



ERICSSON

# 信报

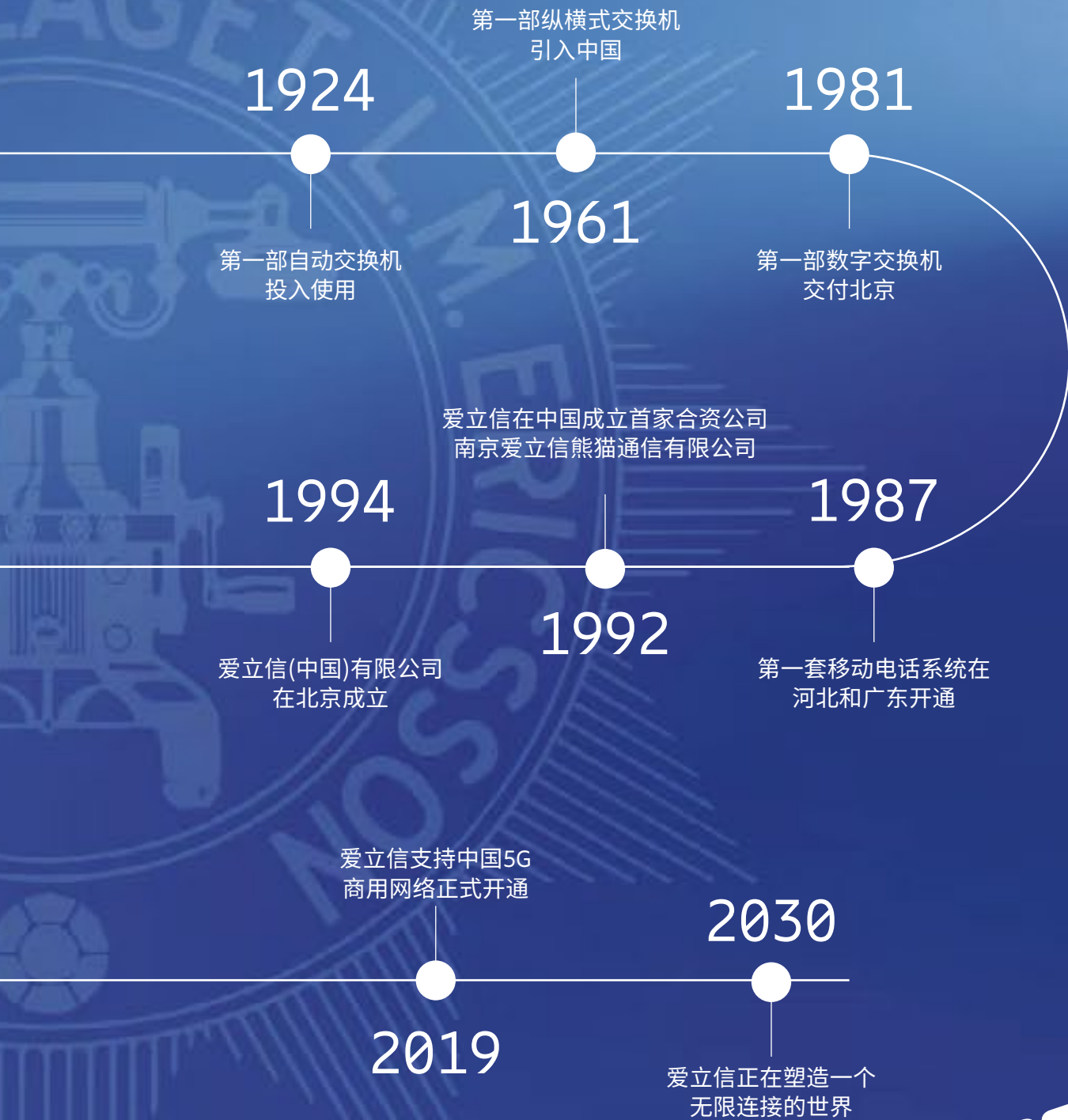
2022年 | 精编版

2022年11月

从1892年爱立信与中国签订了第一个供货合同到1894年2000部电话机远渡重洋抵达上海，爱立信与中国的百年故事就此拉开了序幕。

如今，已经扎根中国130余年的爱立信也是唯一一家从1G到5G全程参与中国通信网络建设的企业。在未来，爱立信将不忘初心、保持创新、敢于畅想、敢于实践，继续书写好下一个百年的中国故事。

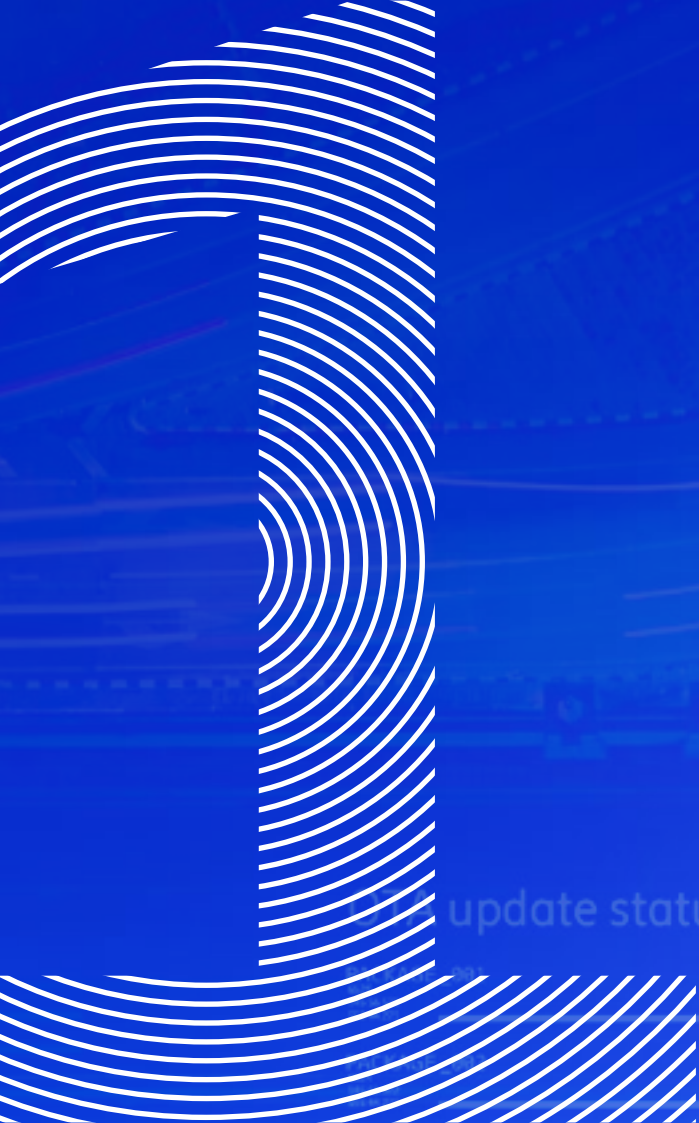






# 目录

- 07 6G网络 – 连接虚拟和现实世界的桥梁
- 26 5G Advanced: 通向6G的演进
- 37 5G网络下的全息通信
- 46 元宇宙里的5G
- 56 5G集成TSN支持工业自动化
- 63 UE分组架构助力5G多样化的业务
- 65 爱立信“零接触”自智网络为5G开启智能新篇章
- 72 迈向“零接触”网络管理
- 75 适用于混合云和多云环境的5G架构
- 85 网络演进: 未来之路



update status

PACKAGE\_003  
0000  
00000000  
00000000

PACKAGE\_004  
0000  
00000000  
00000000

PACKAGE\_005  
0000  
00000000  
00000000

- 
- 6G网络-连接虚拟和现实世界的桥梁
  - 5G Advanced:通向6G的演进

# 6G网络-连接虚拟和现实世界的桥梁



扫码探索更多

5G网络扩展之势继续席卷全球;网络正提供注定将改变整个社会的全新通信功能和服务。5GAdvanced网络正推动着下一波发展浪潮,带来增强型移动宽带(enhanced Mobile Broadband, eMBB)、超可靠低时延通信(ultra-reliable low latency communication, URLLC)和海量机器类通信(massive Machine Type Communication, mMTC)等领域的更强大功能。

毋庸置疑,长期社会变革将催生5G网络所无法化解的种种挑战。到2030年,5G网络影响社会发展的时间将达到10年,我们从5G网络部署中吸取了经验教训,同时新需求和新服务不断涌现。尽管5G网络具有与生俱来的出色灵活性,我们仍会发现需要进一步

扩展,采用新功能[1]。这就要求我们在社会需求的拉动和新面世的更先进技术工具的推动下进一步发展演进,迎接即将到来的6G时代。

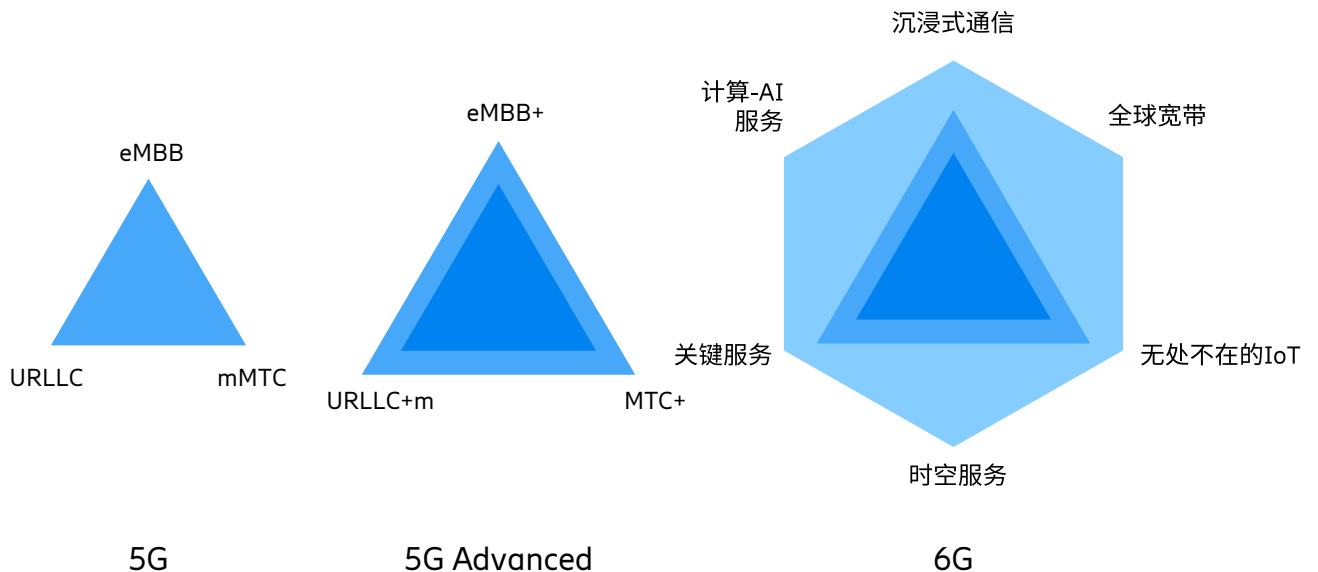
未来网络将成为一个基本要素,支撑生命、社会和产业的几乎所有方面的正常运转,满足人类及智能机器的通信需求。要最有效地顺应这一趋势,行业和科研社区应紧密合作,为实现共同的愿景而努力。

与6G时代的各种挑战相关的4大主要驱动因素正日益显现:社会核心系统的可信性、借助移动技术的高效性实现的可持续性、旨在简化和改进人类生活的不断加速的自动化和数字化、随时随地增强普遍通信的

无限连通性。

要化解这些未来挑战,6G网络需要继续突破5G网络的技术极限,进一步推动关键服务、沉浸式通信和无处不在的物联网(IoT)。此外还应探索全新的功能维度,集成计算服务,提供通信范畴之外的功能,如空间数据和时间数据。

本白皮书简要描述了2030年的6G网络世界愿景,重点讨论未来网络应实现哪些目标,以及应开发哪些技术来实现这些目标。



## 2030年的虚拟-现实世界

到2030年，整个社会将围绕日益先进的技术发生重大变革，网络将成为通信和信息传输骨干，实现随时随地通信。

伴随无线网络连接成为社会生活的一个基本有机组成部分，对通过网络连接传输的数据及网络连接本身的信任、数据服务及计算平台功能将变得更为重要。社会应能够完全依赖网络来交付关键服务，确保所发送信息的完整性。不管是人还是各产业，都必须能够依赖经过验证的身份，同时尽享全面的私密性。

可持续性至关重要，社会各界需要携手实现联合国可持续发展目标(SDG) [2]。无线网络在实现这些目标方面已经扮演着重要角色。而且显而易见，它们在做出更大贡献，提高资源利用效率，支持新的生活方式方面同样有着巨大潜力，因此成了推动积极变革的重要工具。

人工智能(AI)可以降低对人为参与和监控的需求，进而优化和简化多种流程，改进运营。因此，为了进一步优化社会效率，简化人类生活，人工智能

技术的快速普及指日可待。为此，网络必须基于数据驱动的架构，在各种系统中使用海量数据支持AI；而且其设计应考虑最高的安全性和可解释性。

今天，有着极苛刻要求的应用程序快速增加。它们需要很低的时延和很高的数据传输速率，以支持虚拟现实、增强现实和混合现实等应用，实现对敏感操作的远程控制。随着2030年日益临近，这一趋势预计将继续存在，而且对网络性能的需求也将进一步增加。

可信性

面向依赖关键信息的产业和社会的可信通信及计算

可持续世界

通信和网络作为可持续发展的一部分和“推动者”(enabler)

简化的生活

在系统中大规模使用人工智能，确保最有效的帮助和最高的效率

应用需求

要求极致连接性能的经过扩展的服务及新服务

## 6G模式转变

要化解未来挑战，还意味着必须转变某些基本网络模式。势在必行的转变包括：

从安全通信  
到可信平台

从能效到可  
持续转型

从手动控制到  
学习网络

从分离的物理世界  
和数字世界到  
虚拟-现实世界  
统一体

从数据管理到  
数据所有权

从陆地2D到全  
球3D连接

从预定义服务  
到以用户为中  
心的灵活服务

从数据链路到通  
信之外的服务



### 从安全通信到可信平台

扩大服务范围,从保护数据扩展到在相关场景下确保端到端服务交付



### 从数据管理到数据所有权

确保发送给第三方的个人和关键数字资产的管控和私密性



### 从能效到可持续转型

资源利用高效的网络,通过有效的数字化影响社会,减小环境影响



### 从陆地2D到全球3D连接

旨在实现全面数字化,确保对农村地区、海上甚至空中的无限网络连接覆盖



### 从手动控制到学习网络

在整个网络中使用智能和数据,将重点从指导系统如何实现目标转移到提供可自动实现目标的系统



### 从预定义服务到以用户为中心的灵活服务

利用灵活的网络适应用户需求,允许各种应用带来影响,而不是预先定义服务和接口



### 从分离的物理和数字世界到虚拟-现实世界统一体

网络平台不仅应连接人类和机器,还应实现全面的融合现实,支持无缝交互,打造沉浸式体验



### 从数据链路到通信之外的服务

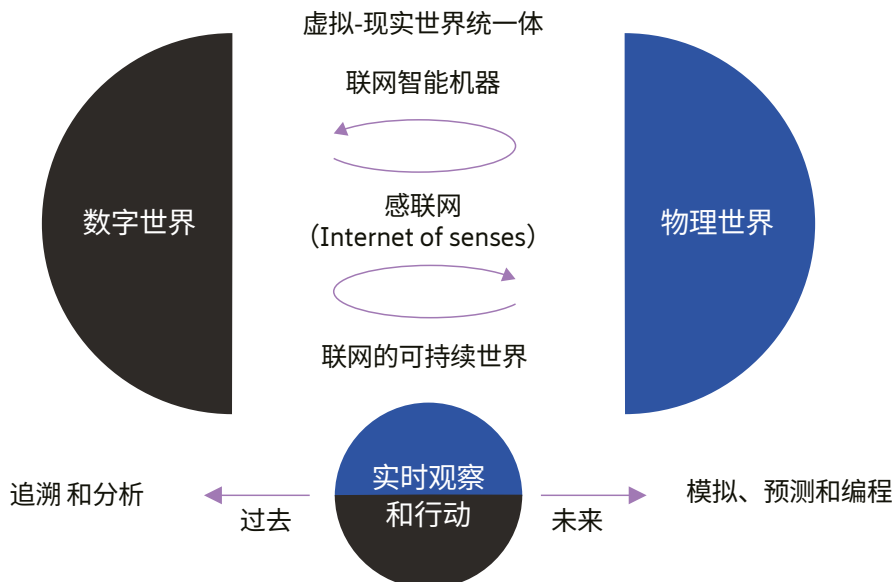
扩大网络角色范围,作为多功能信息平台交付可用于各种目的的全面服务

## 利用技术推动社会转型

6G可引领我们进入虚拟-现实世界统一体,在由知觉、行为和体验组成的物理世界和可编程的数字世界之间架起一座桥梁。网络提供智能和无限的连通性,实现物理世界和数字世界间的完全同步。嵌入到物理世界中的

大量传感器实时发送数据以更新数字世界呈现方式。真实物理世界中的执行机构执行数字世界的智能体发出的命令。我们可以追溯和分析过去的事件、实时观察并采取行动,并模拟、预测和编程未来操作。与元宇宙

(虚拟化身进行交互的VR/AR世界)相比,虚拟-现实世界统一体与现实世界的联系更紧密;数字对象被映射到以数字化方式呈现的物理对象上,使它们可以通过“融合现实”的方式无缝地共存并增强现实世界。



在上述4大因素的驱动下,新的应用领域将不断出现,要求将来的网络提供更多新功能。但现有应用的未来发展以及填补数字鸿沟也是同等重要的事情。

可编程的数字世界可以提供整座城市的交互式4D地图,精确地显示位置和时间,而且可以由大量人和智能机器同时访问和修改,实现详尽的活动规划。这些虚拟-现实服务平台可以向大规模可控制系统发出命令,如公共交通、垃圾处理、供水和供暖管理系统,以提高资源利用效率、增强控制和弹性。

在测量人体机能的微型节点和提供药物建议及物理帮助的设备推动下,精准医疗应运而生,并将以连续接受在线分析的数字世界为后盾。人类生命科学领域的这种高度技术集成通过可用性、安全性和数据私密性彰显了可信性的重要性。这还需要具有以下特征的新型设备:可以嵌入到几乎任何地方,无需维护,使用高效的分布式处理和管理,并在人体网络中安全地通信。

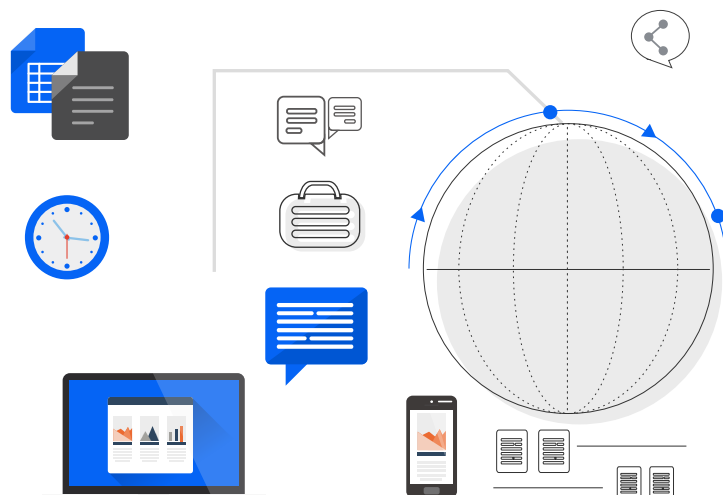
将来,城市的地面和空中将充斥大量自动驾驶汽车和飞机,因此需要实时4D地图来管理密集的车流。网络传感器架构可以从传感基站及车载传感器中汇总精确的测量结果和全球数据,然后与轨迹数据一同共享,可以用于指导完成安全、清洁而高效的交通运输。

自动社会将受益于AI辅助功能,帮助增进人民福祉,简化人们的生活。例如,协作性AI智能陪练可以更安全而高效地完成许多需要手工操作的艰巨任务,在工业生产和家居生活中带来帮助,自动运行并适应人类行为。这种高度可信的信息物理系统可以平滑顺畅地与人群及其它智能机器进行交互,需要极高的可靠性和弹性、精确定位和感知、低时延通信、AI信任和集成。从个人层面讲,智能身份和偏好处理将在日常生活中帮助人类,根据人们的偏好管理与联网世界的交互并相应地改变联网世界。

要构建可持续的新世界,需要全社会的共同努力,借助网络确保全球范围的“数字包容”(digital inclusion)。这包括多种要素,如在地球上每一个角落支持智能自动化服务、通过全球联网传感器监控森林和海洋状态、推动资源利用高效的联网农业生产、提供面向每个人的数字化个人医疗、帮助全球各地的学校和医院等机构使用高端服务等。通过在全球范围内对商品进行端到端生命周期跟踪,自主供应链可以加快整个循环经济的发展速度。数字资产跟踪可以减少浪费,自动完成回收。综合起来,这要求真

正的全球覆盖,需要极高的能源、原材料利用率和经济高效性、嵌入式自主设备及传感器、具有高可用性和安全性的网络平台。

沉浸式通信将带来全面的远程呈现(telepresence)体验,使距离不再成为人类互动的障碍。具有人类级别感知回馈的扩展现实(XR)技术[3]需要很高的数据传输速率和容量、通过精确定位和感知实现的空间映射以及通过边缘云处理技术实现的端到端低时延。这方面的一个例子是公共交通领域无处不在的混合现实应用。它可以为每位乘客提供独特的虚拟体验,使他们能够运行虚拟差事,通过扩展现实(XR)获得指导,并将虚拟游戏覆盖到物理世界。此外,通信技术将打造全面融合的现实环境,允许在物理世界和数字世界间转换使用感觉和全息图片。支持精确人体交互的个人沉浸式设备将允许从远程进行体验和执行操作,确保沉浸式感觉,更有效地满足人们的通信需求(这一点的重要性在新冠肺炎疫情期间变得尤其清晰),同时增加全新的通信模式,实现对访问操作和身份的严格控制。



## 6G: 未来的网络平台

日益增长的预期为行业和研究社区制定了清晰的目标——6G网络应利用不间断智能通信功能,帮助打造一个高效、对人类友好而且可持续的社会。

### 所需功能

与现有网络相比,未来无线网络若欲作为支持各种新老服务的平台,其功能必须从多个维度得到增强和扩展。这既包括传统功能,如可实现的数据速率、时延和系统容量,又包括新功能——其中某些可能具有更明显的“性质”特征。应该注意的是,未来无线网络的功能不仅应匹配目前设想的应用场景,还应确保可支持当前计划之外的未来服务。

首先是传统功能,未来网络应在所有相关场景下实现更高的数据速率和更低的时延。这包括在某些场景下提供每秒数十万兆比特的数据速率及不到一毫

秒的端到端时延。同样甚至更重要的是,未来网络甚至应以可预测的低时延和很小的抖动提供高速网络连接。

未来的无线网络应能够经济高效地满足快速增长的流量处理需求。基本无线接入技术的更高频谱效率是实现这一目标的影响因素之一,另一个因素是如何自然而然地获取额外的频谱。但更重要的是,如何真正经济高效地完成超高密度网络的部署。

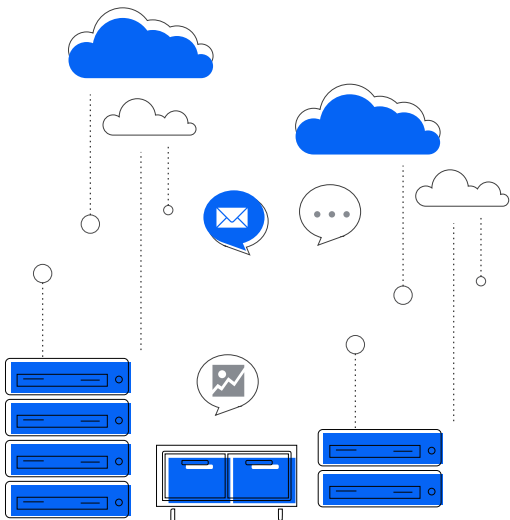
我们需要继续扩展无线通信网络,实现全面的全球覆盖,即消除数字鸿沟,实现对偏远地区的覆盖,同时支持整个社会上无处不在的数量多得多的设备。这方面的一个关键要素是要确保用户和服务提供商的总成本都保持在一个可持续的水平。

在5G网络的发展过程中,出色的网络能效是一项关键要求。对未来无线接入解决方案来说,这一要求将更加重要[4]。非常关键的一点是,预期的大幅流量增长不会导致能耗的相应增加。流量传输速度的加快不应意味着能量消耗也会不断增加。此外,节点中没有流量时,能耗应趋于零。

随着无线网络日益成为当今社会的一个关键要素,网络弹性和安全功能变得至关重要。基础架构的某一部分由于自然灾害、本地扰动或社会动荡而无法运行时,网络必须能够正常提供服务,而且必须能够可靠地抵御有意而为的恶意攻击。

在可信性方面,网络应能够利用新的保密计算技术,提高服务可用性,提供增强的安全身份验证、协议和端到端保障。

这些网络将需要具备可靠的计算和AI集成基础架构的功能,允许快速开发和部署分布式应用及网络功能,提供数据和计算加速服务;并保证能够在整个网络中实现这些目标,同时保证性能。

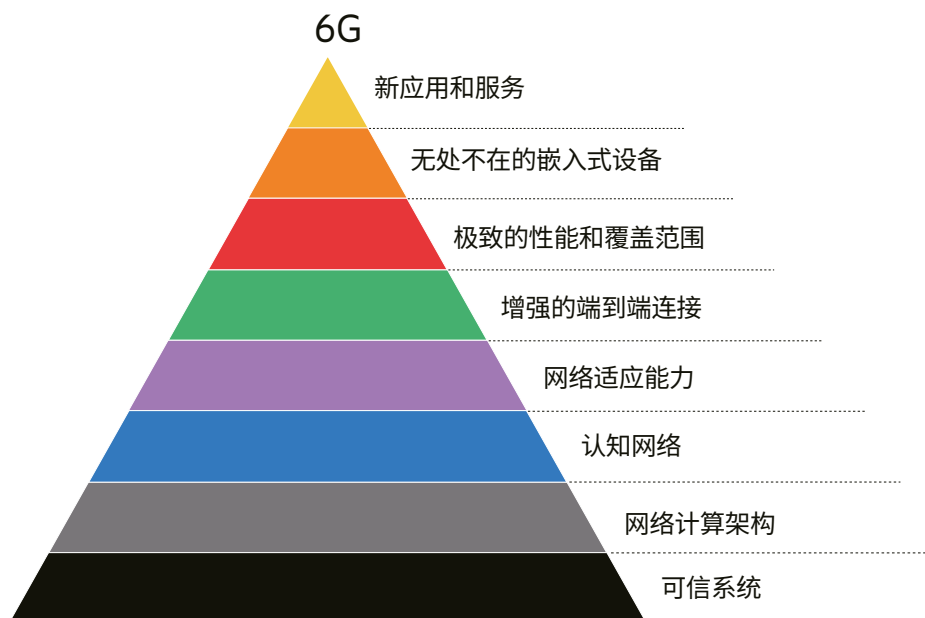
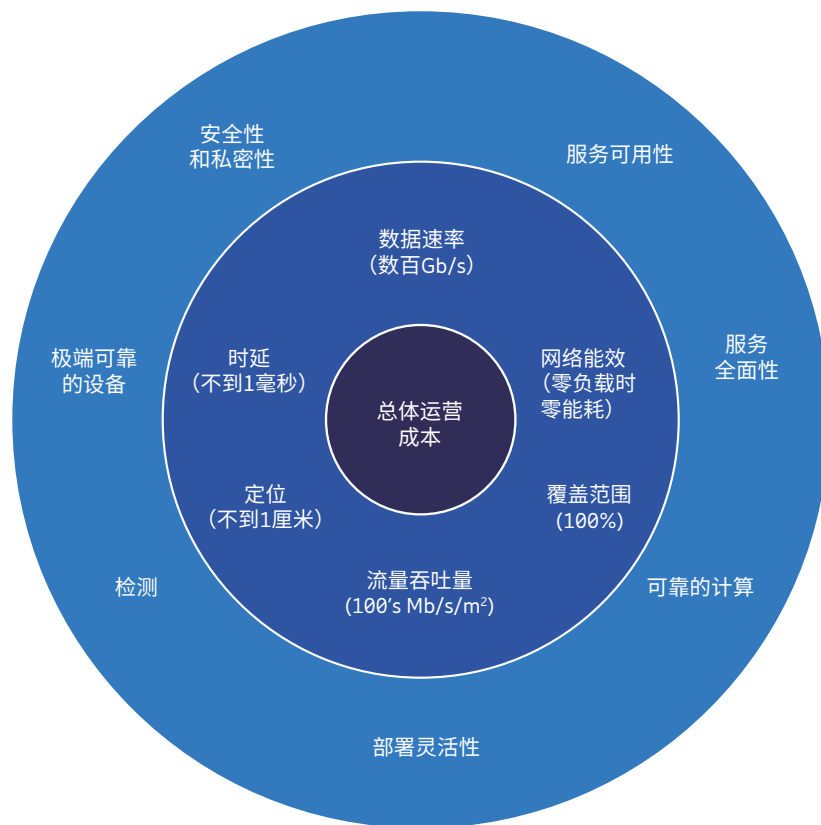


最后,为了推动整个社会的全面数字化和自动化,网络需要具备高精度定位和详细检测周围环境的功能。探测是一种新功能,通过分析环境对无线电传播的影响完成。例如,微波链路会受到下雨影响——这些信息对天气预报非常重要。还可以主动发射无线电信号进行探测,使通信网络可以提供类似雷达的功能。与使用专用探测系统相比,重复使用蜂窝系统进行探测不仅可以使探测系统更加经济高效,而且可以实现更广泛的覆盖。例如,探测可以用于模拟环境,了解道路车流量情况,或在有人进入厂房大厅内的限制区域时发出告警。未来的网络需要高效地利用无线电资源来实现通信和探测。另外还需要可扩展的机制来发送检测结果、对检测结果的人工智能解释,以及帮助确保信息私密性的安全机制。

## 6G网络的基础

对于2030年的6G网络,应考虑使用多种前景光明的技术。研究未来6G网络的这些潜在要素,将成为今后几年研究工作的重要主题。

综合来讲,6G网络的各组成要素将形成一个无缝的系统,提供所有必需的功能,帮助实现推动不间断智能通信、连接虚拟和现实世界的愿景。有了可信的系统基础和具有内置认知功能的高效计算架构后,未来的网络将能够为即将面世的应用和服务提供无限的连接。这样就使6G网络可以成为推动创新的广泛平台及整个社会的信息骨干。



# 6G网络的技术要素

## 网络适应能力

增强网络的适应能力,可以提高几个关键方面的效率,带来部署成本、能耗、网络开发和扩展、管理和运行方面的优势。

### 动态网络部署

确保动态网络部署的机制将是将来经济高效地部署大容量弹性网络的关键。这将帮助服务提供商更加敏捷地处理新的业务机会和新的应用场景。关键挑战是无缝地将服务提供商部署的传统网络节点与用户部署的补充性、临时性移动或非陆地节点相集成。

实现多跳通信的可能性已在5G网络中通过集成接入回传(IAB)部分实现,将是实现这种动态网络部署的重要因素。我们预计这将进一步发展演进,以低成本和出色的灵活性确保无缝的多跳无线网络连接。这还将在一定程度上消除连接设备的无线接入链路和网络节点间无线回传链路之间的区别,建立一个统一的无线连接框架。

所有未来网络部署场景的一个共同点是,它们都需要一个灵活、可扩展而且可靠的先进传输网络,以支持苛刻的6G应用场景和新的部署选项,如分布式无线接入网络(RAN)和集中/云RAN的混合部署。这通过AI驱动的编程功能实现。这一编程功能使用软件定义、异构网络中的多业务抽象化/虚拟化和闭环自动化来确保传输网络的灵活性和可管理性。



### 设备和网络编程能力

前几代蜂窝网络依赖由网络配置控制的明确规定的设备行为。这种情况下的局限性是新特性不能用于传统设备,因此会限制开发速度。

用更易于编程的环境【如使用不同的应用编程界面(API)进行定义】取代硬编码设备行为,就可以增强设备行为编程能力,使设备更加面向未来并准备好支持更先进的网络功能。而这样又可以增强网络的可编程性,因为现在可以从根本上修改网络和设备,实现新功能(例如允许服务提供商同时向设备和网络中下载AI模型,优化整体网络性能或针对具体垂直应用场景定制设备行为)。另外,这还可能帮助实现更快速的特性部署,加快上市时间和故障修复,支持更多类似DevOps的运营。

