



杨劲



Miguel Dajer

通过对数据进行抽象与分析，人工智能（AI）以及机器学习（ML）将实现下一代通信技术的突破。>>

打造基于人工智能的移动网络

◎ 华为美国研究所网络数据分析研究主管 杨劲 华为美国研究所无线接入实验室副总裁 Miguel Dajer/文



借助于人工智能（AI）和机器学习（ML）技术领域的突破，比如深度神经网络和概率模型，计算技术将能够实现曾经看似遥不可及的任务。长期以来，围棋曾经被认为是人工智能不可逾越的极限，然而不久前，谷歌公司的“阿尔法围棋”——经过人类以及电脑比赛训练的机器学习程序——击败了围棋世界冠军李世石，而此前有些专家曾经预言机器击败人类围棋选手至少还需要10年的时间；仅仅在几年前，自动驾驶仍然被认为是不现实的，但是现在，自动驾驶已经成为最受投资者青睐、最有可能成功的技术领域之一。上述的每一项进展都显示了技术突破即将带给人类的能力。作为全球通信技术产业最大的制造商之一，华为有义务在业务实践中探索人工智能对于人类的意义及其所能带来的机遇。

迄今为止，无线通信系统是人类历史上最为复杂的发明之一，对人们的日常生活产生了深远的影响。身为电信产业的科学家以及工程师，华为一直致力于规划新的特性，以增强全球通信网络的性能和容量。这些特性包括用于帮助电信运营商管理和优化其技术设施的工具和服务。在满足客户需求、交付高价值且低成本的产品这一方面，华为一向非常成功。而上面所列举的人工智能领域的最新进展预示了许多新的机会，可以用于改进无线网络的运营性能。

为何选择人工智能？

在经历了30多年的商用之后，无线通信毫无疑问已经是一个成熟的产业。但是，目前尚未实现的一些能力仍然能够激发人们的想象力。不过问题是：需要选择哪项技术，以及在哪一个领域最有可能实现无线通信的下一代突破呢？华为认为人工智能是一个备选平台，可以帮助业界进行创新，设计出能够在大型商业网络上广泛使用的新产品。

华为认为，以下的深远变化正在驱使人工

智能被纳入到无线通信系统中。

● 运营商需要智慧决策，以管理复杂的资源和动态的流量

在早期的以语音为主的通信网络上，时隙是基本的资源结构单位，而无线流量模型非常容易预测。相对于今天的标准而言，这一时期的流量需求管理难度非常低。

智能手机的使用让今天的无线流量模型不可避免地包括各种维度和粒度，从而大大改变了这一局面。网络越来越异构，而用户设备往往可以使用多种无线接入技术——2G、3G、4G以及Wi-Fi等。在每一个技术领域，运营商都可以选择对多个层面的小区加以组合，并且可以通过组织各种无线电波，从而更好地满足用户的使用模式。此外，还可以通过动态地打开或者关闭小区来管理负荷或者干扰，亦或降低功耗。

有相当多类型的应用会影响用户流量的特征和交互关系，这些应用需要特殊对待。而为了实现对特定应用的特殊对待，需要对策略控制系统进行异常复杂的处理，从而在不同的操作层面运用多变量决策树。这些决策树可以在面对多样的流量需求和复杂的无线条件时确保最佳的用户体验。即将来临的5G通信将产生更多的用例，这些用例都必须得到妥善的管理。以网络功能虚拟化（NFV）为例，必须对计算资源进行动态分配，从而使核心决策算法能够自动适配当前的无线、用户以及流量条件。在这方面，机器学习和人工智能是最佳的候选技术，可以为现今的无线系统提供更强大的复杂决策能力。

● 运营商需要通过自动化来降成本、提高效率

低成本、高效率地运营日益复杂的网络是当前运营商面临的一项挑战。许多运营商必须管理至少2个或者3个网络。与此同时，他们又必须凭借有限的基本工具维持甚至降低目前的运营成本。这种情况对于早期以语音为主的网络来说或许可行，但是眼下的情况已经今非昔比：网络行为和性能因素比过去更加动态和

