



未来网络趋势

创建智能数字基础设施

作者: 艾瑞科, 爱立信首席技术官

正值2020年,一系列史无前例的事件在全球各地接连不断地出现,使得数字基础设施在当代社会各个领域正常运转中所发挥的重大作用突显出来。通过提升效率、加强网络的使用、提供足够信息协助决策,通信技术正在提供各种创新方案来协助解决社会、环境和经济挑战。

数字基础设施有多个重要特征,其中一个就是能够消除距离障碍,在资源利用、合作、能力转移、状态确认、隐私保护、信息安全和功能安全方面能更轻松、高效地满足社会需求。通信行业同样为其他行业提供着支持,方便其传输数字产品和服务,例如在医疗保健、教育、金融、商业、治理和农业领域。另外,在追踪气候变化方面,通过帮助其他行业减少排放,提高效能,通信行业也功不可没。

在去年有关科技趋势的那篇文章中,我引入了网络平台这一概念,解释了其如何在开放式市场的发展中作为催化剂,为数字基础设施的所有消费者提供服务。网络平台是数字

基础设施的核心,确保企业长期拥有竞争优势,同时还满足了广泛的社会需求。它是个值得信任的解决方案,为各类机构提供抗风险、隐私、可靠性和安全性保障,包括公共机构、私人结构或其他任何类型的机构。它还具备支持未来创新所需的规模、成本效益和品质。综上所述,面对未来所有通信需求,它是最具可持续性的解决方案。

未来技术将实现一个全数字化、自动化和可编程的世界,将人、机、物品和位置广泛互联。所有体验和感受将跨越地域和虚拟现实的障碍,变得透明而真切。除了人类,未来网络的数据流量还将由互联的智能机器人和人工智能(AI)机器人生成。随着时间的推移,人类产生的数据流量占比将下降,而机器和计算机视觉系统的占比会上升,例如自动驾驶车辆、无人机和监测系统。

物联网(IoT)中的机器和其他物品的通信比人类通信更复杂。例如,互联的智能机器必须能够与网络动态互动。传感器数据将用来支持无处

不在的网络空间-物理融合系统的发展,这种融合系统让实物与协作的数字孪生互联。未来网络还能支持对知觉和味道等感觉模块的传输。

网络平台就像一个无缝衔接且无处不在的织网,拥有近乎无限的可扩展性和可负担性。除通信服务外,它还能提供其他服务,例如嵌入式计算及存储,以及分布式智能,这种智能通过洞察和推理为用户提供支持。

我将在本文中解释网络平台目前的演进,讲述推动其演进的关键需求(趋势1-3),以及能满足这些以及其他需求的新兴功能(趋势4-7)。

趋势1-3:网络平台演进的关键驱动力

网络平台演进最重要的3大关键驱动力都与消除物理世界和数字王国间的界限有关。其中最显著的变化包括通过网络传递感官体验,使用数字表征让物理世界完全可编程。

趋势#1: 一个协作式、自动化的物理世界

物理现实和数字现实互联得更加紧密,先进的信息物理融合系统也已出现。这些系统由人、物品(机器和其他物品)、流程、网络和计算,以及彼此间的互动组成。其主要目的是为个人、机构和企业提供完全的透明度,监测并控制资产和地点,以期大幅提高效率。早期案例是信息物理融合系统能帮助计划制订者优化能源和物料的使用。

之后随之,带有传感、动作和计算功能的数十亿互联物品也即将出现,他们将不断产生信息数据。由物品

生成的传感器数据可以用来创建数字孪生。协作式数字孪生将有能力管理相应实体间的互动。

将物品进行互动的物理环境的数字化需要传感器数据融合,即使用多种数据来精确创建物理环境的数字呈现。传感器数据融合的一个案例是,通过合并基于网络的定位数据和来自其他传感器的信息(例如相机和惯性测量单元)来实现精准定位。

最终,未来系统中的联合通信和传感可以利用所有互联的数字孪生和环境的数字化表征,为每一件物品创建一个完全的数字化表征。

趋势#2: 互联的智能机器

随着机器认知能力的不断提升,他们也将越发智能和自治。作为认知系统的一部分,他们理解周遭世界以及与其他机器互动的能力将不断进步。

面对不确定性和各种变化时,智能机器使用传感器来监控环境并调整动作从而完成特定任务。这些机器主要有3个子系统:传感器、执行器和控制器。智能机器的案例包括工业机器人、语言识别/语音合成和自动驾驶汽车。控制和逻辑技巧的复杂性让专家系统成为智能机器领域的重点。

