Lake) 平台的 OTII 边缘定制服务器（服务器的概念可以有，是属边缘计算里的某种小子集）。

另外，中兴也联合英特尔角力边缘侧。中兴发布了搭载英特尔“最新英特尔至强 Scalable processor”的 ES600SMEC 服务器，该服务器配合 AI 加速卡，在边缘侧具有很强的神经网络推理能力。

其实，边缘计算平台师从云计算，仍是分布式计算机集群的概念，从分布式的理念来讲，要求结点是异构，并且单机的可靠性要求不用很高。

5G 在诞生之初便定义了三大应用场景：eMBB（增强移动宽带）、mMTC（海量机器类通信）和 uRLLC（超可靠低时延通信），相应的为满足高清视频、智慧城市、车联网等业务需求提供技术支持。

但值得关注的是，每个业务场景都有其自身所面临的一些挑战。例如，eMBB 将对网络带宽产生数百 Gbps 的超高需求，从而对回传网络造成巨大传输压力，单方面投资扩容汇聚与城域网络将大幅提高单位媒体流传输成本，无法实现投资收益；uRLLC 需要端到端 1ms 级超低时延支撑，仅仅依赖无线与固网物理层与传输层技术进步，无法满足苛刻的时延需求；mMTC 将产生海量数据，导致运营管理的巨大挑战，仅仅由云端集中统一监控无法支撑如此复杂的物联系统。

边缘计算恰好可以为这些问题带来解决方案。首先，边缘计算设备将为新的和现有的边缘设备提供连接和保护；其次，尽管 5G 将为基于云的应用程序提供更好的连接性和更低的延迟，但仍然存在处理和存储数据的成本。混合边缘计算/5G 解决方案将降低这些成本；最后，边缘计算可以让更多应用程序在边缘运行，例如分析，网络安全或合规性/监管应用程序，减短了由数据传输速度和带宽限制所带来的延时，并可对本地数据做初步分析，为云分担了一部分工作。从这个角度看，边缘计算需要有微服务的分布式应用环境了。

所以，我们可以清晰地看到，5G 是处于从属的位置，它是通道，而且不管如何，它也只能是通道之一。在物联网的数据中 5G 确实提供了有利的通道之一，而且物联网的数据多半是单向的流。但既然是通道，但就有很多种方式，除了有线的传输，无线的传输技术更是百花齐放，发展速度惊人。客观上说，由于 5G 对物联网有促进作用，也将间接促进边缘计算的快速发展。

据 Gartner 预测，到 2022 年，完成商用 5G 部署的通信服务提供商中将有半数会因系统无法完全满足 5G 用例的需求，而难以从后端技术基础架构的投资中获利。大部分通信服务提供商要等到 2025 年至 2030 年期间，才能在他们的公共网络上实现完整的端对端 5G 基础架构，因为他们首先把重心放在 5G 无线电通信上，然后才是核心网络切片和边缘计算。过度的宣传和边缘计算的关系，那自然是想分一杯羹，是商业的行为。

## 7 边缘计算和 CDN 的关系

CDN，内容分发网络。1998 年由 Akamai 公司提出。这种技术主要强调的是缓存技术。这里的服务器也可以称为缓存服务器。它需要中心平台的控制，比如负载均衡、内容分发和调度等功能模块。它依然受云的控制，作为缓

存节点，缩短云和用户之间的传输距离，云把请求任务发给 CDN 服务器，CDN 将内容发送给用户。

CDN 天然地是从互联网发展中演化出来的，而物联网更多地是跟工业互联网相关，工业互联网或物联网的概念最早由通用电气于 2012 年提出，随后美国五家行业龙头企业联手组建了工业互联网联盟(IIC)，将这一概念大力推广开来。除了通用电气这样的制造业巨头，加入该联盟的还有 IBM、思科、英特尔和 AT&T 等 IT 企业。

工业互联网的本质和核心是通过工业互联网平台把设备、生产线、工厂、供应商、产品和客户紧密地连接融合起来。可以帮助制造业拉长产业链，形成跨设备、跨系统、跨厂区、跨地区的互联互通，从而提高效率，推动整个制造服务体系智能化。还有利于推动制造业融通发展，实现制造业和服务业之间的跨越发展，使工业经济各种要素资源能够高效共享。

值得指出的是，在工业互联网中，低层的网络交换技术，也不同于互联网的，它要求低时延，可靠性（由双向环等拓扑结构，及双倍分发报文来保证）等特征，CDN 如何在物联网中分发单向的机器设备传感器等数据，我们将拭目以待。

