

英特尔® 链路性能预测技术： 借助网络和服务性能预测， 优化服务性能，提升网络效率

2019 年报告乃代表如下公司编制：



关于本报告

Cambridge Consultants 针对英特尔的链路性能预测技术 (LPP) 的潜在用例进行了独立研究。

本报告概述了 Cambridge Consultants 的分析并介绍了首批案例研究中的一个案例，以此详细说明了 SK 电讯如何与英特尔合作训练 LPP, 进行网络自动化管理。

Cambridge Consultants 结合自身深厚的技术专长、广泛的电信经验和商业洞察，以独特视角对 LPP 及其在新兴 5G 生态系统中的潜在作用进行了评估。

执行摘要

- 人们对 5G 新兴技术寄予厚望。为了充分挖掘这一新技术的潜力，移动运营商需要从单一用途的消费级宽带网络过渡到多功能网络，为高密度传感器网络、实时安全和关键业务型工业应用等多样化服务提供支持。
- 为了证明额外投资部署 5G 的合理性，运营商必须找到从具有更高价值的用例中获利的方法。而在这些用例中，很多对于可靠性和性能的要求远高于消费级移动宽带服务普遍采用的“尽力而为”的传统方法。
- 那些实时集成网络层和服务层性能的技术有望提供在很多用例中都非常重要的差异化服务。
- 视频流服务占据了目前移动网络流量的大半壁江山。这一趋势有望在可预见的未来持续下去。这类流量通常可以容忍缓冲限制范围内出现一定程度的延迟，从而为运营商留出空间，转变这种对时间或空间的需求。诸如批量软件下载之类的其他类型流量在总流量中占比较小，对时移的敏感性也更低。
- 如果运营商能够推动服务朝提高网络资源利用效率的方向发展，借此缓解对网络容量的需求，就可以降低基础设施的峰值要求并提高网络利用率。运营商可利用这一优势在服务质量 (QoS) 方面实现差异化，或降低网络成本。
- 英特尔正在运用其链路性能预测技术 (LPP) 迎接这些机遇。LPP 使用先进的机器学习技术以及丰富的历史和实时数据源，动态预测特定无线接入网络 (Radio Access Network, RAN) 链路的质量，并优化应用级行为。该技术的早期用例之一就是英特尔与 SK 电讯合作训练 LPP 进行网络自动化管理。
- LPP 预测引擎还可用于其他网络规划和管理任务，进一步提高网络性能、降低运营成本。



