

# 《边缘计算（MEC）技术及云边协同培训》课程大纲

## 壹、 主要目标与要求：

- (1) 什么是多接入边缘计算；
- (2) 边缘计算架构；
- (3) 多接入边缘计算核心技术：卸载技术、资源管理、移动性管理技术、使能技术等；
- (4) 多接入边缘计算应用场景（理论+案例）；
- (5) 边缘计算开源平台；
- (6) 结合公司现有行业软件架构做几个案例规划边缘计算改造，适应云边协同和边边协同模式（理论+案例）。

## 贰、 培训主要内容：

培训主要内容包括：

- (1) 多接入边缘计算的概念及技术特征
- (2) 边缘计算体系架构及系统组成描述
- (3) 多接入边缘计算的关键技术及应用
- (4) 多接入边缘计算的应用场景及案例
- (5) 5G网络中边缘计算部署及建设方案
- (6) 边缘计算开源平台类型及功能架构
- (7) 边缘计算规划及现有系统改造案例
- (8) 边缘计算与云边协同及边边协同方案

## 参、 培训对象：

公司产品经理、项目经理、售前支持人员、架构师、软件开发技术骨干以及有兴趣了解多接入边缘计算技术的人员。

## 肆、 培训时间及安排：2天/期，6小时/天

## 伍、 课程详细大纲：

### 1. 多接入边缘计算的概念及技术特征

#### 1.1 边缘计算（EC）的概念及技术特征

##### 1.1.1 边缘计算（EC）的概念

##### 1.1.2 边缘计算（EC）的技术特征

#### 1.2 移动边缘计算（MEC）的概念及技术特征

##### 1.2.1 移动边缘计算（MEC）的概念

##### 1.2.2 移动边缘计算（MEC）的技术特征

#### 1.3 多接入边缘计算（MEC）的概念及技术特征

##### 1.3.1 多接入边缘计算（MEC- Multi-Access Edge Computing）的概念

###### 1.3.1.1 Multi-access：多接入技术（2G/3G/4G/5G、NB-IoT、LTE-V/V2X、WiFi5/6、PON等）

###### 1.3.1.2 Edge：边缘

###### 1.3.1.3 Computing，计算

### 1.3.2 多接入边缘计算 (MEC) 的概念诠释

- (1) MEC 是一个商业概念：产业发展中可能出现多元化能力集的产品；
- (2) 不同规格的硬件形态：例如小型化、一体机、云化、600mm 深等；
- (3) 不同场景的软件能力：例如 LBO、CDN、高密计算等；
- (4) 不同商业模式、不同物理位置的部署形态：例如入驻式、独享/共享式等；
- (5) MEC 是为了满足云应用在本地闭环、移动网络分布式下沉以及终端算力上收，所形成的连接+计算的融合汇聚节点；
- (6) MEC 所处的位置由资产归属、时延体验、物理基础设施等相关因素共同决定。

### 1.3.3 多接入边缘计算 (MEC) 的技术特征

#### 1.3.3.1 大流量、低时延-业务本地化

#### 1.3.3.2 网关下沉-实现灵活路由功能

#### 1.3.3.3 网络能力开放-提升用户体验

#### 1.3.3.4 网络能力平台化-新业务创新

### 1.3.4 边缘计算、移动边缘计算、多接入边缘计算的区别与联系

## 1.4 边缘计算的标准现状与发展

### 1.4.1 边缘计算的标准化组织-ETSI 和 3GPP

### 1.4.2 边缘计算标准的发展

### 1.4.3 边缘计算 3.0 介绍

## 1.5 边缘计算的产业链及产业生态介绍

## 1.6 边缘计算的应用现状、场景及发展分析

## 1.7 MEC 的商业模式介绍

### 1.7.1 B2B2C 商业模式-MEC VR 直播

### 1.7.2 B2B 商业模式-港口视频监控

## 2. 边缘计算的体系架构、系统组成及产品形态

### 2.1 ETSI 定义的 MEC 标准架构

#### 2.1.1 MEC 的标准架构及组成

#### 2.1.2 MEC 的组件及功能

#### 2.1.3 MEC 的软件架构

#### 2.1.4 MEC 的标准接口及功能

#### 2.1.5 MEC 的 API 接口

### 2.2 3GPP 定义的 5G 网络服务标准架构

#### 2.2.1 C/U 分离的网络架构

#### 2.2.2 边缘计算的数据锚点-UPF

### 2.3 3GPP 定义的 MEC 标准架构、组件及标准接口

- (1) MEC Hardware/MEC IaaS: 提供 MEC 硬件和 IaaS；
- (2) 5G 核心网 U 面：SGW-U/PGW-U/UPF，将核心网 U 面下沉到边缘；
- (3) MEP: MEC Platform，提供服务注册、发现、注销以及平台能力开放；
- (4) VAS：Value-added Service，集成在 MEP 平台上，由运营商对 APP 提供的增值业务，例如 TO/NAT/FW 等；
- (5) ME APP：集成在 MEP 平台上，由 OTT 开发的边缘应用，例如 V2X server/CDN/AR VR 等。API: 网络能力开放、平台能力开放。