### 网络简化和跨RAN/CN优化

预期网络成为整个社会的更不可分割的一部分的同时,伴随而来的还有对更高可用性和弹性的需求。然而过去几年,网络的功能日益丰富,复杂性也不断增加。这就导致多种网络组件被用于支持多种不同功能,而且有时候用于解决相似(甚至相同)的问题。未来的部署将不太以节点为中心,无线接入网络(RAN)和核心网络(CN)将使用更多通用平台。这样就消除了重复部署各种功能的部分原因,如使RAN依赖CN作为闲置设备的数据存储。因此,重新考虑目前在RAN和CN间进行功能隔离背后的一些架构假设非常重要。

在选择部署正确的RAN和CN功能及接口时,需要做出明智的选择,提供最出色的性能、应用场景和部署多样性,同时确保开发工作和网络运行的可管理性。需要慎重地选择一系列多厂商接口,以确保网络和生态系统的开放性,同时最大限度地降低系统复杂性,确保开发敏捷性和强健的弹性网络。



## 增强的端到端连接

未来的应用需要利用高性能连接，满足对所需带宽、动态行为、弹性及其它方面的需求。网络功能必须端到端提供，并与应用程序和互联网技术的发展演进保持一致。例如，这将影响应用和网络间的协作、弹性机制、端到端传输协议的演进和处理时延的方式。

### 网络协作

应用程序和网络可以从协作中受益，确保提供最适当的网络服务。对受保护通信的更大需求意味着任何协作都需要协作双方明确同意，达成一致并使双方均可受益。

### 弹性

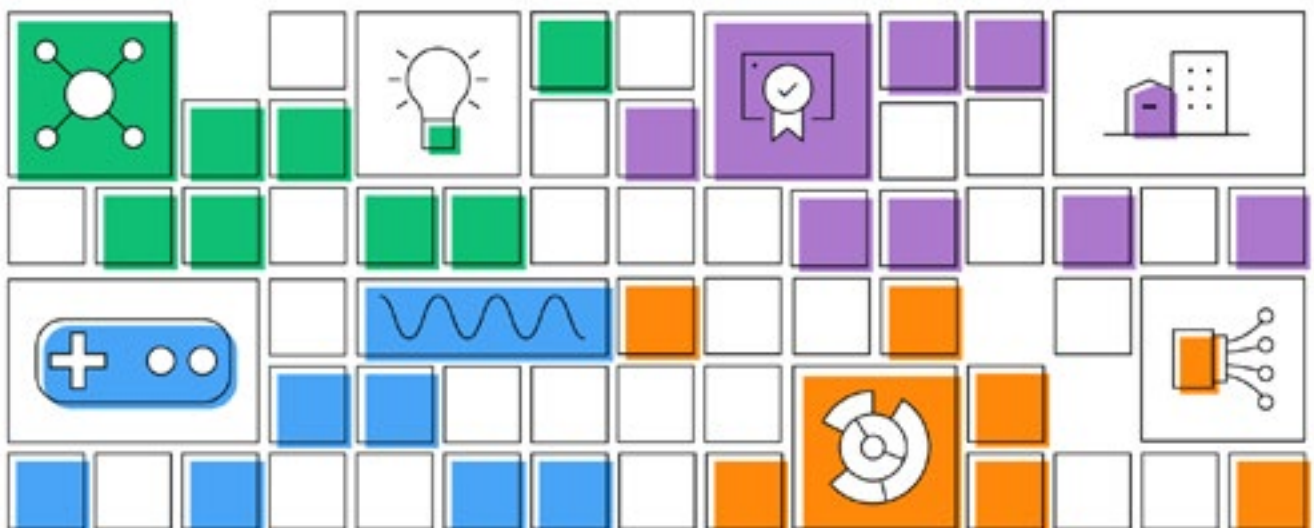
网络弹性问题需要从不同角度解决。不管是用于连接还是端到端通信，都需要支持需要弹性的应用。同样，所需的互联网基础架构需要随时可用、有弹性而且可防止商业监控。分布式架构确保并非所有信息都在协作方之间集中保存，因此也不必面对所有风险。

### 协议演进

最近，Web和传输协议经历了快速演进，使互联网协议栈变得更易于修改（例如现在可以在不影响操作系统内核的情况下更新传输协议）。同时，未来通信预计将更多地采用多路接入（multi-access）技术，而各种应用将提出更加严格的要求。这是构建理想的解决方案，在移动网络中更高效地处理多路径通信、弹性和拥塞控制问题的大好机会。

### 可预测的时延

经验表明，有着更严格时延要求的许多（初始）应用场景通常有着可以容忍最长的时延限制。确保可预测的时延，将为测试更多应用场景创造机会，而且可同时支持分布式和更加集中的部署模式。



## 极致的性能和覆盖范围

将来的无线接入解决方案必须在多个功能维度上和所有相关场景下提供真正极致的性能,以可接受的成本实现未来的按需服务。例如,这包括在需要时提供极高的数据速率和时

延性能,提供极高的系统容量来为大量用户提供服务,以及实现真正的全球无线接入覆盖。要以极高的系统容量经济高效地实现高密度部署,关键是要引入数据包前传 (fronthaul) 和

新的无线传输技术,如中继和网状网络、无线光通信 (free-space optics)、集成接入和回传 (backhaul)。

### 频谱

显而易见,频谱是而且将一直是无线连接的重要资源。获得额外的宽带频谱并高效地利用现有频谱至关重要,授权频谱和非授权频谱都很重要。

较低频段(最高约6GHz)目前供4G/5G网络使用,在未来的6G时代仍会很重,对于实现6G服务广域覆盖尤其如此。6GHz以下的可用新频谱预计非常少,因此使6G无线接入技术能够与前几代网络共享较低频段非常重要。24GHz到52GHz的毫米波频段最初供5G网络使用,很快将扩展到最高100GHz,以后自然而然也将用于6G网络。

7GHz到24GHz之间的频段目前用于蜂窝通信之外的其它目的,但也可以探索通过先进的分享机制供6G网络使用。在100GHz以上,可能有大量频谱可用,但由于该频段的传播条件极具挑战性,因此这部分频段主要用于高密度网络部署条件下需要极高流量容量和/或数据速率的具体场景。

### 非地面接入

扩展传统地面接入,增加非地面 (NT) 接入,是将来实现真正的无线网络连接全球覆盖的有效途径。这些补充性NT接入手段可以通过多种不同途径提供,例如无人机 (drones)、高空平台 (HAPS) 和/或近地轨道 (LEO) 卫星。这些移动NT节点应该是总体无线接入解决方案的一个有机组成部分,作为对地面网络的扩展,提供真正无缝的全球覆盖。

### 多点连接 (Multi-connectivity) 和分布式MIMO

为了增强韧性和性能,确保更加一致的无线连接质量,预计多点连接将在未来得到普及。目前,5G网络中已开始使用多重无线 (multi-radio)、双连接和多点传输等技术,预计将来会进一步普及。例如,这种扩展可能包括物理层的大规模多点连接。在这种情况下,设备通过多条物理链路同时连接到大量密切配合的网络传输点(叫作分布式MIMO)。另一种可能的途径是多RAT (multi-RAT) 连接。在这种情况下,设备通过不同无线接入技术连接到一个网络,以增强韧性或以更优化的方式提供不同的同步服务。



## 无处不在的嵌入式设备

未来的服务将需要无处不在的普遍联网。6G网络将支持数万亿台嵌入式设备，提供始终可用的可信网络连接。

### 零能耗设备

今天的海量机器类通信 (mMTC) 可以提供高达每秒数十万比特的数据速率，支持远程抄表等应用。尽管它们的电池使用寿命在有些情况下长达10年，但电池更换或充电会限制这些设备的应用范围。能量收集 (以光、振动、温差甚至无线电波的形式收集周边能源供设备使用) 使设备有可能不需要更换电池或充电。然而，可收集的能量一般可能非常少，意味着需要开发能效极高的通信协议。由于可用能量很少，因此可传输的信息量也很小——很多情况下每小时只能传输几个字节。然而对于资产跟踪等应用，这已足够。与当前的解决方案相比，无线技术可能是更有吸引力的选择，如条形码光学扫描，而且可实现与视线外设备的通信。

### 沉浸式交互设备

将来，用户将获得更加沉浸式的体验，可以通过智能手套、皮肤传感器等穿戴式设备自然地与数字世界进行交互。用户将可以连接到虚拟对象 (这些对象经常需要精确的定位，如向虚拟饮料中投入冰块)，通过所有感官体验虚拟对象的更新，因此要求不到1毫秒的时延。脑机接口 (Brain-computer interface, BCI) 设备可以捕获并安全地共享用户的意图，适应网络渲染的虚拟对象，进而进一步改进用户体验。网络还将帮助在这些对象和视觉外感官刺激 (如声音、触感等) 之间实现同步。此外还需要解决可信性方面的问题，如验证用户ID，保护易受攻击的用户，免受不适当的内容和联系信息影响。

## 认知网络

要打造面向未来的网络，运行大量通用服务而不增加成本和复杂性，必须提高网络的智能化程度。最终的认知网络将帮助提高能效，优化性能，确保服务可用性。这一目标预计将通过两种方式实现：一是在AI机器学习 (ML) 支持的情况下进行传统算法很难实现的优化操作；二是在AI机器推理 (MR) 可以扮演重要角色的情况下演进操作系统，以自主方式完成当前的大多数系统管理任务。



## 基于意图的管理

人类可以通过表达意图的形式规定运行目标,进而控制系统行为。这种基于意图的自动化管理方法要求在人机界面中提高抽象化程度,而且要求系统能够围绕这些目标进行解释和推理操作。我们需要理解抽象知识,利用MR技术,根据现有知识和数据集得出结论;从人类用户和分析算法中收集知识和经验并保存在通用知识库中。然后,认知网络就可以利用这些可变的要素,了解不同场景,确定适当的纠正措施,制定并在网络中实施最正确的行动计划。

## 自治系统

这种方法还意味着系统的自治程度会不断提高。认知系统需要使用本机功能,根据具体环境进行调整,连续进行监控并从先前的操作中吸取经验教训。从运行和服务提供过程中吸取的经验教训以近实时方式进行快速反馈,以改进配置、流程和软件。网络逻辑中将对算法进行连续改进,帮

助做出多个物理地点和逻辑功能中分散的运行(Runtime)决策。这种连续优化将使系统与现有系统相比更加动态灵活。地理上分散的网络中将以多种不同形式提供智能功能。

## 可解释的可信AI

只有得到人的信任,自治系统才能成功。这涉及到几个方面。首先,系统需要能够解释其行为以及为什么会进入当前的状态。其次,智能系统在技术上应该强健可靠,即使在受到各种干扰和攻击时;考虑所处的社会环境;以符合道德准则的方式运行,恪守正确的原则和价值观;根据所有适用的法律和法规运行[5]。第三,该系统在必要时必须允许人类干预。

## 数据驱动的架构

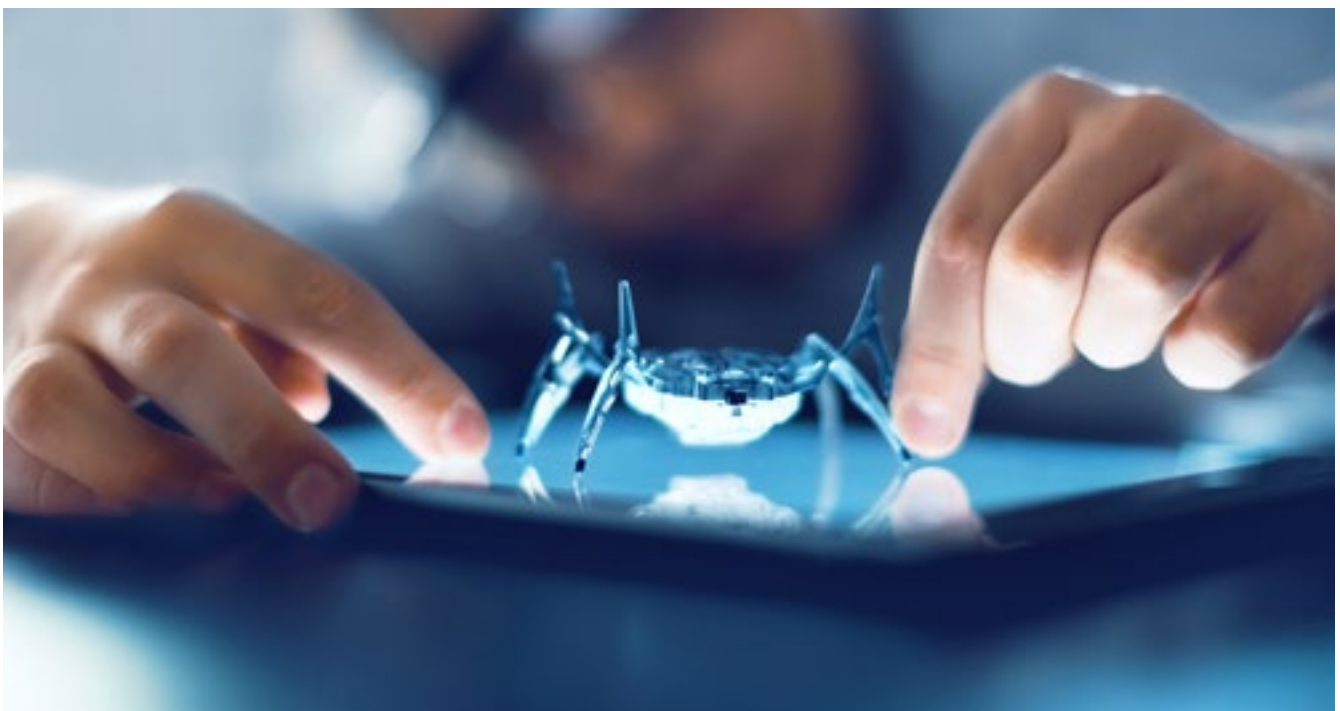
智能就是根据事实或数据做出决策;可用的数据越多,决策越正确。数据驱动的架构就是负责做出决策的AI算法的基础架构。这种基础架构支持数据管道(data pipelines)。数据管道

负责以针对管道用户进行了定制的格式传输、保存、处理、显示和提供来自内部服务提供商网络及外部数据来源的数据。

## 网络计算架构

6G网络将所有物理系统合并到计算架构中。它不仅用作各种物理系统(从简单的终端一直到复杂的性能敏感型机器人控制系统和增强现实应用)的连接器,还是这些系统的控制器,在网络计算架构中提供计算和通信功能,实现出色的效率和可靠性[6]。

服务提供商可以利用他们的资产,将计算和存储设备集成到日益虚拟化的网络中,为各种应用程序提供最高的性能、可靠性、低抖动和毫秒级时延。这样,网络-计算架构就可以提供连接范畴之外的工具和服务,为各种客户群和垂直行业带来一个普遍、全球互连、灵活而强健的平台,而且具有应用托管、无缝的任务移植功能和计算抽象化功能。





## 可信系统

在设计可信系统时,经受、检测、响应攻击和意外中断并从中完成恢复的能力是关键。可信系统的4大组成部分是机密计算解决方案的使用、安全的身份和协议、服务可用性、安全保障和防御。

AI有望给未来技术演进和安全性带来重大影响,而且可以在上述4个方面带来帮助。此外, AI组件的可信性也非常重要。

### 机密计算

当前的网络可以对传输的数据进行有效保护,但对正在处理的或保存的数据的保护不太有效。在保护正在处理的或保存的数据方面,机密计算正成为一种强大武器。在云计算中,它可以对有效负载进行基于硬件的隔离和处理;这是云服务提供商所无法修改的。它还允许远程云用户验证他们想在其中部署有效负载的隔离环境;计算硬件本身还可以执行验证和证明流程,防止负责硬件设备的云服务提供商绕过这一过程。这些机密计算特性的基础是信任根 (RoT) 机制的一部分。

机密计算还有望增强网络切片的安全性。通过结合使用传输数据保护机制和机密计算技术,还可以利用加密方法来将网络切片彼此隔离开来,以保护正在处理或保存的数据。安全身份和协议需要为基础架构、连接、设备、边缘和网络切片功能分配可信的身份。这可以通过以下方法实现:为每个物理组件、软件功能及接口建立身份,然后对这些身份执行RoT机制。最终目标是创建一个系统,为部署的所有软件提供私密性,并有效保护数据,防止非法访问。

### 服务可用性

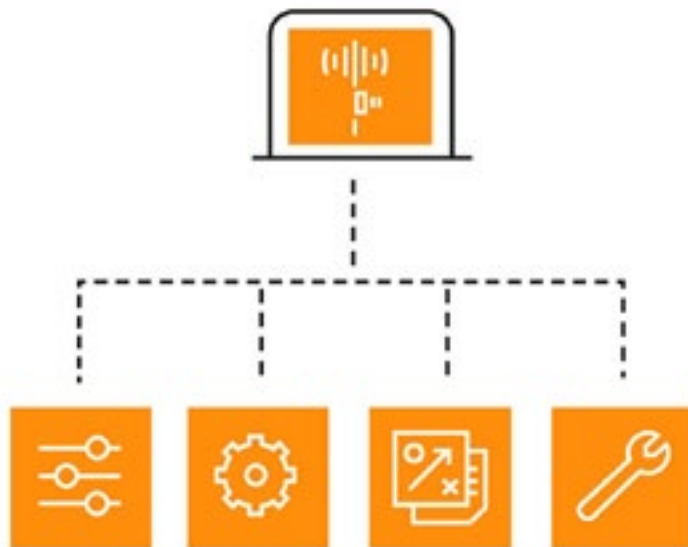
服务可用性可以通过关注可帮助提高整个网络的可靠性及弹性的细节得到保证。无线链路是满足可用性要求的关键要素。无线电弹性可以通过配置足够的容量、覆盖冗余并使用多种连接和介质访问控制机制得到增强。为了满足工业场景或其它关键控制功能中的近实时时间期限要求, RAN、传输和核心网络中面向关键服务的资源配置可以支持不同级别的服务和服务保证。

可用性的另一个方面是从通信系统的各个部分中汇总数据并进行分析,进而构建自动恢复机制。这意味着必须设计一种分布式分层方法,增强性能观察能力,同时进行中间分析以实时验证并确保这些要求得到满足。此外,在集成数据驱动的观测功能,帮助对服务可用性进行端到端验证方面, AI也扮演着一定的角色。基于AI的实时分析能够增强网络弹性,应对流量负载和无线环境的动态变化,进

而根据不同网络切片的需求进一步保证可靠性和性能。

### 安全保障

目前,安全保障和认证受到广泛关注。例如,2019年颁布的《欧盟网络安全法》为网络安全认证制定了一个欧盟框架,增强了欧洲数码产品和服务的网络安全性。目前的最先进安全保证机制(如GSMA NESAS)是为具体产品版本提供安全保障的有用工具;然而某些方面还需要进一步开发。这一过程中必须考虑虚拟化和云计算的增强、连续集成、连续交付流程和AI。这里的一个重要方面是,对安全性的解释不仅限于产品安全;而这是安全保障机制目前关注的重点。将来,它们应该得到改进,更多地考虑系统的所有方面,包括运行的网络。在建立安全保障机制时,重要的一点是要确定所有有关方都能接受的明确要求和流程。这一工作最好依据全球标准完成。



## 结语

5G带来了巨大变革,不断推高社会的期望。随着赋能技术的进步和网络发展转向改善人们生活的新服务和用例,2030年人们对通信运营商的预期更高,希望他们不仅仅提供技术。

围绕6G的开发工作正在如火如荼地开展,以形成6G时代的能力目标,研究一系列有前景的技术组件,构成

2030年网络平台一部分。要实现这一转变,关键在于确保无线接入有极致性能、网络适应性以及全球无处不在的覆盖。除了提供连接外,6G还应成为智能、计算和空间数据的可信平台,鼓励创新并成为社会的信息支柱。

现在就是将6G技术的先进研究转化为网络平台的大好时机,显著扩大能

力来满足2030年的需求。Hexa-X项目[7]和下一代网络联盟(Next G Alliance)[8]等研究合作纷纷涌现,推动技术和系统设计取得了巨大进展,赋能网络物理世界和无限连接。未来网络自然应该基于5G的优势,5G将通过5G Advanced不断升级演进,加强学术界和其他行业伙伴的合作,协调各区域举措,让全球朝着一个方向迈进。



## 作者



 **Gustav Wikström**

是爱立信网络研究院 (Ericsson Research Networks) 的研究负责人, 致力于推动下一代网络的发展。他在完成物理学博士后研究后于2011年加入爱立信, 从事WLAN、4G和5G的标准化、概念开发和性能评估。他目前专注于6G愿景、用例和服务。



 **Patrik Persson**

于2007年加入爱立信研究院 (Ericsson Research), 担任6G项目经理总监一职。Patrik在专注于推动6G愿景和概念研究活动之前曾参与不同领域的研究, 包括先进天线系统的概念开发、3GPP RAN标准化 (4G和5G) 以及LTE的专有演进。Patrik拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 (KTH) 电气工程博士学位 (2002年) 和讲师职称 (2011年)。



 **Elmar Trojer**

是爱立信网络研究院 (Ericsson Research Networks) 的研究负责人, 目前专注于拆分RAN架构和5G和6G无线网络的前传传输解决方案。他拥有电气工程博士学位和工商管理硕士 (MBA) 学位, 并在固定接入、小蜂窝、4G/5G回传、前传和低层拆分等方面开展了研究。



 **Gunnar Mildh**

是爱立信研究院 (Ericsson Research) 无线网络架构方面的资深专家。他于2000年获得了瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 (KTH) 的电气工程硕士学位, 此后一直在爱立信研究院工作, 研究GSM/EDGE、HSPA、LTE和5G NR的标准化和概念开发。



 **Bipin Balakrishnan**

是爱立信研究院 (Ericsson Research) 未来终端技术的资深研究员, 拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 (KTH) 的电气工程硕士学位。自2008年毕业以来, 他一直致力于移动终端系统架构和概念开发工作。他还曾在移动终端标准化机构MIPI联盟 (MIPI Alliance) 担任领导职务, 于2019年加入爱立信。



 **Stefan Parkvall**

于1999年加入爱立信,是研究6G和未来无线接入的资深专家。他是HSPA、LTE、NR无线接入开发的关键人物之一,多年来一直深入参与3GPP标准化工作。Parkvall博士是电气和电子工程师协会(IEEE)的研究员,也是《面向移动宽带网络的4G—LTE/LTE-Advanced》(4G-LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband)和《5G NR—下一代无线接入》(5G NR – The Next Generation Wireless Access)等多本畅销书的合著者。Parkvall博士在移动通信领域拥有超过1500项专利,并拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院(KTH)的电气工程博士学位。



 **Erik Dahlman**

于1993年加入爱立信,目前是爱立信研究院(Ericsson Research)无线接入技术领域的资深专家。他一直参与无线接入技术(从早期的3G到4G LTE)的开发,目前主要是研究5G NR,不仅包括5G的发展演进,还包括5G无线接入以外的技术应用。他是《3G演进:HSPA与LTE》(3G Evolution – HSPA and LTE for Mobile Broadband)、《4G:LTE/LTE-Advanced宽带移动通信技术》(4G – LTE and LTE-Advanced for mobile broadband)、《4G LTE-Advanced Pro和通向5G之路》(4G – LTE-Advanced Pro and the Road to 5G)以及最近的《5G NR:下一代无线接入技术》(5G NR – the Next Generation Wireless Access Technology)等书籍的合著者,拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院(KTH)的电信博士学位。



 **Peter Öhlén**

是爱立信网络研究院(Ericsson Research Networks)的首席研究员,专注于在传输网络、无线设备和云等不同技术领域实现服务和网络的自动化。Peter Öhlén的研究方向是通过高效的框架、相关数据的开放和应用智能算法完全实现自动化,目前主要研究何时以及如何应用人工智能来处理目前没有有效解决方案的问题。Peter于2005年加入了爱立信,曾在无线和固定网络的多个技术领域工作,拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院(KTH)的光子学博士学位。



 **Göran Rune**

是爱立信研究院(Ericsson Research)系统和网络架构的首席研究员,自2014年一直担任该职务。他于1986年获得了应用物理和电气工程硕士学位,并于1989年获得了林雪平大学(Linköping University)理工学院颁发的固态物理工程Licentiate学位。Göran Rune于1989年加入爱立信,此后一直致力于核心网络和无线网络架构的系统设计以及GSM、PDC、WCDMA、HSPA和LTE以及5G核心网络等大多数数字蜂窝标准的概念开发和标准化。



 **Jari Arkko**

是爱立信研究院(Ericsson Research)互联网架构方面的资深专家,曾从事软件开发、路由器、安全、移动网络和互联网技术方面的工作。Jari还担任过互联网工程任务组(IETF)的主席。



 **Zoltán Turányi**

是云业务研究领域控制架构方面的专家，一直对云原生友好的移动架构、功能即服务和云执行环境感兴趣。他拥有计算机科学理学硕士学位，于1996年加入爱立信，过去还从事过IP QoS和移动性、移动核心网络架构和软件定义网络等方面的工作。



 **Dinand Roeland**

是爱立信研究院(Ericsson Research)的首席研究员，目前的研究方向是在端到端网络架构中引入人工智能技术，实现自主认知网络。自加入爱立信以来，他担任过各种技术领导职务，包括产品开发、概念开发、原型设计和标准化。他以优异成绩获得了荷兰格罗宁根大学(University of Groningen)计算机架构和智能系统硕士学位。



 **Bengt Sahlin**

负责芬兰爱立信研究院(Ericsson Research) NomadicLab的安全小组。他于2000年加入爱立信，最初从事移动系统安全和产品安全方面的工作。Bengt Sahlin参与了一系列标准化工作，包括3GPP、ETSI、GSMA和IETF的标准化。2010年至2013年，他担任3GPP安全工作组TSG SA WG3的主席。





 **Wolfgang John**

是爱立信研究院 (Ericsson Research) 网络计算融合的首席研究员, 目前主要研究电信和IT应用程序的边缘和分布式云计算。他拥有瑞典查尔姆斯大学 (Chalmers University) 计算机工程博士学位。自2011年加入爱立信以来, 他还开展并主导了网络管理、软件定义网络和网络功能虚拟化方面的研究。



 **Joacim Halén**

是爱立信研究院 (Ericsson Research) 分布式云软件设计方面的专家, 拥有瑞典皇家理工学院 (Royal Institute of Technology) 工程物理硕士学位, 于1997年加入爱立信。他致力于软件架构和各种类型系统和级别的原型开发工作。在过去十年中, 他一直专注于云技术。



 **Håkan Björkegren**

自1995年以来一直在瑞典爱立信研究院 (Ericsson Research) 工作, 是爱立信的首席研究员, 专注于无线系统的空口和无线协议设计。他拥有瑞典吕勒奥理工大学 (Luleå University of Technology) 的信号处理博士学位, 目前正为6G设计和评估不同的空口概念。



# 5G Advanced: 通向6G的演进



扫码观看视频

## 本期《信观察》

从 Release 18 开始的 5G 演进被称为 5G Advanced。本文会对 5G Advanced 提供一个概述,用以描绘其技术特性在网络性能和能力上的优势。此外,本文会指出哪些技术特性是在 5G Advanced 中被重点期待的、以及这些技术特性是如何增强和丰富已商用部署的 5G 网络。



为了确保 5G 系统在全球范围的成功、以及通过支持丰富多样的应用场景和垂直行业来拓展 3GPP 技术的使用领域,5G 新空口(NR)和 5G 核心网(5GC)技术的演进正在 3GPP 中向着 5G Advanced 持续迈进。在 5G Advanced 系统中,除去支持扩展现实(XR)业务、轻量级(RedCap)终端、网络节能等技术特性之外,人工智能/机器学习(AI/ML)将发挥重要的作用。虽然爱立信的 5G 网络设备已经可以用具有较高能效的方式去支持 AI/ML 和 XR 的应用与相应需求,仍旧很有必要在 5G 国际标准中对这些技术特性

进行支持或增强,以改善多厂商支持状况和增强终端与网络设备间的协作。5G Advanced 的标准化工作是蜂窝无线接入网络向 6G 演进过程中的一个重要步骤。

随着中国 5G 网络建设及业务创新的飞速发展,移动通信已经成为数字化转型的关键基础设施。5G 正在工业、医疗、教育、交通等多个行业领域发挥赋能效应,形成多个具备商业价值的典型应用场景,已覆盖国民经

济 97 个大类中的 40 个,5G 应用案例累计超过 2 万个。爱立信相信以人工智能(AI/ML)、扩展现实(XR)、轻量级(RedCap) NR 终端、网络节能及确定性网络等特性为代表的 5G Advanced 演进技术将会进一步拓展 5G 应用场景,提升业务体验,降低网络运行运维复杂度和能耗,赋能中国经济发展,助力运营商“建好 5G、管好 5G、用好 5G”。

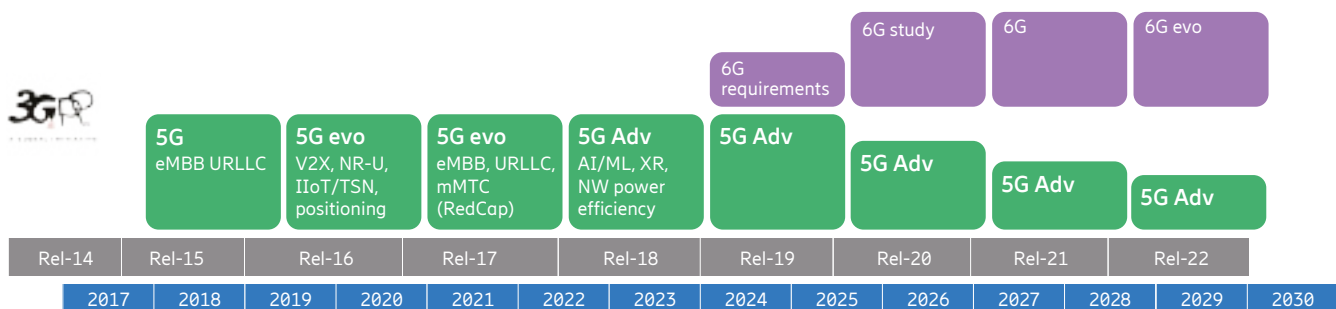


图1:爱立信对于“在3GPP进行5G Advanced和6G标准化的时间表”的观点(2023年以后的时间表是预计的)

3GPP Release 18标志着5G Advanced的开始。5G Advanced建立在由3GPP Release 15、16和17所定义的5G的基础版本之上。

5G网络已经在世界上的大部分地区进行了部署。因此,从这些已部署的商用网络的运营中,我们已经可以得到一些有助于后续改进的初步的经验教训。此外,因为支持新的垂直行

业和应用场景所导致的对5G网络持续演进的需求也已经促使3GPP开启了与5G Advanced系统相关的标准化工作。最后,因为5G Advanced中所讨论的一些技术领域预计会对未来的6G系统产生影响,所以可实现5G与6G的衔接。

本白皮书会对5G Advanced提供一个概述,并且会特别介绍其中最重要的

几个技术领域,以及借此指引出3GPP未来向6G演进的方向。6G的标准化可能会从Release 21正式开始。图1提供了爱立信对于“在3GPP进行5G Advanced和6G标准化的时间表”的观点;其中,计划于2024年完成5G Advanced的第一个版本,计划于2028年完成6G的第一个版本,随后是6G的持续演进。

## 3GPP技术演进

自从在Release 15被推出以来,5G系统(5GS)的设计已经考虑了一些主要的应用场景种类,例如:增强型移动宽带(eMBB)、关键物联网(cIoT, critical Internet of Things)、和大规模物联网(mIoT, massive Internet of Things)。5GS在容量和覆盖方面提供了卓越的网络性能;并且,与以前的几代3GPP系统相比,5GS能支持许多新的应用场景和垂直行业。近年来,非常重要的行业趋势是:在追求碳排放量的减少的同时,尽量去满足新应用场景的需求,例如沉浸式通信和专用网络。

此外,已经在运营中的商用5G部署提供了关于网络性能的宝贵的经验。上述的新的行业趋势和从已有商用5G部署中获取的经验都对5G系统的进一步优化提出了要求;因此,有必要在即将展开标准化工作的3GPP新版本中去定义5G Advanced系统。具体地,Release 18将不但会考虑5GS架构的增强,还会考虑针对新的细分市场的其它增值功能。

eMBB主要是指基于智能手机设备的相关应用,如WEB、APP、电子邮件和视频等依赖互联网访问的应用程序;

其中一些应用需要大量的数据交互,因此对容量的要求很高。5G NR通过支持不同的双工方案、频率范围和多载波操作解决了这个问题。无处不在的覆盖和无缝的移动,以及对多天线系统的支持都已经成为商用移动通信系统的必不可少的组成部分;这些功能已经在Release 15中引入,并且在后续版本中进行了增强。Releases 16和17中又添加了更多的功能,例如:集成的无线接入和回传(IAB)、在非授权频谱上部署NR(NR-U)、广播和组播、引入卫星来作为网络侧节点的非陆地网络(NTN)。