先进网络技术带来巨大希望

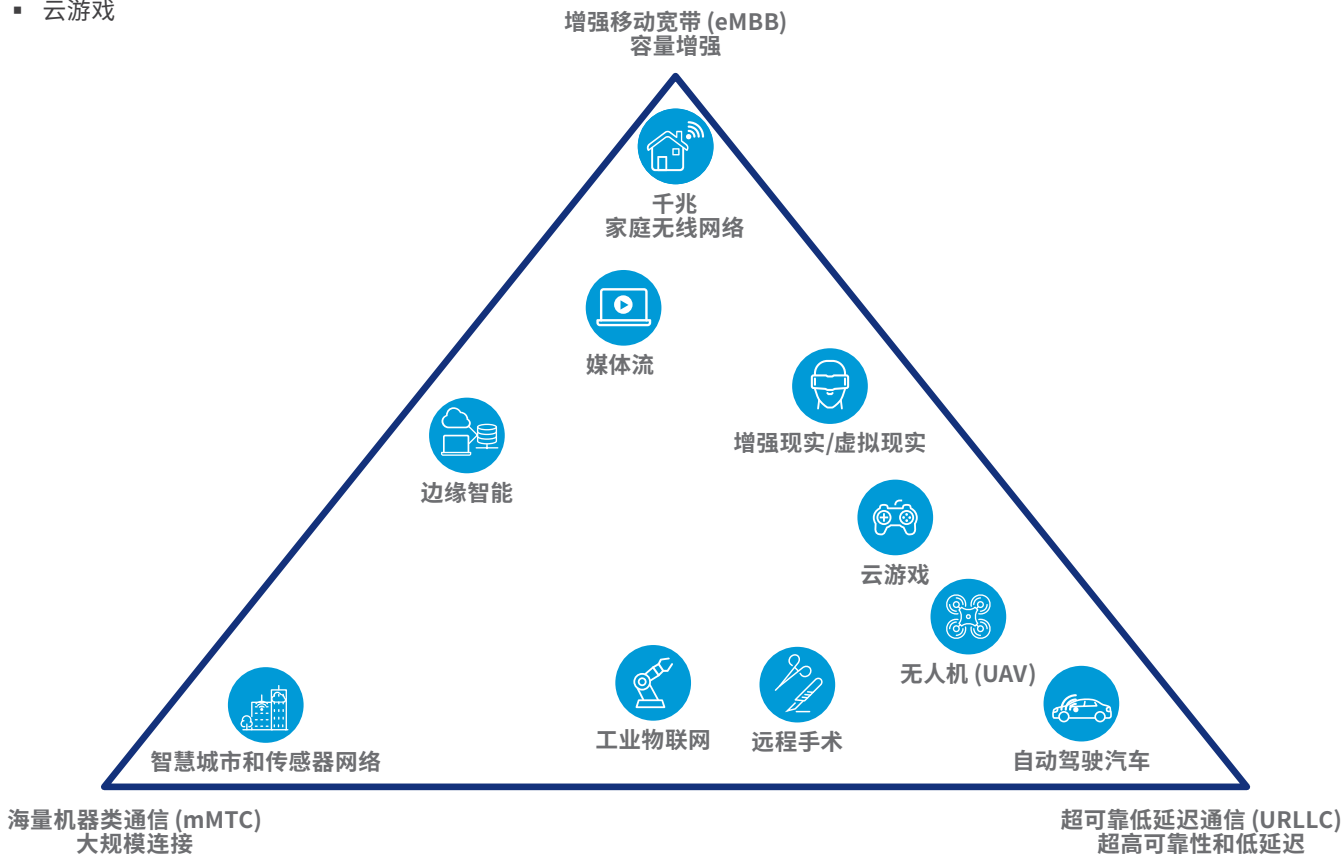
我们预计 2019 年亚洲、北美洲和欧洲市场将率先实现非独立组网 5G 的商业部署。随着人们于 2018 年就独立组网 5G 新空口规范达成共识，我们也在逐步接近 5G “感知无限连接” 的愿景。

整个行业对 5G 的期望很高。国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU) 的 5G 规范着手在数据速率、设备密度、延迟和功耗等方面进行数量级的提升。电信价值链中的许多参与者都迫切想要开始探索 5G 技术的丰富可能性，从而提高性能和提供全新服务，例如：

- 千兆无线宽带入户
- 由工业物联网驱动的智能工厂
- 通过虚拟现实和增强现实技术实现的体验式富媒体
- 安全高效的自动驾驶车辆
- 云游戏

向 4G 的持续过渡激活了网络容量需求 (尤其是视频内容) 的快速增长，同时也为之提供了动力。构建额外的基础设施并对网络状况 (性能和拥塞) 的变化做出响应通常已足以应对这种增长，因为这类变化往往呈线性趋势。

这些曾经在技术和商业方面提出挑战的问题现在已经解决。但是，要想充分利用 5G 的潜力，运营商需要从这种 “单一用途” 的宽带网络过渡到多功能网络，为高密度传感器网络、实时安全和关键业务型工业应用等多样化服务提供支持。



5G 以性能的跳跃式提升为特点

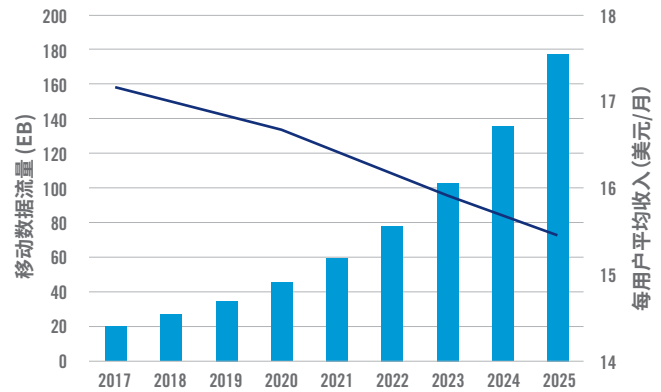
电信行业价值链的基本面仍充满挑战

尽管人们对 5G 的前景产生了极大热情，影响甚至已经波及电信行业以外，但电信行业价值链的基本面仍然挑战重重。

相比一直停滞在 45Mbps 左右¹ 的平均速度，峰值性能的增长更快；覆盖范围虽然大幅扩展，但仍然存在盲点。为现有用例持续提升容量和覆盖范围而需要进行的投资，其合理性难以得到证明。逐渐下降的每用户平均收入 (ARPU) 表明，许多消费级宽带用例的价值相对较低，而这在网络使用中占主要部分。