网络平台将提供一个自动化环境，让互联的智能机器可以相互沟通，它支持AI-to-AI的通信以及自治系统间的沟通，例如自动驾驶汽车之间和工厂里智能设备间的沟通。

不同于人类，智能机器用一种独特的方式去感知信息（数据）。例如，当前视频编解码主要是基于人类的感知方法而进行优化，但智能机器间的通信则需要一种新型视频压缩机制。

还有另一个层面需要考虑，即智能机器之间将如何互动和通信。为改善机器间通信的可靠性和效率，机器需要理解通信的意义，即功能、意图和需求。这就需要基于语义的沟通。

认知是智能机器最重要的能力。认知机器能够从与环境互动和体验中不断学习。他们生成假设并合理论证，然后做出建议，采取行动。他们可以适应和理解复杂性，处理不可预见性。未来网络将为认知机器赋能，提供新的网络特性和服务，例如感知、高精度定位和分布式计算能力。

趋势#3： 感知互联网

未来网络能传递多感官体验，于是利用网络转移技能将比以往更加

容易。最终，它将促进感知互联网的诞生，可以将视觉、听觉、触觉和其他技术融合在一起，让人类得以远程拥有感官体验。

感知互联网将实现与远程物品和机器的无缝互动，有可能完全实现远程健康检查、远程机器操作、全息通讯和虚拟现实（VR）旅行等用例。此外，通过显著降低出行需求，感知互联网在可持续发展上也将起到重大的积极作用。

未来，传感和执行器技术将有重大飞跃，例如味道和高质量触感的执行。远程操作中，触觉终端的进步让虚拟物体能像真实物体一样被感知。得益于3D光场显示技术，人们无需佩戴扩展现实眼镜也能体验全息通讯。

人体增强技术让人类变得更聪明、健壮和强大。其他用例如隐形眼镜可以显示增强现实内容，实现无障碍沟通的通用型翻译耳机，以及增加体力的外骨骼。最终，脑机接口将实现瞬间沟通——无需语言，人类仅一个想法就能向机器下达指令。

网络平台利用新型网络赋能者支持感知互联网，例如分布式计算、高精度定位、集成传感和应用编程界面。这些功能可支持带宽和延迟预定，网络延迟报告和网络切片优先化。

使用案例

里窝那港口的数字孪生

爱立信在意大利里窝那港口（Leghorn）部署了一个数字孪生应用。部署之后，终端港口运营越来越像一个物理机械、机器人系统、自动驾驶汽车、人类操作数字平台和人工智能软件系统的集合体。所有组件均由5G方案提供服务，港口环境转变成了一个“游乐场”，可以体验自动化的未来物理世界。

港口的数字孪生利用大量互联设备在港口捕捉到的实时数据，包括传感器、相机和车辆。AI操作管理系统在数字模型上进行操作，决定物流任务和活动的顺序。流程中的反馈通过VR向总监实时汇报，并通过AR向码头操作人员实时反馈。

结果显示，这个方案有将近60个直接和间接获益，例如提升竞争力、增加人员安全、促进港口城市的可持续发展、改善物流管理，给环境带来积极影响。

趋势4-7:未来网络平台的關鍵驱动力

网络平台不仅能提供应用领域所需的极致性能,如感知互联网和智能机器之间的通信,还将以近零成本和近零能耗的方式为新型终端提供服务,嵌入到任何载体中。未来,四大发展领域(参见趋势4-7)将采用日益先进的技术,通过网络平台扩展数字基础设施的能力。

趋势4:

无处不在且不受限的连通性

“无处不在的无线接入”这一概念正在成为未来网络的演进愿景。未来网络将通过多种增强型能力,诸如多维覆盖、天文级网络容量和增强技术,来提供不受限的性能以满足人、机、物的连接需求。

无处不在的接入覆盖

要提供无处不在的高速覆盖,就需要进一步加密网络。联网机载终端,如无人机,需要在数千米的高空接入,因此必须有三维立体式覆盖。此外,要确保高性能的室内连通性,还需要增加室内小蜂窝并将其充分整合。

灵活的网络拓扑和部署

网络拓扑和部署需要越来越灵活,以便在任何地方都能提供覆盖,并提供极致性能。可以采用基于多跳的无线网络,许多节点协作将消息转发给接收器。对于覆盖范围有限的小蜂窝,这种解决方案特别有趣。卫星、高空平台和机载蜂窝可以集成到网络中,作为扩展覆盖范围的补充。灵活的拓扑可添加其他组件,包括联网终端中继,支持临时部署网络。此外,分布式大规模多输入、多输出(MIMO, multiple-input, multiple-output)解决方案可能带来完全分布式连接,许多无线网络节点同时为一个用户服务,没有固定蜂窝边界。