### 2.4 ETSI 与 3GPP 网络架构融合的关键点-UPF

### 2.5 4G/5G 网络中 MEC 的组网架构

#### 2.5.1 4G 现网中的 MEC 组网架构



#### **4.2.1.4 案例：企业园区/智能场馆的场景特征及 MEC 需求**

**4.2.1.4.1 企业园区场景特征：**（1）数据安全性和可靠性要求高，对数据的管理有区域意识；（2）有企业应用需求。

**4.2.1.4.2 智慧场馆场景特征：**（1）重运营能力，实时业务发放；（2）创新性强，可复制性不高。

#### **4.2.1.4.3 MEC 需求分析**

- （1）集成：APP 集成能力，集成企业应用、场馆应用，提供端到端打包的解决方案；
- （2）运维：集中和自动化运维能力，减少行业对设备运维的投资；
- （3）硬件：满足不同环境部署条件的系列化硬件，低成本，高转发；
- （4）运营：场馆类业务需要具备实时业务订购和发放能力，同时结合流量统计和计费，能够提供给运营商和 OTT 对账。

#### **4.2.2 案例：宁波滨海新区智慧园区 4G+MEC 建设方案**

##### **4.2.2.1 宁波电信 LTE+MEC 园区网的组网方案**

##### **4.2.2.2 智慧园区 4G+MEC 方案提供的服务**

#### **4.2.3 智能制造/工业控制场景边缘计算应用案例分析**

##### **4.2.3.1 工业互联网端到端的系统架构及组成**

##### **4.2.3.2 工业互联网场景 5G+MEC 组网总体方案**

##### **4.2.3.3 5G+MEC 平台实现工业控制**

##### **4.2.3.4 智能制造场景 5G+MEC 实现物流自动化**

#### **4.2.4 MEC 内容区域化应用场景实例**

##### **4.2.4.1 内容区域化：大带宽业务下沉至区域,节省传输资源、确保体验**

##### **4.2.4.2 AR/VR 场景边缘计算应用案例分析**

###### **4.2.4.2.1 AR 场景：5G+AR 智能眼镜+MEC 实现观赛**

###### **4.2.4.2.2 5G+MEC+云 VR/AR 实现多角度视频直播**

##### **4.2.4.3 高清视频场景边缘计算应用案例分析**

###### **4.2.4.3.1 视频流分析边缘计算应用概述**

###### **4.2.4.3.2 视频监控的视频流分析处理应用**

##### **4.2.4.4 mCDN-视频优化场景边缘计算应用案例分析**

#### **4.2.5 MEC 超低时延应用场景案例分析**

##### **4.2.5.1 无人机投递场景案例分析**

##### **4.2.5.2 自动驾驶场景案例分析**

##### **4.2.5.3 远程驾驶场景案例分析**

##### **4.2.5.4 编队行驶场景案例分析**

### **5. 5G 网络中边缘计算部署及建设方案**

#### **5.1 MEC 部署方式的演进**

#### **5.2 5G 网络中 MEC 的部署原则**

#### **5.3 MEC 的部署位置-Cloud X**

##### **5.3.1 边缘云**

##### **5.3.2 本地云（区域云）**

##### **5.3.3 中心云（核心云）**

#### **5.4 MEC 的部署策略**

##### **5.4.1 基于业务时延需求的 MEC 部署策略**

##### **5.4.2 基于本地分流需求的 MEC 部署策略**

#### **5.5 5G 网络中 MEC 的部署方案**

- 5.5.1 站点机房：MEC 与本地 UPF 及基站并置
  - 5.5.2 综合接入机房：MEC 与传输节点（可能与本地 UPF）并置
  - 5.5.3 汇聚机房：MEC 与本地 UPF 及网络汇聚点并置
  - 5.5.4 核心机房：MEC 与核心网络功能并置（在同一数据中心）
  - 5.5.5 5G 网络 UPF 下沉集成部署 MEC
  - 5.5.6 5G 网络中部署集成 MEC 的第三方云
  - 5.5.7 大规模物联网应用场景中 MEC 的部署
- 6. 边缘计算开源平台类型及功能架构**
- 6.1 边缘计算开源平台的类型（根据边缘计算平台的设计目标和部署方式分类）
    - 6.1.1 面向物联网端的边缘计算开源平台
    - 6.1.2 面向边缘云服务的边缘计算开源平台
    - 6.1.3 面向云边融合的边缘计算开源平台
  - 6.2 面向物联网端的边缘计算开源平台介绍
    - 6.2.1 平台目标：解决设备接入方式多样性问题
    - 6.2.2 部署位置：网关、路由器和交换机等边缘设备
    - 6.2.3 代表性开源平台
      - 6.2.3.1 EdgeX Foundry 边缘计算开源平台-Linux 基金会
      - 6.2.3.2 Apache Edgent 边缘计算开源平台-Apache 软件基金会
    - 6.2.4 EdgeX Foundry 边缘计算开源平台架构及微服务组件介绍