借助5G Advanced, 与eMBB相关的技术特性也将得到进一步增强, 例如: 上行链路的数据传输速率、容量、和覆盖都有望得到改善。一种新颖的双工方案将会被研究, 通过“以子带为颗粒度的频分复用”将支持在同一个TDD载波上同时进行发送和接收。NR多跳方案的增强将会通过对“移动IAB节点”和“由网络控制的直放站”的支持来实现。Release 18中对动态频谱共享(DSS)的增强将着重于提高NR侧的性能, 这样做也是考虑到了在未来随着市场发展LTE终端占比降低后, LTE对DSS载波资源的占用会进一步降低。最后, 在Release 18, 移动性会被进一步增强, 并且将重点关注仅基于L1/L2信令去实现更快的跨小区切换。

5GS架构的增强包括如下一些有代表性的示例: 对与位置相关的服务的增强、对边缘计算的增强、对UE策略的增强, 和对网络切片的增强。此外, 在Release 18, 还会研究“把基于服务的架构扩展至IMS 多媒体电话业务”。

针对新的细分市场, Release 18将会进一步增强非公共网络、空中系统(即NTN)、车联网、以及广播和组播业务。工业互联网所需要的确定性的通信传输延迟也将由5G Advanced来给予支持。

cIoT是指对时延和可靠性有严格要求的那一类应用场景。最有代表性的是与工厂自动化和车联网有关的应用场景。5G从一开始就通过引入快速调度、鲁棒的传输方案、和低时延的反馈/重传协议等技术来有力地支持这些应用场景。相关的技术在Releases 16和17中得到了进一步增强, 例如: 对时间敏感网络(TSN)的支持; 并且, 在Release 18里, 会通过对确定性网络(DetNet)的支持而持续被增强。此外, 从Release 16开始被引入的NR直通链路使得3GPP可以有力地去支持车联网和与公共安全相关的应用。

在Release 18, 将为无人机和铁路提供更好的通信支持。以无人机为终端时, 终端侧的测量上报会得到有针对性的增强, 并且会得到有效的识别。

对于铁路和一些公共服务, 将通过让NR系统运营在一个带宽小于5MHz的专用频段上来给予专门的支持。Release 18还将考虑对XR业务给予增强的支持。5G对mIoT应用场景的支持最初只是继承来自4G的LTE-MTC和NB-IoT, 因为它们已经可以满足5G mIoT的所有需求; 而且, LTE-MTC和NB-IoT从Release 13创建以来就一直在持续地演进, 最新的演进就是在Release 17中增加了LTE-MTC和NB-IoT对NTN的支持。在Release 17引入的RedCap NR终端是5G中第一个基于NR的、针对mIoT应用场景的优化; RedCap NR终端也被认为是5G Advanced中最重要的技术特性之一。

有些NR的技术特性并不会仅局限于在某个特定场景发挥作用, 而是会对多个不同的领域带去好处; 例如: NR采用了极简的公共信道设计(即去掉4G里总是处于发射中的小区级公共参考信号), 从而使得网络设备和终端都能有效地减少系统开销和相应能耗。在终端节能于Release 17被持续增强之际, 网络节能在Release 18开始被重点关注。

NR具有内生的管理功能, 例如: 将系统虚拟地划分为不同的切片或者通过采集各类测量数据以进行自我优化; 这些都将在5G Advanced中被持续演进。NR定位也会在不同的应用场景下发挥作用; 具体地, NR定位在Release 16被引入后, 在Releases 17和18里被持续增强。Release 18里另一个值得重点关注的技术领域是对AI/ML的利用, 下一章会对其给予更多的阐述。



# 5G Advanced的代表性技术

5G Advanced将增强网络性能,并增加对新的应用场景的支持。本白皮书将重点关注以下这五个有望由5G Advanced带来重大改进且有代表性的技术领域:



## 智能的网络自动化

随着网络设计的日益复杂,例如,许多不同的部署和使用选项,在很多情况下传统的方法将无法提供快速的解决方案。众所周知,手动重新配置蜂窝通信系统工作低效,代价昂贵。人工智能(AI)和机器学习(ML)能够利用从无线网络收集的大量数据来

解决复杂和非结构化的网络问题。因此,业界最近有日益增多的关注聚焦在利用基于AI/ML的解决方案来提高网络性能,从而为在网络运行中植入智能提供有效途径。AI模型设计、优化和生命周期管理在很大程度上依赖于数据。作为正常运行的一部分,

无线网络可以收集大量数据。这为设计智能网络解决方案提供了良好的基础。5G Advanced致力于如何优化用于数据收集的标准化接口,同时将自动化功能(例如,训练和推理)留给私有实现,以支持网络自动化的充分灵活性。

## 用于无线接入网(RAN)增强的AI/ML

在Release 17中,选择了三个用例来对使用AI/ML技术进行RAN性能增强进

行预先性研究。这三个用例是:1)网络节能,2)负载均衡,3)移动性优化;

它们在Release 18中将正式被纳入规范。

### Device data sources

- Capabilities:** Battery power, memory, processing or computational capacity
- Radio data:** Signal quality measurement, interference, time-of-arrival, angle-of-arrival
- Sensor:** Accelerometers, pressure sensors, light sensors etc.
- Physical environment:** Cameras, lidars, GNSS

1. UE information needed to assist the AI/ML processes
2. Optimized UE configuration e.g. link adaptation

1. RAN information needed to assist the AI/ML processes, e.g., KPIs on QoS fulfillment

2. OAM intent, e.g., slice policies

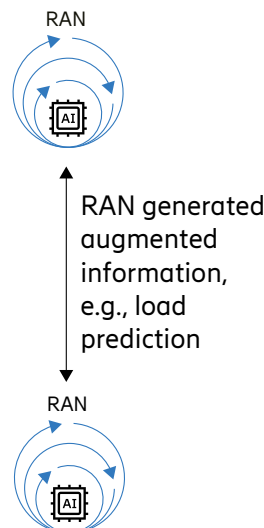


图2:在RAN使用基于AI/ML的方案示例性概述

所选用例可以通过对当前NR接口的增强来支持,在保持当前的5G NR架构不变的同时,在RAN侧使用AI/ML功能来提高性能。目标之一是通过保持可以私有实施AI模型,以激励供应商保持创新和竞争力。如图2所示,对于涉及RAN-OAM交互的用例,可以采用基于意图的管理方法。RAN接收意图,并需要理解意图及最终触发某些功能。

## 用于物理层增强的AI/ML 5G核心网中的AI/ML

一般预期AI/ML功能可以用于提高无线性能和/或减少空口的复杂度/开销。在5G Advanced, 3GPP中针对RAN的技术规范组选择了三个用例来研究AI/ML技术对空口性能的潜在改进,这三个用例是波束管理增强、信道状态信息反馈增强和不同场景的定位精度增强。基于AI/ML的方法可能会比传统方法提供更好的空口性能;但是,我们面临的挑战是:基于gNB和UE之间不同程度的协作,充分地刻画和描绘AI/ML模型的特征,从而为空口定义一个统一的AI/ML框架。

5G Advanced将进一步增强分析架构和AI/ML模型生命周期管理,例如提高模型的正确性。分析和数据收集架构的发展为不同网络功能(NFs)开发基于AI/ML的用例奠定了良好的基础。在5G Advanced中将研究的一些应用案例中,网络功能(NFs)利用分析功能来支持其决策,例如网络数据分析功能(NWDAF)协助的UE网络切片策略生成。

## 扩展现实(XR)业务

5G所拥有的“可以把通信时延限定在某个给定范围”的能力使得不少新的应用场景可以被支持,这其中就包括扩展现实(XR)业务;具体地,XR是虚拟现实(VR)、增强现实(AR)和混合现实(MR)的总称。在AR中,通过使用相应的设备(通常是智能手机或AR眼镜上的摄像头),把虚拟信息(包括数据、图像等数字化元素)叠加在现实世界的图景里。而VR是指使用者沉浸式地去体验脱离现实世界的完全虚拟的世界。新的MR技术则考虑了现实世界和虚拟世界的交互。在XR和云游戏(CG)业务中,人机交互或者人与人之间的通信将在手持和可穿戴设备的帮助下来完成。

得益于5G网络在支持短时延通信上的能力,在大众传媒、远程控制和工业自动化领域有许多新兴的XR应用。移动通信服务的提供商可以将XR推荐给大众消费者、企业和公共

机构,去定义和改进在诸如娱乐、培训、教育、社交互动和通信等领域中的新业务。【参考文献:“XR and 5G: Extended reality at scale with 5G networks,” Ericsson Technology Review, 2021年8月】。

XR和CG业务主要是对“高的数据传输速率”有需求,因为这两类应用业务在下行和上行链路上都需要传输视频流。相应的终端侧的设备通常被认为是会具有移动性的,以及具有较小的尺寸,这都会限制终端侧设备的电池续航能力。此外,“低的和有着给定界限的端到端时延”是为这些应用业务提供通信服务的另一个挑战。

Release 17对“基于5G网络来运行的XR业务”进行了广泛的性能评估,在评估中重点检视了像数据传输速率和时延这样的关键性能参数。XR业务通常包含多个不同类别的数据流,例如:视频、音频和控制;这些数据流基

本上具有准周期性,但每个数据流都有不同的周期和不同的数据包大小。为了拥有令人满意的XR业务体验,对于通信网络来说,很重要是:能在提供高的数据传输速率的同时确保低的和有着给定界限的时延。除了低时延之外,如果低的丢包率也很重要,那么可以使用能吞吐灵活伸缩的、被称为“低时延低丢包(L4S)”的技术;L4S技术可以在网络发生拥塞时优先去确保低时延(即可以通过适时调低数据传输速率来达成低的时延和丢包率)。终端侧设备的节电也是一个挑战,需要增强的终端节电方案来解决。在Release 18,无线接入网对XR业务的感知、适配XR业务特点的数据流处理、终端节电增强、和容量提升都将成成为被研讨的内容。随着新的AR/VR终端侧设备的问世,业界对XR产生了非常浓厚的兴趣;因此,XR被认为是5G Advanced的重要领域之一。

## 轻量级 (RedCap) NR终端

RedCap终端的标准化工作始于Release 17, 并将在Release 18中持续演进, 以期把对5G Advanced IoT的支持提升到一个新的水平。RedCap技术为宽带IoT应用提供了解决方案【参考文献:“Cellular IoT in the 5G era,” Ericsson White Paper, 2020年2月】, 并且可以为像娱乐和交通这样的细分IoT市场提供经济实惠的终端侧设备。与早期的基于4G的IoT技术相比, 得益于5G对前所未有的宽泛的频率范围的支持, RedCap技术在具备5G NR技术体系的优势的同时还可以提供高度的部署灵活性。

根据Release 17规范里对RedCap终端的定义, 终端的调制解调器的成本会有显著的降低; 这是通过降低调制解调器的复杂度来达成的。具体地, 对于操作在“频率范围1 (FR1)”的RedCap终端来说, 最大可支持的带宽为20MHz, 可选地可以只配备单个接收和发送射频通道 (即只支持1Rx1Tx),

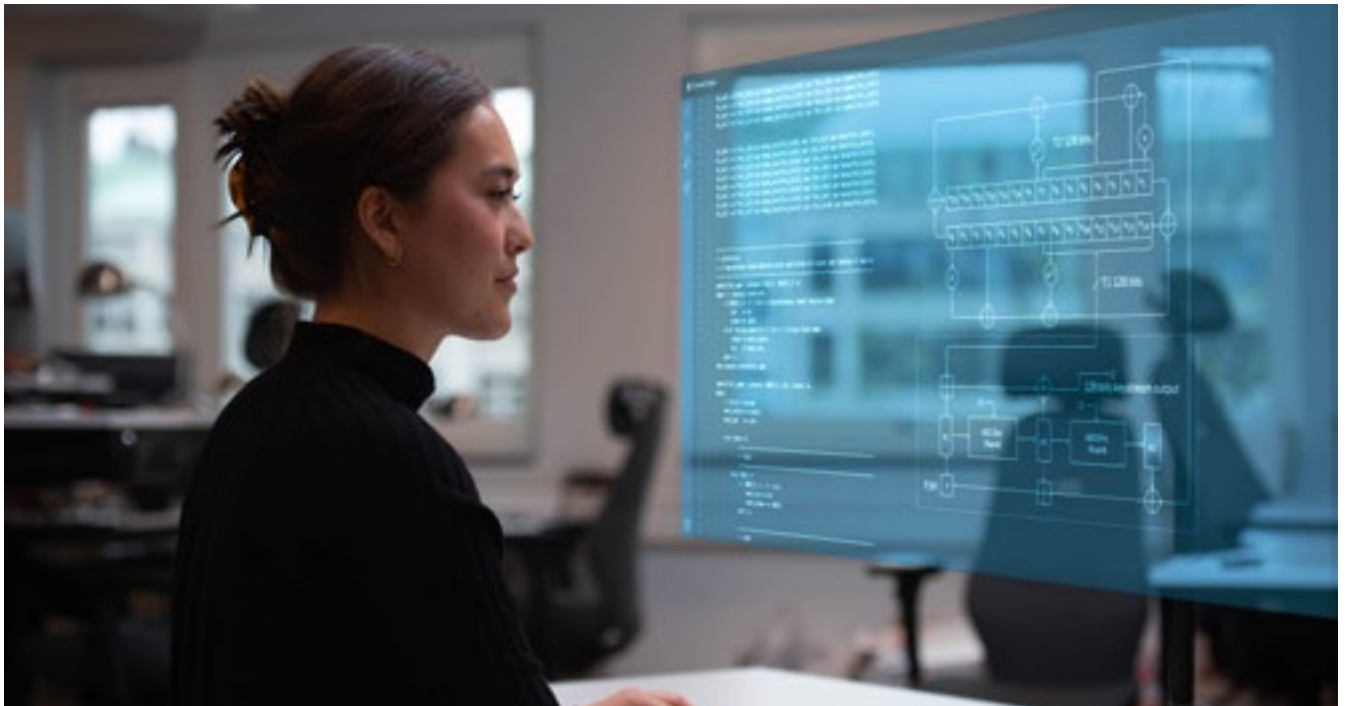
可选地可以在频分双工 (FDD) 制式下只支持半双工操作。相对比, 常规的FR1 NR终端最大可支持100MHz带宽, 可支持多达四个接收射频通道 (即可支持4Rx), 在FDD制式下支持的是全双工操作。对于操作在“频率范围2 (FR2)”的RedCap终端来说, 支持相似的设计简化 (比如: 最大可支持的带宽从200MHz降为100MHz)。Release 17还对处于RRC空闲态和非激活态的RedCap终端定义了对“扩展型非连续接收 (eDRX)”的支持。eDRX可以显著延长所配置的寻呼周期, 使得RedCap终端可以在很长的时间里处于低功耗的睡眠状态, 从而达成终端节电的增强。

对RedCap终端, 5G Advanced 计划进一步降低其调制解调器的复杂度, 以及支持更精简的终端侧信号处理流程来优化功耗。此外, 通过降低所支持的峰值数据传输速率, 对协议栈缓存的尺寸要求有望得到放松; 在Re-

lease 18, 会考虑利用“传输块大小伸缩”这种简单而有效的途径来达成对峰值速率的降低。

在5G Advanced, 为了优化一个终端处于最节能状态的时长, 除了让处于RRC非激活态的RedCap终端可支持更长的eDRX周期, 还会支持兼顾终端节电和低时延的唤醒信号 (WUS) 和相应的低功耗唤醒接收机。基于采用WUS和利用一个起辅助作用的单独的唤醒接收机, 无需再度延长终端的睡眠周期, 就能够以超低功耗来完成对寻呼消息的监听。

5G Advanced还将让RedCap终端去支持一些新的应用场景, 比如: 定位。具体地, 会首先评估RedCap终端基于“现有NR定位技术的测量需求和实施流程”所能达成的定位性能; 若评估发现有必要去做增强, 再去在保持RedCap终端的低复杂度的前提下, 研究相应的定位增强手段。



## 网络节能

从一开始,5G就旨在既要满足日益增长的业务流量需求,同时也要抑制移动通信网络的功耗增长。在5G Advanced中,对网络节能更是给予了重点关注。无论是从成本还是环境的角度,移动通信网络的呈上升趋势的能耗曲线,都是不可持续的。打破能量曲线的上升趋势不仅是一种选择,更是一种行业责任。

【参考文献:“Breaking the energy curve,” Ericsson, 2020年】

能量效率一直被3GPP认为是系统设计中很重要的方面,3GPP规范中已经为此定义了针对终端侧设备的智能睡眠模式;并且,在使用载波聚合去提升容量时,会同时借助处于较低频点的频段来在不提高发射功率的前提下扩展覆盖范围。现在,在Release 18,将会针对网络节能进行专门的研究。具体地,将定义基站能耗模型、基站能耗的评估方法和关键性能指标,并研究有助于达成网络节能的重点

技术领域和潜在技术特性。此前,在Releases 16和17,针对终端侧的节能,已经开展了类似的工作。在从系统级的角度来考虑网络节能时,对于在基站侧配置了大规模天线阵列的位于市区的宏小区和微小区,基站的负载均衡和睡眠模式就会成为被重点研究的领域。

## 针对物联网应用的确定性网络

工业和关键任务型物联网从一开始就是5G的一个重要的主题。一个工业物联网的例子是基于IP通信的媒体制作和分发,它需要有限的低延迟。5G已经定义了一个功能框架,支持基于以太网和IP的5G时间敏感通信(TSC),其中包括通过UPF进行的

UE到UE通信、时间同步和5G TSN集成。后者使5GS能够当作一个或多个可管理以太网交换机。

然而,有些应用需要确定性网络(DetNet)支持,这些应用领域不仅需要有限的IP低延迟,还需要低延迟

变化和极低的丢包率。5G Advanced将在Release 18的版本中,基于Release 17版本中定义的TSC框架,增加对DetNet IP流的支持(另请参见图3,其中顶部显示DetNet原理,底部显示5GS作为逻辑DetNet节点映射到DetNet)。

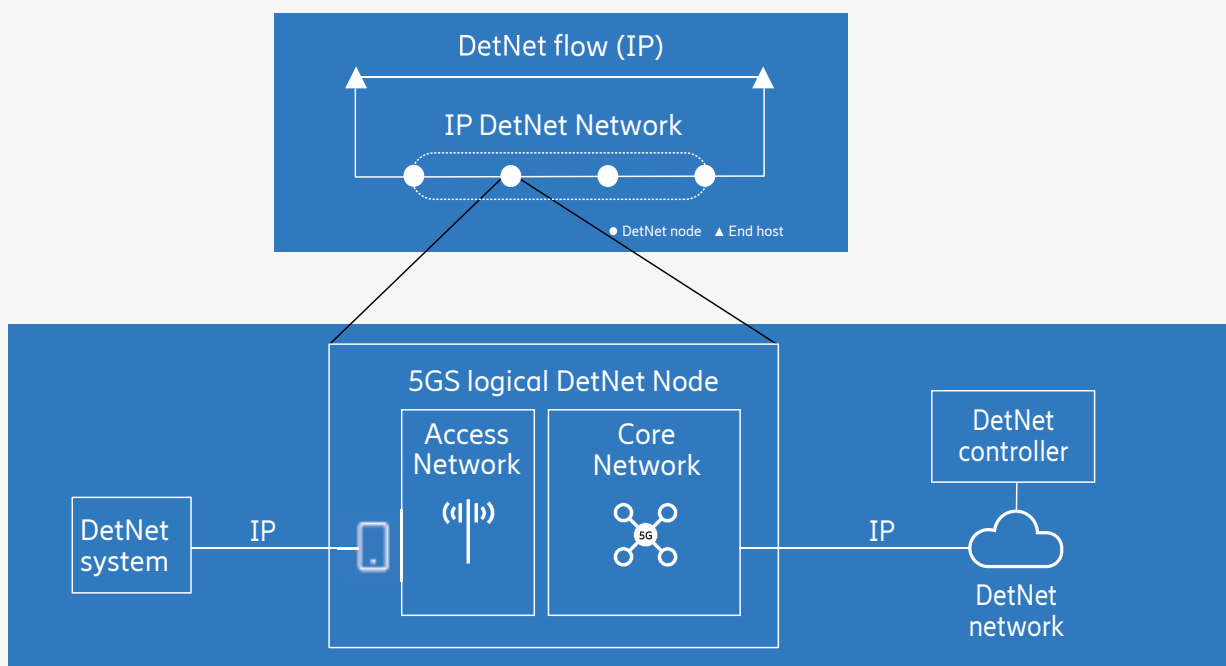


图3:物联网的基于IP的确定性网络(原理及和5GS的映射)

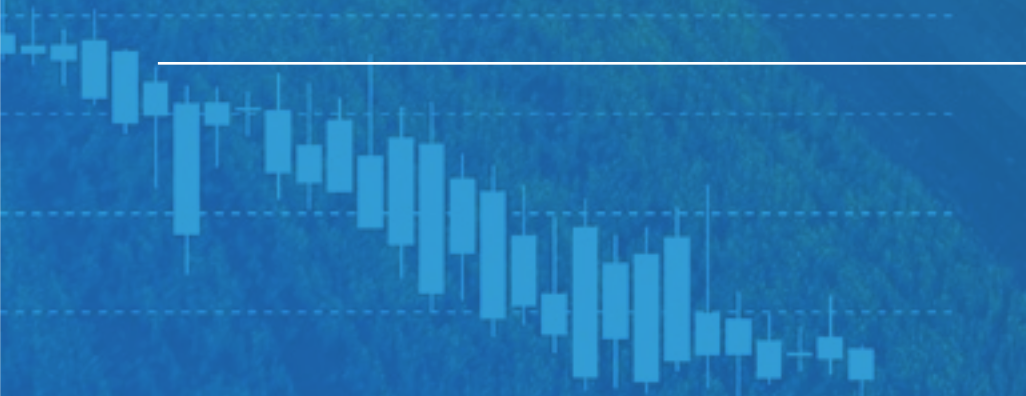
## 向6G的迈进

5G系统目前正在快速部署,为广泛的业务提供了高速率低延迟的连接。毫无疑问,正在进行的转型将带来5G和5G-Advanced无法应对的挑战。日益增长的期望为工业界和研究界设定了一个明确的目标——6G应该通过无时不在的智能通信为一个高效、人性化、可持续的社会做出贡献【参考文献:6G网络 - 连接虚拟和现实世界的桥梁,爱立信】。尽管如此,上述讨论的一些5G-Advanced技术可以被视

为构建6G的某些技术模块的先导应用。例如,XR将逐渐演变为人机交互的沉浸式通信,这可能会对6G提出新的要求,以提供更好的体验。在机器类通信方面,零能量设备对RedCap也是一种补充,这是一类从周围环境中收集能量的设备,该类设备可用于为数字孪生提供输入。此外AI/ML也将在6G的全数据驱动架构和未来的智能网络平台中发挥着重要作用。

**6G应该通过无时不在的智能通信为一个高效、人性化、可持续的社会做出贡献**

on levels



## 总结

从Release 18开始的5G演进被业界称为5G Advanced。因为5G Advanced建立在由Release 15、16和17所定义的5G的基础版本之上,这个新的称呼指示的是5G从2018年及以后的演进所累积的价值。在Release 18,既会有针对网络架构的增强,也会有针对新的细分市场的其它增值功能。5G系统目前正在快速部署,并且正在为范围广泛

的业务提供高速率、低时延的通信连接。新的业务也将被引入,例如:对网络性能有更高期望的XR业务。对RedCap终端的支持将会拓宽机器类型通信的应用范围。那些需要利用“基于IP的实时组网”的应用将受益于能够提供有着给定界限的低时延、稳定的时延数值、和极低的丢包率的确定性网络。为了高效地满足

所有这些需求,移动通信服务提供商将会增加对AI/ML和网络自动化的使用,同时也会兼顾对能耗的进一步降低。在移动通信服务提供商已经准备好在未来要充分利用5G Advanced系统的这些优势时,3GPP有必要在5G Advanced标准化工作中重点关注这些重要的领域。同时,对这些技术特性的研讨也是对6G构成要素的重要奠基。

## 本期访谈嘉宾介绍



 张路

### 爱立信中国区技术经理

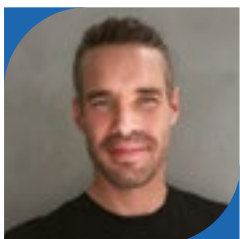
张路是这份5G-Advanced白皮书中文版翻译负责人。他在美国特拉华大学电子与计算机工程系获得通信与信号处理专业博士学位,在北京理工大学电子工程系获得硕士与学士学位。他曾就职于阿尔卡特朗讯和诺基亚等多家 ICT 公司,期间曾评获贝尔实验室全球杰出技术专家。曾担任国家科技重大专项“基于R15 5G基站预商用设备研发”的课题总负责人。张路在爱立信无线产品方案部和CTO办公室的无线新技术与标准组任职技术经理,目前主要负责跟踪解读5G标准的最新技术进展和开展相应的客户交流,以及参与6G的预先性研究工作。

## 作者



 Imadur Rahman

于2008年加入爱立信。Rahman是位于瑞典斯德哥尔摩的爱立信研究院在无线领域的高级研究员;目前,Rahman与其他同事共同负责爱立信研究院的5GAdvanced标准化项目。Rahman持有丹麦奥尔堡大学(Aalborg University)无线通信专业的博士(Ph. D.)学位。



 Olof Liberg

于2008年加入爱立信。目前,Liberg领导着爱立信的3GPP RAN标准化团队。Liberg持有瑞典乌普萨拉大学(Uppsala University)工程物理专业的硕士(M.Sc.)学位。



 **Sara Modarres Razavi**

于2014年加入爱立信。作为爱立信研究院的高级研究员，Razavi目前与其他同事共同负责爱立信研究院的5G Advanced标准化项目。Razavi持有瑞典林雪平大学 (Linköping University) 基础信息学专业的博士 (Ph. D.) 学位。



 **Christian Hoymann**

于2007年加入爱立信。Hoymann目前领导着位于德国黑措根拉特 (紧邻亚琛) 的爱立信欧洲实验室的一个研究团队。Hoymann持有德国亚琛工业大学 (RWTH Aachen University) 电子工程专业的博士 (Ph. D.) 学位。



 **Stefan Parkvall**

于1999年加入爱立信。Parkvall是在瑞典斯德哥尔摩的爱立信总部工作的高级技术专家，并且是IEEE Fellow (即国际电气和电子工程师协会的院士)。Parkvall持有瑞典皇家理工学院 (KTH Royal Institute of Technology) 电子工程专业的博士 (Ph. D.) 学位。



 **Göran Rune**

是爱立信研究院 (Ericsson Research) 系统和网络架构的首席研究员，自2014年一直担任该职务。他于1986年获得了应用物理和电气工程硕士学位，并于1989年获得了林雪平大学 (Linköping University) 理工学院颁发的固态物理工程Licentiate学位。Göran Rune于1989年加入爱立信，此后一直致力于核心网络和无线网络架构的系统设计以及GSM、PDC、WCDMA、HSPA和LTE以及5G核心网络等大多数数字蜂窝标准的概念开发和标准化。



 **Ralf Keller**

于1996年加入爱立信。Keller是核心网演进的技术专家。作为首席架构师，Keller目前的工作重点是分组核心网的架构和相关技术。Keller持有德国曼海姆大学 (University of Mannheim) 计算机科学专业的博士 (Ph. D.) 学位。



 **Patrik Persson**

于2007年加入爱立信研究院 (Ericsson Research)，担任6G项目经理总监一职。Patrik在专注于推动6G愿景和概念研究活动之前曾参与不同领域的研究，包括先进天线系统的概念开发、3GPP RAN标准化 (4G和5G) 以及LTE的专有演进。Patrik拥有瑞典斯德哥尔摩皇家理工学院 (KTH) 电气工程博士学位 (2002年) 和讲师职称 (2011年)。



- 
- 5G网络下的全息通信
  - 元宇宙里的5G
  - 5G集成TSN支持工业自动化

# 5G网络下的全息通信



扫码探索更多

最新研究发现,曾经仅存在于科幻小说中的全息通信,如今已成为消费者和企业用户最想要使用的5G应用之一。

全息通信是指对远程对象的3D表现的实时捕获、编码、传输和渲染。锚定在空间中的3D表现在扩展现实(XR)头戴设备中显示为立体图像或3D视频,展现类似于全息影像的视觉效果。

许多用户表示,体验了多年在智能手机和平板电脑上进行视频通话,他们现在热切期盼通过沉浸式通信服务(如使用5G网络的3D全息增强现实通话)与其他人进行数字会面。与平面的视频相比,全息通信可以传达那些微妙的非语言信息,并提供一种在场感和即时感,从而提高人类交互的质量。超过50%的智能手机用户期望这项技术将在几年内面世。

渴望更真实的数字通信形式的不只有个人消费者,还有企业用户。最近的一项研究表明,远程工作的主要障碍在于社交互动的需求。由于在办公室外工作的时间预计将在未来十年中继续增加,许多办公室工作人员将需要更沉浸式的数字互动形式。

从AR眼镜和带有空间音频的全息通话开始,世界各地的办公室工作人员希望触觉技术能给他们带来更多好处,因为触觉技术实现了数字对象触觉感知的功能。超过一半的人表示,他们希望在远程工作时,办公室里能有一个多类型感知的数字工作站。同样,最近的一项在线调查(涵盖了14个主要城市的7115名年龄在15-69岁之间的自嘲的技术早期采用者)发现,有80%的人预计,到2030年,将出现远程呈现设备,可用于与同事远程社交。

未来几年实现全息通信用例的可能性很大。对全息通信的预期已经出现在许多消费者和企业应用领域：从以全息影像的形式参加家庭活动，在家与医生见面，到远程出现在办公室，专家为工厂提供远程帮助，以及沉浸式营销。只要生态系统准备好以良好的价格点位和体验质量(QoE)提供这些新体验，我们的研究表明，个人消费者和企业都会热衷于使用它们。

使全息通信成为日常现实的能力取决于三个关键因素。首先，需要有一种驱动行为改变的渴望(人的因素)。其次，需要推出价格适当的AR设备。最后，移动网络必须具备支持“全息通信管道”的能力。

## 人的因素

用户是任何人类通信技术的主要受益者，全息通信也不例外。因此，必须了解人们是如何看待它的，大家认为它的好处在哪里，以及他们对如何改善用户体验的看法。

全息通信的两个主要用户群体(企业和消费者)对全息通信的需求有不同的优先级。如果全息通信能比现有工具更好地满足生产力目标，企业才会使用全息通信。这些可以定义为特定使用环境下的有效性、效率和满意度。

相较而言，消费者倾向于选择最能满足其享乐目标的通信方式，特征为享乐、情感和体验。众所周知，情绪是决策的重要指引。因此，在整个开发过程中理解人们的感受是至关重要的，这可以通过用户研究来实现。

在一项关于这个主题的内部研究中，我们发现人们对全息通信抱有的一种关键情绪是兴奋。他们对在同一个房间里看到自己认识的人的全息版本感到兴奋；对这项技术的未来感到兴奋。由于全息互动的新颖性，这种反应是意料之中的，但随着新颖性(或“光环”)效应的减弱，人们倾向于优先考虑可用性、有用性和熟悉性等因素。

虽然XR通信已经存在一些QoE指标，但也可以使用其他一些工具。设计思维可以在早期就使用，以确保建立最佳解决方案，而定性方法(如访谈)可以在早期原型阶段使用，以获取有关人们的感受的更深层的见解。其他以人为

中心的主题，如道德、许可和可及性，也应得到考虑并定期监测。在设计过程的早期，让人机交互、人机工程学、心理学和用户体验方面的专家参与进来，可以确保最终产品符合预期用户的期望。

在全息通信的发展过程中，人的因素应当格外引起重视。我们可以坚持这样一种方法：把端到端(E2E)理解为“人到”，而不是设备到设备。

### 全息通信

全息通信领域分为三个范例：

- 1 虚拟形象
- 2 专业质量的用户数字表示
- 3 消费者友好的用户数字表示。“最先进的虚拟形象”技术使用人工智能(AI)生成用户的逼真的数字表示。专业质量的数字表示，是通过使用多个摄像头和实时工作室录音生成的。消费者友好的数字表示是在消费者级手机或平板电脑上支持AI的3D捕获设置的帮助下生成的。第三种范例是本文的重点。

	用例	典型使用时长 (小时)	分辨率	电池容量	移动性
企业	零售购物	1-4	+++	++	+++
	物流 (拣货)	4-8	+	+++	+
	增强式教育	4-8	+++	+++	+
	远程支持	1-2	+++	++	+++
消费者	AR 游戏	1-2	+++	++	+++
	AR 导航	1-4	+	++	+++
	AR赛事 (场馆)	1-2	+++	++	+++
企业/消费者	全息通信	1-4	+++	+	+++

图1:AR 用例及根据重要度排名的设备需求(重要度排名:+到+++)

## 增强现实眼镜和其它设备

早期的AR眼镜是通过电缆连接的,随后利用了Wi-Fi技术,由于移动性不足,大多数应用只能在家中和办公室使用。然而,在过去五年中,AR眼镜市场发生重大变化,特点是:在重量、视野、分辨率、电池寿命和移动性等重要参数方面,都有了长足的发展。

第一代轻型AR眼镜是两年前推出的。它通过USB-C连接到支持4G和5G的智能手机上。下一代AR眼镜预计将具备内置的蜂窝连接,类似于今天的智能手表。图1展示了一些企业和消费者用例,它们将受益于下一代AR眼镜的推出。