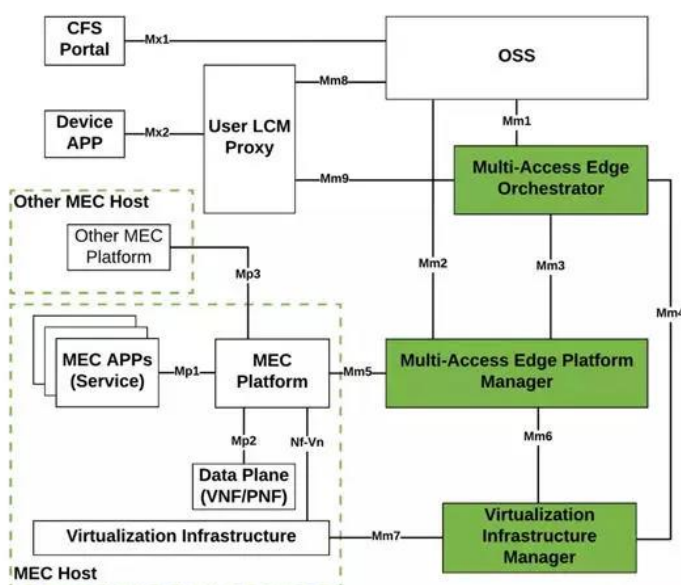
这个本身和边缘计算是松耦合和不相干的关系，如果物联网的流量是通过多层网络走的，如在广域网中传输，则确实需要在这部份业务作一定的控制，但 CDN 本身对业务的划分应是遵循 IP 业务的法则，如果物联网的业务本身是属于其中的一类，你就按规则传输就行了，但 IP 网络本身不是一个严苛的网络，尤其是低层不是面向对象的连接，所以并不能做到严格的质量传输和质量保证（guarantee of quality）。

## 8 移动边缘计算 MEC

MEC，移动边缘计算。它首先强调的是计算；其次，它强调边缘设备本身，它比较注重比如手机等用户设备。MEC 的定义和框架来自 ETSI，欧洲电信标准化协会，作为 MEC 行业规范小组(ISG)的一部分，于 2014 年 12 月开始工作。以下是 ETSI 的定义。

MEC 提出在蜂窝网络基站部署具有存储和处理能力的中间节点，从而在无线区域网络(RAN)中提供云计算能力。多接入边缘计算(MEC)为应用程序开发人员和内容提供商提供了云计算功能，以及在网络边缘的 IT 服务环境。这种环境的特点是超低延迟和高带宽以及对应用程序可以利用的无线网络信息的实时访问。

这个定义为电信运营商绘制了一张蓝图，以便通过 IaaS/PaaS 模型在边缘提供云计算功能。所以让我们在这里指出，MEC 的概念没有与 5G 结合，尽管它可以在满足 5G 的超延迟和千兆体验需求方面发挥重要作用。ETSI MEC 最初提供了一个框架和一个有趣的参考架构，如下所示。



移动边缘计算（Mobile Edge Computing, MEC）原型概念最初于 2013 年出现。IBM 与 Nokia Siemens 网络当时共同推出了一款计算平台，可在无线基站内部运行应用程序，向移动用户提供业务。欧洲电信标准协会(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)于 2014 年成立移动边缘计算规范工作组(Mobile Edge Computing Industry Specification Group)，正式宣布推动移动边缘计算标准化。其基本思想是把云计算平台从移动核心网络内部迁移到移动接入网边缘，实现计算及存储资源的弹性利用。这一概念将传统电信蜂窝网络与互联网业务进行了深度融合，旨在减少移动业务交付的端到端时延，发掘无线网络的内在能力，从而提升用户体验，并给电信运营商的运作模式带来全新变革，并建立新型的产业链及网络生态圈。2016 年，ETSI 把 MEC 的概念扩展为多接入边缘计算（Multi-Access Edge Computing），将边缘计算从电信蜂窝网络进一步延伸至其他无线接入网络（如 WiFi）。MEC 可以看作是一个运行在移动网络边缘的、运行特定任务的云服务器。

据估计，将应用服务器部署于无线网络边缘，可在无线接入网络与现有应用服务器之间的回程线路（Backhaul）上节省高达 35% 的带宽使用。到 2018 年，来自游戏、视频和基于数据流的网页内容将占据 84% 的 IP 流量，这要求移动网络提供更好的体验质量。利用边缘云架构，可使用户体验到的网络延迟降低 50%。据 Gartner 报告，全球联网的物联网设备至 2020 年将高达 208 亿台。在图像识别方面，服务器的处理时间增加 50~100ms，能提高 10%~20% 的识别准确率，这意味着在不对现有识别算法做改进的情况下，通过引入移动边缘计算技术，就可通过降低服务器同移动终端之间的传输时延改善识别效果