不可预测，比如，社交媒体的活动可以影响到用户的网络行为，而这类活动随时都有可能造成井喷式的流量暴增。此外，随着网络运营与优化的焦点从网络性能转变为用户体验，传统的方法论和工具已经无法跟上时代的发展脚步，必须采用新的技术来支持不同的网络使用模型。

● 运营商需要进行数字转型，按需提供服务

在世界范围内，运营商们正在对网络进行改造，以提高对网络资源的利用率，在网络上传输更多的业务。结果就是，在网络资源的使用、提供和编排等方面，电信承载网正在朝着数据中心云服务这个方向演变。对电信运营商而言，目前的重点在于利用云技术和网络虚拟化提供业务的同时，降低资本和运营支出，提高自动化水平。基于数据分析的能力将提供无与伦比的端到端的系统可视化、资源量化、性能建模化、系统监测自动化，以及主动式的网络自我校正。这些对于无线产业未来的成功至关重要。

人工智能的独特价值

● 数据分析与机器学习

数据分析是对大型的数据集进行收集、组织以及分析，从而识别出模式并得出结论的一门科学。有4种类型的数据分析方法可以运用于无线管道的设计、运营和优化。

描述型分析：通过挖掘历史数据来分析以前的性能，从而发现过去的成功或者失败背后的原因。这类事后反思型的分析普遍应用于管理报告，比如销售、营销、运营和财务分析报告。

诊断型分析：侧重于确定导致某一结果的因素和事件，并对其进行解释。

预测型分析：使用数据来确定未来可能会发生的结果或发生特定事件的可能性，从而将数据转化成可行动的信息。预测型分析可采用包括建模、机器学习、数据挖掘和博弈论在内的统计技术，以评估当前和历史事

人工智能领域的最新进展预示了许多新的机会，可以用于改进无线网络的运营性能；同时帮助业界进行创新，实现无线通信的下一代突破，从而设计出能够在大型商业网络上广泛使用的新产品。>>

机器学习能够提供广泛的应用程序帮助提高无线网络的设计、运营和优化。其潜在能力覆盖了自学习和自适应的网络、主动式网络监测和根因分析、自动化以及闭环优化，以及用户体验驱动的网络规划等领域。 >>

实，预测未来的事件。

规范型分析：自动综合大数据、业务规则和机器学习等手段发挥预测的优势，针对决策或者行动提供建议方案。规范型分析持续和自动地处理新的数据来提高预测准确度，提供更好的决策备选方案。

机器学习及其所有的衍生技术组成了应用于无线通信的许多先进算法的关键技术基础，应用范围从优化到OSI（开放式系统互连）模型物理层的处理。目前，华为美国公司正致力于研发从无线通信算法所生成的海量数据中提取出隐藏信息的技术。相信这一领域的成功将会为华为的产品建立巨大的优势。