有两种不同的AR设备类型:支持SLAM(同步定位和映射)的设备和不支持SLAM的设备。SLAM使用一个或多个前置摄像头创建和更新周围环境的映射,让设备定位自身,并在环境中的固定位置锚定虚拟内容(包括全息影像)。真正的全息影像要能从不同角度看到,而这可以通过SLAM实现。

### 术语和缩略语

| AI-人工智能 | AR-增强现实 | E2E-端到端 | FPS-每秒帧数 | IEC-国际电工委员会 | ISO-国际标准化组织  
 | LiDAR-激光雷达 | MPEG-运动图像专家组 | MS-毫秒 | NR-新空口 | QoE-体验质量 | RAN-无线接入网  
 | SLAM-同步定位和映射 | ToF-飞行时间 | V3C-基于视频的视觉体积编码 | V-PCC-基于视频的点云压缩  
 | XR-扩展现实 |

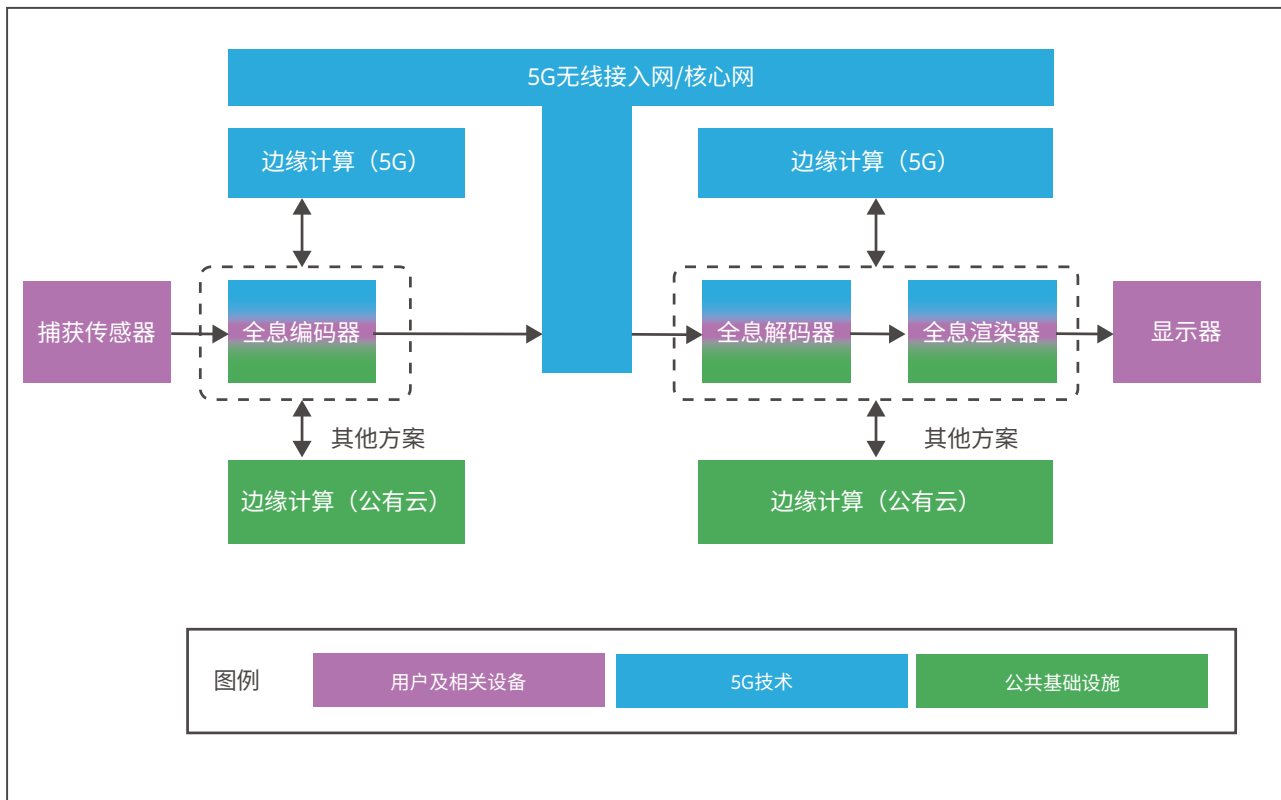


图2: 全息通信的端到端管道

移动和固定全息显示器以及AR隐形眼镜的不断发展也将促进全息通信的普及。支持AR的平板电脑和手机降低了全息通信使用门槛,但仅在不需

## 全息通信管道

我们提出的全息通信支持架构如图2所示。其中捕捉传感器提供了人脸和身体的实时表示。在编码之前,先进行格式转换和过滤,以降低网络上的比特率要求。压缩全息影像通过5G等低时延可靠传输网络传输到XR设备。到了XR设备,要先对压缩全息影像进行解码和处理,再渲染到消费者用户环境中。渲染引擎考虑设备和渲染场景的位置和语义信息。虚拟的人的表示将显示在XR设备上。

网络可以充当全息数据编码、解码和渲染的计算平台,从而减轻设备处理的数据量。

## 捕获技术

全息捕获是创建物体、人或环境的可测量3D表示的过程。此过程分为四个步骤:



采集步骤利用视觉传感器捕获各种有用信息(volume)。3D捕获使用了几种不同的视觉传感器技术。当前最常见的机制是使用飞行时间(ToF)传感器(如激光雷达),它通过计算光脉冲到达目的地并返回的时间来测量距离。

在深度估算步骤中,我们使用传感器流计算深度。ToF传感器可以直接提供深度信息,而立体摄像头和多摄像头系统通过从不同角度捕捉人的信息来估算深度。

在数据融合步骤中,通过匹配关键点并计算不同视角的最佳几何变换,将不同视角的深度信息或深度映射融合为单个3D点数据流。

后期处理步骤通过清除冗余点、噪声和异常值来减少3D点数据流的数据大小。生成的3D表示能以各种视觉媒体格式(如点云,即point cloud,或网格,即mesh)提供。

点云是代表全部捕获信息(volume)的点的集合。每个点都包含位置信息,以及特定帧的“红色、绿色和蓝色”颜色模型选项和亮度值。网格将这些

点连成三角形,忽略多余点,并补全任何空处。通过减少顶点数量,可以进一步整理网格并缩小尺寸。根据分辨率的不同,网格可能比点云小得多,可以提高存储、传输和渲染速度。

## 渲染和显示

渲染是通过计算从给定视点生成场景或模型图像的过程。场景(scene)是描述全部信息及其内容的容器对象。源(source)是位于要渲染的场景中的对象。摄像头(camera)是渲染视点的实例,由位置、焦点、方向和分辨率组成。

引擎根据渲染管道渲染内容。渲染管道负责消隐、渲染和后期处理。管道也有几种类型,具有不同的功能和性能特征,适用于不同的应用程序和平台。经过优化的通用渲染管道可跨多种平台处理图形,而高保真图形管道则适用于高端平台。

还有其他一些技术和方法可以改进渲染过程,实现更快且更高QoE的渲染、平滑方形边或提高场景中对象的质量。此外,AI算法可以重新创建场景的对象,或创建逼真的数字表示,例如虚拟形象。逼真的数字表示包含一个模型:视觉表示或网格模型和配置。配置是模型的骨骼或访问点。这些点在渲染过程中使用预加载的动画形成最终动画。

与虚拟形象相比,深度摄影机捕获的实时数据需要更多的算力才能渲染。全息影像的每一帧,都需要对网格的所有部分进行渲染,而虚拟形象只需要渲染差异部分,比如更新的面部表情(例如眨眼)。

分割渲染是一种将渲染功能转移到边缘云的方法。其关键在于跟踪场景中XR设备的六个自由度位置和方向,并实时向边缘提供稳定反馈。3D场景的渲染在云中进行。根据用户的位置,云从用户的角度将2D视频流回到场景中。对于这种方法,最终用户设备不需要具有高端性能。然而,在这种情况下,良好的QoE需要边缘和设备之间的低时延通信。

当数据准备好时,渲染数据流就被传输到一个能够为用户提供全息体验的设备上。有四种设备类型:手持设备(如智能手机和平板电脑)、全息显示器、AR眼镜和虚拟现实眼镜。利用这些设备,我们可以在房间中投射全息影像,并在其中移动。

## 媒体格式和编解码

全息通信的交付需要处理和传输各种视觉媒体格式。与传统视频会议中使用的成熟2D视频格式相比,这些新格式旨在表现更真实、交互式的人类和/或环境的视觉表示,然而,增加的信息负载可能会对整个通信链上的传输比特率造成较高压力。

例如,描述一个人的点云数据通常由每个时间实例(视频帧)10万到100万个点组成。以每秒30帧(fps)的速度传输此类数据(这是典型的视频会议流传输速率)大约需要300Mbps到3Gbps的可用带宽。这样的未压缩比特率在今天是不可行的,当前的真实视频会议系统使用媒体编解码器将带宽要求降低到个位数的Mbps(1-6Mbps),支持从250:1到1000:1的压缩比。

因此,为了实现全息通信服务的部署,我们需要能为沉浸式3D表示打造类似压缩比的方法(如点云)。就在XR设备上处理3D视觉格式及其解码而言,可以考虑两种情况。

第一种情况,通常应用于分割渲染,3D格式的处理和解码在边缘完成,而XR设备使用传统的2D视频编解码器(如ITU-T,国际电信联盟电信标准化部门;ISO/IEC,国际标准化组织/国际电工委员会;MPEG,运动图像专家组;高效视频编码/H.265;或通用视频编码/H.266编解码器)对预渲染的2D视频进行解码。

第二种情况,3D格式的处理和解码在XR设备上完成,需要设备本身支持额外的沉浸式解码器。在ISO/IEC MPEG-I

基于视频的视觉体积编码(V3C)和基于视频的点云压缩(V-PCC)中标准化的一种方法采用3D到2D投影算法,创建中介2D视频表示。我们可以使用2D视频编解码器的多个实例(例如H.265或H.266)对这些视频表示进行解码。

还有一种方法是使用“原生”3D编解码器,例如基于ISO/IEC MPEG-I几何体的点云压缩。在此编解码器中,压缩工具直接对3D点云表示进行运算。

与V3C/V-PCC编解码器不同,这种方法需要在移动硬件芯片组中添加对此类原生点云编解码器的支持。

## 测试结果

为了确定使用现有5G技术构建端到端管道以实现高质量全息通信的可行性,我们在真实5G新空口(NR)网络中测试了图2所示的方法。

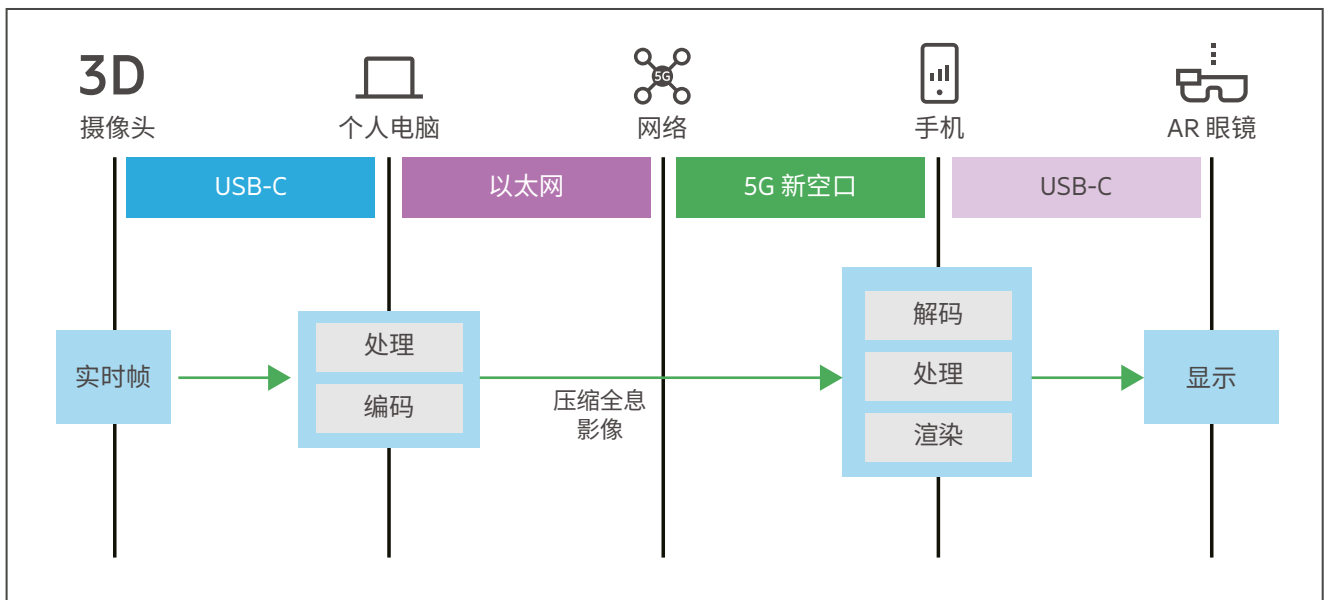


图3: 实验室中的测试设置

3D帧由连接到计算机的单个3D摄像头拍摄,计算机通过以太网连接到5G网络。捕获的流被压缩,并通过5G网络发送到连上AR眼镜的5G手机。解码和渲染在手机上执行,并显示于AR眼镜中。SLAM功能使您可以在3D表示中漫游。测量设置如图3所示。

影响全息通信体验质量的因素包括带宽、时延和质量。这三者统称为“权衡三角”,因为只有其中两个可以同时得到优

化,而且总是以第三个为代价。在我们的测量中,我们选择改变质量和带宽。

通过调整点云中的点数(1万点/30fps到100万点/30fps),我们改变了质量。但压缩率保持不变,结果是带宽在5Mbps到100Mbps之间。

手机中的总时延由两个因素决定:解码和渲染。正如预期的那样,时延随着质量和带宽的增加而增加。很明显,高

质量情况下,手机计算正在触及极限,造成大约170ms(毫秒)的时延。第一个实验表明,将解码计算从手机移动到边缘云可以将时延减少到70ms。

图4显示了四种质量级别(Q1-Q4)的比特率、往返时间和手机时延结果,配置都是1024x780分辨率和30fps。每个质量级别的平均点数分别是:Q1(900,000),Q2(225,000),Q3(100,000)和Q4(36,000)。

## 结论

我们的研究表明,消费者和企业都了解沉浸式增强现实应用(尤其是全息通信)的潜力。它们不仅可以提高工作场所的生产率,还可以提高社交和娱乐方面的体验。轻型AR眼镜和强大的3D压缩算法的出现,使得使用现有5G技术开始部署AR用例成为可能。

我们需要全链路带有边缘计算功能的体系结构,才能随时随地交付此类应用程序的3D捕获流和渲染,同时满足设备在尺寸、重量和能耗方面的要

求。这种方法可以将高性能计算转移到网络,从而降低移动设备的能耗和端到端时延。

在扩展现实(XR)通信场景中引入点云等新媒体格式将极大地提高这种新通信方式的吸引力、有用性以及各方之间传输信息的效率。成功的通信需要对通信格式的共同认知,这通常是通过标准化来实现的。在Release 18中,3GPP承担了增强5G以提供更高效的XR服务支持的艰巨任务。由于

XR的多个方面已经在其他标准化论坛上讨论过,因此其目的是尽可能地进行重用。

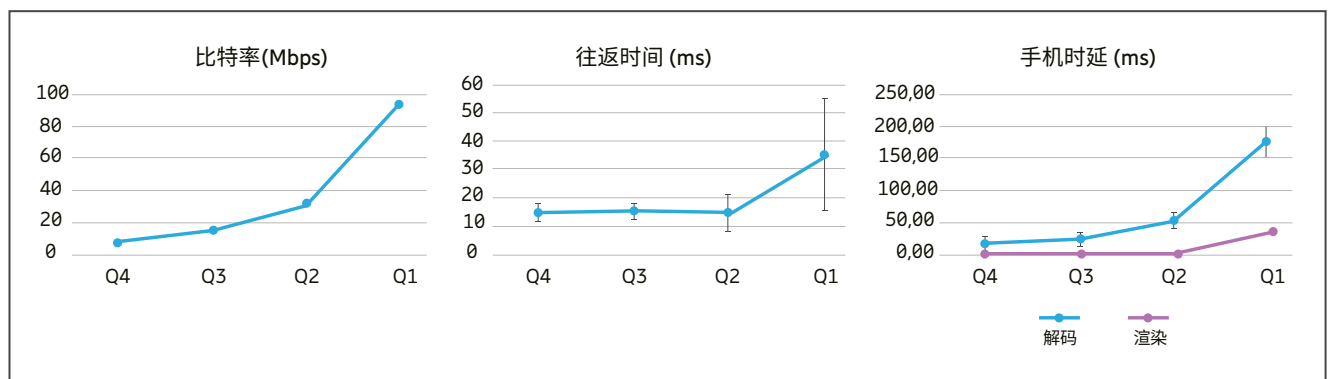


图4:5G NR测量结果


## 作者



 **Ali El Essaili**

2014年加入爱立信, 目前担任爱立信研究院的主研究员。他目前的研究重点是XR和在5G上实现沉浸式媒体应用。他拥有德国慕尼黑理工大学电气工程博士学位。



 **Sara Thorson**

2019年加入爱立信, 目前担任爱立信消费者和行业实验室的概念开发负责人。她的工作重点是XR和6G的新兴用例, 特别关注可持续性。她拥有瑞典哥德堡大学商业、经济和法律学院的国际营销硕士学位。



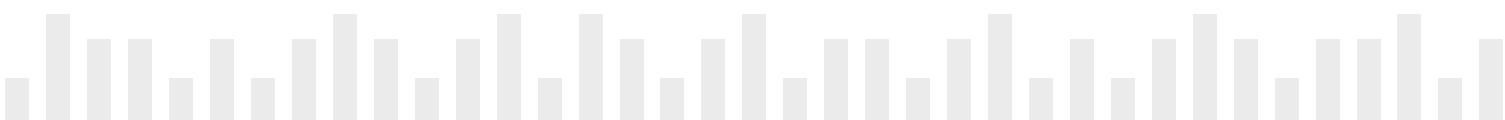
 **Alvin Jude**

2014年加入爱立信, 现任爱立信研究院高级研究员。他拥有位于美国得克萨斯州韦科的贝勒大学计算机科学硕士学位。专门研究人机交互。



 **Jörg Christian Ewert**

1999年加入爱立信, 担任系统经理。2005年, 他加入了核心网络产品管理团队。目前, 他负责业务领域数字服务中的5G通信服务。他在德国哈根FernUniversität学习工商管理, 并在德国哥廷根大学获得物理学博士学位。





 **Natalya Tyudina**

2019年加入爱立信，目前担任业务领域数字服务的开发人员。她的工作主要集中在XR和基础设施即服务 (IaaS) 上。她拥有位于俄罗斯顿河畔罗斯托夫的顿州技术大学信息系统与技术硕士学位。



 **Héctor Caltenco**

2018年加入爱立信，目前在爱立信研究院担任设备XR技术的主研究员。他还是隆德大学的兼职高级讲师。他拥有丹麦奥尔堡大学生物医学工程博士学位和智能自主系统硕士学位。



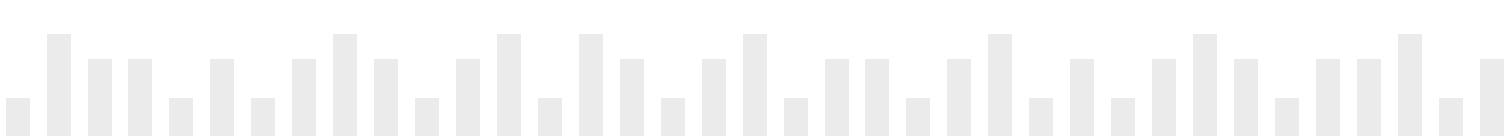
 **Lukasz Litwic**

2007年加入爱立信。目前是爱立信研究院视觉技术团队的研究负责人。他于2005年获得波兰格但斯克理工大学的工程硕士学位，2015年获得英国吉尔福德萨里大学的电子博士学位。



 **Bo Burman**

1996年加入爱立信。在Ericsson Research Media Technologies工作14年后， he现在是Ericsson Digital Services的高级专家。他拥有瑞典林雪平大学理工学院计算机技术与工程硕士学位。



# 元宇宙里的5G



扫码探索更多

元宇宙这个词已经快要传遍网络了。但实际上，想要实现它的全部潜能，就要搞清楚5G和元宇宙的关系。让我们一起来探讨5G支持的那些激动人心的新用例（例如元宇宙VR、元宇宙XR），了解它将如何助力Web 3.0成为现实。

或许你已经接触过元宇宙了！《我的世界》，玩过了吗？或者《堡垒之夜》？还有Pokémon Go以及Roblox？正在阅读本博客的硬核元宇宙拥趸想必能办过自己的NFT艺术展。

第一段就出现了这么多新名词，是否有点眼花缭乱？让我们步步深入，了解这些新词背后的含义。最重要的是了解它们如何与另外一项新兴技术——“5G技术”相融合。实际上，我们认为

5G是元宇宙及其设备和应用开发者生态的关键使能因素。



## 什么是元宇宙？

元宇宙这个词诞生于尼尔·斯蒂芬森 (Neal Stephenson) 1992年出版的科幻小说《雪崩》。这个词几十年来都未曾引人重视，直到脸书公司宣布他们要大力发展以VR为驱动的元宇宙虚拟现实。价值上万亿美元的脸书母公司甚至为此改名为Meta。此后，互联网圈、设备生产商和通信运营商都兴奋了起来。

意义。我们在此提及元宇宙的几种正式定义，但更重要的是，我们要去

关注这些定义背后蕴含的3个关键要素。



元宇宙的概念当然不只归属于Meta公司。对于不同的人，元宇宙有不同的

图1: 元宇宙生态系统的非详尽快照, 包括设备oem、连接提供商、云基础设施和平台提供商、元宇宙平台和内容提供商

首先,也是最重要的一点,元宇宙有社交要素。它不只是一个虚拟空间,人们可以在上面消磨时间(花费金钱),享受独处的安逸,或是和一些朋友欢畅共处。更高级的是,元宇宙意图在虚拟世界中打造人类社会中独特的社交机制。在这个虚拟世界中,你和/或你的虚拟形象可以与其他人交互,包括眼神沟通、肢体沟通,甚至还可以握手和拥抱。

其次,元宇宙有很强的虚拟叙事性。

对一些人来说,元宇宙是纯粹的虚拟世界,我们可以使用VR眼镜进入那个世界游览。举一个例子,《堡垒之夜》就可以使用VR眼镜进行游玩。而对于另一些人来说,元宇宙在现实世界也有重要的表现——把数字内容通过增强现实或更具交互能力的混合现实技术交叠到现实世界中。例如Pokémon Go,就可以通过手机或AR眼镜进行游戏。无论如何,随着虚拟内容的不断增加,我们的体验以及社交方式都在得到增强。我们访问虚拟世

界,得到触觉反馈,都离不开这些3D扩展现实设备,以及作为过渡的、使用WebXR技术的2D屏幕。

其三,元宇宙得到了新技术的加持,例如Web 3.0、区块链、同质化代币(NFT)、5G、数字孪生、人工智能和XR设备……诚然,没有这些技术,元宇宙也能存在,但是要想升级和扩展,那就非常困难了。下文将给出更多示例,不过我们先深入探讨一下元宇宙的组成要件。

本文作者的虚拟形象(从左上到右下):



## 元宇宙和正在兴起的Web 3.0

我们先来深入探究一个概念:Web 3.0。它经常出现在有关元宇宙的讨论之中。这个词已经被用得过于频繁了,实际上,它是指利用区块链技术发展起来的新型去中心化网络。

它的重要性体现在哪儿?在于所有权。当前的互联网应用(如社交媒体平台)都是集中拥有的。无论是金钱交易、代码更新还是关停决策,都离不开它的拥有者(应用开发公司)。

而Web 3.0是去中心化的,所有权也是分散的——这要归功于区块链的去中心化属性。这种新方式对运营效率和能源效率提出了巨大挑战,但是为

新型互联网结构及其经济体系提供了新的机会,让用户成为了网络的中心。它还能为用户提供互操作性,就像IP能为网络和设备提供互操作性一样。这一点将在下文解释。

去中心化的Web 3.0如同曾经的中心化的Web 2.0正在快速发展。与此同时,各类软件也在快速发展。例如Filecoin或IFPS(相当于Dropbox); Brave(相当于Chrome); Metamask(相当于Paypal); DTube(相当于YouTube)等等。Web 2.0应用是由Windows或macOS等操作系统驱动的,而Web 3.0应用则是由去中心化操作系统驱动的,例如以太坊(Ethereum)等。

Web 3.0操作系统也被称作基础设施层。支持分布式应用,或称dApp。以太坊(Ethereum)是最流行的Web 3.0操作系统,但并不是唯一,其他区块链技术还包括Solana、Polygon、Tron、Cardano和EOS。

这些基础设施区块链支持一种或多种有价代币(value token)。例如,比特币区块链仅支持一种有价代币,即比特币。而以太坊支持多种有价代币,每种代币自成生态。在以太坊上使用的与元宇宙有关的有价代币有SAND、MANA、AXS和GALA。使用这些代币,就可以在虚拟世界进行交易。这一层通常被称为代币层。

再到元宇宙。我们也可以使用这些代币交易固定资产或动态资产，因此这层也被称为资产层。例如在元宇宙平台Decentraland，你可以使用MANA购买、出售或租借土地。你还可以把从OpenSea平台购买的数字艺术品

放到你在Decentraland的土地上。之所以能这样做，是因为Decentraland和Opensea是互通的，它们都运行在以太坊操作系统上。

把上述Web 3.0内容整合起来，我们就

会发现一个相当于OSI的层正在兴起，它运行在我们传统的网络上。为了实现这个新兴OSI堆栈的高效运行，底层网络技术就必须做到无缝衔接。所以，无限连接的5G技术就像及时雨般来到我们的面前！

## 元宇宙VR和AR设备

在谈论5G和网络之前，我们先聊聊设备。可以把它们想象成现实世界与元宇宙相连的代理或者传送点。现阶段，我们要用键盘和触屏与之进行交互，而且还要先学会如何操作才行。而从用户体验的角度看，新型的元宇宙设备，让用户可以进行更符合直觉的交互，从而更轻松地使用数字内容和信息。

作为连接两个世界的代理，这些设备要把现实世界的信息翻译给虚拟世界，同时也要把虚拟世界的信息翻译给现实世界。

把现实世界的信息翻译给虚拟世界——即感知现实环境——是通过大规模传感器生态系统实现的，它们实际上也塑造了物联网。而对于元宇宙来说，物联网技术依赖于激光雷达、

摄像头、体三维捕捉设备、触觉服饰和手套、神经手环甚至类似Neuralink的设备。

把虚拟世界的信息翻译给现实世界——即使用元宇宙中的内容——是由大规模VR、AR和MR（它们以及触觉和其他知觉交互技术通常被统称为XR）生态系统实现的。此外还有全息投影设备。

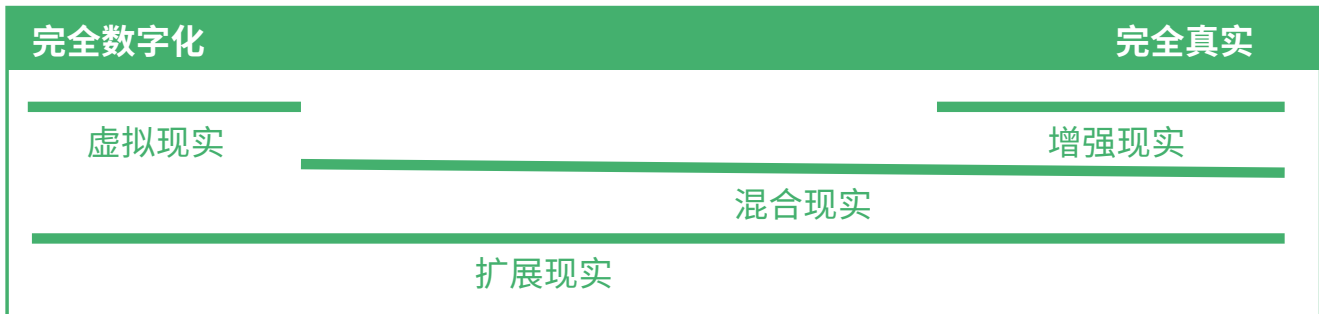


图2:不同“现实”的跨度。包括:虚拟现实、混合现实、增强现实及其统称“扩展现实”

VR是指空间隔离的计算机生成的三维环境模拟，人们可以使用头戴显示设备(HMD)和游戏控制器与其进行实时交互。VR设备在企业市场和消费者市场都有实质性增长，热门产品包括Oculus Quest 2、Varjo VR-3、Playstation VR、Valve Index和HP Reverb G2。

与之相对，AR是在现实世界的基础上，查看叠加上去的虚拟内容。热门AR装备包括我们平时用的智能手机，

使用带AR滤镜的应用程序就能实现AR功能，这类应用包括Instagram、Snapchat和TikTok。专用AR设备有HoloLens 2、联想的ThinkReality和Nreal。还包括Mojo Vision和InWith，它们能用于AR隐形眼镜上。看来AR的未来已经不远了！

MR则是将虚拟内容叠加到现实世界上，并能进行实时交互。我们甚至可以想象，在未来，人们在虚拟世界中

的动作可以通过执行器“重新编程”现实世界。爱立信6G研究团队已经构思出一幅未来图景，那是一个可编程的世界，一个虚拟与现实融为一体的时空。

AR和MR需要空间一致性。如果用户在现实世界中移动，那么虚拟叠加内容应当锚定在现实世界中。例如，某位AR/MR用户从现实世界的一张桌子那里走开了，那么放在虚拟世界的

桌上的花瓶,就应当遵守近大远小的原则。

VR率先出现,是因为它只需有限的算力,就能以可控的方式渲染环境。到了现在,计算功能和光学技术都有所提升,因此AR/MR技术也会紧跟而上。这些是目前我们用来支持元宇宙社交要素的最好用的技术了。

最后,全息投影技术近些年也在逐渐升温,尽管我们并不清楚它能否完全实现。传统VR和AR是在2D表面渲染三维世界,而更高级的立体AR还能给观众带来全息般的体验。真正的全息影像技术是利用光的相位差重建3D世界。这种图像会更清晰、更3D化,但是想生产消费级相位相干光学设备目前非常难。

上述所有设备都要佩戴舒适、重量轻且价格合理,才能激发用户的需求。更重要的,它们需要高性能、可靠而安全的网络连接。目的在于把控制任务和计算任务从设备转移到边缘。

设备需要尽可能低的时延,而边缘服务器需要能够实时渲染图形,然后把数据回传到头戴设备上,就仿佛是开视频会议那样简单。

尽管设备生态系统仍在萌芽阶段,但是XR生态系统已经有所行动,它用到了Boundless XR和CloudXR技术。这些多方访问边缘计算(multi-access edge computing, MEC)技术帮助实现了更沉浸的用户体验。VR眼镜可以展示更高细节等级(level of detail, LOD)的内容,而AR眼镜可以支持更复杂的现实世界交互。当然,这些都是有代价的。

值得注意的是,AR/VR设备与边缘云服务器互相传输数据,要在毫秒之间完成。最好有确定的时延,且数据率要高。因此,可靠、安全而低时延的无线连接对于XR设备至关重要。而目前唯一能够实现这种无限连接的技术就是5G。那么我们来聊聊5G!