MEC 可以定义为边缘计算的实现，将计算能力和存储能力带到无线接入网中的网络边缘，以减少延迟并提高上下文感知能力。MEC 节点或服务器通常与无线网络控制器或宏基站共存。服务器运行 MEC 主机的多个实例，MEC 主机具有在虚拟接口上执行计算和存储的功能。MEC 主机被移动边缘编配器忽略，移动边缘编配器在管理移动边缘应用程序的同时，处理关于每个主机提供的服务、可用资源和网络拓扑的信息。MEC 服务器提供关于网络本身的实时信息，包括网络的负载和容量，同时还提供关于连接到服务器的终端设备的信息，包括它们的位置和网络信息。

## 9 微云

2009 年由 Satyanarayanan 等人提出。它实际上是一种具体的应用，在网络边缘，与互联网连接，为用户提供服

务, Cloudlet 是一种新的体系结构元素, 它源于移动计算和云计算的融合。它代表三层层次结构的中间层: 移动设备--Cloudlet--Cloud。可以将 Cloudlet 看作是一个"盒子中的数据中心", 其目标是"将云更加边缘化"。

cloudlet 基于专用设备, 这些设备具有类似于数据中心的能力, 但在逻辑上与消费者相近, 规模较小。这个范例允许终端设备通过与数据中心类似的资源供应将计算任务转移给 Cloudlet 设备。

cloudlets 是计算机或移动设备的集群, 提供附近移动设备使用的计算能力。到目前为止, Cloudlets 已被提议用于协助移动用户进行数据存储和任务处理。盒子中的数据中心的 Cloudlet, 运行虚拟机, 能够通过 WLAN 网络向终端设备和用户实时提供资源。这些服务是通过高带宽的单跳访问提供的 Cloudlet, 从而为应用程序提供低延迟。针对 Cloudlets 提出的软件体系结构基于三个层, 即组件层, 节点层和 Cloudlet 层。组件层通过为执行环境忽略的更高层提供接口来提供一组服务。在运行在操作系统之上的一个或多个执行环境形成一个节点, 由节点代理管理。由 Cloudlet 代理管理的 Cloudlet 层由一组位置相同的节点组成。

对于 Cloudlet 计算, Cloudlet 代理将检查 Cloudlet 和底层节点。Cloudlet 代理通过节点代理和执行环境与底层组件通信。组件中的策略违规将从组件层次结构上传递到 Cloudlet 代理。这允许 Cloudlet 代理在接收到请求时为底层节点做出优化选择, 以便具有更高处理能力的节点处理更复杂的查询。Cloudlet 代理还可以通过实例化新的虚拟机来提供和分配更多的资源, 以满足接收到的请求。

Cloudlet 有四个关键属性:

软状态: 它不具有任何硬性状态, 但会包括来自云的缓存状态。它还可以缓冲源自移动设备的数据, 保证到云中的数据安全性(例如视频或照片)。避免硬状态意味着每个 Cloudlet 在安装后, 其管理的负担是很低的: 它可以实现自我管理。

功能强大、连接良好、安全: 具备足够的计算能力 (即 CPU、RAM 等)。从一个或多个移动设备分摊密集型计算任务。它与云具有极好的连接性(通常是有线的互联网连接), 并且始终是保持在线的。该计算平台具有较好的完整性; 在生产级的质量的实现中, 必须具有防篡改、监视和运行时间证明的综合特性。

随手可得特性: 它在逻辑上接近相关的移动设备。"逻辑接近度"定义为端到端低延迟和高带宽 (例如, 单跳 Wi-Fi)。通常, 逻辑接近隐含了物理上的接近度。然而, 由于"最后一英里"效应, 但反过来却是不现实的: 物理接近度不可能确定逻辑的接近度。

基于标准云技术构建: 它将从移动设备上卸载代码封装在虚拟机(VM)中, 然后模仿类似于典型的如 AmazonEC2 和 OpenStack 的云基础架构。此外, 每个 Cloudlet 都有特定的 Cloudlet 角色功能。