电信运营商很难触及诸如关键业务型工业或商业应用之类价值更高的服务。原因是现有网络的运营大多奉行“尽力而为”的原则。由于服务在运行时无法获知底层网络功能或状况的任何信息，因此无法充分发挥网络性能，服务性能和网络效率也都无法达到理想水平。即使将网络信息提供给服务层，通常也只会采用静态信息的形式，无法提供动态甚至是前瞻性的视角。

基于互联网的第三方服务 (OTT) 大获成功，在此推动之下，需求增长不断加速 (如图表所示)，因此运营商设计这些与网络效率息息相关的服务的动力不足。其结果就是，运营商的未来业务模式面临巨大挑战。如果沿用“尽力而为”的传统方式，服务很有可能继续受到性能变化的影响，最终使能够提供给用户的价值受到限制。此外，服务将不断对网络性能提出更高要求，但未必能增加运营商收入。



消费者不断要求提高性能并降低价格
来源: GSMA Intelligence, 爱立信

如果随着时间的推移，服务获得预期的网络性能，那么应用开发人员和网络运营商就可通过更有效地利用可用网络资源来提供更优质的服务。打破服务与支持网络之间的传统障碍，即可通过以往无法实现的方法来提高服务性能。这将为提高网络利用效率铺平道路。



1 OpenSignal, State of LTE 2018 (2018 年 LTE 状况), <https://opensignal.com/reports/2018/02/state-of-lte>

英特尔的链路性能预测技术 (LPP) 可提升移动接入网络服务交付的质量与效率

移动接入网络在数字服务交付中发挥着日益重要的作用。与此同时，峰值性能提升速度高于平均性能。

根据思科发布的全球可视化网络指数 (Visual Networking Index, VNI) 预测，2017 年全球移动流量占 IP 总流量的 9%，预计到 2022 年这一比例将增加到 20%。为满足这一日渐增长的需求，运营商不断投资扩展网络容量。

与此同时，为移动接入网络提供支持的无线技术能力也在不断迅速提高。但是，与固定接入网络相似，移动网络已实现的性能取决于链路质量。在移动网络中，由于链路质量状况更为多变，因此已实现的性能的变化将更加显著，尤其在移动终端位置并不固定的情况下更是如此。在移动接入网络中，许多开发出的能够实现性能提升的技术都需要对这些信道状况的变化加以谨慎利用。因此，通过移动网络实现的性能对无线链路状况的依赖性也越来越高。

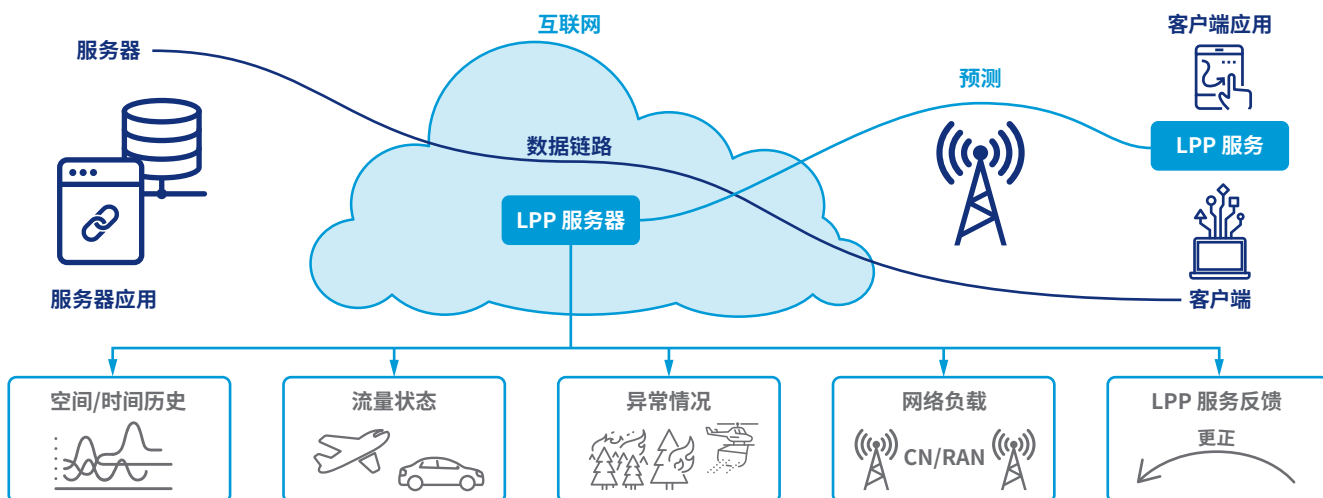
目前的服务往往要么忽略这种变化，要么被动适应。例如，动态图像专家组 (Moving Picture Experts Group, MPEG) 基于 HTTP 的动态自适应流媒体 (MPEG-DASH) 和 Apple 的 HTTP 直播流媒体 (HLS) 可针对不断变化的网络状况进行调整，以便提供出色的播放质量，同时减少停顿或重新缓冲次数。