## 网络要求:使用5G支持元宇宙

总体而言,5G的发展已经时间不短了。过去的电信行业只需考虑连接问题,而这些年来,电信生态系统多样发展,各种厂商、运营商、原始设备制造、公有云服务商和应用开发商都

纷至沓来。因为“无线”精妙而迷人。在元宇宙的背景下,很多的连接以外的功能和需求都要被考虑到。在此,我们给出下方的表1,囊括了随时随

地的访问、消费级XR设备、边缘-云端功能、相关标准以及开发社区易用性。接下来我们将详细讨论各个要点。

元宇宙功能和需求	5G和生态系统如何满足这些需求
随时随地访问多元化的元宇宙。用轻便、易用性高的XR设备体验元宇宙。	<ul style="list-style-type: none"> <li>稳定的覆盖和连接能力,移动连接支持</li> <li>无缝垂直切换,例如WiFi连接</li> <li>全球覆盖,包括漫游功能</li> </ul>
用轻便、易用性高的XR设备体验元宇宙。	<ul style="list-style-type: none"> <li>低时延且可靠的通信。让设备尽可能将运算任务转移到边缘,并利用边缘渲染和流传输。</li> <li>高吞吐量、低时延地使用边缘计算</li> </ul>
云和边缘云(MEC)能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>低时延</li> <li>转移数据处理,节省电量</li> <li>增强渲染细节等级</li> </ul>
标准化接口	<ul style="list-style-type: none"> <li>电信标准</li> <li>触觉、全息和XR标准</li> <li>元宇宙标准</li> </ul>
开发者轻松获取社区服务	<ul style="list-style-type: none"> <li>编写API提供给开发者,让他们能够访问5G。让他们成为“网络平台”开发者。</li> <li>轻松绑定API/SDK到可用开发者平台</li> <li>轻松绑定API到商业逻辑</li> </ul>

说到随时随地访问,目前已有多种无线连接技术。最流行的有蓝牙、Wi-Fi和蜂窝技术。蓝牙的局限在于传输范围、速率和可靠性。当前版本的Wi-Fi提供所需的速率,但会遇到信号拥堵的情况。当多个XR设备同时连接的时候,就会产生很高的时延。Wi-Fi 7将解决拥堵问题,但是在传输范围和

全球覆盖率方面远不及蜂窝技术。同时,它并不提供服务水平协议(SLA),而5G的网络切片则可以提供服务水平协议,这对于许多企业应用都是必需的。

5G带来的好处,不限于传输速率、范围、可靠性和时延。实际上,目前


5G的平均下行/上行速率是每用户200Mbps/30Mbps。根据调度器、无线承载配置和无线条件的选择,可实现的时延在频率范围1(FR1,即低于6GHz)的10ms和FR2(高于24GHz,如毫米波段)的5ms之间。如今5G的可靠性可以达到99.99%,未来几年,可以达到小数点后5到6个9的可靠性。

# 对于XR来说5G够用吗？


让我们试想一下：如果用户使用VR时移动他/她的头，新的沉浸式视觉影像需要在20毫秒（理想情况下应低于10毫秒）内投影，以避免晕动发生。而对于AR来说，延迟要低于30毫秒，才能确保单人体验时，虚拟对象能够

锚定在环境中，而多人体验时，延迟还要更低。设备本身的智能处理技术，例如异步时间扭曲（asynchronous time wrap, ATW），在头部位置发生变化后，重用旧内容，有助于将延迟要求降低1.5到3倍。

根据边缘云XR处理的速率要求，我们区分了3类场景，即XR任务处理转移的低、中、高3种情况：



在纯VR场景，最理想的目标将大部分（甚至是全部）内容转移到边缘云进行处理。这种高转移情况需要较高的下行速率，它与渲染环境的分辨率成正比。根据最新的GSMA研究，2K H.264编码数据流需要30Mbps，而8K H.264编码数据流需要高达800Mbps的速率。上行速率无关紧要，只需不到2Mbps，因为传输的数据只有头戴设备方向信息，以及一些由（比如说）触觉手套生成的控制信息。



对于AR场景，一些空间感知任务需要由系统进行处理，由此产生了3种转移情况，如图3所示。下行速率要在20-80Mbps，而上行速率要在10-40Mbps。这取决于转移到边缘云的任务类型。

说到时延要求，GSMA研究根据XR交互的频率进行了区分：弱交互（如广

播）的时延要求只需10-20秒。中度交互（如XR视频会议）需要200毫秒。而

强交互（在线游戏或可交互的体育游戏）需要低于20毫秒。

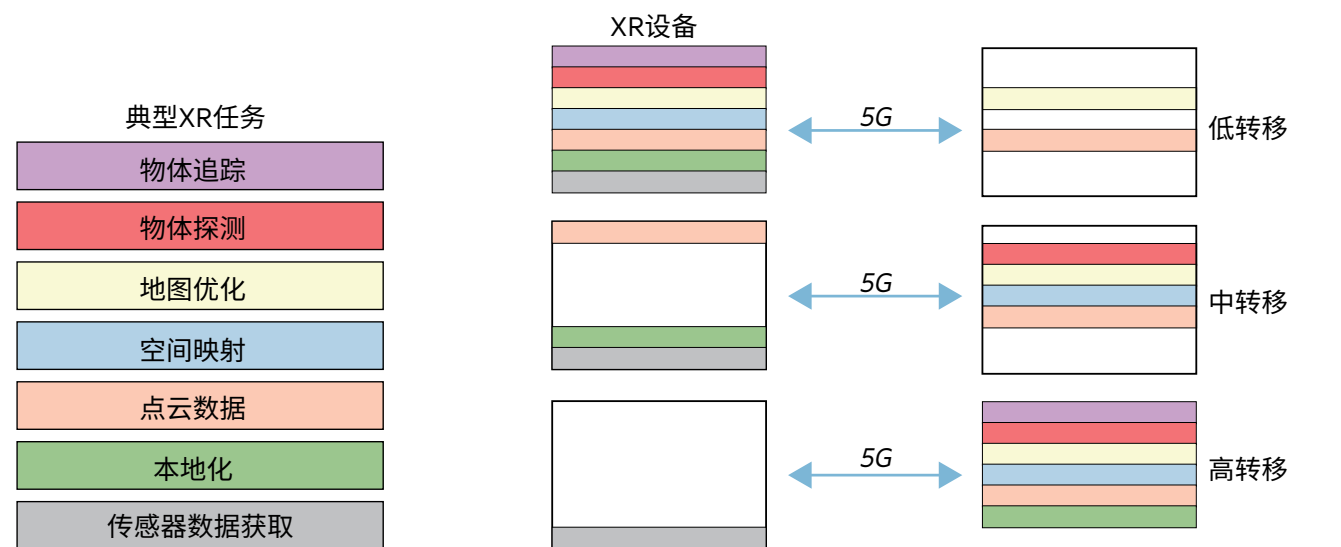


图3: 典型AR计算任务执行时, AR设备和边缘云之间的低、中、高任务转移场景的图示

随着更多任务被转移到边缘云处理,轻量级和易用性XR设备成为了可能。毫无疑问,数据任务转移得越多,对设备的处理能力和电池要求就越低。两者都有助于优化产品外观,让重量更轻,进而价格也能更实惠。

我们进行过相关测试,低转移场景下,设备能耗可以降至原来的三分之一;中转移场景下,降至原来的四分

之一;高转移场景下,降到七分之一甚至更低。这种降幅非常可观,可以直接提升用户体验。

边缘云的支持对于扩展XR至关重要。它是实现元宇宙的基础技术之一。有了边缘云的支持,设备可以更实惠,重量更轻,能力却依然强大,而且电量充足可以长时间保持连接。边缘云的挑战是任务转移的量。不仅要支持

尽可能多的任务转移,还要保证应用的关键性能表现,提供可接受的QoE,无论用户是普通游戏玩家,还是打造下一代元宇宙产品的企业用户。如图4所示,为了应对上述挑战,未来的运营商网络将出现更多边缘云类型的解决方案,它们使用带本地分汇的UPF,让内容距离RAN更近,从而得到更快的处理。

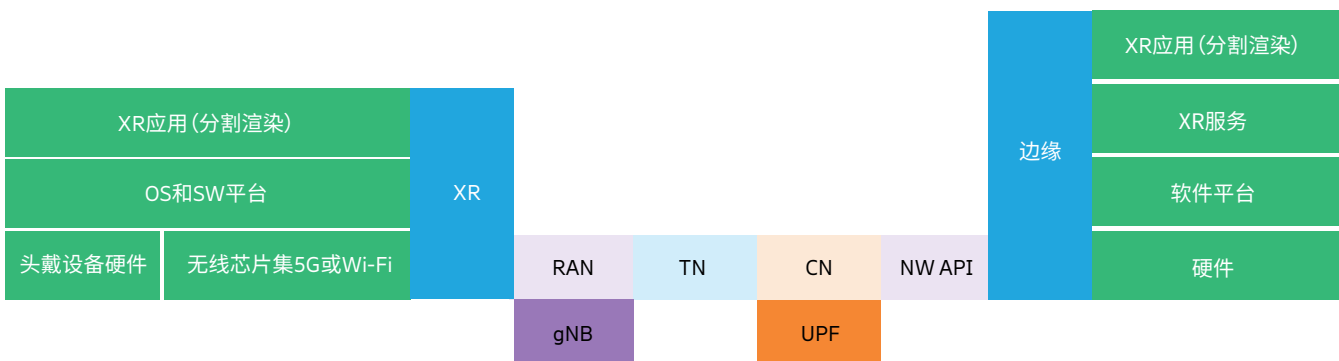


图4:端到端元宇宙通信链条的技术组成部分。其中使用了XR设备和移动边缘云来支持高细节度图形的分割渲染

随着元宇宙生态系统日益复杂,订立相关标准,开发标准化接口,将有助于确保元宇宙中各要素的互操作性。但是,仅让元宇宙运行于一个共同的区块链操作系统上(如以太坊)是不够的。互操作性需要跨区块链体系、跨越现实与虚拟世界,还要兼容各种元宇宙所需的技术和产品,例如触觉设备。

所以,IEEE Haptic Codecs标准化小组P1918.1.1开发了体感和触觉信号的编解码(codec)。通常被称为“触觉的MPEG(MPEG of touch)”。他们根据通用硬件和软件参考设计,为触觉编解码技术制定规则。这能避免供应商锁定,从长远看,有利于触觉设备的大规模推广。

同样的,新型全息技术和XR标准也需要制定,从而避免供应商锁定,确保互操作性。目前已有多种标准产生,

如MPEG (ISO/IEC)、3GPP、ETSI AR-F、VR-IF、OpenXR和Open AR Cloud。未来我们会专门撰文,就元宇宙相关的各种新型标准进行深入探讨。

最重要的一点是确保虚拟世界的互操作性。这种从多元宇宙(即多个元宇宙)向单一元宇宙的过渡,不亚于当年从多个本地局域网(LAN)向如今互联网的过渡。

至于开发者访问难易度而言,最重要的一点是确保全球性大型内容开发者社区可以轻松地将高级XR功能集成到消费级和企业级应用中。这就要用到5G原生API,最好根据不同的开发者社区,将API嵌入到SDK中。这些API将帮助开发者提高他们的XR应用的体验质量。

其中一例就是网络切片API。开发者

希望使用直观的、类似于他们以前用过的那种API。尽管很多功能都可以由第三方提供,但是有些访问5G modem的功能,需要对底层操作系统进行调整,这就要依靠设备平台提供者了。所以更广泛的生态系统玩家有机会携手合作,打造更好的API提供给开发者。为此,他们更需要尽早获取开发者社区的反馈。

## 开放带来的挑战

尽管上述新技术发展令人振奋,但是有一个重要的问题摆在我们面前,它是元宇宙走向成熟绕不开的一个坎。那就是——隐私问题。尽管很多隐私问题已经可以由电信标准进行规避,但是我们尚且达不到应用级别的隐私保护。所以试想一下元宇宙带来的隐私问题。谁来保护我们的孩子不被有害内容或有害沉浸式体验侵害?谁能保证你的真实身份不被泄露?又有

谁能保证我们不会被无穷无尽的广告侵扰？

此外还有很多技术解决不了的问题。例如，元宇宙技术的快速发展，超过了相关标准制定的速度。我们需要的不只有通信标准，还急需触觉/XR/编解码和元宇宙互操作性的标准。另外，元宇宙内容的缺失也会构成问题。而与此相关的，就是生态系统了，我们需要各路玩家不断提供虚拟形象、非同质化代币、教育素材等各类内容。再有就是商业模式、法律法规和网络中立的问题了。

最后，如果我们希望元宇宙能够反映出真实世界的社交要素，就需要在那个虚拟的世界里制定并遵守一套道德法则。我们要接受一种社会规约，并由去中心化的体系负责监督。我们还要确保安全性，保护个人隐私。确保元宇宙不会被拿来当枪使，助长民族和国家冲突。简单而言，我们应避免把元宇宙建成‘纸牌屋’，这会带来很大的风险。

## 新兴元宇宙应用和服务

尽管元宇宙面临重重挑战，但是在接下来的几个月里，5G的覆盖范围会不断赶上来，让XR的拥趸可以随时随地连入元宇宙，享用新奇的应用和服务。

为了避免未来元宇宙XR数据流遭遇拥堵，我们需要更高级的网络服务。这是电信运营商创造业绩的好机会。例如，运营商可以收取专用元宇宙切片费用。或者收取基于位置的服务(LBS)的费用。或者他们可以打造自己的元宇宙生态系统。

一旦实施，5G基础设施就将支撑高级消费级和企业级元宇宙用例。想象一下，到了2025年，这一切发生在你的元宇宙中。你的下一次商务会议，可以在全沉浸式虚拟空间中展开。会议结束，你“走出”会议室，使用加密货币订购了一份披萨。你可以虚拟地吃掉它，但我想你更希望真实的披萨能够送到你的实际所在地，然后真实地享用它。

或者可以在元宇宙中做买卖？这需要元宇宙基础设施完备上线，经济使能者准备就绪，支持加密货币交易，XR设备广泛采用，无线网络连接畅通。这样访客就能来你的店里惠顾了。

元宇宙中的消费级应用会如何呢？它会打造出下一个互联网吗？尽管元宇宙生态系统仍处于萌芽阶段，但可以肯定的是，打开元宇宙应用局面的一定是游戏。有些人认为，现在游戏开发商对于元宇宙的贡献，就好比几十年前网页开发者对于互联网的贡献。鉴于目前Roblox和《我的世界》的全球日活已经高于脸书和推特10倍，我们

非常期待它们为元宇宙带来的新面貌。

## 元宇宙和5G关系的结语

元宇宙需要高可靠度、高吞吐量和确定时延的网络。只靠当今的尽力而为的移动宽带服务是远远不够的。5G已经整装以待，但是还面临一些问题，如网络密度、频谱可用性、室内/室外网络容量增强，以及广域网范围的移动宽带(MBB)、任务关键型通信(MCC)和XR服务的共存问题。

爱立信当前的5G RAN产品组合可以有效助力元宇宙的发展。它包含各类软件工具箱，如采用同类最优硬件的时间关键型通信(Time-Critical Communication)，可以提供确定性时延、高可靠度的实时服务(如XR服务)。目前已经有很多功能可以实现，而随着3GPP标准的推进，未来我们还将推出更多服务，助力元宇宙发展。

只提供高质量网络是不够的。所有生态系统中的玩家都要参与进来，携手制定有关研发和标准化的路线图。如果没有紧密的合作，元宇宙就不可能在几年内就成型，甚至根本发展不起来。爱立信正在生态系统中发挥着己的作用，通过提供5G网络(最终会升级为6G网络)支持元宇宙的发展。

无限畅想，无尽可能。加入我们，一起勾画未来的美好图景！



## 作者



 **Yashar Nezami**

Yashar Nezami现任爱立信生态系统联合创建总监,并领导爱立信硅谷技术办公室D-15实验室的网络业务部和网络产品开发部。自2008年以来,他一直在爱立信工作,在各种研发管理和技术岗位上工作过。作为一名内部创业者,他一直推动在商用现货硬件 (CoTS) 上执行RAN和基带功能,并与重要的CoTS合作伙伴和初创企业合作,4年来积极推进专注于在CoTS Predevs (x86、FPGA和GPU) 上执行LTE和NR功能的若干研究项目。Yashar拥有5G、LTE、平台优化和AI in Radio等方面的专利。



 **Mischa Dohler**

Mischa Dohler现为爱立信硅谷园区 (Ericsson Inc. in Silicon Valley) 的首席架构师,致力于6G、元宇宙、XR、量子 and 区块链等前沿主题。他是FCC技术顾问委员会和Ofcom频谱顾问委员会的委员。





### Meral Shirazipour

Meral Shirazipour在2003年还是一名研究生时便加入了爱立信,自2010年起正式进入爱立信,在各种研发岗位上工作过,参与过网络优化、软件定义网络、网络监测等方面的工作。她是爱立信在开放网络基金会等标准机构的代表,参与了“爱立信车库倡议”(Ericsson Garage initiative)、分组技术研究领域、人工智能研究领域的工作,经常与客户相关项目对接,并与各种垂直领域合作。



### Eric Blomquist

Eric Blomquist现任爱立信集团功能技术部战略执行总监,在位于瑞典斯德哥尔摩基斯塔的爱立信总部办公。他的主要工作领域是以人为中心的创新和设计,自2019年再次加入爱立信以来,他一直专注于未来的用例和扩展现实(XR)领域。之后,他一直在积极推动将XR融入到企业技术战略中,并协调各业务部门和研究部门以及外部生态系统合作伙伴一起推动各项举措的落实和推进。此外,他还是爱立信产品设计委员会(Ericsson Product Design Board)的负责人,推动以人为中心的工作方式,他本人就参加过“E///未来领导人ECP职业加速计划”的培养。



# 5G集成TSN支持工业自动化



扫码观看视频

## 本期《信观察》

5G蜂窝通信被普遍视为推进第四次工业革命、工业4.0或工业物联网的关键无线技术,爱立信将大力推动5G集成TSN支持工业自动化。本期信观察通过对爱立信技术专家的访谈阐述爱立信观点,欢迎收看。



## 5G与TSN

在工厂自动化和工业4.0中,通信连接将发挥重要作用。其中,可靠、安全、及时地传输数据是工业通信技术的关键要求之一。时间敏感网络(Time-Sensitive Networking, TSN)是满足这些需求的有利推动者,3GPP标准化的5G移动技术也可以满足工业通信领域对数据传输的需求。爱立信预测,5G和TSN的互联将使工业自动化的全面通信成为可能,5G集成TSN作为提供确定性连接技术在工业自动化中将起到重要作用。

在工业自动化中引入5G技术具有很多优点。首先,5G技术可以降低布线等基础设施的相关成本,支持自动小车或移动自动驾驶车辆(AGV)等移动设备,提高工业应用的灵活性。此外,由于制造业对定制产品的需求不断地增加,就要求生产场所更加灵活。由于5G可以支持到远程站点的连接,使分散在不同地点的工厂连接起来,因此新的生产器件或者设备在5G的支持下,就可以在不需要线缆的情况下接入生产环境,新产品安装也不需要再在同一个生产场所完成。

而TSN的主要目标是通过IEEE 802.1标准的以太网提供确定性服务,从而保证数据包传输具有低时延和确定性时延、低抖动和低丢包的需求。TSN可以用于处理尽力而为(best effort)类型流量的网络中的特定数据流,例如,在融合工业网络中,可以将有着不同时间要求的,来自不同运营技术(OT)应用程序的数据流与信息技术(IT)的数据流结合在同一网络基础设施上承载。TSN标准可以应用于许多垂直领域,例如工业自动化和汽车车载网络。IEEE和国际电工委员会



(IEC)正在共同开发标准IEC/IEEE 60802,以定义工业自动化TSN特性。5G可以将工业传感器或执行器等设备通过无线连接到TSN网络。与4G相比,5G的新特性,特别是在无线接入

网络(RAN)中的新特性,提供了更好的可靠性和传输时延,并且新的5G系统架构允许网络灵活部署。因此,可以将5G用于扩展TSN网络,以避免电缆安装带来的限制。而为了支持5G系统上的TSN服务,如何实现TSN和5G

网络的互通是最主要的挑战。

下图图示说明了5G和TSN集成以支持端到端确定性可靠连接。图中采用了TSN的集中式配置模式,该模式也是3GPP目前支持的配置模式。

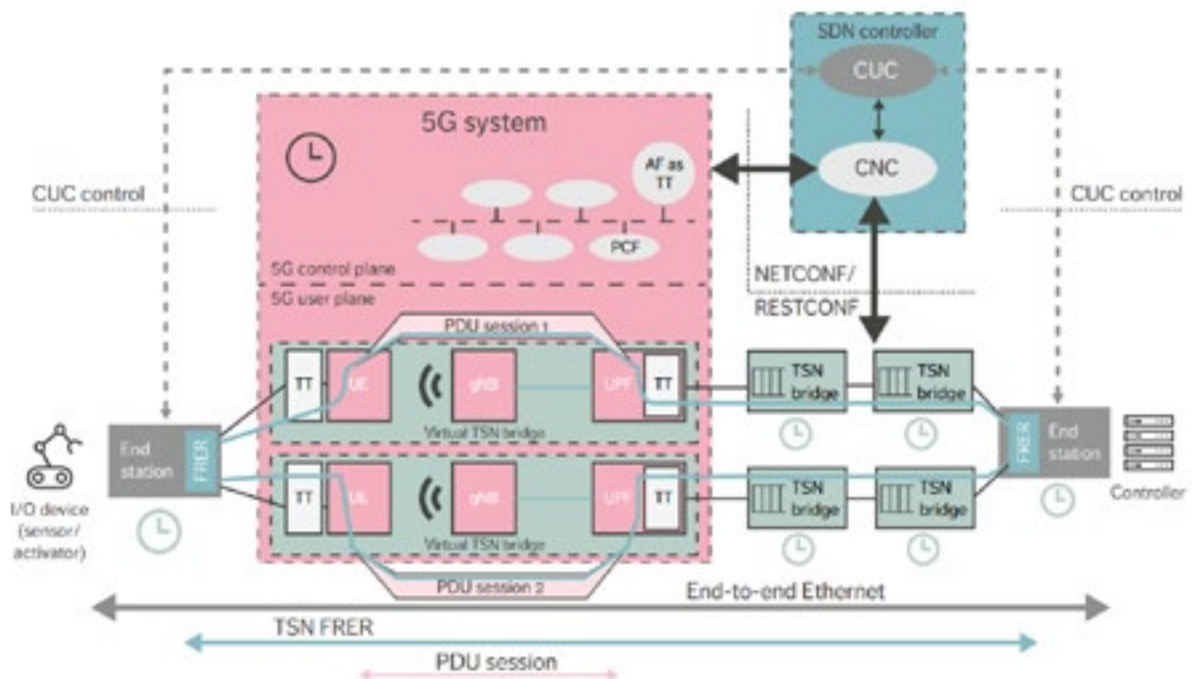


图1:5G与TSN集成示意图TSN 技术

TSN是在IEEE802.1技术基础上, 目的是在特定的时间窗口内, 在没有 况下转发时间敏感数据包。TSN通过对时间敏感特性做了一定的扩展。其 丢包、没有由于拥塞引起的时延的情 以下技术实现上述目标;

### 时间同步 协议

TSN的时间同步协议是IEEE 802.1AS, 它是一个基于IEEE1588的在以太网上进行时间同步的协议, 可以使以太网桥和终端设备同步到统一的时钟, 以支持TSN定时流量调度。所以IEEE802.1AS是TSN通信的基础。

### 定时流量 调度

是保证TSN转发目标的主要技术, 也是对传统以太网转发机制的重要加强。传统以太网出口一般有多个队列, 每个队列对应于有不同优先级的以太网帧, 不同队列间按照一定算法进行调度, 决定发送哪个队列中的数据包。TSN设备在转发数据包时, 周期性地调度流量。在每个周期内又分为不同的时隙 (time slot), 每个队列只能在允许发送的时隙内发送数据包。这样就能保证时间敏感流量在特定时间内能够转发出去, 而不会受到其他队列拥塞的影响。

### 帧复制和 消除 FRER (Frame Replication and Elimination for Reliability)

为提高数据传输的可靠性, TSN引入了冗余传输的技术。对于需要高可靠性的数据流, 网络节点可以复制两个或多个数据流副本, 并通过不同的路径传输到另一个网络节点, 该节点将这些数据流合并为一个数据流。

### TSN配置

TSN的配置模型有三种: 完全集中模型, 集中和分布模型以及完全分布模型。完全集中模型主要由CNC (Centralized Network Configuration) 和CUC (Centralized User Configuration) 构成。CUC主要负责收集各种应用的需求, 并将每个流的需求发送给CNC。CUC也负责对终端设备的配置。CNC负责将需求分解为网络配置并下发给网络设备。后两种分布式配置模式仍在加强中以更好地服务工业应用。3GPP目前支持完全集中配置模式, 如图1所示。

TSN还引入了基于流的过滤和速率 (policing) 以及帧抢占 (Frame preemption) 等技术以保证时间敏感数据流 不会受到网络或终端异常所引起的 限制PSFP (Per-stream filtering and tion) 等技术的拥塞的影响。





## 3GPP标准

3GPP为了实现基于5G的工业通信和支持TSN开展了大量标准化工作:在Release 15中,为5G NR指定了超可靠和低时延通信 (URLLC);在Release 16中添加了对TSN的支持,并且在Release 17中进行了进一步增强。工业物联网 (IIoT)的5G标准化工作包括了对在智能工厂环境中应用TSN的理解,并且定义了5G特定功能以支持与TSN网络集成和交互。

3GPP Release 15引入了时延减少的方案,比如包括有效支持低时延应用的灵活的参数集、mini-slot和快速确认。同时,通过允许网络使用双收双发,可靠性也得到了提高,并且为在5G NR中启用URLCC而引入了新天

线技术。这些方案本质上是对TSN特性的支持。

3GPP Release 16开始了NR IIoT的新研究,目标是5G和TSN网络的集成。比如以太网业务、TSN集成、进一步增强可靠性、灵活的上行调度、精确的时间同步以及对工业自动化流量类型的支持都包括在Release 16的研究范围内。Release 16的关键研究领域之一是进一步增强5G系统,以满足支持TSN的工业应用的需求。3GPP技术规范对5G系统的业务需求进行了描述,重点是提供新的设备功能,以支持时间同步和双连接。例如:根据需求规范,时间关键的工业应用场景可能要求延迟为1毫秒,包抖动为1微

秒,可靠性要求为99.9999%。

3GPP Release 17进一步增强了对工业互联网特性的支持,例如扩展了对时间敏感通信的支持,增加了新的时间同步协议 (IEEE1588),以及上行时间同步等。

爱立信是IEEE TSN引入5G标准化的主要贡献者。QoS保证无疑是将TSN集成到5GS的最重要的技术之一,爱立信在这方面的标准化工作中做出了重要贡献,例如TSN标准定义的参数和5G QoS参数映射,以及PSFP的应用等。时间同步是TSN的技术基础,爱立信在5GS支持TSN时间同步协议IEEE 802.1AS方面做出了主要贡献。

## 爱立信观点

爱立信首席技术官Erik Ekudden认为,5G集成TSN技术对未来工业自动化至关重要。

TSN正在成为工业4.0融合网络的标准以太网技术。理解TSN特性的重要性和相关性,以及实现5G无线通信的确定性和时效性,对未来的工业自动化至关重要。

5G和TSN的结合,可以满足工业4.0的苛刻组网要求。5G集成TSN是爱立信的一个重要主题,爱立信认为5G和TSN的结合对于智能工厂来说是完美的,因为它提供了超高可靠性和超低时延的特性。也就是说,需要对这两种技术进行一定程度的集成,以提供端到端以太网连接来满足工业需求。

通过无线5G和有线TSN域的时间同步集成为工业端点提供了一个通用的参考时间。5G还与特定部署中使用的TSN工具集成,以提供确定的低时延。5G和TSN所能提供的分离的转发路径在提供端到端超可靠性和高可用性上是一致的。从根本上说,5G和TSN包括了工业自动化和高可用性联合部署所需的关键技术组件。



## 行业合作和应用探索

工业自动化领域目前正在经历数字化转型,也称为“工业4.0”。通信领域对这一转型的支持技术在有线领域是TSN,在无线领域是5G技术。5G如何具备与TSN互通以实现工业自动化所需的所有基本功能就显得尤为重要。

5G互联工业和自动化联盟(5G-ACIA)在这方面做了大量工作,并发布了相关白皮书。该白皮书除详细描述了5G如何具备与TSN互通以实现工业自动化所需的所有基本功能外,

对引入TSN和5G无线通信为工业自动化带来的显著优势做了详细分析,例如,5G系统提供TSN服务以及和有线TSN网络互通,可以满足工业设备和网络部署的灵活性需求。作为5G-ACIA的创始成员之一,爱立信深入参与了白皮书的制定。

爱立信与很多行业领域的公司探索如何将5G和TSN结合并且使用到自动化工业生产中。其中,爱立信与ABB的合作探索了5G和TSN的互通,

以实现工业自动化的全面通信。双方正在合作并且研究此项技术,以确定5G如何与ABB的TSN集成并实现完美的时间同步。通过5G网络实现工业时间同步可以使网络设备在多个工厂现场完美地协同运行,达到灵活自动化生产的关键要求。

此外,爱立信一直致力于5G集成TSN的相关研究,开发的URLLC测试床,主要采用了3GPP Release 16及Release 17中TSN的相关功能。该测试床工作

在FR2频段,采用上下行配比为1:1的TDD帧结构;子载波间隔为120KHz,即时隙长度为0.125ms。采用这种上下行均衡,短时限长度的配置,再结合相应的免调度、低码率高可靠MCS/CQI Table (Modulation and Coding Scheme/Channel Quality Indicator表格)等特性,无需采用mini-slot等较为复杂的实现,即可提供高可靠、低时延的特性,例如RTT (Round Trip Time)可以在99.999%的情况下小于2ms。同时测试床分别在系统侧和

UE侧引入了TSN-Translator (TT),即NW-TT和DS-TT,实现了对TSN时间同步协议IEEE 802.1 AS消息(如点对点同步SYNC和点对点时延请求DelayReq消息)的处理从而实现了5G系统作为TSN透明时钟的运行。UPF (User Plane Function)侧的NW-TT和终端侧的DS-TT需要精确同步到同一个时钟,通常采用5G系统(5GS)时钟。终端侧通过无线接口的SIB9消息同步。当PTP消息进入5G系统时,测试床会插入一个时间戳,当PTP消息离

开5G系统时根据相应的时间戳计算驻留时间。驻留时间被添加到PTP消息内的CorrectionField字段。

除了在工业领域,爱立信对于TSN over 5G在媒体制作领域的应用也进行了积极探索,例如如何在多摄像头的场景下,保证摄像机的帧同步,流媒体的数据包等等。

## 总结

如前所述,TSN是工业自动化领域的一个重要课题。在5G的支持下,无线技术提供了灵活的能力,使工厂能够响应对生产环境不断变化的需求。同

时,通过5G技术低延迟高可靠和高数据量的能力,连接的设备比以往任何时候更多更快更可靠。因此,5G集成TSN将是实现工业自动化全面通信的

重要解决方案。爱立信也会一如既往的在标准、工业合作和技术研究验证等方面,进一步推动5G集成TSN的发展和成熟。

## 作者



 Carina Xiang - 向琪瑶

爱立信中国区 技术经理

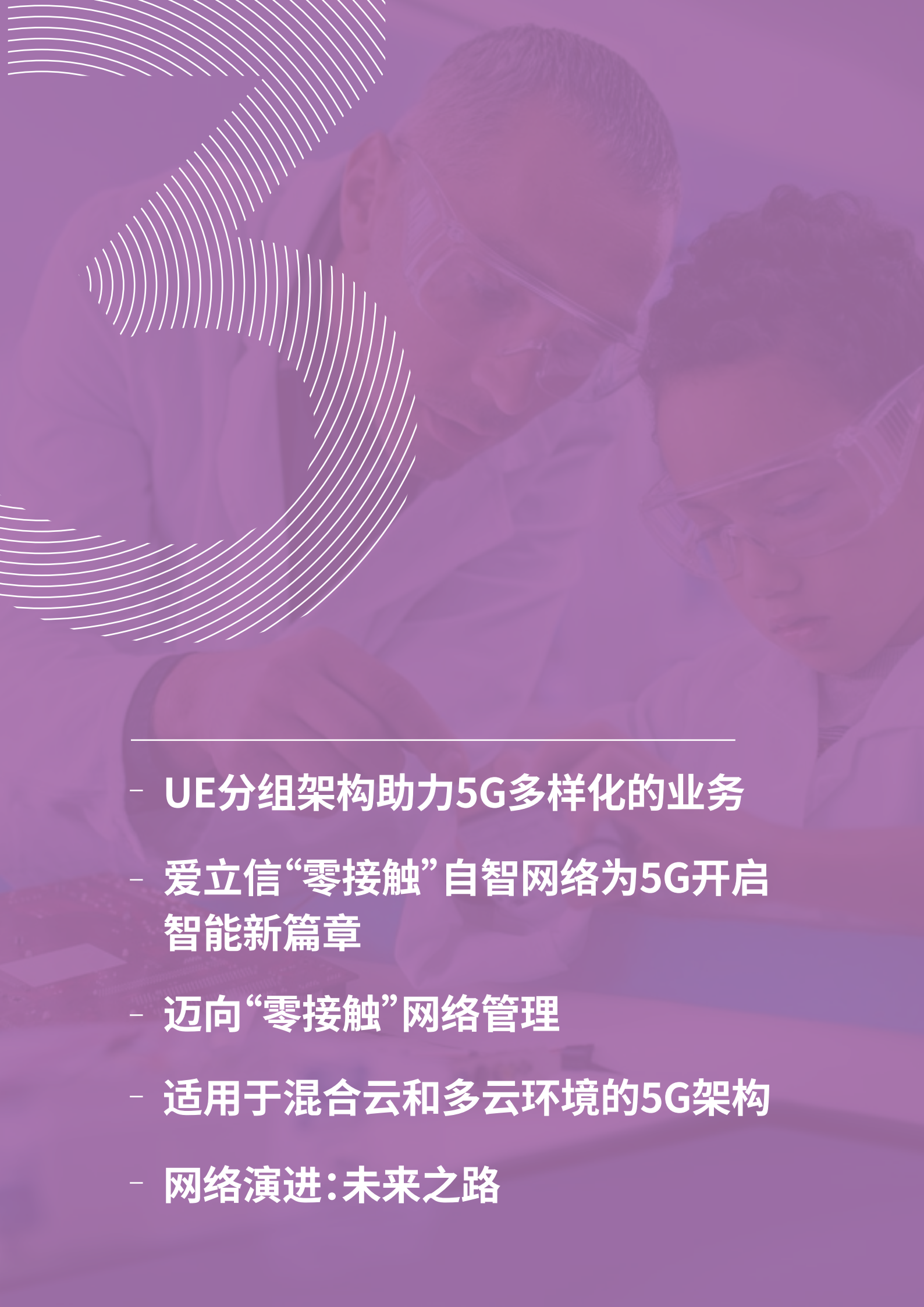
毕业后加入爱立信,在集成工程师职位任职4年,主要从事4G核心网集成、测试等工作。2016年加入爱立信技术与标准部至今,从事5G相关新技术的研究和国内CCSA标准化支持的相关工作,主要包括网络切片、计费 and 网管等领域,并且负责信通院IMT-2020(5G)推进组的5G相关新技术测试和验证。