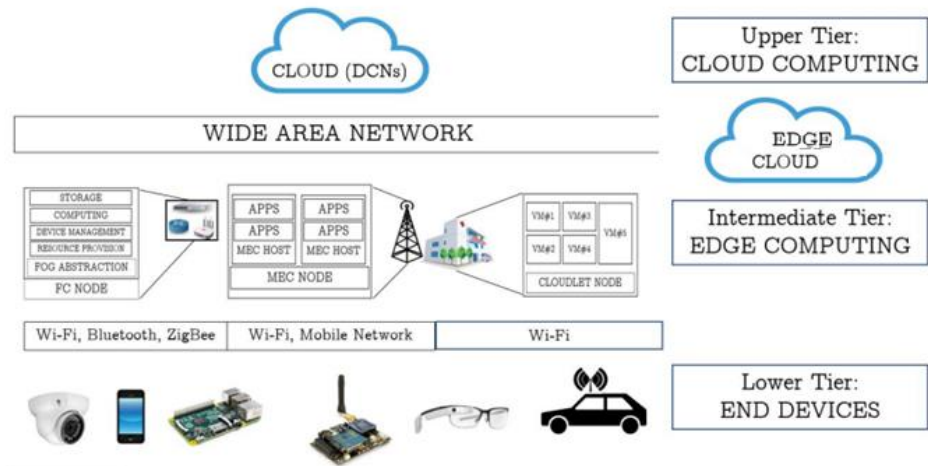
## 10 移动边缘计算、微云和雾计算

微云是由移动计算和云计算融合而来的新型网络架构元素, 它代表移动终端、微云和云三层架构的中间层, 可以被视作 "盒子中的数据中心"。微云是 OEC (Open Edge Computing) 的研究成果, 该项目最初由美国卡耐基梅隆大学发起, 而后受到了包括 Intel (英特尔)、华为、Vodafone (沃达丰) 在内的多家公司的广泛支持, 主要致力于对边缘计算应用场景、关键技术和统一 API 的研究。OEC 基于 OpenStack 开源项目进行扩展, 从而发展了微云, 目前其源码以及搭建方法也可以在 OEC 的官网上免费获得。微云的设计灵感来自于触觉互联网 (tactile network), 致力于实现信息的超低时延传输。相比于 MEC 和雾计算来说, 微云主要用于移动增强, 能够为移动设备提供丰富的计算资源, 尤其关注边缘的视频分析应用, 能够提取边缘数据的标签和元数据并传输到云, 以实现高效的全局搜索。此外, 微云还可以直接运行在终端上, 比如车辆、飞机等。

朵云, 也就是微云, 它很好的解决了移动云计算中的高延迟问题。Cloudlet 为拥有完整计算和存储能力的计算机或计算机集群, 且本地化的部署在与移动设备同一个局域网络中, 用户不需要经过核心网就可直接连接到朵云



端。如图所示，Cloudlet 通过稳定的回传链路与核心网云端连接，将云端计算服务前置，最大限度地发挥云端的能力的同时，又能使用户与计算资源的距离控制在一跳范围内。这里所说的 " 一跳 " 范围是指的 Cloudlet一般会通过 WIFI 和用户连接，WIFI 覆盖范围内的移动设备都可以使用 Cloudlet 提供的计算和存储服务。与普通的移动云计算模式相比，Cloudlet 同样具有丰富的计算能力，且与移动用户只存在一跳的传输距离，面对实时性要求较高的业务时，能够有效地减少服务的延迟。Cloudlet 这样的移动云计算实现模式虽然解决了高时延的问题，而它与用户的连接靠的是本地局域网或者 WIFI，导致用户在使用移动云计算服务的时候，移动性会受到极大的影响，不能做到“随时随地”地接入云端。



Cloudlet，EDGE Cloud, Cloud Computing 的关系图

MEC、微云和雾计算的比较

条目	发起者	部署位置	主要驱动力及应用场景	是否支持边缘应用感知	移动性和不同边缘节点上相同应用的实时交互的支持
MEC	诺基亚，华为，IBM，英特尔，NTT DoCoMo，沃达丰	位于终端和数据中心之间，可以和接入点、基站、流量汇聚点、网关等组件共址	主要致力于应用降低时延，适合物联网、车联网、视频加速、AR/VR 等多种应用场景	支持，特别支持对无线接入部分（如可用带宽）的感知	目前只提供终端从一个边缘节点移动到另一个边缘节点情况下的移动性管理支持
微云	美国卡耐基梅隆大学，英特尔，华为，沃达丰	位于终端和数据中心之间，可以和接入点、基站、流量汇聚点、网关等组件共址；还可以直接运行在车辆、飞机等终端上	主要从触觉互联网获得灵感，同样适用于物联网	本身不支持，但是支持该功能作为独立模块在微云本身之上进行扩展	目前只提供虚拟机映像从一个边缘节点到另一个离终端更近的边缘节点的切换的支持
雾计算	思科	位于终端和数据中心之间，可以和接入点、基站、流量汇聚点、网关等组件共址	针对需要分布式计算和存储的物联网场景设计	支持	完全支持雾节点之间的分布式应用之间的通信（例如智能交通灯之间的通信）

三者的发展历史

	雾计算	移动边缘计算	微云计算
节点设备	路由器，交换机，接入点，网关	在基站中运行的服务器	数据中心在一个盒子里
节点位置	在终端设备和云之间变化	无线网络控制器/宏基站	本地/户外安装
软件架构	基于雾抽象层	基于移动协调器	基于Cloudlet代理
上下文感知	中	高	低
接近性	单跳或多跳	单跳	单跳
访问机制	蓝牙，Wi-Fi，移动网络	移动网络	Wi-Fi
节点通信	支持	局部	局部