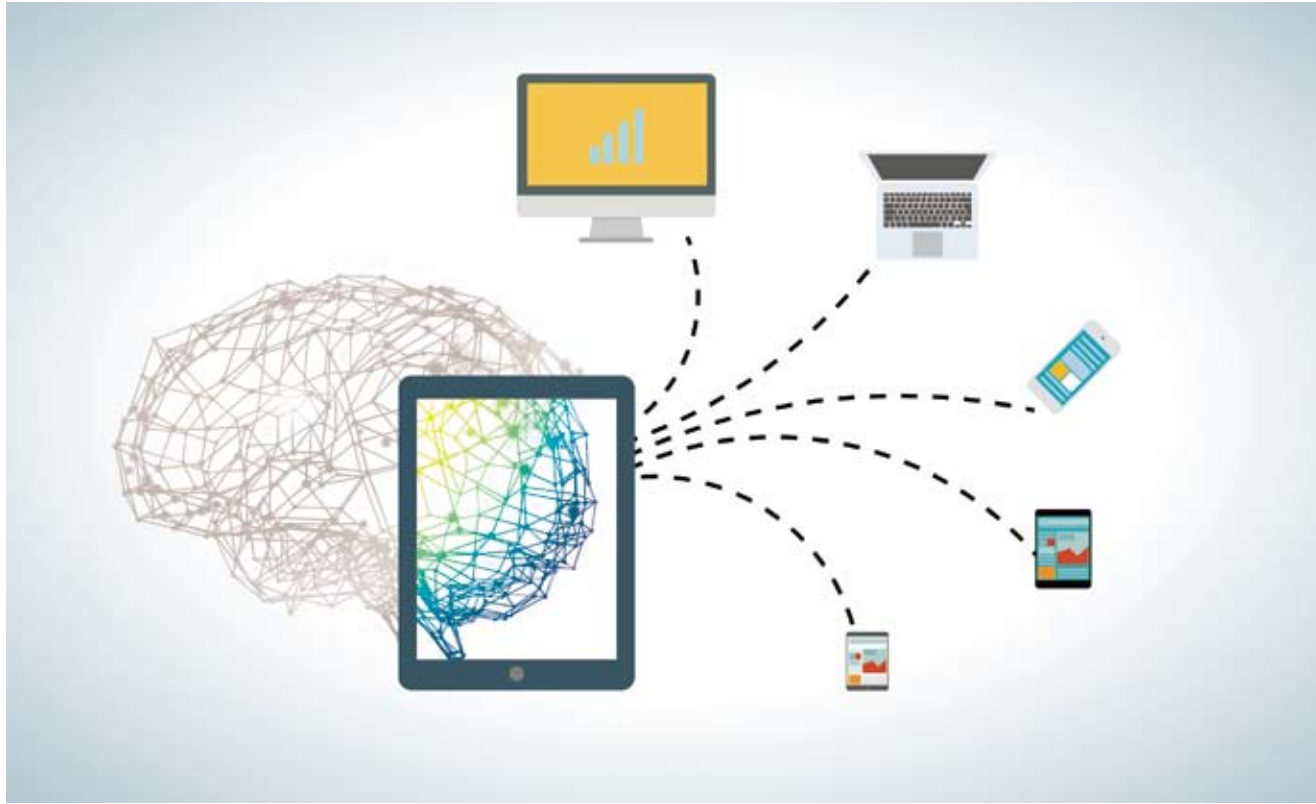
深度学习（DL）又称为深度结构化学习、分层式学习和深度机器学习，是机器学习的一个分支。深度学习基于算法，使用多个处理层、复杂结构和/或非线性转换对高层数据进行抽象建模。该领域的大部分研究试图给出更好的表述，并且创建模型以从大量的不带标签的数据中学习整理出表述。这些表述中的一些受益于神经科学领域所取得的进展，并且与神经系统对信息的处理和沟通模式（比如人脑的神经编码会试图定义不同的刺激与相关神经反应之间的关系）的阐述有一定的关联。

今天，深度学习几乎已经成为了一门独立的学科。谷歌的DeepMind DL平台已经击败了人类围棋九段选手，该系统使用了深度学习和增强学习作为其核心技术。目前，业界对机器学习，尤其是深度学习的研发投入正在飞速增长。一些公司，比如谷歌已经对其深度学习平台进行了开源，以鼓励更多的创新。

● 基于机器学习的无线管道设计、运营和优化

华为相信机器学习能够提供广泛的应用程序帮助提高无线网络的设计、运营和优化。以下场景可以展示机器学习及相关技术的潜在能力。

自学习和自适应的网络：无线系统设计所面临的一个基本挑战就是在困难的条件下管理并且分配资源，以满足流量需求。传统的



解决办法是基于领域知识和经验对系统进行分析 and 模拟，从而制定出具有针对性的规则。此方法的效果主要取决于设计阶段，一旦设计完成，系统就会根据事先设定的规则运作。在当今的网络环境下，流量呈现出多样化和动态化的发展趋势，并且网络和资源的架构都变得更加复杂，因此该方法面临着越来越大的挑战。华为认为未来的网络将具备自学习和自适应能力，从而能满足用户设备、无线条件和各种应用生成的流量特征所提出的需求。通过对过去的行为模式、输出成果以及统一网络或者其它网络上的类似实体的行为进行学习，网络的决策质量将会持续提高。