    - 6.2.5 Edgent 应用开发模型及组件介绍
  - 6.3 面向边缘云服务的边缘计算开源平台介绍
    - 6.3.1 平台目标：优化或重建网络边缘基础设施，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
    - 6.3.2 部署位置：蜂窝网络基站、中央端局、在网络边缘的小型数据中心等
    - 6.3.3 代表性开源平台
      - 6.3.3.1 CORD 项目-开放网络基金会（ONF）
      - 6.3.3.2 Akraino Edge Stack-Linux 基金会
    - 6.3.4 CORD 的硬件架构及软件架构介绍
  - 6.4 面向云边融合的边缘计算开源平台介绍
    - 6.4.1 平台目标：将云服务能力拓展至网络边缘
    - 6.4.2 部署位置：路由器和交换机等边缘设备
    - 6.4.3 代表性开源平台
      - 6.4.3.1 AWS Greengrass-亚马逊公司
      - 6.4.3.2 Azure IoT Edge-微软公司
      - 6.4.3.3 物联网边缘计算平台 Link IoT Edge-阿里云公司
      - 6.4.3.4 Azure IoT Edge-微软公司
    - 6.4.4 Azure IoT Edge 边缘计算开源平台架构及组件介绍
  - 6.5 各种边缘计算开源平台的差异分析
    - 6.5.1 设计目标：解决的问题领域、系统结构和功能设计
    - 6.5.2 目标用户：网络运营商、普通用户
    - 6.5.3 可扩展性：满足用户应用动态增加和删除的需求
    - 6.5.4 系统特点：不同应用领域的边缘计算开源平台具有不同的特点
    - 6.5.5 应用场景：智能交通、智能工厂和智能家居，增强现实（AR）/虚拟现实（VR），边缘视频处理，无人车等

## 7. 边缘计算规划及现有系统改造案例

结合公司现有行业软件架构的边缘计算规划、改造，适应云边协同和边边协同模式的案例分析与实施方案（理论+案例）。

## 8. 边缘计算与云边协同及边边协同方案介绍

### 六、 培训方式/工具及方法

培训方式及方法：

本课程采用模块化教学方法，通过理论讲授，案例分析，方法传授、动画演示、互动讨论，讲师点评、实战演练、项目展示等多种教学手段与方法，将 IT 与 CT 融合技术与大量的实战案例结合起来，达到学以致用、解决实际问题的目的。

培训工具：PPT 讲义、项目案例演示、投影仪、白板、白纸、彩笔、音响设备、话筒等。

评估方法：（1）学员学习成果（项目解决方案）评估；（2）学员打分评估。

### 七、 讲师介绍

李文耀：副教授，硕士生导师，全国优秀教师。1991年毕业于北京邮电大学，国内通信行业精通各种通信网络与技术的网络专家、技术专家，全国通信行业资深讲师，高级网络架构师、高级咨询师，工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心考评员，中国 NB-IoT 产业联盟专家组成员，中国物联网产业应用联盟专家组成员，中国通信工业协会物联网分会专家组成员、原邮电部武汉邮电科学研究院情报中心高级研究员，武汉邮电科学研究院·烽火科技集团高级培训师，华为杭州研究院运营商业务培训与认证部特聘智慧城市领域专家。《中国光电》杂志、中国光电网（www.optochina.net）编委会成员，《通信世界》杂志特邀撰稿人，被评为 2011-2012 年度通信产业先锋技术人物，2012 年全国通信行业“金牌培训讲师”。

长期从事电信运营商的通信技术咨询、交流与培训，研究生、本专科生、通信企业员工培训、用户培训和援外培训的教学与科研工作；多次参与工业和信息化部通信行业职业技能鉴定中心有关通信行业职工通信技术技能鉴定工作；多次参与国内外主要设备制造商、中国电信、中国移动与中国联通三大电信运营商、通信网络规划与设计单位、通信网络工程建设与维护单位、广电与电力行业通信部门等的通信新技术交流、咨询与培训工作。在 5G、NB-IoT、物联网、云计算、大数据、人工智能、区块链、互联网、移动互联网、智慧城市、智慧社区、智能小区、智能家居等领域有一定的造诣和工程建设实践经验。

诚实做人，学识渊博、知识结构全面、亲和力强、在业界有一定影响。既有雄厚而扎实的理论基础、精湛而熟练的技术、又有丰富的理论及实践教学经验和技巧、做过项目课题、产品研发、还参加过通信网络的规划与设计、通信工程建设、网络运维及新业务开发等工作。

在长期的教学与培训实践中形成了独具特色、自成体系的教学风格和教学方法，最大特点在于以人文的思想与方法进行教学，生动活泼，富于激情与感染力；教学针对性强，知识全面、思路清晰、逻辑严密、结合丰富的案例进行教学，深入浅出、诙谐幽默；通过互动教学，解决学员在实际工作中遇到的各种问题，让学员在短时间内取得较大收获。学员上万人，遍及国内外通信行业，广电与电力行业，学员对教学效果评估，满意率均达 90%以上。

曾主持并参与部级科研课题 5 项，省级科研项目 10 项，与他人合著技术参考书 2 部，在国内外刊物上发表论文 20 多篇，多次获奖。