从网络角度看三者的关系

## 11 霪计算和霾计算

霪计算位于设备本身，是最末端设备里面的功能。跟云，雾相比，从字眼上来看，霪是由地面的小物体产生的，因此把它比喻成传感器上的智能。

霪计算旨在将计算能力放在每个网络边缘上，并放在设备的实际传感器上。此计算能力通常以嵌入在设备上的微芯片或微控制器的形式存在。显然，霪计算的处理能力是非常弱小的。

在传感器上配备计算能力是否是必需的？因为传感器的职责只是记录来自环境的数据，但通常还要把它们记录的信息传输到网络中的数据存储中。数据传输使用的电池电量比同等的计算进程要多得多。通过在传感器上配备计算能力，数据可以在存储之前先进行处理、预处理和优化。产生的数据将会小得多，在传输过程中消耗的能量也会更少。

尽管使用霪计算没有什么重大缺点，但它要复杂得多。不仅用于霪计算的系统通常是特定于应用的，传感器通常也是异构的，这些使得实现一个解决方案变得更加复杂。此外，霪计算架构中提供的处理能力通常是有限的，这为任何可能的解决方案增加了更多的限制。所以此类计算谈不上解决方案，只能算是传感器自身的一些功能罢了。

霾计算，有云就有雾，有雾就有霾，有了云计算和雾计算之后，“霾计算”这种比较奇葩的概念也顺理成章地诞生了。霾计算可以简单理解为垃圾云或雾计算，就是云计算和雾计算的对立面。霾计算概念可以很好地形容比较差的云计算或者雾计算，如果“云”或“雾”提供的服务，存在着安全问题、隐私数据被丢失泄露、数据传输不稳定、网络频繁出现中断、费用严重超支、用户访问体验差等一系列问题，其优势则可能远不如对用户的伤害，恰如“霾”对人体健康的危害，显然霾计算带来的负面更多。

霾计算就是接近实用的计算方式，所以也有人将霾计算当做中性词，中国工程院院士邬贺铨在 2017 年全球未来网络发展峰会上，就首次正是提到霾计算，将其作为一种新的计算方式定义，着重强调霾计算更接地气的一面，而不是那些缺点，赋予了霾计算更多积极的含义。

霾计算，可以简单理解为垃圾云或雾计算，因为云计算或者雾计算虽然概念先进，但也不是没有缺点。

霾计算的概念可以很好地形容比较差的云计算或者雾计算，如果“云”或“雾”提供的服务，存在着丢失泄露、传输不稳定、费用严重超支等问题，其优势则可能远不如对用户的伤害，恰如“霾”对人体健康的危害。

1.隐私与安全，因为云计算计算能力和数据都在云里，如何保证客户数据的安全就是比较重要的了。当别人掌握了你的资料时，隐私和安全都是你必须要考虑的问题是互联网世界，遭黑客攻击简直就是家常便饭的事。安全有两个方面，一个是数据不会丢失，这个一般服务商都会有备份能力解决，但是也是偶尔会发生丢失的；另外一个就是你的数据不会泄漏，这个虽然服务商也会采取一些措施，不让外部人员，例如黑客等攻击获取数据，但是服务商内部人员的问题也是很大的，例如前一阶段暴露的某国有大型移动运营商内部员工非法销售客户通话列表一事。当然服务商都会说数据放在他们那里是安全的，但是都是他们自说自的，没有一个第三方的。

比较热的云计算厂商亚马逊、谷歌、IBM、微软、甲骨文、思科、惠普、Salesforce、VMware、阿里等都没有完全解决这个问题，所以很多企业了解到所用数据的类型和分类后，他们还是会决定通过内部监管来控制这些数据。而绝不会将具备竞争优势或包含用户敏感信息的应用软件放在公共云上，这个也是众多企业保持观望的一个原因。

2.网络延迟或者中断。云计算一般都是远程通过网络访问的，虽然网速提高很快(远不能达到理想水平)，但是和局域网相比，速度还是有所延迟的，虽然在延时方面雾计算有着相对优势，但如果一旦网络中断(原因如地震、洪水、战争等)，无论是云还是雾，服务都无法访问。

其它的缺点也有很多，如带宽会耗费预算，厂商按流量收费有时会超出预算、企业的自\*\*降低、应用软件性能不够稳定，数据可能不值得放在云上，规模过大难以扩展，缺乏人力资本等等。