LPP 使用丰富的历史和实时数据源来构建网络性能视图，揭示服务随时间推移的性能表现

理想的网络应始终提供峰值性能。如果做不到，那么最好能准确预测网络性能随时间推移的变化情况。许多情况下，具有较高可信度的准确预测难以实现。不过，在许多案例中，通过结合历史和实时数据源，移动网络链路质量的预测可达到一定的可信度和准确性，从而为内容缓冲和后台数据传输等服务行为提供指导。为此，LPP 使用了丰富的历史和实时数据源：

- **历史数据：** 是在特定条件、日期、时间和地点情况下的性能。
- **实时数据：** 包括对于实时流量状态、异常事件、网络负载、无线电状况、设备位置、设备运动和路线信息 (如果已知) 等信息的访问。

LPP 使用这些收集自各类移动设备的数据源构建网络性能视图，揭示服务随时间推移的性能表现。最基本的性能视图在概念上类似于智能手机的实时导航应用。不同的是，导航应用提供的是有关当前和预测交通状况的最新信息，而 LPP 提供的是有关当前和预测链路质量的相关信息。然后，服务就可订阅这些与服务性能直接相关的预测。LPP 服务器对客户端和/或服务器请求做出响应，显示性能随时间推移所发生的任何重大变化。



利用英特尔的LPP网络性能预测功能，提高移动接入网络资源的利用效率

借助英特尔 LPP 提供的网络性能预测功能，移动运营商可以与关键内容提供商合作，提高移动接入网络资源的利用效率。除了对用户互动做出响应产生的流量外，许多应用即使没有用户互动，也会产生常规的后台流量。

LPP 可有效管理这些后台流量，提高移动网络效率。在该场景中，LPP 的目标是通过调度后台流量，使其与已实现的网络性能峰值相一致，从而节省网络资源。打个比方，这就相当于移动设备靠近某个服务基站，或是移动网络拥有充足余量的某个时间段。

利用英特尔® LPP 优化移动网络的服务质量

传统意义上，服务质量与网络性能指标息息相关。就像是道路限速，静态网络性能指标只提供局部（往往不正确）且最多只是指示性的信息，表明用户已获得的服务质量。以百度地图为例，如果能获知当前和预测的网络性能，驾驶员（或卫星导航路线规划器）就可以调整路线，优化体验。同样，如果能够获得有关预期网络性能任何重大变化的预警，许多服务就能及时调整运行模式。

LPP 在服务 and 基础移动接入网络之间引入了中介层，为移动接入网络的链路质量提供简化的抽象视图。这样又可以使流式传输内容、实时服务和路线优化等服务做出主动决策，从而优化服务质量。

LPP 用于流式传输内容：使用 LPP，流式传输缓冲区就可以做出调整，以覆盖传输途中可能出现的覆盖不良区域。内容提供商和移动运营商还可将 LPP 与内容分发网络 (CDN) 优化相结合。有了 LPP 的帮助，就可以将所需内容预先抽取到距离用户预期消费点更近的多接入边缘计算 (Multi-access Edge Computing, MEC) 节点。

LPP 用于实时服务：移动运营商和 OTT 实时服务提供商可利用 LPP 提供预警，例如，语音连接将在何时断开以及重新连接需要多长时间。

LPP 用于路线优化：到目前为止，导航技术仅关注物理路线的优化。随着连接的重要性不断上升，导航算法可将 LPP 预测用于路线优化。这种应用将在工业环境中变得日益重要。用户随时间推移可不断调整行为，从而避免已知的问题点。工业环境中，自动引导式车辆等自主设备并不具备这种意识。有了 LPP 的帮助，此类自主设备可成为闭环优化流程的一部分。