主动式网络监测和根因分析：网络监测和维护是网络运营中的关键任务。今天，我们通过告警对网络进行监测。但是，在小区这个层面，由于小区环境的动态性质，仅依赖静态告警门限会导致很多告警无法被上报。在根因分析这一块，我们则依赖基于知识的工程故障排除手册，尽管这一方式有着诸多的局限性。首先，工程师经常会给出一个通用的故障排除指导，但是其中的规则有可能是不准确的，或者需要针对特定的市场进行适配；其次，也是更重要的一点，这类故障排除手册的有效性往往受限于写作人员的知识程度，并且只针对已知

的故障才有效。一旦发生了新的或者未能预期的故障，故障排除手册将无法起到指导作用。众所周知，有很多原因可以导致新的网络问题的产生，而这些问题需要经验丰富的工程师花费颇多的时间进行调查分析，以给出解决办法。这一过程可能会持续很长时间，从而引起客户的不满，并且增加网络的运营成本。在当今这个客户希望任何问题都能够即时解决的时代，这一方法显然是不适用的。通过运用诊断型分析技术，我们可以快速、准确地进行根因分析，发现并解决网络问题，甚至在问题发生之前就将其化解。

自动化以及闭环优化：今天，网络优化依赖于人员的工程知识以及处理和分析能力。但是，随着网络技术变得更加复杂以及降低成本的压力日益增长，运营商需要更加自动化以及扩展性更好的解决方案。要实现自动化以及闭环优化需要的关键技术包括根因分析以及能够在特定事件场景下触发的优化引擎或者程序。这类优化引擎或者程序整合了领域知识以及由数据驱动的检索设置。

用户体验驱动的网络规划：对于任何网络部署而言，网络规划都是第一个也是最关键的步骤。网络规划的质量在很大程度上决定了网络后续的用户体验和投资回报。传统的网络

服务供应商们正在积极探索新的商业模式，在此过程中人工智能技术扮演着重要角色，其可以帮助人们在系统设计、自动化运营和优化等各个核心环节做出更明智的决策。 >>

规划工具聚焦于相对容易预测的语音业务，但现在数据业务（包括视频）已成为网络流量的主体，这类业务的用户体验高度依赖于参数的优化效果，比如数据吞吐量和时延设置。机器学习和预测型建模可以增强网络规划工具的性能，从而使网络更有可能不仅能满足覆盖目标，而且还能满足所有客户的用户体验要求。

主动安全防护：ICT行业目前正面临日益增长的安全事件。这些事件导致了大量的商业后果，包括断网、经济损失和信誉受损。华为相信机器学习对于在网络各层建立强大的安全防护有着不可或缺的意义。基于机器学习的行为分析将显著地提高网络检测攻击、自动分析数据和识别孤立行为之间关系的能力。

在过去，华为开展了一系列项目来开发机器学习技术，并且研究如何在管道设计与运营中运用机器学习技术。比如，华为已经在现网上进行了小区层面的异常检测和根因分析试验，并且得到了运营商的高度评价；针对网络覆盖和容量优化的自学习/自调整技术也已经成为华为自组织网络（SON）解决方案的一部分。目前，华为正在继续研究人工智能和机器学习，尤其是深度学习和增强学习领域的最新进展，相信这将会增强华为抓取并抽象化底层数据结构的能力，从而发掘网络生产的海量数据所蕴含的价值。

商业路线图

无线通信系统发展迅速，这就要求底层技术必须演化，以支撑除个人通信之外更大的需求，并且支撑未来物联网的发展趋势。服务供应商们正在积极探索新的商业模式，从而持续增加商业机会并获取更大的成功。人工智能技术在这个过程中扮演着重要的角色，其可以帮助人们在系统设计、自动化运营和优化等各个核心环节做出更明智的决策。这些关键要素为探索新的商业模式提供了必不可少的洞察。 ■