所以从概念上讲霾计算是一个参考点和磨刀石，霪计算也是一种小功能，对构成解决方案的意义并不大。

## 12 边缘计算的模式

边缘计算从整体上看可以作两种理解，它是靠近用户侧的一些分散计算力，包括雾，霪，微云，移动边缘计算。另一种理解就是边缘云或是综合私有云平台，用边缘计算很明显的优势就是数据安全的优势和快速响应，很多数据不用上远端的云平台，只要上边缘平台就足够了。

对于工业企业来说，如果边缘计算中心就设在本厂区的话，客观上大部分的数据就保存在厂区里面，所以大幅减少数据泄密和发生安全风险的概率。



同时，边缘计算的架构，有助于大幅缩短时延。

举个例子，如果云计算中心北京，在上海这边的数据量越来越大，可能在上海这个地方再设一个边缘计算中心，将计算一部分的功能下沉到边缘，类比车联网自动驾驶之间的数据，就不需要从北京绕个大圈，而是直接到上海这边的边缘计算中心，可以大幅缩短你的时延。

此外，我们期望这个边缘计算中心有更综合的功能，可定制一些不同企业不同的需求。比公有云更加有成本优势和针对性。

根据 IDC 的报告，2020 年将有 500 亿的设备 and 终端联网，这意味着物联网现在拥有巨大的市场机会。在这个基础上有 50% 的物联网网络，面临网络带宽的限制。但这只是对采集来的数据的预估，2020 年每个互联网用户每天访问的数据是几个 GB，可能还远远不止。每个智能医院每天生成 3TB 的数据，大家的硬盘大概是 2T 或者是 4T 的。

在贵州的那个大锅射电望远镜，FAST，一年产生的数据大概就是几百 PB。高能物理的大型电子对撞机产生的数据每年都是 900PB，他们需要的存储量非常惊人。

经过多年的发展和开源技术的应用，看来这个时代已不缺少技术，缺少的是如何组合这些技术，网络架构和运营方式，边缘计算，不只是一要解决计算力的问题，同时需要存储，智能，和代表新型的生产关系。

我们再次分析一下云上的技术：

一 是技术上各块不够融合

二 是运营方式如何区分私有和公有的问题，边缘计算是更多地用户自己拥有，还是依赖于运营商？从边缘，雾，霭的角度来看，是越来越多的用户拥有，越靠近客户端的东西越需要定制，边缘计算是一个分水岭，而雾和霭则比较确定的是设备的形式，而非运营的形式。

三 是网络架构，作为物联网的结构，它不同于互联网的双向的通信网络，物联网是单向的服务方式。

四 是用户有意愿自己建立私有的综合服务

五 安全问题，除了物联网的数据，我们认为用户自身的数据和网络，应是有的一种足够的安全机制，虽然区块链的技术首先会在金融，交易等领域得到应用，理论上不少的生产数据和信息也是需要某种程度上的安全和私密，不可更改性。

因此，大家差不多都会同意边缘计算平台具备计算，存储，虚拟，安全的能力，一种看法是把边缘的本地计算能力作窄化设想，(如智能手机)的形式提供计算能力，这种设想主方向是，一部份在边缘处理，另一部份仍上云处理，这种思路一般来自于大的云运营商，它仍需要维护原来的云服务赢利模式，

另一种更多的是宽化和泛化的设想，就是边缘计算平台它是一种平台，具备云的所有能力，物联网的数据在这里处理后，基本上再不用上云了，这种模式导致的是，用户享用自己的平台，买设备和软件，运营自己的业务。在这种设想下，是一种分布式的，不依赖于公有云的技术和思路，甚至用户的应用，也是跑在自己的容器云里面，也就是说边缘计算平台同时具有容器的功能。事实证明，区块链的平台，很容易运行在用户自己的包含容器的集群里面。