 Zhiping Lei - 雷志平

爱立信中国区 技术经理

爱立信中国核心网技术经理,有10年以上的核心网工作经验。雷志平于2007年加入爱立信,工作经历包括核心网、SDN/NFV、传输网络等技术和标准化领域。

- 
- 
- UE分组架构助力5G多样化的业务
  - 爱立信“零接触”自智网络为5G开启智能新篇章
  - 迈向“零接触”网络管理
  - 适用于混合云和多云环境的5G架构
  - 网络演进:未来之路

# UE分组架构助力5G多样化的业务



扫码观看视频

## 本期《信观察》

随着5G网络持续发展,业务持续增多,因而5G业务呈现多样化的特点。从大类来看,包含ToC和ToB。ToC涉及eMBB,语音,XR,云游戏等;ToB涉及多个垂直行业比如远程控制,工业自动化等。



多样化应用场景下,对网络提供差异化服务带来了巨大的挑战。不同应用场景面临的性能挑战有所不同,比如用户体验速率、时延、可靠性、驻留策略以及移动性策略均可能成为不同场景的挑战性指标。因而5G网络需要对不同用户的属性进行更“个性化处理”,以确保灵活的差异化服务。传统使用小区级的差异化策略需要消耗大量的服务成本和较长的周期来引入新功能。

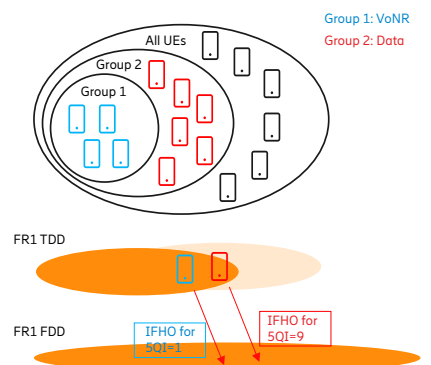
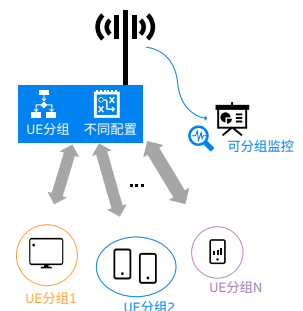
度的组合分组,具有可扩展持续演进的能力。同时基于此架构,可灵活跟踪每个用户组的统计信息。下面是几个基于此架构基础上,运营商网络中的几个应用的实例。

### 1 用户语音与数据差异化

基于此诉求,爱立信创新性提供了用户级分组架构,可高效管理和监控多样化业务需求,为运营商提供了灵活的方式来处理用户的差异化。并且此架构还提供了一种功能和网络性能的有效测试方法,即A/B测试(详见后面案例)。

语音和数据业务具有不同特点,因而网络既要保障语音又要保障数据不同维度的体验,需要差异化数据和语音。语音对无线覆盖的敏感性更强,在TDD和FDD频段中的策略也有差异。基于用户分组架构可灵活的对用户使用的业务提供差异化策略,比如让语音用户组及时选择到更加合适的频段或制式来承载,保障语音业务的连续性和通话质量。

该架构既可支持基于每个用户的不同属性譬如5QI、ARP、RFSP、S-NSSAI等单一维度分组,也可以基于多个维



## 2 高可靠低时延业务 (URLLC)

在引入URLLC新业务的同时,通常也需要并行支持其它传统业务,业务多样化的共存也面临挑战。比如对XR用户,需要开启“上行免调度”,“速率自适应”等功能;对“远程控制”机器人用户,需要开启“URLLC特定的链路自适应”功能;而这些功能对于传统的智能手机用户是不需要开启的。用户分组架构可灵活应对5G系统内不同应用的差异化设置,使能多样性的5G业务高效共存于同一5G网络。

## 3 切片业务差异化

基于切片的多样化业务部署同样面临挑战,可根据网络切片标识对用户进行分组,为不同的用户组配置不同的无线参数和移动性策略,从而为不同的切片提供不同的网络能力和网络特性。例如将特定切片的用户优先切换到指定的频点,或者给不同的切片用户配置不同的小区专有重选优先级,让不同的切片用户驻留到不同的小区。

## 4 新业务引入差异化验证

当一个新业务,譬如VoNR引入,随机分配用户使得在同一小区中可同时测试不同的参数,缩短验证时间,减少服务成本。基于用户分组的A/B测试已广泛用于Web/应用程序开发,以衡量哪一版本的软件或配置表现最佳,爱立信将该测试方法引入到无线通信网络中,提供了一种验证功能和网络性能的有效测试方法,譬如评估新功能时,在同一环境中新旧功能同时运行,而无需长时间的重复分别测试。



爱立信5G网络通过采用创新的用户分组架构,可更快更简单的管理配置与网络优化,快速获悉不同业务用户

爱立信5G网络通过采用创新的用户分组架构,可更快更简单的管理配置与网络优化,快速获悉不同业务用户的统计信息;更快捷的进行业务性能

评估,助力参数方案快速落地。在5G多样性业务情况下,帮助运营商优化网络获得最佳权衡,保障各种业务用户体验和性能。

## 作者



 刘继艳

东北亚区无线产品经理

目前是爱立信的无线软件产品经理,专注于无线RAN侧业务和流量以及移动性管理等领域。2009年在西北大学获得硕士学位后,加入到无线通信行业,在16年加入爱立信。具有10多年的无线资源管理和移动性等领域研发经验,申请多项专利。于20年加入到东北亚网络无线软件产品部门,结合多年的研发经验和创新精神,深挖市场需求提供更好的解决方案,提升客户满意度。



 刘立钰

东北亚区无线产品经理

爱立信的无线软件产品经理,负责无线接入网架构演进以及5G行业专网方面的解决方案。毕业于清华大学电子工程系通信专业,获得工学学士学位。他在ICT行业拥有将近30年的工作经验,曾就职于清华紫光、3Com、UTStarcom等多家ICT企业,于2005年加入爱立信,一直从事产品管理的工作。刘立钰在无线通信网的业务层、核心网、传输网、接入网等领域有着丰富的从业经验。

# 爱立信“零接触”自智网络为5G开启智能新篇章



扫码观看视频

## 本期《信观察》

目前,运营商正在将整体网络向数智化转型,针对自身运营发展情况定义自智网络运营分级,并且加速向更高级别的智能化运营迈进,要达到高度自智还需要克服哪些技术障碍?未来真的有一天能够不需要维护人员来维护如此复杂的网络吗?本期信观察通过对爱立信技术专家的访谈阐述爱立信观点,欢迎收看。



## 通信发展在改变我们生活的同时,又带给通信人更大的挑战

要充分发挥5G网络的潜力,运营商的网络必须能以更加灵活及创新的方式被行业及合作伙伴所使用。可以想象一下支持云原生、网络切片、边缘计算、企业专网、能力开放、自助服

务等的5G网络,它既具有弹性、跨域、跨多厂家的特性,又是一个敏捷的网络,为了应对现代业务的挑战同时又提供多样化的服务,新一代5G网络环境比之前几代都更加复杂。5G的设

计者希望通过“零”接触自智网络解决运维复杂的问题,以及降低运营成本,使维护人员有精力通过业务创新为运营商的盈利目标创造价值。

## 远景蓝图的无限畅想

在网络演进及挑战的大背景下,爱立信也在推动网络运营支撑能力的发展,提出了整体运营方案朝着“零”接触网络自智的方向进行演进和规划,同时多年来通过自身的影响力使行业标准逐渐统一了思路。

自智网络的实现是网络技术和数字技术的交汇和结合,所需的技术储备例如网络编排、CI/CD、AI/ML都在各自领域发展的同时已逐渐消除了相应的技术壁垒,这些技术在一些场景下也都得到有效的验证,(本章会跟读

者简单汇报一下这些技术的发展和其重要性)。未来几年需要努力的领域是如何通过标准化、开源社区与一些产业联盟把这些技术整合起来形成闭环以达到“零”接触效果。



## 国际标准的蓝图展望

近几年, TMForum、ETSI、3GPP、IETF 等国际标准组织相继立项开展自智网络相关课题和标准研究工作。各标准组织结合自身的研究领域和专长, 在自智网络标准研究上进行了明确的任务分工, 其中TMForum制定了自智网络面向业务的商业架构、技术架构、通用分级标准(L0 - L5)、意图驱动及闭

环管控方法论等标准在产业上取得较广泛的共识, ETSI ISG ZSM制定网络分层分域架构, 3GPP、ETSI NFV分别制定移动通信与虚拟化网络专业标准, IETF制定数通专业标准, ETSI F5G制定传送与固定接入网专业标准, 等等。

爱立信认为当前各标准组织对自智网络标准的定义逐渐进入深水区, 标准化面临新的挑战, 多个主流标准化组织间应加强合作, 有效协同, 以避免重复工作及技术标准碎片化导致市场分裂。

## 自智网络关键技术发展状态

### (1) 网络编排

有一句话 - 5G旨在网络编排, 其意思是说5G网络建设少不了网络编排的功能。例如: 云原生资源编排- 云原生是5G NF最优化的运行环境, 但是因为云原生环境上部署的复杂性, 需要网络编排代替手工部署。

网络切片-5G支持网络切片以创建具有特定特征的分区, 以适应各种应用、业务领域或客户。要确保满足大量网络切片的SLA需要编排功能。

边缘计算 - 5G 使网络和应用功能能够在“边缘”数据中心靠近最终用户。与传统的集中式数据中心相比, 此类设施的数量要多得多, 因此需要能够轻松管理这种分布式资源环境。另外5G开放平台NEF也会迁移至边缘计算, 网络API也会为三方合作伙伴提供特色服务而被业务编排调动。

自助服务 - 企业现在需要通过一个门户网站全程监控业务订购、业务部署及业务保障等情况, 这涉及企业客户

与网络交互的技术, 需要能够将基于意图的客户订单转化为网络功能的自动化设计模板, 这也离不开编排功能。

网络编排和更上层的业务编排功能在传统物理网络里是不可思议的, 网络编排功能也导致了“基础设施即代码”的概念。通过编排功能来计算和执行适当的步骤, 从而产生正确的网络拓扑及实现业务保障。虽然网络拓扑和场景极其的复杂, 但经过几年的学习周期, 已经消除了大部分的技术障碍。

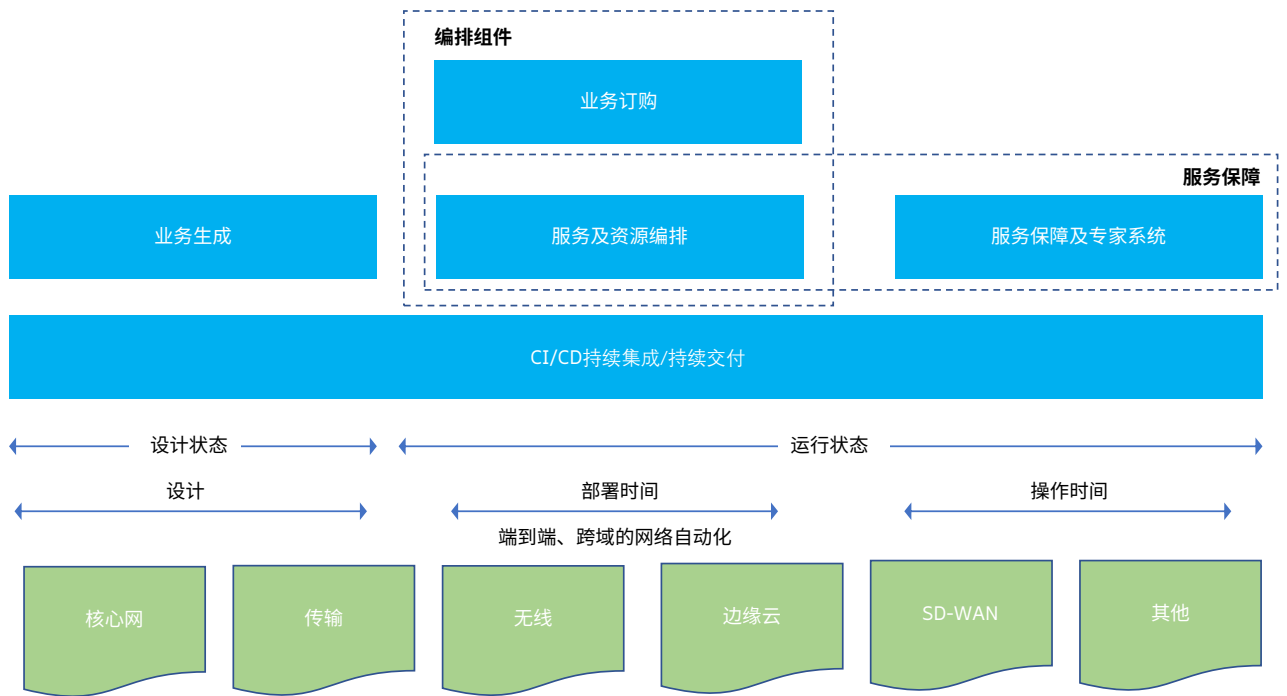


图1:5G旨在网络编排 – 从端到端到跨域都少不了网络编排的功能

(2) CI/CD持续集成/持续交付

使用CI/CD自动化软件交付,也称为DevOps,将大大缩短业务上市时间。它是把设备厂家研发和运营商运维的通道打通,CI/CD依赖于网络编排能力,其中包括网络拓扑和配置脚本及一些开源的机器人工具,有了这些工具,基础设施和服务就可以重复实例化,非常适合持续集成和测试。

CICD通道里涉及网络编排、软件发布、自动测试等关键技术和主要手段,但CICD最挑战的地方是它改变了运营商惯用的软件升级和发布方式和流程,从而需要在现有复杂的流程上做适当的改变。

在5G先行的日本Docomo里CICD的效果得到初步的验证,在网元的升级场景中,整体时间节省40%的项目时间。

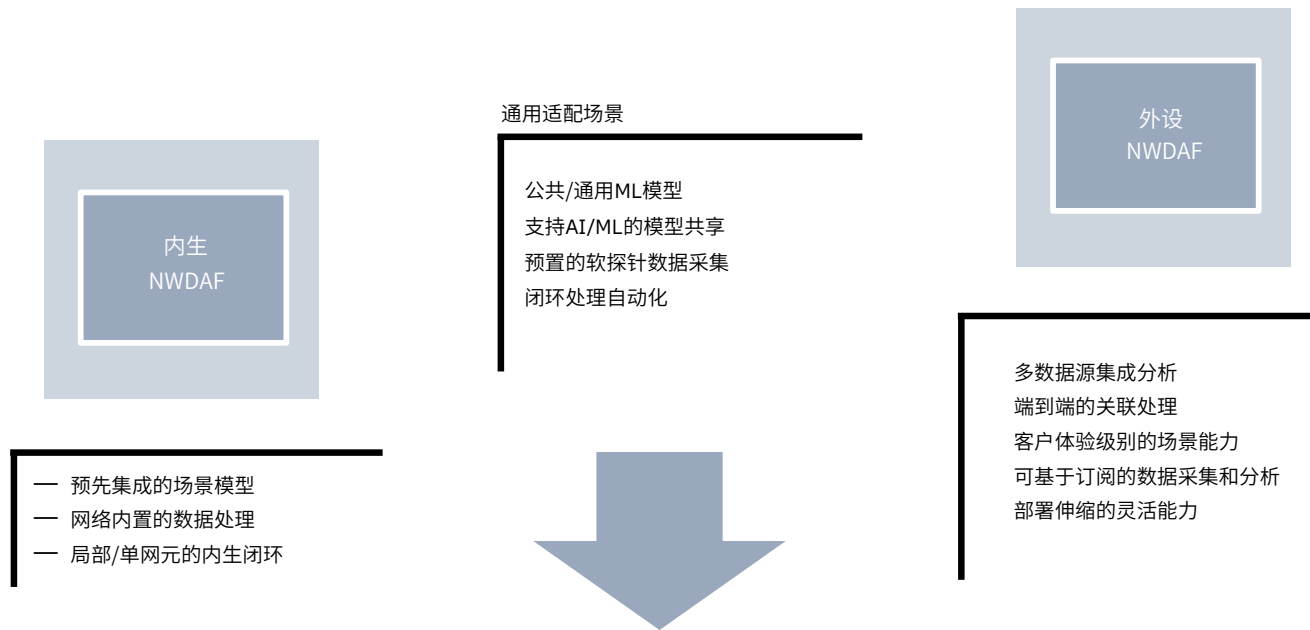
(3) AI/ML:

人工智能 (AI) 技术已经成熟到运营商将它们应用到其网络中的程度,较多的场景是用户体验、无线的网络优化等。由于更多的服务、新的网络技术和大规模的网络密集化导致网络复杂性增加,随着运营变得更加复杂,进一步需要在电信网络中应用人工智能。

虽然AI/ML技术在电信网络中的应用之旅已经开始,但它仍然处于孤立的方法部署,并且采用私有的协议,其中主要原因是行业规范早期阶段出现的碎片化使其产生不确定性而阻碍被采用。

对于此,我们建议业界应该关注3GPP SA2的NWDAF(网络数据分析功能),NWDAF从5G核心网络功能、应用程序和运营支持系统(OSS)收集数据,

通过AI模型检索及数据训练以产生洞察力。NWDAF的洞察主要应用于5G核心网及无线网络以增强其功能。NWDAF可以是分布式的或是网元内生的,这是根据所采用的AI模型和所需收集数据训练的复杂程度来决定的。例如NWDAF寻呼优化(Smart Paging)就可以在MME或AMF网元内部实现,寻呼是网络中最常见的信令之一。减少寻呼尝试的次数可以极大地提高计算资源的利用率。经验表明移动性预测可以通过此方式减少寻呼信令高达60%。



## 灵活部署用例AI/ML模型的灵活共享解决方案部署的弹性扩展

除了开源及行业标准碎片化和重叠化分散了行业焦点的问题之外，要AI/ML规模化仍然有其他的挑战，例

如，AI/ML技术引入了超越传统软件 LCM(生命周期)的管理模式，对AI/ML所需训练数据涉及安全和隐私的

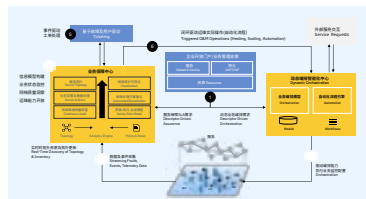
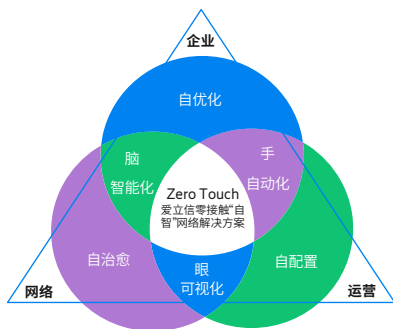
管理问题，及对运算结果的信任度现时仍需要引入适当的人工监督和控制等技术挑战仍需要克服。

### 爱立信方案的无尽可能 – 零接触自智网络

爱立信推出的“零”接触自智网络方案，贯穿于网络生命周期的各个环节，从设计订购，编排部署，监控维

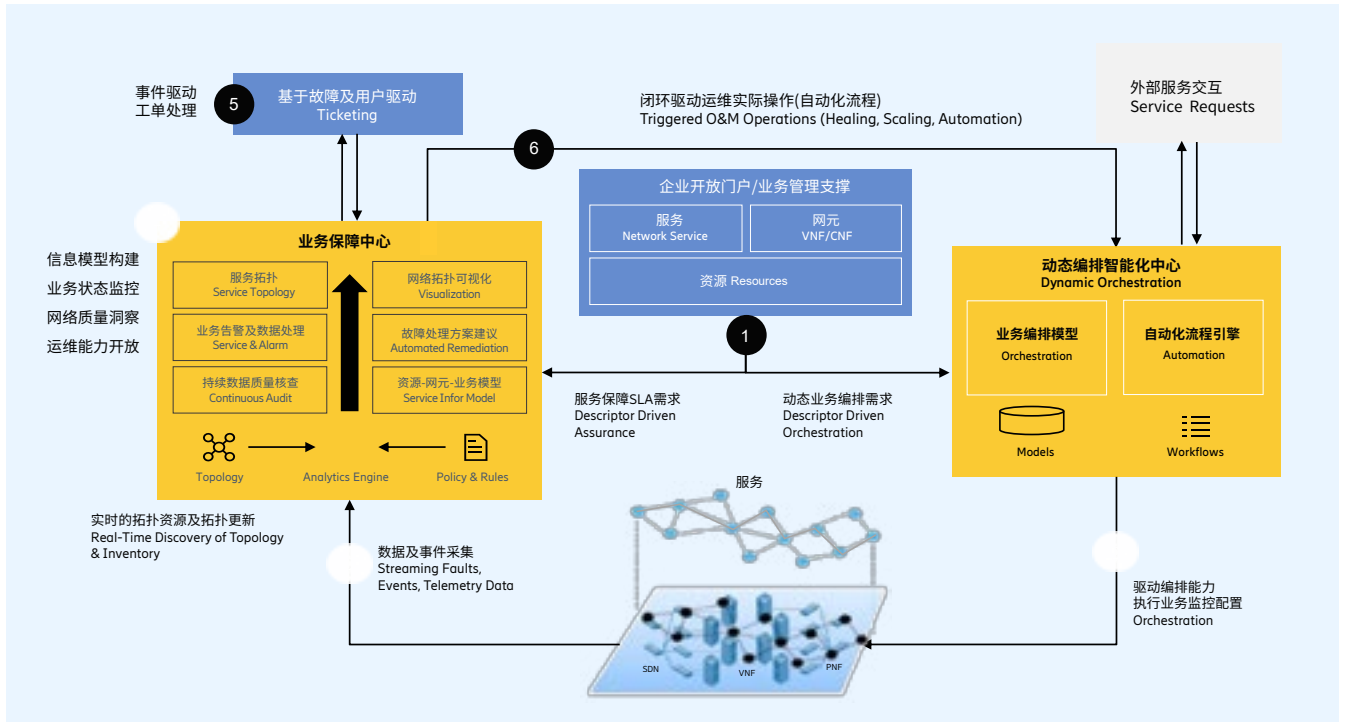
护，网络优化，能力支撑，业务保障，对外运营等角度对网络、运营商、企业提供支撑能力。以可视化，自动化，

智能化核心场景支持网络的自恢复、自优化、自配置。



#### 提升用户体验和网络性能

<p><b>15%</b> 提高无线频谱利用效率</p>	<p><b>17%</b> 提升能耗利用效率</p>
<p><b>95%</b> 自智能能力减少告警干预比例</p>	<p><b>50%</b> 更短的业务设计部署上线时间</p>
<p>Powered by Ericsson</p>	



我们经过全球的运行统计,已经得到了初步的成果。依靠“零”接触自智网络的支撑能力,同一套方案满足多场景的支撑。全球落地包含网络自身运营,企业支撑以及安全运营

等多类场景。如:自动化编排,智能寻呼,SD-WAN, SASE (边缘安全接入服务);并且运营场景在不断的扩展中。爱立信“零”接触自智网络,汲取爱立信对电信架构的深入理解,在方案中

支撑不同网络域中的闭环管理场景。这些闭环管理中支撑网络生命周期的方方面面。(以下部分说明)

### 全自动化的集成部署能力,将用例快速的推入市场

以网络设计为初始输入,在规划、建设阶段以全自动化的方式来完成整体网络的部署,集成,测试等工作。通过对网络详细设计的理解,通过必

要参数的输入之后,爱立信“零”接触自智网络方案可以全自动化的完成网元、网络服务以及动态切片的创建,并且在创建完成之后根据策略的

配置完成初步功能的测试验证。有此场景的支撑,大大缩短了业务的上线及市场推广时间。

### 垂直行业应用需求的意图理解,让企业安心的保障能力

运维支撑为网络端到端的业务提供保障能力。这些保障能力是由网络运营系统对业务目标的一个或者多个KPI目标的深入理解,通过对指标先一步的变化进行预测来驱动自动化引擎完成优化动作的执行。

在此,闭环的支撑能力除了应对单个业务指标的优化外,还需对这些并发的优化能力可能造成的交互影响进行深入的分析从而实现总体目标。

在这里,爱立信内置协作和竞争的联邦学习能力就可以在平衡目标和目标参数方面发挥作用。考虑到网络需要管理的目标(和相关KPI)的数量,联邦学习能力的可扩展性也是爱立信该领域的领先优势之一。



## 核心网设备的闭环自优化,内生具备智能化的提升基础

在核心网业务管理中,控制面和用户面存在有复杂的信令交互过程,爱立信对于访问和移动性管理功能 (AMF) 和会话管理功能 (SMF) 以及

用户平面功能 (UPF) 的会话、订阅服务的资源和跨地理网络边界的移动性连接等进行数据的采集和学习,核心网设备通过内生NWDAF功能收集

并使用这些数据完成特征学习,以提高服务水平并防止安全威胁。

## 总结说明

运营商在维护着史无前例复杂的网络的同时又要降低运营成本,同时还要支持快速引入新业务和产品变现。尽快提升自智网络智能化水平成为运营商的核心目标之一。网络编排、CI/CD、AI/ML等是支持这些需求的强大技术,并且已在现网持久运用着,并未形成闭环和产生规模效应。我们可以乐观的看这些技术已经消除了可见到的技术壁垒,同时我们观察到多个主流标准化组织虽然早期有碎片化的情况,现在正通过加强合作,有效协同,以避免碎片化导致市场迷惑。

爱立信建议运营商现在需要做的是继续坚持遵循标准因为它对电信生态系统至关重要,同时也兼顾各功能模块的互操作性。选择支持开源架构的方案和商业产品,因为开源意味着它在 IT 和通信行业创新中发挥着关键作用。运营商可以从基于业务驱动和场景驱动逐渐部署AI/ML,涵盖所需的数据、所需的洞察力和所需的行动,并从中观察带来的效益。最后,运营商需要跟有丰富经验的通信厂家共同合作探讨、规划和构建通往“零”接触网络之路。

爱立信已经在这条经过验证的方案道路上前行已久,纵使整体方案离终极目标还有距离,在那之前,我们的旅程仍在继续,我们的方案将继续演进。我们的方案终将会让运营商在“零”接触的状态下实现网络和业务的自智运行。在此旅程中,我们会继续跟读者不断的分享标准化和关键技术的演进以及一些行业洞察等信息。

## 作者



 方周

爱立信中国区 技术专家

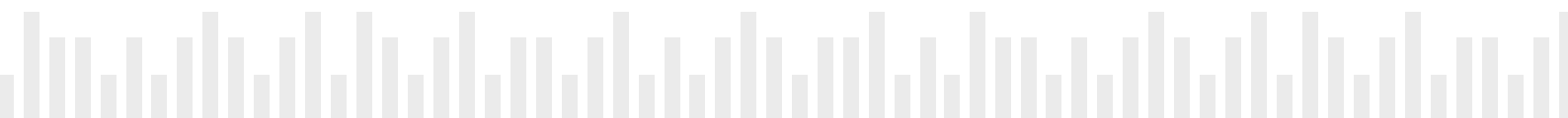
Joseph在澳大利亚蒙纳士获得工程学学士学位,并在香港科技大学攻读工商管理硕士学位。他在IT和CT行业拥有超过20年的经验,曾就职于富士通和爱立信等多家ICT公司。方周于2002年加入爱立信,担任数据通信解决方案顾问,并担任PDPS负责人,支持东北亚地区的分组核心业务。他对最新的ICT技术充满热情,并通过他的行业洞察力和经验以最佳方式通过解决方案开发将它们变为现实。



 赵铭

爱立信中国区 产品经理

加入爱立信就一直专注于网络运维支撑方案。负责包含MANO,云,智能运维,自动化等领域的产品方案设计。并且负责这些方案和运营商客户的沟通交付及验证。在爱立信以人为本的环境中,能够和一群钻研技术的同事们一同对业务及网络的未来蓝图进行畅想,是一件非常开心的事情。



# 迈向“零接触”网络管理



扫码观看视频

## 本期《信观察》

随着5G网络的部署,对于网络管理的挑战也日益显现出来,越来越多的网络设备,越来越复杂的网络结构,越来越多样的应用类型,越来越多的行业客户,而不变的是对网络管理零故障,零中断,零投诉的终极要求。本期信观察通过对爱立信技术专家的访谈阐述爱立信观点,欢迎收看。



5G的部署给社会打造了一个无限的连接创新平台,在这个平台上各行各业可以重新定义业务流程和商业形态。通信行业自身运营也在5G时代也

有加速向自动化,智能化发展的需求。中国运营商建设了全球最大的5G网络,并积极推动网络运营面向数智化

转型,这包括重点部署智能数据平台和培养人员的转型能力。

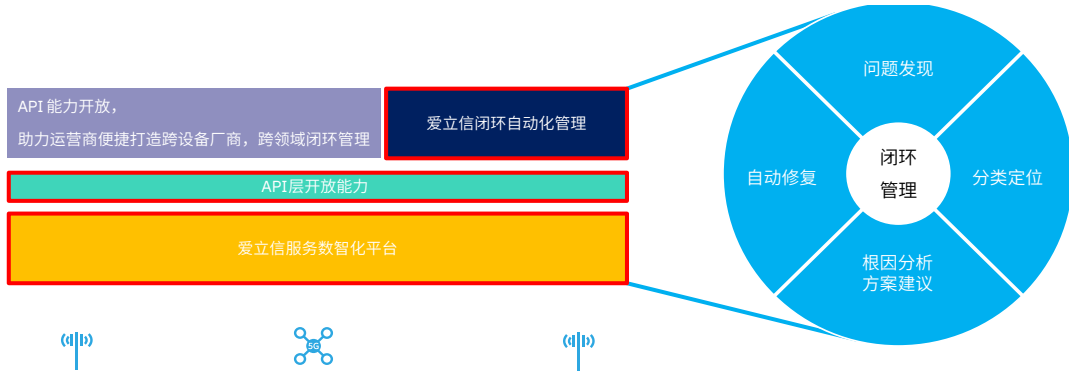


面对5G时代通信运营的新需求,爱立信提出了零接触网络管理的方案。该方案以网络运营数据为核心来实现网络管理的自动化,分两步走实现:第一步,实现以基于数据的规则定义或触发的任务和事件为驱动,在无人干预下完成网络规划设计、集成、维护、优化类闭环事物处理;第二步,以

网络运营数据机器学习和AI分析为驱动,以资源最优化、业务可持续为目标自主完成网络调整。

爱立信为运营商零接触网络运营转型,提供了一套基于开放接口的零接触运营转型平台方案。本方案集中数据采集、清洗、量化、规则分析、机器


学习分析、自动化执行等多种能力,为运营商网络管理向零接触转型奠定坚实基础。在此基础上,运营商既能通过爱立信通信专业服务,构建基于爱立信网络的闭环自动化管理,也能通过爱立信系统集成服务与自有的跨厂商平台快速对接,形成更大规模的闭环自动化管理。




从2021年开始,爱立信积极与国内运营商合作,部署零接触运营转型平台

方案,并在北京大型体育赛事等重大通信保障工作中起到了重要的作用,


其中不乏亮点:




无线智能运维模块通过一套基于人工智能的网络维护算法,可以实时掌控无线网络的整体运行情况。该算法综合了网络中的告警管理、性能管理、配置管理信息,可以快速进行故障定界。通过使用该模块,可以节省80%以上的排障时间。



干扰闭环主动化抑制模块是一套是能够分析干扰类型,减少站点干扰排查处理时间的网络优化算法。它不仅能够快速对干扰进行识别和分类,还能够自动生成执行解决方案,可以压缩60%以上的日常干扰分析和处理时间。



5G波束自适应模块通过从时间和空间两个维度分析用户行为的算法,结合5G大规模天线特性,灵活调整单站或区域广播波束覆盖范围,优化区域内覆盖和干扰情况,结合爱立信覆盖增强和负载均衡等功能,5G覆盖率,5G吸收业务量和5G驻留用户数均实现10%以上的提升。



增强型自动建站模块是一种快速完成爱立信基站自动开通和集成的开放能力,该能力可以避免工程建设人员重复上山,简化工程建设流程,运营商通过调用该能力实现建站进展实时上报,有助于及时协调各方工程资源,减少由于配合不及时造成的施工等待,返工等情况,平均单站现场调测时长缩短75%以上。