零能耗终端接入

随着联网传感器和执行器市场需求的迅速增长,零能耗终端的发明势在必行。联网传感器和执行器将被一次性部署,并持续报告和操作,无需维护或进行外部充电。窄带物联网增强和大规模机器类通信都是其发展的基础,打造局域网(LAN)和广域网的5G新窗口。

无线性能

网络将利用更高的频带,提供极致性能。例如,使用太赫兹频段(100GHz以上)通信有些特性很吸引人,包括每秒太比特的链路容量和微型收发器。

太赫兹电子设备的设计不仅包括超小的天线和射频 (RF) 元件, 还包括高性能振荡器。

还有全双工组件, 在某些情况下, 与半双工组件相比, 全双工组件可以显著增加链路容量。全双工组件可以通过自干扰抑制电路实现。

可见光无线通信依托LED (发光二极管) 照明的广泛应用, 将是频率域中的另一个潜在发展方向, 对射频通信形成补充。

网络即传感器

更高的频率将进一步提高无线信号的空间和时间分辨率。这种无线信号的反射可以用来感知周围的环境。此外, 高频与大气和物质的相互作用明显, 例如, 不同的频率或多或少会受到诸如遇水吸收等因素的影响, 这已被证明足以预报天气和空气质量。

通过集成定位和传感能力, 可以识别到反射表面的距离信息。这些信息可用于检测障碍物和速度, 以及生成本地实时地图。

趋势5:

无处不在的网络计算架构

随着分布式计算和存储的不断发展, 终端、网络边缘和云端的界限将愈发模糊。对于分布式应用, 包括网络功能和第三方应用, 统一、集成的执行环境无处不在。网络计算架构将整合连通性、计算和存储, 它们相互作用, 为所服务的应用提供最高的性能、高可靠性、低抖动和毫秒级时延。

未来网络计算架构不是集中处理数据, 从带宽和时延要求来看, 将处理分布在产生数据、消费洞察和采取行动的地方, 效率更高。在某些情况下, 法规可能要求运营商采用本地运营, 或者出于隐私、安全或抗风险能力的考量而首选本地运营。

除了应用之外, 网络还为访问和核心网功能提供连续的执行环境, 在分布式云基础设施上运行, 内置加

速功能, 支持数据密集型虚拟网络功能和应用。

未来的网络平台不仅仅是使用微服务作为无服务器架构来部署网络功能, 而是可以独立于开发人员和网络运营商做出服务器管理和容量规划决策。网络负责部署、扩展和所需的所有资源, 确保所部署的功能能以任何规模提供。



新型计算架构即将到来，包括以内存为中心的计算、光学计算、纳米计算、神经形态计算甚至是量子计算。未来，采用这些架构，网络计算架构上大多数应用的计算能力将继续呈指数级增长，这是摩尔定律即将终结时的一项重要发展。

趋势#6: 可信基础设施

政府和企业正在采用先进技术来保障任务关键型流程和业务关键型流程的安全，如工厂自动化、资产远程控制等。高度可信的网络平台甚至可以满足大多数任务关键型用例和业务关键型用例的需求。其融合了连接技术和计算能力，具有抗风险性、隐私性、信息安全、可靠性和功能安全等不同方面的特性。并且，它能以可扩展、符合成本效益的方式，具备适应性和可验证性这两个可信方面。

网络平台的可靠性、可用性和抗风险性等常显特性并不是针对每个节点或网络的某个特定部分而设计的，它们是为整个网络而设计的。常显机制内置于用户面、控制面和终端移动性解决方案中。网络的所有部分都将被覆盖在内，其中包括传输节点和传输网络、网络基础设施以及站点解决方案。

为保护通信和数据，安全身份被应用到不同细分行业的人、终端和应用程序之间的每一层。这些身份信息通过信任根 (root-of-trust) 机制安全地锚定到终端和网络节点。

网络平台解决方案利用机密计算 (confidential computing) 来保护身份信息及其数据，并在网络客户及其资产之间建立信任，从而也为用户和监管方提供了一层保障。这就需要使用远程证明 (remote attestation) 和人工智能对所有网络元素、事物、机器、应用程序以及计算和存储资源进行自动信任评估。

负责任的人工智能将带来可信的自动保护和风险管理。基于人工智能的自动化有助于采取行动应对影响网络基础设施或网络使用的大量事件。

趋势#7: 认知网络

在零接触网络管理和操作的愿景中，网络部署和操作都是在最少量的人工干预下进行，同时使用可信人工智能技术。所有操作流程和任务，例如包括交付、部署、配置、保障和优化，都将以100%的自动化程度执行。