在历史上有两件重大的技术选择事件是值得思考的，这或许对边缘计算是提供一种示喻：

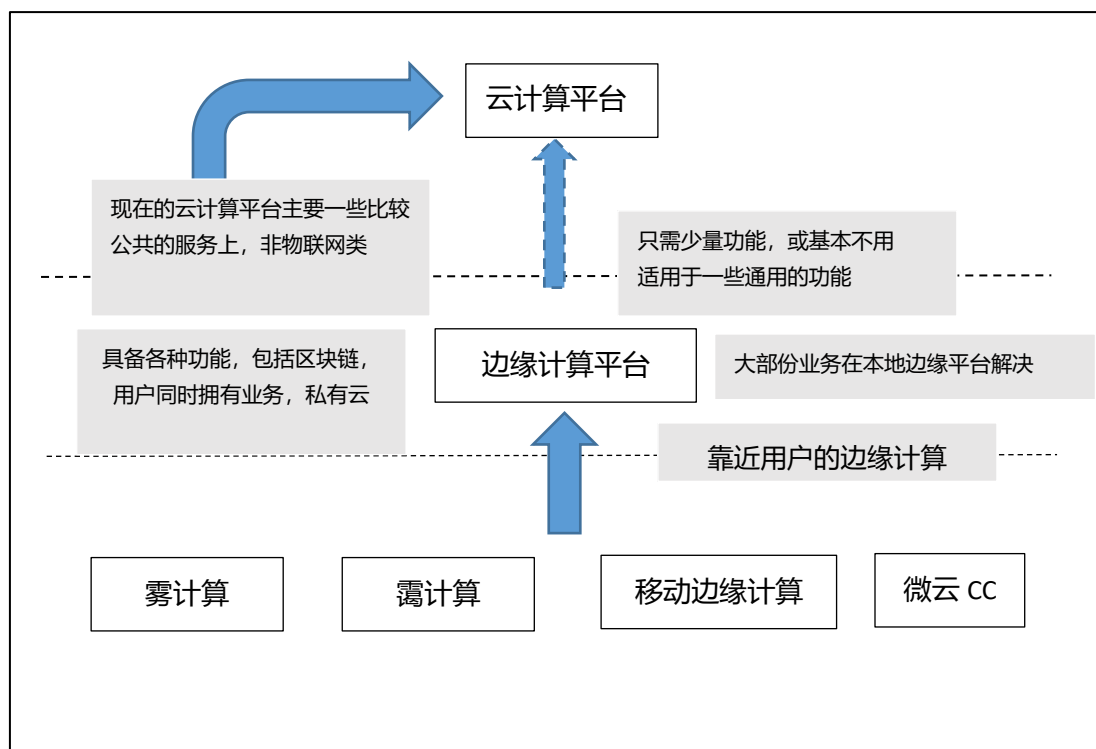
IP 和 ATM 技术的选择，虽然 ATM 提出严谨的 QOS 模型，业务也发展不错，但最后被 IP 打败（一种说法是 ATM 缺少桌面或是用户），ATM 是电信联盟提出的较为先进的理念，但最终被 IP 的快速技术叠代和自由意志打败（更多的是收费模式问题）。

另外一件事情是，4G 和 WiMAX 的选择，WiMax 代表的是自由的 IP 无线网络的理念，但由于 4G 有强大的 3G 基础（3G /4G 技术上关联不大），最后没有战胜强大的利益集团。

ECC 认为今后一个企业可能会同时采用很多朵云，没有这个前提，云所能带来的优势会大打折扣。这无疑从概念上来讲是对的，但我们希望这很多朵云是一朵综合的私有云，很多朵云意味着更大的成本和维护成本，我们同时也希望用户自己拥有它，既然大家用的都是开源的技术。

相对来说，计算机和软件的发展不同于通信系统，更加自由和开放，它的发展路径不太会受传统因素的诸多桎梏。

这里提出一种中央云下沉后的计算模式：



## 13 边缘计算平台的功能

边缘计算平台或边缘超融合云的功能应能解决：

### 延迟

云计算距离上离人们很远。数据从云端传输到需要它的位置需要花费时间。如果发出网络请求，则需要花费一些时间来下载所需的信息。有人说，“目前的时间大约是 100 毫秒，并将随着 5G 的发展而下降。”但是，无论技术多么先进，从光速定义的云中提取数据总是会存在时间延迟。用户离数据越近，延迟就越少。当然，光速可能是每秒 3 亿米，或者每 3 纳秒一米，但是当处理数百万条数据时，将其从可能相距很远的数据源中提取出来，这些纳秒累积起来构成了延迟。“实际上，网络中间有很多交换机和路由器，加上各种业务的带宽和选路，其中的时延是不小的，而且无法完全控制。如果企业拥有 CDN（内容交付网络）或拥有 5G，那么将使处理过程更接近用户，可以以最大程度地减少网络延迟。

### 带宽

第二个是可以解决从云中访问的数据量的限制。由于物理条件的限制，只能向广域网发送一定数量的数据，由于中间共享的带宽机制，会导致丢包或重传。因此，边缘计算的第二个好处是不受带宽的限制，因为企业正在设备上和最近处独享带宽方式处理数据，可以保证传输数据的可靠性。

### 综合的能力

目前，云计算的计算能力将超过边缘的计算能力。但这毕竟需要改变，边缘计算要有非常综合的能力，比现在的 HCI 还要再融合，要有存储，计算，大数据，人工智能，并具有区块链和 web3.0 的功能。这些功能都应该已在实现中，不会是空中楼阁。

### 可用性

除能力综合外，边缘的用户不会像公有云运营那样有众多的运维人员，分门别类地在管理不同的业务，这要求边缘计算的平台要更易于安装和管理，包括容灾备份，监控，配置的功能。