爱立信为持续提升推动零接触运营转型,从产品形态,人员能力到服务模式都进行了一系列的储备与改革。产品形态上,不断充实零接触运营转型平台方案的能力,丰富应用场景,简化和完善部署方式;人才储备上,公司注重培养在大数据,人工智能领域的技术专家;在服务模式上,整合运营咨询,

通信专业服务与IT系统集成服务,为运营商提供一站式解决方案。

展望未来,爱立信零接触运营转型平台利用人工智能以及具备不同功能的网络管理模块来实现网络管理自动化。这个平台如同一个操作系统,可以实现网络运营自动化、资源协调自动

化,以及网络质量提升识别自动化;同时,它还包含网络自动调整能力,实现网络管理的闭环应用。开发者还能够通过该平台提供的API开发新应用,新功能,爱立信愿与开发者一起不断推动网络运营生态系统的持续创新。

## 作者



 Jackson Le - 乐可骏

技术管理经理

乐可骏2001年毕业于上海大学通信工程专业,同年加入爱立信,历任系统支持工程师,系统架构师,服务交付经理,技术管理经理职位,在IT和CT领域有超过20年的丰富从业经验。乐可骏长期从事网络运营管理自动化,智能化方案研究开发,他对前沿技术和理念充满热情,具备独特的观察力发现通信网络运营中的痛点,针对性制定自动化方案并快速落地实现。



 Yan Du - 杜彦

中国区高级系统架构师

2005年毕业于复旦大学,获得通信与信息系统硕士学位后,加入爱立信,并工作至今。在产品研发和服务实施等领域都有多年的工作经验,曾申请多项通信专利。于2021年加入到中国服务实施技术管理部门,结合多年的从业经验,努力寻求更好的网络解决方案,助力运营商的数字化转型。



 Fan Xiao - 肖帆

爱立信东北亚区新技术资深项目经理

2011年在华中科技大学获得计算机应用硕士学位后,加入到爱立信,先后从事海外运营商无线网络的交付、运营和维护,中国新技术,新产品验证,网络运营管理自动化项目的交付。他具有10多年国内外运营商无线网络的运营经验,能敏锐的发现自动化方案落地过程中的难点,并敏捷制定可执行的落地推进计划,完成复杂大型项目的交付。

# 适用于混合云和多云环境的5G架构



扫码探索更多

采用统一的方法在公有云和私有云环境中开发、部署和运营5G服务(包括5G RAN、Core、OSS和BSS应用程序),这是运营商成功实施混合云和多云战略的关键要素,不仅可以加快产品和服务上市速度,还可以降低总体拥有成本。

多年来,开源创新层出不穷,Amazon Web Services、微软Azure和Google Cloud Platform等公有云服务商(HCP)持续扩容,大中型运营商也纷纷自建私有云。多项因素叠加在一起,促进了当今云基础设施的惊人增长。

除了增加容量外,云基础设施在地理覆盖方面也在不断增长,从覆盖某个国家,再到覆盖整个地区,一直到覆盖边缘和更边缘的位置。基础设施离消费者越来越近,开发人员在几毫秒内便可接入云端,在离消费者最近的地方部署自己的应用。5G为此类大规模基础设施增加了超低时延、高容量和可编程连接等优势。无处不在的基础设施和便捷快速的连接为应用开发人员提供了前所未有的独特创新机会。



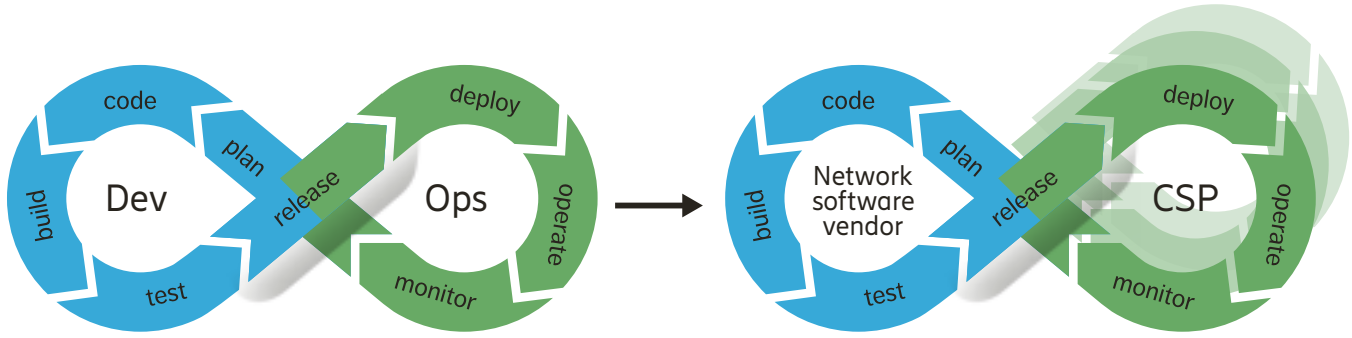


图1: DevOps和aaP商业模式

## 电信环境中的DevOps

DevOps是一套将软件开发和IT运营相结合的实践,旨在缩短开发和交付周期,提高软件质量,关于DevOps的实施规划和讨论通常在单个企业或组织内进行。企业通常基于软件即服务(SaaS)模式开发软件、运营软件,并将其作为服务提供给客户。在这种情况下,企业更容易完全控制整个流程,包括全面了解目标部署环境。

相比之下,电信领域通常采用即产品(aaP)商业模式—软件由爱立信等网络软件供应商开发,然后提供给运营商(CSP),在他们的网络中部署软件并运营。这种商业模式需要考虑更多方面。

如上图,标准DevOps SaaS模式和电信aaP模式之间最大的区别是部署环境的多种多样,而网络软件供应商开发团队无法预先准确了解目标部署

环境的状况。尽管SaaS公司也可能在两个及以上云环境中部署和管理软件,但这种情况对电信企业而言更司空见惯,因为每个运营商都会创建和/或选择自己的云基础设施。

## 混合云和多云战略的影响

运营商通过与公有云服务商(HCP)合作来扩展其云基础设施,并越来越多地采用混合云和多云战略。

### 术语和缩略语

aaP – 即产品	ACK – 面向Kubernetes的AWS控制器	API – 应用编程接口	ASO – Azure Service Operator
AWS – Amazon Web Services	CNCF – 云原生计算基金会	CSP – 运营商	GCP – Google Cloud Platform
HCP – 公有云服务商	IaC – 基础设施即代码	IAM – 身份和访问管理	SaaS – 软件即服务
TCO – 总体拥有成本	TTM – 上市速度		

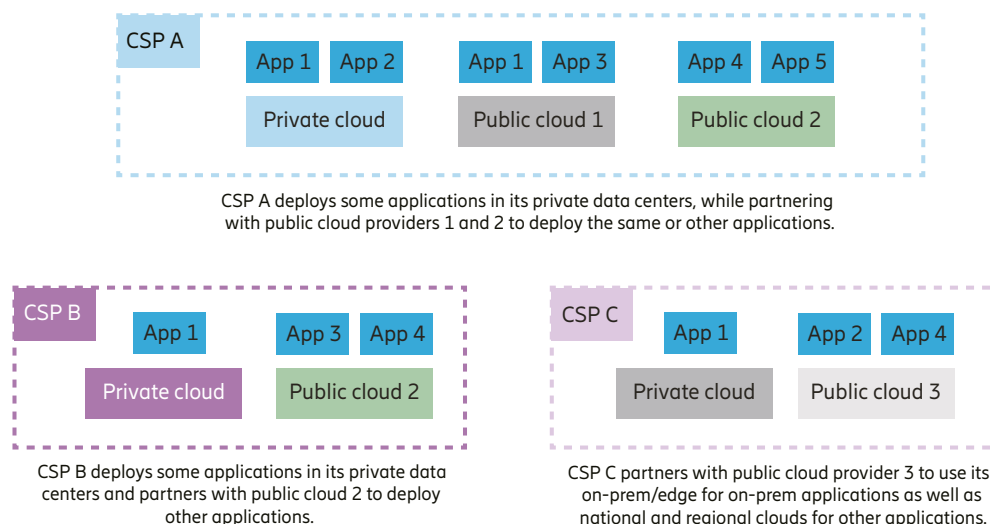


图2:应用必须支持的混合云和多云部署场景示例

Ericsson Technology Review的最新文章介绍了部署电信工作的两种架构方案,一种是在运营商(CSP)云基础设施的双堆栈架构中部署电信工作,另一种是在公有云的集成堆栈架构中与企业和消费者应用一起部署。如图2所示,如采用这种方法,网络软件供应商的部署目标将更加多样化,方式更加灵活。

Kubernetes已成为云原生应用的实际编排者(orchestrator)。所有主要云服务商都将其作为一项服务提供,因此可将其视为应用工作的可移植层。此

外,在集成堆栈架构中,运营商可能还想利用公有云服务商(HCP)合作伙伴提供的其他管理服务。这些管理服务涵盖了从运营和分析数据库到可观测性和安全服务的各种功能。

除了能够节省自己DIY的成本外,使用HCP服务的一个主要优势是能够将性能、可用性和容错、更新和升级、安全性和可扩展性等方面的责任转移给云服务商。另一个好处是能够使不同的网络软件供应商在数据管理、可观测性、安全性和其他非功能性需求方面保持一致。然而,对于网络软件

供应商和运营商而言,设计和运行能够利用如此多样化的HCP管理服务的应用也带来了一些挑战。

#### 在混合云和多云战略中要克服的主要挑战包括:

- ① 保持可移植性
- ② 控制总体拥有成本(TCO)
- ③ 优化生产效率和产品上市速度(TTM)。

## 可移植性

网络软件供应商必须能够灵活地在运营商认为最具商业效益的地点部署5G应用工作,需要实施支持运营商采用混合云或多云方法的战略,并使运营商能够避免公有云服务商(HCP)锁定。HCP不断推陈出新,提供出色的管理服务,但在许多情况下,各HCP使用不同的专有应用编程接口(API)。因此,我们需要仔细考虑如何设计可移植应用使运营商能够在需要时使用HCP管理服务,同时允许到部署时再决定使用哪项管理服务。

## 总体拥有成本

有3个重要方面影响运营商的总体拥有成本(TCO):持续验证和部署、监测

和运营,以及安全性和合规性。在混合云和多云环境中,鉴于基础设施环境和管理服务复杂多样,这些任务通常会变得更加复杂。除非以极高的效率执行这些任务,否则要验证的轨道数量越多,操作就越复杂,可能会导致更高的运营费用,推高总体拥有成本。关于使用哪些管理服务以及运营商本身将部署哪些服务的决策也可能对TCO产生重大影响。这些决策取决于具体用例、使用模式和应用的规模。

## 优化生产效率和产品上市速度

如果在混合云和多云环境部署的应用从一开始就没有得到正确开发,那么长期的开发体验可能会不理想。例

如,一个应用在创建时只考虑用在单一云环境中,且只利用该云中相关的管理服务。如果后来决定将此应用部署在具有不同管理服务集(或有类似服务但编排API不同)的其他云环境中,那么应用开发人员将不得不花费大量的时间和精力迁移该应用。移植应用并使其适应不同的环境将消耗大量的时间和资源,而这些时间和资源本可用于开发新的功能或增强原有功能。因此,这会降低生产效率,并可能延缓产品上市。

## 采用统一方法进行开发、部署、确保安全性和正常运行

多云原生应用是一种可部署在不同云中的云原生应用,能够尽量减少重构或重新设计工作,同时可以利用每

个云中提供的管理服务。因此,它的设计和构建必须从一开始就考虑到多云部署。如图3所示,开发者需要在

从设计和开发到验证、部署和运营的整个应用生命周期中采用整体方法。这种方法还旨在最大程度地跨多云环境统一所有这些任务。

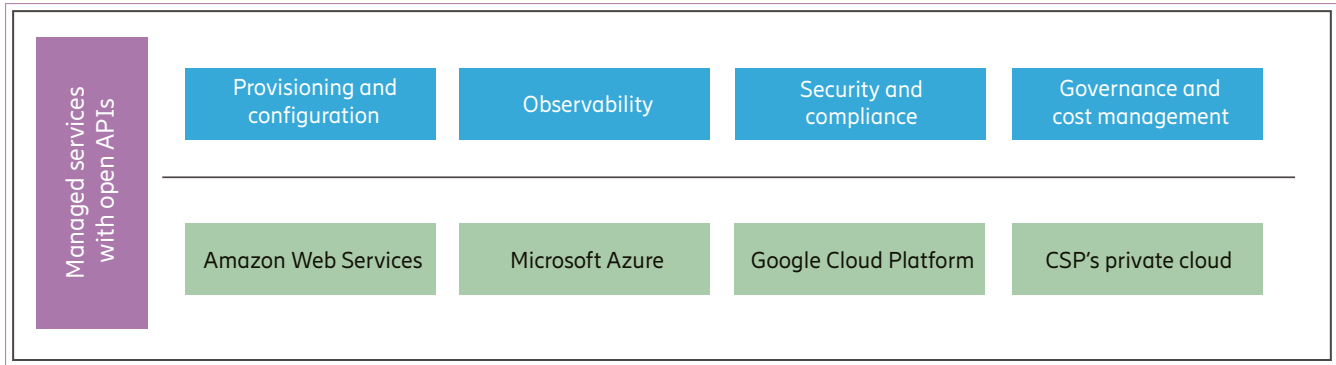


图3:多云原生应用的关键使能技术

## 基于开放式API的开发

主要云服务商都注意到云原生计算基金会 (CNCF) 的热门开源项目 (这些项目在各自的领域被确立为事实标准), 并将它们作为管理服务提供。这些服务可能是专有的, 也可能基于相同的开源项目, 但对于应用开发人员来说, 这些管理服务能否支持相同的开放接口和协议非常重要。一些数据库类别示例包括 PostgreSQL、MySQL、Cassandra 和 Redis。在可观测性和指标监测类别中, Prometheus 和 OpenTelemetry 正在逐步受到主要 HCP 支持, 成为事实标准。

在这种欣欣向荣的发展趋势下, 应用开发人员 (通常在网络软件供应商企业内) 将能够构建利用管理服务的可移植应用, 而不会将应用锁定在一个云环境中。这对运营团队 (通常在运营商企业内) 也同样有利, 他们只需要学一次应用操作, 就可以在其他云环境中重复使用应用。

此外, 即使在此类管理服务不可用的情况下 (如本地部署), 或在不适合给定用例或使用模式的情况下, 运营商也可以继续依靠网络软件供应商提供与现在相同的服务。

## 管理服务的开通和配置

仔细选择应用将使用的管理服务只是问题的一方面。另一方面涉及如何协调和统一网络软件供应商应用开发人员指定应用与管理服务的依赖关系, 以及运营商运营团队如何开通、配置和管理这些服务。

### HCP 管理服务有两组接口:

- ① 应用所使用的服务接口
- ② 编排引擎、脚本等开通和配置服务所用的编排接口。

虽然第一组接口基于开放式 API, 但第二组接口是各个 HCP 专有的。在某些情况下, 一个 HCP 提供两个管理服务, 具有相同服务接口 (基于相同的开放式 API), 但可能两个服务的编排不同。在这些情况下, 提供相同开放服务 API (如 PostgreSQL、Redis 或 Cassandra) 的 HCP 管理服务也会提供专有的、不同的编排 API, 用于开通、配置和管理。

例如, Amazon 有两种不同的管理服务, 它们提供 PostgreSQL API (Amazon RDS For PostgreSQL 和 Aurora PostgreSQL), 并根据一系列条件为

客户做出指引, 帮助客户选择最符合他们需求的方案。如果运营商可以在两者之间自由选择, 而无需网络软件供应商更改应用软件包, 这将是一个优势。

再举一例, Google Cloud 提供 Cloud SQL 服务, 但它也在为 Cloud Spanner 开发一个新的 PostgreSQL 接口。为运营商提供未来可从 Google Cloud SQL for PostgreSQL 迁移到 Cloud Spanner 的选项, 而无需对应用软件包进行任何更改, 这将非常有吸引力。

通过提高抽象级别并声明对具有开放式 API (如 PostgreSQL、Redis 和 Cassandra) 的支持服务的依赖关系, 应用开发人员无需处理所有云服务商特定的编排和开通细节, 并确保编排管理服务的低级细节不会泄漏到应用层。

	Terraform	Crossplane
State management 状态管理	<p>状态存储在状态文件中,并通过Terraform state 命令进行更新。在不同的云环境中,没有开箱即用的统一方式对其进行处理。典型的解决方案是使用对象存储,例如S3。版本处理和访问控制也与状态文件的存储方式密切相关。</p>	<p>状态和配置数据作为自定义对象存储在Kubernetes的API 服务器 (etcd) 中。需要量产级Kubernetes部署才能正确管理生产环境的状态。版本处理、访问控制等作为自定义对象API的一部分进行管理。</p>
Drift detection and handling 漂移检测和处理	<p>没有自动漂移检测和调节。通过调用正确的Terraform命令手动完成。</p>	<p>使用Kubernetes的operator模式,可以实现连续的自动状态监测、漂移检测和协调。</p>
Abstraction and customizability 抽象和可定制性	<p>抽象使用Terraform模块实现,通常将来自同一云服务商的多个资源组合在一起。也可以创建多云抽象。平台和开发团队之间没有严格的分离。</p>	<p>通过使用复合资源和组合来实现抽象。这些概念中内置了多云抽象。抽象级别完全由平台团队控制,平台团队被视为与开发团队不同的独立角色。</p>
Developer experience 开发人员体验	<p>开发人员必须熟悉HashiCorp Configuration Language。</p>	<p>开发人员可以利用现有的下述知识,包括有关Kubernetes YAML Manifest文件、Helm 或其他已用于在Kubernetes集群中部署应用的工具的知识。</p>
Surrounding ecosystem 周边生态系统	<p>开发人员必须熟悉HashiCorp Configuration Language。</p>	<p>由于管理服务表示为Kubernetes自定义对象,生态系统 (与Kubernetes集成,用于应用工作) 中的任何工具也可用于管理服务。这打造了一个非常丰富的周边生态系统。</p>

图4: Terraform和Crossplane的对比



统一编排多个云服务商的管理服务是主要目标

最佳方法是构建一个完全由运营商内部平台团队控制的公共API层。该API层必须将应用的需求与底层云提供商的交付方式完全分离。

在决定如何实施这个API层时，我们可以想到两种宽泛的方法。第一种是使用IaC (infrastructure as code基础设施即代码) 工具和框架，它们比Kubernetes开发的时间要早。HCP专有示例包括Amazon Web Services (AWS) CloudFormation、Azure Resource Manager和Google Cloud Platform (GCP) Cloud Deployment Manager。最常见的HCP无感知示例是Terraform。

第二种选择是利用最新的IaC工具，这些工具实际上是Kubernetes附加组件，可在Kubernetes集群外部开通和配置管理服务，并将其作为集群内运行的应用程序的自定义资源。AWS Controllers for Kubernetes (ACK)、Azure Service Operator (ASO)和GCP Config Connector都是HCP专有示例，它们都采用这种方法。

Crossplane是一个CNCF项目，旨在提供与ACK、ASO和GCP Config Connector相同的功能，另外还增加了将底层管理服务组合到更高级别抽象的功能，以满足定制平台的需求，最终满足客户企业的需求。Crossplane因此成为通用API层的候选方案，旨在统一部署和开通不同云服务商提供的管理服务。

鉴于统一编排多个云服务商提供的管理服务是主要目标，我们认为可以使用Terraform和Crossplane这两个云无感知工具来打造这个API层。图4从不同角度比较了这两者的功能。

## 基础设施和应用的 可观测性

对管理服务的依赖取决于能否观察其执行情况并确保其满足服务等级协议。HCP借助仪表盘实现了可观测性，仪表盘还可以将基础设施和应用程序的可观测性数据组合起来，创建一个整体视图，帮助应用运营团队高效地获得洞察。

在许多情况下，可观测性数据的收集基于HCP的专有API。然而，现在HCP

开始使用基于CNCF项目的事实标准API，应用开发团队可利用HCP提供的可观测性功能，而无需更改数据的提供方式。但在大多数情况下，HCP将根据收集的数据量(例如指标数或日志条目的数量)进行收费。

在典型的电信应用中，指标数量较多且抓取间隔较短，可能会出现两种结果。要么可观测性成本很高，要么在将可观测性数据交由HCP可观测性解决方案之前需要对数据进行过滤或预处理。这意味着只有与关键绩效指标有关的数据才会发送给HCP解决方案。如果需要更详细的视图，应用仍需要提供自己的指标和日志收集服务，以适应机器学习和一般故障排除等其他用例。这些决策将基于用例和部署规模。

在混合云或多云部署场景中，可观测性方面存在的问题与管理服务的开通和配置方面的问题类似，存在云服务商工具孤立和多平台监测困难的情况。

要克服这一挑战需要一个统一的可观测性系统,它通常被称为单一窗格(a single pane of glass)。这种方法对运营商和网络软件供应商来说是双赢的,网络软件供应商开发人员能够依托定义明确的接口提供的指标、跟踪和日志,而对于运营商运营团队,无论应用部署在何种云中,都可以采用统一方式监测应用。无需培训运营人员学习使用不同的可观测性系统,同时也降低了运营费用。

将统一可观测性系统部署在哪里,影响这一决策的因素很多。对于混合部署情况(其中大多数工作部署在私有数据中心),可以将该系统也托管在私有数据中心(需要注意,从HCP提取数据可能会导致较高的数据出口成本)。当大多数工作都转移到HCP云服务器器的情况下,在那里部署系统可能更合适。这种方案的缺点是,来自私有数据中心的数据需要传输到HCP,可能会产生与敏感数据有关的问题和其他法律方面的问题。

HCP通常能够从其他云基础设施提取可观测性数据,让运营商能够应对多云部署场景。然而,在不同的HCP

之间传输此类数据通常需要高昂的数据出口成本。带宽联盟(Bandwidth Alliance)等计划旨在降低云服务商之间的数据传输成本,提高多云部署的可行性。

目前已有几个外部SaaS提供商,提供HCP无感知统一可观测性系统,例如Datadog、Dynatrace、Sysdig和Elastic Cloud。有些解决方案主要基于开源和CNCF项目,而另一些则是自主研发。这些解决方案的主要优势在于避免了HCP锁定(即使在可观测性方面),使得它们能够用于混合云和多云部署场景。它们通常配备小型代理,从基础设施和应用程序收集各类数据。通过尽可能靠近数据源收集数据,部分SaaS提供商可最大限度地减少甚至消除数据出口成本。

## 安全性和合规性

在使用管理服务时,HCP和应用管理者之间有明确界定的共同责任。HCP负责保护基础设施,使运营商可以减轻运营、管理和控制管理服务的负担,而应用管理者(application owner)负责确保管理服务符合适用的法律法规。另外,应用管理者还负责管理数

据、对资产进行分类和加密。其中包括对法律法规的遵守,以及满足可观测性数据匿名化需求。

要整合HCP安全服务,第一步就是利用身份和访问管理(IAM)功能,因为应用要通过该功能访问管理服务。HCP使用映射到HCP IAM服务的Kubernetes服务账户概念进行协调,以提供对管理服务的访问。这样,可以更深入地集成所提供的安全服务。集成将充分利用并依赖于HCP提供的IAM和密钥管理功能,满足各种身份验证和授权需求,包括应用专用服务之间的身份验证和授权。

然而,这可能会带来私钥和信任根方面的一些挑战,包括安全负责分工的问题。

深入探究访问控制,特别是授权,我们会发现,不同的管理服务和应用服务通常支持各种协议。根据应用运行的HCP环境,可能需要不同的协议。由于在这方面未达成统一,应用不得不

灵活地处理各类授权。由于已经存在几种不同的标准,预计将来在这方面很难达成一致,这意味着在应用可移植性方面需要额外的成本。

## 治理和成本管理

无论使用哪个底层云环境部署应用,都需要统一实施治理和各种公司政策。这些政策通常是各公司专用的,可

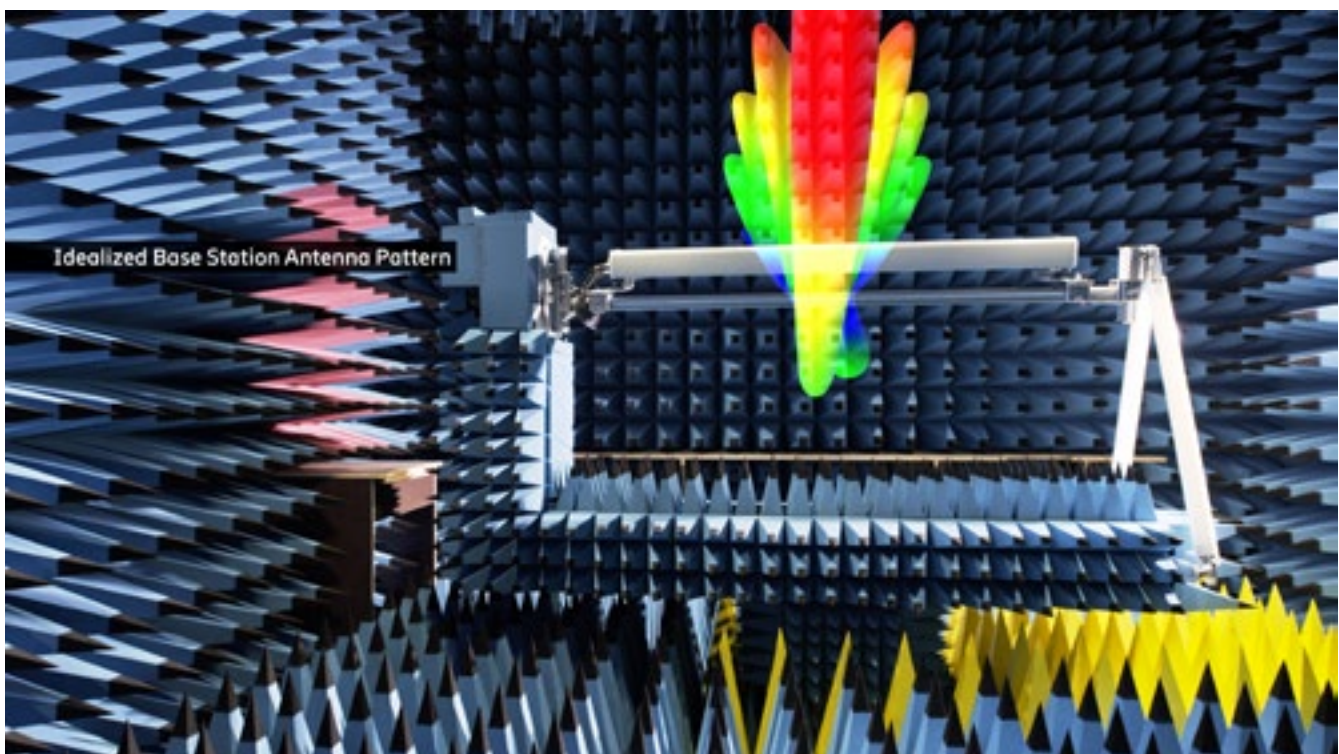
能会影响各个方面,例如基于成本、可用性、性能和其他考虑要素选择服务。每个HCP通常都提供专有服务和建议,以监督和优化成本,但在多云部署中,需要在不同的云中协调这些方面,并将运营商的政策考虑在内。运营商可以构建自己的成本管理层,也可以使用商用云成本管理,如Apptio Cloudability和Kubecost。

## 结束语

运营商(CSP)正在与公有云服务商(HCP)合作,在最具商业效益且互惠互利的地点部署5G服务。未来将是混合云和多云环境的时代,需要在广泛的公有云和私有云环境中部署和运行5G服务。在如此多样化的目标环境中开发、部署和运营这些服务时,采用统一的战略,对网络软件供应商和运营商都有利。

通过利用开源软件和使用与其开放API兼容的HCP管理服务,网络软件供应商应用开发人员可以构建能够在不同云之间进行移植的多云原生应用,同时利用HCP管理服务。这反过来又会加快运营商的产品上市速度。在运营方面,运营商可以通过统一部署、安全性和监测等重要的运营环节,同时与多家云提供商合作,控

制总体拥有成本,实施统一的治理和合规性。要取得成功,运营商和网络软件供应商必须携手合作,推动为5G应用所需的平台服务开发开放式API,并呼吁HCP采用这些开放式API。事实证明,云原生计算基金会(Cloud Native Computing Foundation)是推动开放式协作和协调的最佳组织之一。



## 作者



 **Antonio Alonso**

是数字服务业务部专注于云原生状态支持服务的专家。他于1995年加入爱立信，致力于为各代接入网络 (3G/4G/5G) 和域 (电路交换域和分组交换域、IMS 和身份联合) 提供身份和签约管理解决方案。他于2020年加入爱立信通用开发/应用开发平台 (ADP) 小组，担任数据管理、备份和恢复以及生命周期管理功能领域的技术负责人。Alonso拥有西班牙马德里理工大学电信工程专业硕士学位。



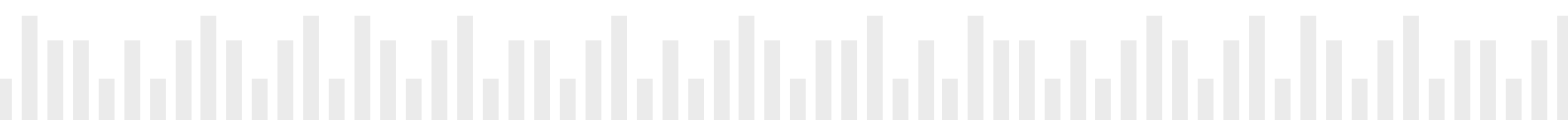
 **Henrik Saavedra Persson**

是数字服务业务部的高级首席开发人员，以ADP首席架构师的身份推动网络功能和应用业务部的通用云原生架构。他曾在KubeCon、NSMCon (网络服务网格大会) 和开放网络峰会上发表演讲，介绍爱立信的云原生架构方法和云原生计算基金会。他于2004年加入爱立信，从事应用和平台产品的架构研发工作。Saavedra Persson拥有瑞典布莱金理工学院软件工程硕士学位。



 **Hossein Kassaei**

是爱立信数字服务业务部首席开发人员和首席平台架构师，推崇云原生架构原理、技术和最佳实践。他于2010年加入爱立信，在平台和应用团队中担任过多种软件和系统设计及架构职务。Kassaei拥有加拿大蒙特利尔康科迪亚大学计算机科学硕士学位。



# 为数字未来建设移动网络

我们预计，移动网络将发展成为一种新的移动数字基础设施，用来满足消费者、企业和社会的需求。移动网络将提供无限、稳健而可信的连接，满足各类对象的需求，且不受时间、地点的约束。

对我们来说，未来网络的实现不仅关乎技术，还会促成一个全新的全球移动格局 (landscape)，而网络将成为那个先进数字社会的支柱，满足未来行业的需求。

然而，这些发展不是从天而降的，也不是自发完成的。新的移动基础设施的实现，需要在商业和技术方法上进行重大变革。它将涉及建立和发展跨行业的合作生态系统，而运营商有能力且必将在其中发挥重要作用。因此，运营商必须立即行动，才能帮助促成这一新局面，保持与这一势头的长期相关，从而带来收入。

这些新的生态系统必须使各类复杂技术无缝地协同工作，并扩大规模，

为全社会构建和增长新的价值流。同样重要的是，它们的运行和管理应具有可靠性、安全性和高能效。

短期选择会产生长期影响。为此，本报告概述了未来10年全球网络的发展趋势，并为运营商提供了所需的战略考虑因素，以便在短期、中期和长期内有效行动，促成这种新的移动网络格局。

---

**“从更加宏观的角度看，网络将为社会提供无限的连接，满足日益增长的对移动性的需求，且不分服务对象，也不受时间和地点的约束。”**

---

# 网络演进: 未来之路



扫码观看视频

到2030年, 移动网络将采用进化演进的、可信的移动数字基础设施, 取代今天的大部分传统IT基础设施(它们从未考虑过移动性)。新的移动网络将由人工智能赋能, 并得到定制优化, 以可持续、节能的方式提供端到端的网络服务。

对企业而言, 移动网络将成为基于开放行业标准、面向全球扩展的可靠创新平台。这将有助于在移动市场上创造新的产品和服务, 从而重新定义业务增长的可能性。

信息通信技术行业有可能促成能源、工业和运输等领域15%的全球温室气体减排目标。

从更加宏观的角度看, 网络将为社会提供无限连接, 满足日益增长的对移动性的需求, 且不分服务对象, 也不受时间和地点的约束。从数万亿个微型零能耗传感器, 到多感官沉浸式通信(包括听觉、视觉、触觉、味觉和嗅觉)设备, 它们将对网络提出截然不同的性能要求, 并且要按时按需为客户提供服务, 无论服务规模大小。