网络本身将不断地从其环境观察结果、与人的交互以及以往的经验中学习。认知网络的过程是指理解当前的网络状况、针对需要的结果制定计划、确定任务清单，并采取相应的行动。在这一过程中，需要的结果推动从行动中学习。认知网络能够针对解决新的问题，优化其现有知识、吸取经验并进行推理。

该网络将利用基于意图的分布式

智能实现多种功能，包括无线接口的优化、网络管理自动化和编排，如参数优化、报警处理和自愈。人工智能算法将在不同的网络领域进行部署和训练，例如核心网和无线网管理。物理层算法，如链路自适应、切换、功率控制和资源动态调度等，都可以通过人工智能代理 (AI agents) 进行优化。

通过支持人与网络进行交互并监视其行为的智能闭环自动化 (intelligent closed-loop automation)，网络管理将不再那么复杂。网络运营商表达出意图所期望达成的网络状态或目标，网络内部就解析实现该意图所需的详细步骤。网络知识、数据和行为以网络交互操作员能够理解的方式呈现出来。

认知网络将以控制设计为基础，并使用分布式的、能够实时反应的机器推理技术和机器学习技术。该网络是高度分布式系统，其中存在于整个网络的多个人工智能代理 (AI agents) 体需要相互协作以优化整体网络性能。局部决策需要与更中心的基于意图的决策相协调。中心的人工智能代理 (AI agents) 体需要根据局部信息和全局信息实时地做出决策。多个分布式人工智能代理 (AI agents) 体通过联合学习在整个网络中共享分布式感知信息。

从设计看，认知网络与生俱来就是可信的，即可靠、功能安全、信息安全、公平、透明、可持续和抗风险。



结论

网络平台是智能数字基础设施的脊梁

数字基础设施为世界各地的个人、企业和政府提供了无限的可能性，其独特的能力可以跨越广袤的距离，并提供强大的全新解决方案来解决大量的社会、环境和经济挑战。医疗保健、教育、金融、商业、治理和农业仅仅是从数字基础设施所能提供的巨大效益中受益的其中几个领域。

网络平台旨在承载重要的信息、命令、推理、洞察、智慧以及支持工业和社会持续发展所需的所有感官信息，它是数字基础设施的脊梁。它也是各类创新的理想平台，能够支持交互，从而为智能、可持续的互联世界赋能。

网络平台的主要优势在于，它可以在任何地点访问，始终在线，并且性能有保障。游牧式的分布式处理和存储功能将嵌入其中，从而为高级应用提供支持。它与生俱来就是可靠的、抗风险的，满足安全通信的所有要求。网络及其服务的认知操作和维护将提供最具成本效益和最可持续的解决方案来满足任何通信需求。

有鉴于此，2020年应关注的最重要的未来网络趋势显然是那些与网络平台上智能数字基础设施增加和扩展最密切相关的趋势。今年七个

趋势中的前三个趋势是网络平台演进的关键驱动力：打造一个协作式、自动化的物理世界；互联的智能机器；感知互联网。这三个趋势都凸显了越来越需要消除物理世界与数字王国之间的界限。趋势4-7代表着四个领域中越来越先进的技术：无处不在且不受限的连通性；无处不在的网络计算架构；可信基础设施；认知网络。这四个领域的突破性进展对于充分实现趋势1-3以及在未来数年乃至数十年里通过网络平台不断扩展数字基础设施的能力至关重要。



艾瑞科 (Erik Ekudden) 担任爱立信集团首席技术官，负责为爱立信设定技术领导方向。他曾与全球技术领导者合作，拥有丰富的经验，对一些领域的战略决策和投资有一定的影响力，例如移动性、分布式云、人工智能和物联网等领域。他在技术战略和行业活动领域拥有数十年的职业生涯，为此奠定了坚实的基础。艾瑞科于1993年加入爱立信，并在多个管理岗位任职，包括技术战略部主管、美洲区首席技术官（美国圣克拉拉办事处）以及标准化与工业部主管。此外，他还是瑞典皇家工程科学院院士和《爱立信技术评论》(Ericsson Technology Review) 的出版人。

艾瑞科 (Erik Ekudden)
爱立信全球高级副总裁，首席技术官

扩展阅读

- » 爱立信博客，网络物理系统为我们准备了什么？
网址：<https://www.ericsson.com/en/blog/2019/12/cyber-physical-systems-technology-trend>
- » 爱立信报告，《2030 年 10 大消费者趋势》
网址：<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/consumerlab/reports/10-hot-consumer-trends-2030>
- » 爱立信博客，在开放世界中推动商业价值
网址：<https://www.ericsson.com/en/blog/2020/7/cto-driving-business-value-in-an-open-world>
- » 《爱立信技术评论》，首席技术官预测 2019 年技术趋势
网址：<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/technology-trends-2019>