## 隐私和安全

当数据存储云中时，人们对于数据的控制能力就会降低。人们的可穿戴健康检查器可能会记录自己有关各种信息，但希望将其保密，这是个人信息，将其存储在本地边缘云且不允许这些数据渗入云中是一种好方法。

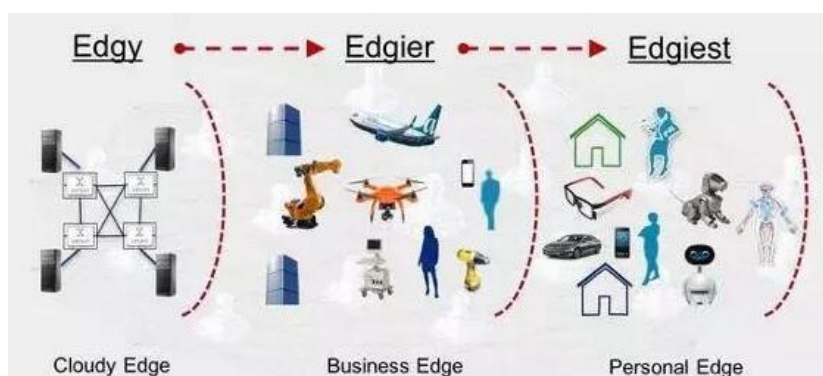
## 边缘计算中的应用环境

微服务架构是一项在云中部署应用和服务的新技术，微服务被认为是未来的方向。通过把应用和服务分解成更小的、松散耦合的组件，使它们可以更加容易升级和扩展。微服务的基本思想在于考虑围绕着业务领域组件来创建应用，这些应用可独立地进行开发、管理和加速。在分散的组件中使用微服务云架构和平台，使部署、管理和服务功能交付变得更加简单，目前而言，像 SPRINGCLOUD 等微服务架构和 Docker/K8s 等运行环境都是热门的话题，可以预计的是，这样的开发环境和应用程序环境也是可以在边缘计算平台上存在和积极地发展的。现代的应用程序大都是分布式和模块化的，由于运维和开发的需要，往往需要服务器的迁移，如果对每个应用都进行重新部署和调试，必须通过容器来打包应用，解耦运行平台和应用程序之间的关系，可以节约宝贵的时间和提高兼容性，这种通过容器来打包应用的方式将也是边缘计算平台里面的一个必要组成部份。

尤其是在中台数据和中间件服务器兴起的时代，此类的计算节点容易成为性能瓶颈和部署，容器技术具有天然的优势。边缘计算综合平台，既然已具备了虚拟，计算，大数据和存储的环境，也必然要给边缘计算的应用程序和开发环境有一席之地。

## 14 边缘计算的技术类型

在部署边缘业务时，有三种类型的边缘情景需要考虑。分别是个人边缘(personal edge)、业务边缘(business edge)、云边缘(cloud edge)，这是根据用户业务模式来分的



### 1)个人边缘

个人边缘计算围绕着我们个人，有时就在我们的身边，就在我们的家里；例如智能手机、家庭机器人、智能眼镜、医疗传感器，穿戴手表、智能音箱、其它家庭自动化系统。

个人边缘设备一般情况下是移动的，需要考虑续航能力、网络切换及离线条件的特性。

### 2)业务边缘

业务边缘用于汇聚个人边缘设备的信息，机器人、传感设备等信息在此处汇集并处理。此类设备可以部署在办公区域或家庭区域，用于支撑区域范围内的信息集中、交互、处理。

### 3)云边缘



一个复杂的物联网应用，将会涉及到多个云平台的协同。语音处理、人脸识别、医疗人工智能等垂直云平台的兴起，提高了物联网的智能化，但是对平台间的协作也提出更高需求。云边缘相当于在不同云平台侧提供数据解析、数据交互、数据协同的功能。

## 15 小结

我们从大型机时代进入 PC 时代，由 PC 时代进入云计算的时代，由于物联网的产生，云计算的功能必须下沉，并且要有综合性的功能，从而向边缘计算时代转型。

在集中式大数据处理时代，更多的是集中式存储和处理大数据，采取的主要方式是建造云计算中心，利用中心的超强计算能力来集中式解决计算以及存储的问题。发展到一定阶段，里面存在的寡头现象以及安全隐患不言而喻。

总体来说，云服务就是那高楼大厦，边缘超融合云，边缘计算，雾，霭就是各种分布式去中心化的形式，可以比喻成越来越大众化的广场舞，

大数据处理，云计算为中心的集中式处理时代，转向于以万物互联为核心的边缘计算时代，这将和分布式的区块链技术相映成辉。

作者联系方式：[astronee@microraindrop.com](mailto:astronee@microraindrop.com)

地 址： 上海市漕河泾开发区宜山路 2016 号合川路大厦 2 号楼 405 室  
电 话： 15990171789