进化的网络也将在应对我们的世界所面临的可持续性挑战方面发挥关键作用。网络覆盖范围的扩展和流量的增长, 不能以高耗能作为代价。

大幅降低能耗仍然是一个关键问题。作为数字社会支柱的网络将推动各个行业的工业减排。根据《指数路线图》, 信息通信技术行业的全球碳足迹仅为1.4%, 但有可能促成能源、工业和运输等领域15%的全球温室气体减排目标<sup>1</sup>。

实现这一愿景, 需要的不仅仅是技术上的转变。首先, 这将需要电信行业内部从文化上认识到, 未来的电信行业将大大超过现在的范畴, 同时要在流程和技能上为这种转变做好准备。其次, 它还需要电信行业内外的研究和创新的大力支持。因此, 跨行业的合作和共同创造将是关键所在。

纵观全球, 各行各业以及众多企业将在未来几年寻找数字解决方案, 以提高竞争力、推出新服务并创造收入增长。商业创新将需要加速的自动化和提高的敏捷性, 在产品和服务方面提供更多智能, 同时降低成本和能源消耗。这个机会不容错过。为了保

持业务相关, 并实现这一愿景, 运营商必须从现在就开始考虑自己的行动方法。

<sup>1</sup> 参考 <https://exponential-roadmap.org/andhttps://www.weforum.org/agenda/2019/01/why-digitalization-is-the-key-to-exponential-climate-action/>

# 驾驭网络演进：关键考虑因素

“行业和市场的转变应当逐步进行，在避免过度炒作的同时，应当展开大规模的合作。”

随着网络的不断演进，一个先进的数字市场将会出现，为消费者、企业和社会带来新的可能性。网络功能将以全球、区域和本地的范围提供，并区分公共网络和专用网络。这将使运营商能够提供独特、定制和分级的端到端网络服务，如行业特定解决方案所需的服务。

驾驭这个市场很不容易，无法通过尽力而为 (best effort) 水平的连接实现，而是要依靠基于服务水平协议 (SLA) 的移动网络，以及大规模的行业合作才能实现。尽管技术进步将为运营商提供更大更好的商业机会，但这些进步的复杂性只会在这新兴领域中不断增加，需要运营商做好战略规划 and 战略合作。

尽管有人已经预测了在这一领域将会出现的机会，但许多运营商仍在等待需求增加和来自市场的证据，然后才采取行动。正如我们在4G的市场增长中看到的那样，从长远来看，不抓住行业机会可能代价高昂。虽然4G带来了移动签约和数据消费的大幅增长，但多年来，每用户平均收入一直在下降<sup>2</sup>。这主要是由于谷歌和脸书等OTT公司的出现，他们很快成为了新服务的创新者，而运营商则失去了此前乐观的前景，成为了看门人，阻碍了消费者访问他们喜欢的新服务。前

车之鉴应当重视。事实证明，运营商不应该害怕针对新兴趋势采取行动或调整商业模式。何况如今的市场上出现了更多的新玩家。

行业和市场的转变应当逐步进行，在避免过度炒作的同时，应当展开大规模的合作。

## 电信与IT的融合

全球范围内的电信服务收入继续呈现低增长趋势，从2017年到2021年的复合年均增长率为0.3% (尽管在未来几年内可能会略有增长)<sup>3</sup>。因此，越来越多的运营商正在与媒体、科技和IT公司合作，以创造新的价值流，采用新的技术，并变得足够灵活，用创新超越竞争对手。鉴于IT的速度和灵活性，以及电信行业的稳健性质，这种势头只会随着移动网络的多样化而加快发展。

## 大规模合作

接口开放和网络开放使运营商能够实现跨行业合作。与行业巨头 (hyperscalers) 合作是一种不断升温的机会，可以让运营商的业务灵活而低成本地扩展。然而，运营商也必须在机会和风险之间找到正确的平衡，例如，避免出现锁定协议或既成标准。

## 运营商的关键考虑因素

未来将发生明显的权力平衡的转变，权利将从单独的商业实体转向合作生态系统。运营商应该从他们目前的合作关系中汲取经验，并确定他们在多大程度上愿意在自动化、人工智能乃至可持续性等领域开展合作。

运营商应该争取在这些新的生态系统中发挥关键作用。识别新的机会、探索新的商业模式并与合适的合作伙伴建立关系。以此为契机，从消费者市场的尽力而为的连接服务转变为基于服务水平协议的企业产品服务。

运营商必须适应新的业务和运营，从而逐渐获取新的价值。

网络演进不仅仅是技术进步。安全、编排和自动化等能力很重要，但转变商业思维 (包括建立一支具备面向未来的技能和工作方式的员工队伍) 也很重要。

<sup>2</sup> 爱立信对无线运营商性能基准 (Wireless Operator Performance Benchmarking) 的策略分析数据的分析，2021年第二季度。

<sup>3</sup> 同上。

# 以史为鉴



在2G移动电话时代，移动行业被视为创新的重要驱动者，是将用户从家庭局限中解放出来的新型移动通信的促成者。随着3G的到来，“运营商是创新者”这个积极观念仍在持续。爱立信与运营商一起为移动数据打开了大门，由此推出了第一款现代智能手机，并随之带来了丰富的应用和媒体生态系统。但进入4G时代，情况发生了变化。

随着4G的诞生，我们为包括移动电子商务、手机应用、云服务以及呈爆发式增长的社交和流媒体服务在内的现代移动经济奠定了基础。这些新服务使智能手机变得更具吸引力，推动了它们的普及。谷歌、脸书和Netflix等公司很快就看到了移动数据的机会，他们的新OTT服务使他们能够将4G数据支持的内容变现，使他们成为世界上价值最高的一批公司。但他们也

利用数据带来的机遇挑战了运营商的传统业务核心，也就是语音和消息通信服务。2013年，语音和消息通信服务占运营商收入的70%以上，如今只剩不到30%<sup>4</sup>。即使数据使用量的快速增长也无法弥补OTT通信服务带来的竞争压力。防御性运营商战略侧重于保护传统收入，这限制了与OTT服务的竞争，并限制了消费者对数据的使用。这只会让运营商在消费者眼中更不受欢迎，而试图通过提供无限制的数据服务来安抚消费者也无济于事。

移动技术可能已经彻底改变了我们的生活和经营方式，但市场和商业格局变得愈加复杂，增长速度也比预期要快得多。由于保守的业务战略，很少有运营商能够成功跟上步伐，而且许多运营商无法快速调整网络和业务能力以适应市场的变化。

## 避免重蹈覆辙

就像十年前一样，消费者、企业和社会将继续寻找最能满足他们需求的数字解决方案。这是一个不容错过的机会。运营商应该准备好满足这些需求，共同创建支持这些需求的网络解决方案。要做到这一点，运营商必须寻求战略合作伙伴，帮助他们应对日益复杂的变化，并在新兴移动网络中发挥战略作用。在这个进程中，爱立信已经领先了一步。请让我们展示一下我们的做法。

<sup>4</sup> 爱立信对无线运营商性能基准(Wireless Operator Performance Benchmarking)的策略分析数据的分析，2021年第二季度。

# 网络演进的黄金比例

对我们来说，最终目标是从商业角度实现性能、效率和成本的平衡。这就是我们所说的网络演进的黄金比例。这种方法将使运营商能够分步执行他们的战略，并在有需要的时候逐步增加能力，而不会使当今的业务和基础设施处于风险之中。

在满足消费者和企业不断变化的需求的同时，部署正确的计划绝非易事，而且这种规模的转变也很难在10年内就能按照计划实施完成。环境将不可避免地发生变化，在这一过程中需要处理的机会和威胁也将发生变化。

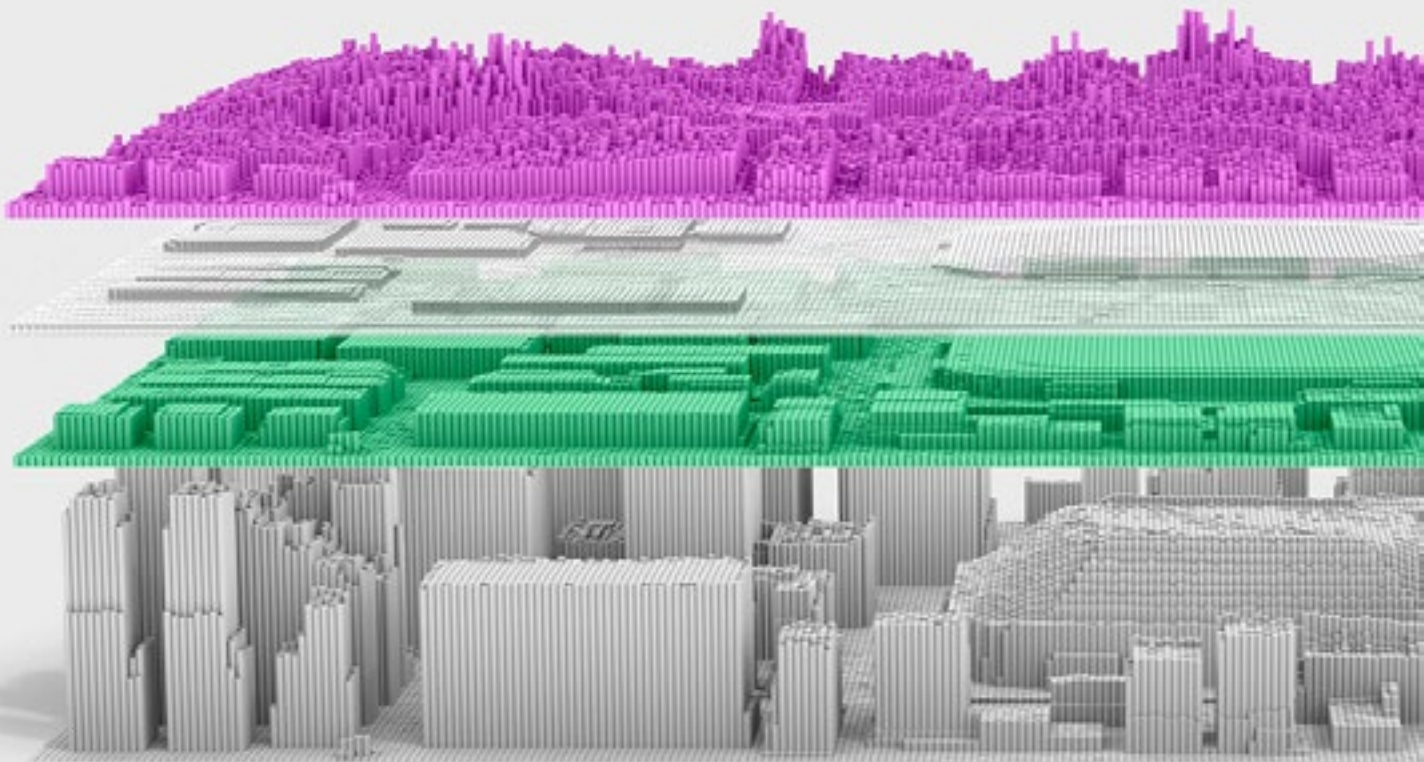
这就是为什么我们不为长期的网络

演进提出一个僵化的路线图，因为它一定会过时的。我们的做法，是把这个复杂的演进过程分解成3个不同但平行的层面(horizon)：基础(Foundation)、探索(Exploration)和研究(Research)。由于每个层面都包含各自的问题和考虑因素，这种方法使我们能够有效地应对短期和长期趋势，同时稳步地引导运营商朝着这样一个愿景迈进，即运营商的进化的网络将在新的移动环境中发挥关键作用。

这3个层面从技术、商业和更广泛的生态系统的角度给出了考虑因素。尽管这些考虑因素并不限于任何特定的层面，但它们确实因所处层面

不同而有着不同的体现。例如，“基础”涵盖特定的解决方案和短期的实施方案，这将带来长期价值。“探索”涉及对与该行业相关的技术和商业领域的评估。“研究”涉及更广泛的长期网络演进的合作和研究形式。随着技术、生态系统和市场需求的成熟，这三个层面都将出现定制和灵活的解决方案。

以下几页将解释这些层面。每一篇文章后面都会附有一个例子，说明这个层面在实践中是如何表现的，本文以人工智能为例。人工智能在基础层作为一种解决方案，在探索层作为一种战略技术领域，而在研究层作为一个研究领域。

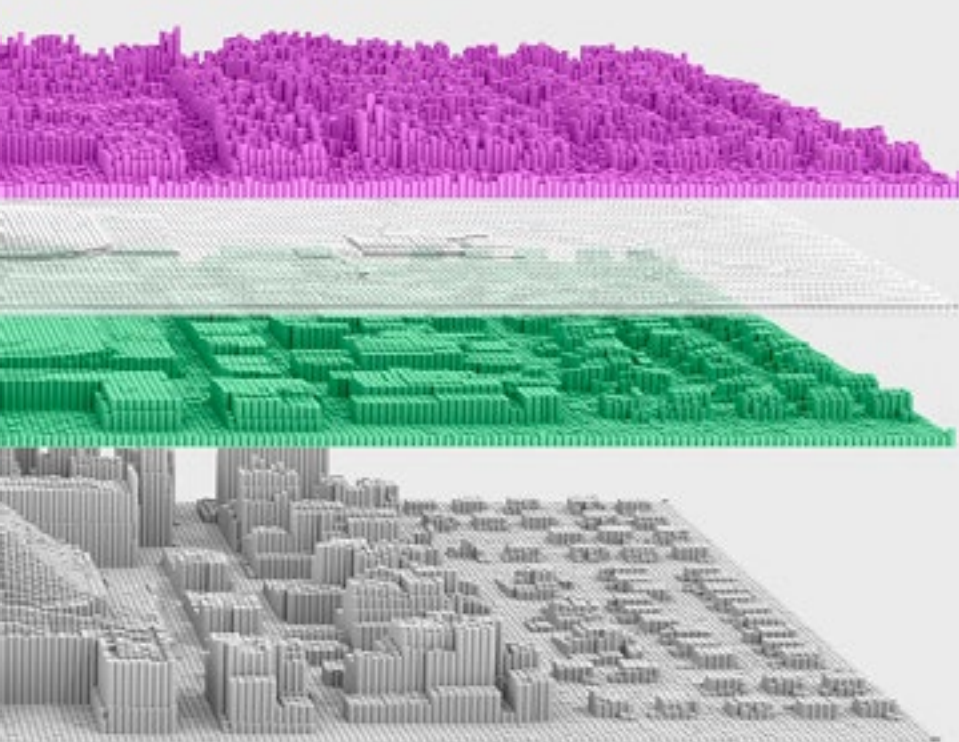


# 网络演进的黄金比例

---

“这种方法将使运营商能够分步执行他们的战略,并在有需要的时候逐步增加能力,而不会使当今的业务和基础设施处于风险之中”

---



## 研究

加强产业与学术界的联系,推动内外部合作研究,指导、激励和策划长期技术发展

## 探索

不断探索战略技术领域,同时实现标准化和互操作性

## 基础

为解决短期问题提供解决方案,同时为未来奠定基础

# 层面1:基础

明天的商业潜力取决于今天所做的一切。这一层面涵盖了运营商的短期目标,同时打下了一个能够带来长期价值的基础。

基础层面的重点是支持运营商提高效率,降低成本基础,并采取初步行动来抓住今天5G带来的早期商业机会。在早期阶段做出的决定是至关重要的,这就是为什么这种方法提供了适应不同运营商策略所需的灵活性,同时还为他们奠定了坚实的基础,进而扩展业务。

## 高效益地推动网络现代化

为了在短期和长期抓住5G机会,运营商必须在提高成本效益的同时,在网络现代化方面采取行动。基础层旨在提供一条智能路径,在尊重现有投资和部署资产的同时,实现整个技术栈的转型。其目标是使运营商能够建立一个面向未来的基础,例如确保4G到5G的平稳过渡,评估当前和未来的基础设施和频谱需求,以更低的每比特成本和能耗高效扩展5G网络。

## 扩展新商业机会

运营商将在与IT公司的竞争和合作中得到潜在增长,这取决于他们使用何种方式以及与谁共同推出新的服务创新。运营商需要不断尝试建立新的合作伙伴关系,以确保在市场中占据稳固和可持续的地位。然而,新用例的市场普及速度以及由此产生的容量需求仍然不确定。所以关键点在于确保经济高效地扩大覆盖范围、扩充容量和逐步推出网络新功能。这将使运营商不断抓住新出现的商业和消费者机会,而且几乎不涉及任何风险。

## 管理日益增加的复杂性

在动态的全球移动基础设施中,互动、关系、技术和服务将不断变化。需要运营商迅速适应并做出反应。

基础层面能够帮助运营商驾驭这些复杂的系统和面向生态系统的市场。毕竟,这不仅关乎网络演进,也关乎商业演进。为此,运营商首先可以考虑转型为支持自动化和高级编排的完全云原生和开放的平台。运营商的组织、文化、技能和流程——如实践持续集成和持续交付(CI/CD)——也应继续发展,以支持更广泛的业务前景。

### 人工智能在层面1的实践:

在这个阶段,人工智能的重点是实施特定的解决方案,通过提高性能和效率创造商业价值。在这里,人工智能将是一个强大的工具,可以充分利用现有的基础设施,确保运营商能够降低成本,提高客户体验。



## 层面2:探索

尽管未来为创新提供了巨大的机会,但我们需要探索将现有网络提升到那些创新水平的基本点。探索层面涉及的课题,比今天的方案更深远,探索新兴技术、运营、商业和生态系统相关的可能性,不能停留在概念炒作层面上。

探索层面对技术领域采取了更广泛的方法,并放入合适的标准模块,使网络演进迈向下一阶段。这样做防止了被行业炒作带偏的可能性,并确保做出的决策不会与已经付出的投入相矛盾,同时为长期愿景提供支撑。

### 关键技术领域

例如,网络中的人工智能需要处理日益增加的复杂性,确保网络效率,并提供卓越的用户体验。此外,现阶段的人工智能为先进的5G和物联网用例提供了新的商业模式。

开放和创新是移动行业成功的基石。现在的基于3GPP的数字基础设施将是各国加快数字化的基础。数字基础设施的扩展将使其成为一个真正开放的创新平台。

此外,这一数字基础设施可以作为

一种强大而可扩展的工具,加速赋能行业和社会达成能源和可持续性目标。这是探索层面的另一个关键发展领域。

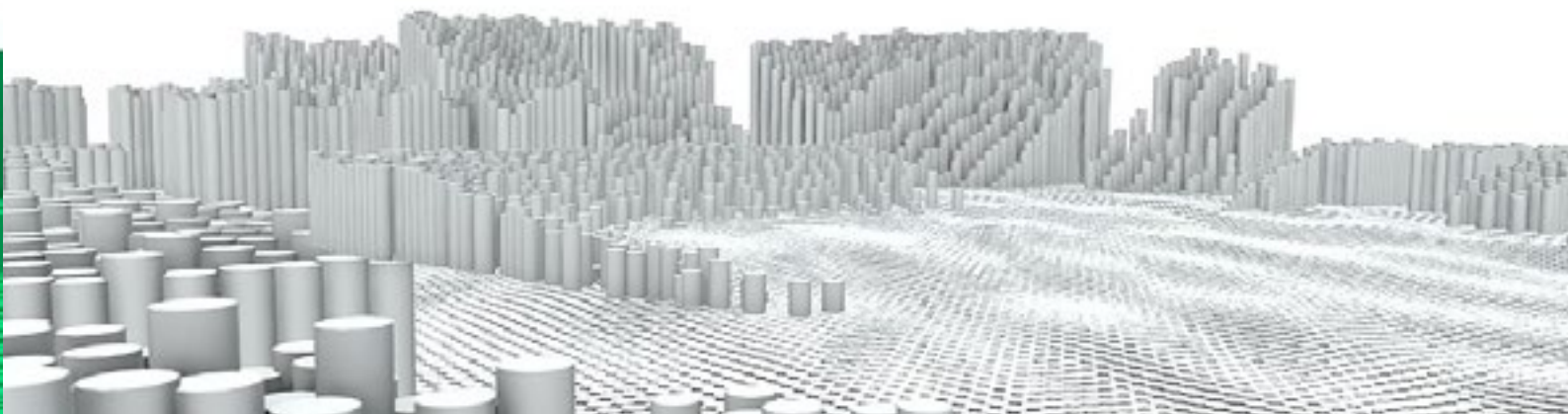
随着企业继续使用5G进行数字化转型,运营商需要确定自身的定位,通过分阶段引入“边缘”技术来占领这个新兴市场。网络边缘提供大规模计算能力将改变企业部署和使用IT基础设施的方式。

构建耐用的5G系统是关键型数字基础设施的根基。它可以满足不断发展的工业和社会需求。这种需求增长是当今正在进行的数字化转型的一部分。随着电信网络发展成为工业和社会的主要和关键基础设施,那么势必会产生新的需求和功能。耐用的5G平台可以满足此类任务关键型和业务关键型用例的要求。耐用的5G

系统服务不中断,始终按预期运行,始终无损地从来源提供信息。关键技术能力包括可靠性、可用性、耐用性、安全性和隐私性。这些基础能力是当今电信网络中固有的能力,并通过新技术和能力加以扩展,确保未来能够支撑新用例。

### 人工智能在层面2的实践:

在这里,我们将人工智能视为一个技术领域,而不是一个特定的解决方案。例如,我们需要可信的人工智能和可解释性,来扩大人工智能的使用范围,并管理复杂的网络运行和扩展的用例。还可以探索持续运行优化、自动冲突解决和预测控制等功能。我们将从这些战略领域中选择出相应技术来创建新功能,并将其应用到长期解决方案中。



# 层面3:研究

这一层面提供长远的方向指引，帮助将网络转变为先进数字社会公认的、安全的、节能的支柱。运营商将与工业界和学术界一道，推动一个无限连接的世界的发展，在这个世界中，无限连接将改善生活、重新定义商业并开创一个可持续发展的未来。未来世界一定会出现新的通信形式。现实世界将与可编程的数字孪生融合在一起。我们将能够沉浸在人类感官体验中，这种体验虽然是远程数字传输的，但那种体验就像发生在我们身边一样。

智能机器将在现实世界和数字世界中进行合作和互动，而网络将提供智能和完全同步（通过无限连接实现），还有网络计算结构、可靠的系统和认知网络。

## 提供无限的性能

从2030年的角度来看，网络需要为每个人提供无限连接。具体而言，运营商需要满足消费者和企业对沉浸式扩展现实（XR）通信的需求，同时也努力弥合数字鸿沟。随着网络的演进，未来网络应当满足“为所有人提供连接”这个期望。

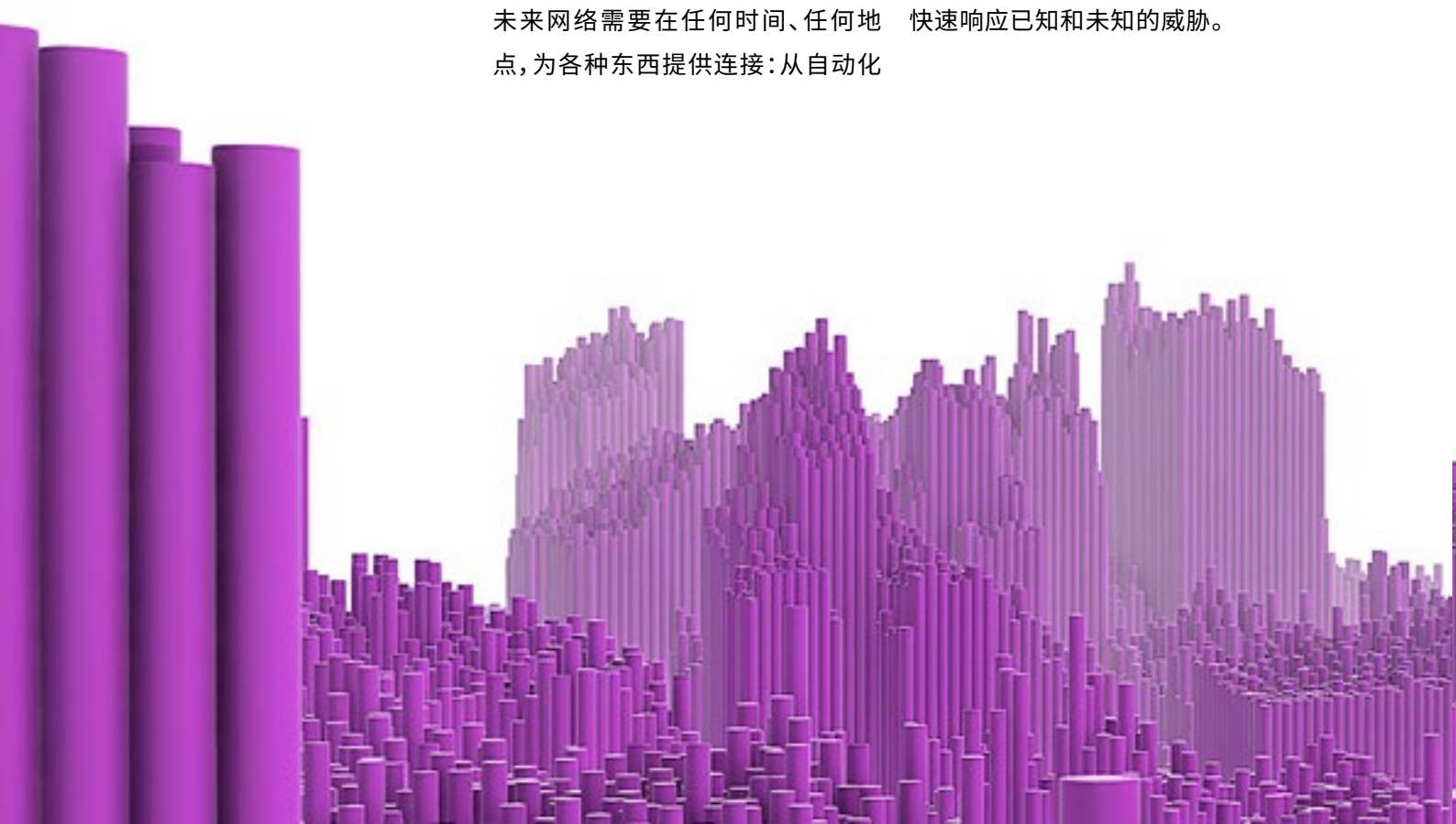
未来网络需要在任何时间、任何地点，为各种东西提供连接：从自动化

工业机器，到遍布各处的数以万亿计的微型嵌入设备（这些设备通过能量收集技术而不是电池供电）。

未来网络必须具有高度的适应性，以支持快速网络部署和快速新服务推出，确保网络满足多样化和极端性能的要求。

## 打造可信系统

在未来，各种事物对网络的依赖都会增加，所以网络必须在更高程度上确保系统安全。例如，在网络的开发、部署和运营过程中，需要内置安全自动化和保障能力，帮助运营商快速响应已知和未知的威胁。



“未来的网络不仅用于连接，还将让我们始终保持未来的生活方式”能够保护隐私的网络在移动基础设施的发展中也至关重要。在未来几年中，它在消费者、行业和社会眼中的重要性只会增加，不会减少。可解释的人工智能将是确保人们对网络保持信心的关键因素。

## 实施网络计算结构

随着时间的推移，设备、网络边缘和云之间的界限将变得越来越模糊。最终，网络将被视为分布式应用程序（包括网络功能和第三方应用）的单一、统一、集成的执行环境。这一目标的实现需要基于统一的电信IT生态系统。这将需要提高网络和计算的开放，以及生态系统合作伙伴之间的联合，包括网络和云服务提供商、应用程序开发人员和运营商，以及装置和设备供应商。

## 建立认知网络

到2030年，我们设想运营商将进入认知网络时代。届时，在高级人工智能和基于意图的管理的帮助下，所有操作流程和任务将完全自动执行。它们将学习、推理，按照商业意图行动。如今，它们被视为创造这样一个基础的关键，这个基础将帮助运营商扩展连接服务以外的业务。在不加速成本和能源消耗水平的情况下，认知网络还能帮助实现网络演进，同时利用它们收集的知识，以最少的人为干预解决新的问题。

### 成为数字优先社会的支柱

未来的网络不仅用于连接，还将让我们始终保持未来的生活方式。这些不断发展的基础设施将为社会提供无限连接，并且随着世界的不断变化，它们将为运营商打开新的机遇之门。

运营商如果要成为高度发达的数字社会的支柱，就需要建立人们对这些系统的信任。当这样做时，设备、服务和生态系统的扩张将推动进一步的增长。

### 人工智能在层面3的实践：

研究层是一个更加长远的层面，在这一层面，人工智能将用于实现认知网络，它将大数据与独特的网络领域专业知识相结合，在新兴的基于意图的网络运营中提供前所未有的速度、规模和准确性。虽然完全认知网络的愿景是将人类从重复劳动中解放出来，但人类也可以参与进来，扮演监督的角色。



# 结语

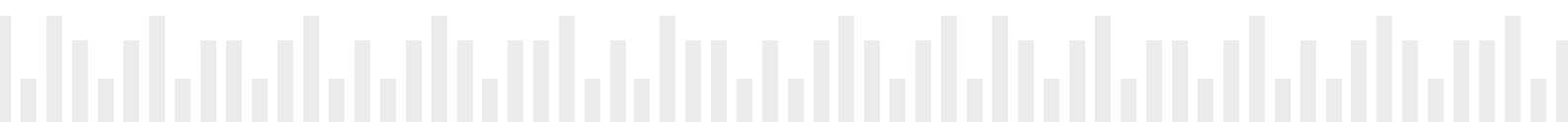
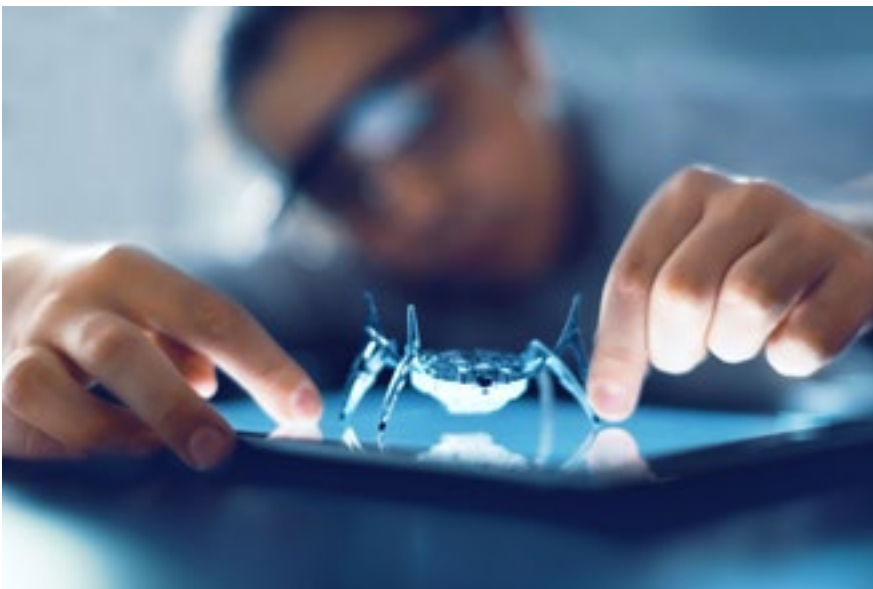
我们对未来网络的预测是它将是一个先进的数字社会的组成部分，由无缝的移动数字基础设施做支撑，以超越当今想象的方式，加速可持续的技术变革和创新。要实现这一愿景，需要电信和IT行业内部进行重大的技术和文化变革。但也需要我们这些企业和我们所处行业之外的人共同创造，包括大规模的探索和创新。

本报告概述的长期前景取决于我们今天做出的决定。构建满足消费者、行业和社会需求的敏捷网络需要大规模协作、新的合作伙伴关系和能够快速响应行业发展的商业模式。网络演进不只关乎未来技术，还关乎在明确的业务目标和支持策略框架内做出日常决策。

2020年的黑天鹅事件突显了数字基础设施的关键地位，它在当代社会几乎每个方面都发挥着重要作用。

通信技术比以往任何时候都更加重要，它能够通过提高效率、实现灵活的网络使用和做出更明智决策的能力，为解决社会、环境和经济问题提供解决方案。我们必须推广最新的经验，建立新的生态系统，并为新的连接时代铺平道路。

未来网络的能力将远远超出我们今天可及的范围。我们已经在努力，让这一愿景成为现实，并将继续支持运营商实现愿景：开始他们的网络演进，并建立连接，让无限可能变为现实。



爱立信助力通信运营商捕捉连接的全方位价值。  
我们的业务组合跨网络、数字服务、管理服务和  
新兴业务,帮助我们的客户提高效率,实现数字化  
转型,找到新的收入来源。爱立信持续投资创新,  
从固定电话到移动宽带,致力服务全球数十亿用  
户。爱立信在斯德哥尔摩纳斯达克交易所和纽约  
纳斯达克交易所上市。

更多信息请访问爱立信中国官网 [www.ericsson.com/cn](http://www.ericsson.com/cn)

欢迎关注  
爱立信官方微信



更多信息, 请联系  
[rnea.china.marketing@ericsson.com](mailto:rnea.china.marketing@ericsson.com)

© 爱立信 (中国) 通信有限公司  
版权所有 2022