LPP 的未来用例

尽管 LPP 目前处于试用阶段，但宝贵的用例正在不断涌现。接下来，本文将概述可从实时网络性能预测（例如那些由 LPP 核心人工智能引擎生成的预测）中受益的未来用例。

大多数网络流量至少可容忍一定程度的延迟

网络流量大致可分为以下几类：

- 可容忍延迟，高移动流量
- 可容忍延迟，固定流量
- 延迟敏感型流量

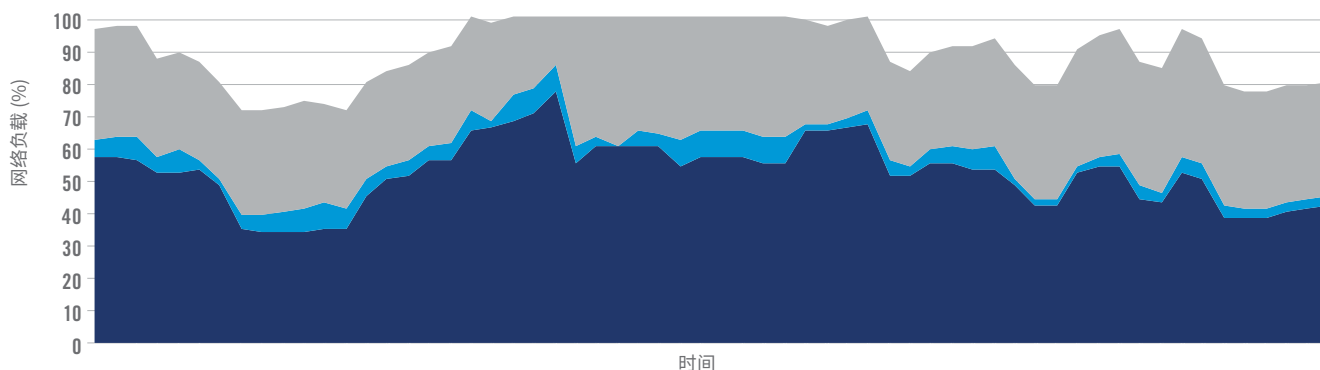
通过在时间和空间上对网络性能进行预测，LPP 能在时间或空间上转移可容忍延迟的流量，从而缓解峰值需求，提高整体网络利用率。

很大一部分移动流量需求都可以容忍延迟。视频内容、批量软件下载、智能手机、物联网设备以及互联车辆的固件更新，这些应用都可以容忍一定程度的延迟。就视频而言，这可能仅意味着流量可以提前，使缓冲延长，或被延迟，使速度变慢，但影响只有几秒钟而已。应用更新或批量软件下载则可能延迟到凌晨，甚至长达数天时间。

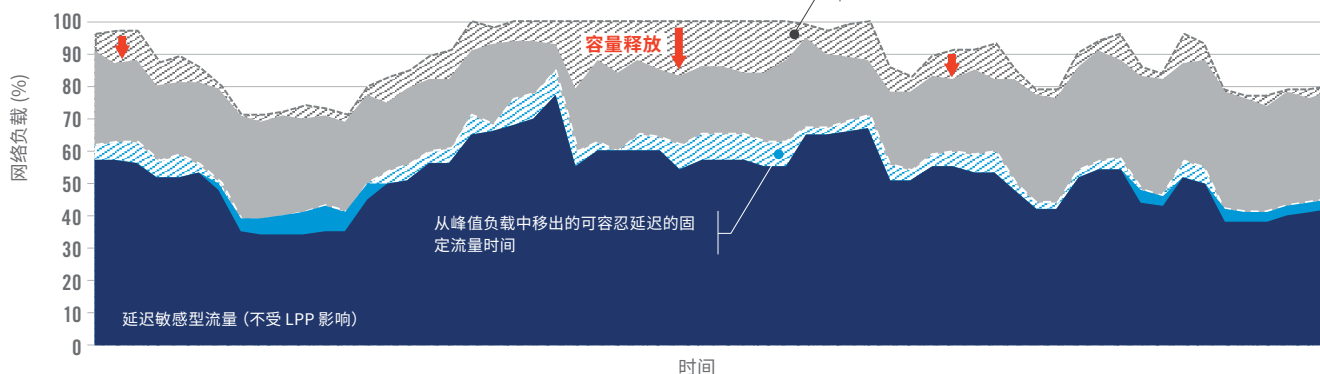
转移移动流量的空间需求也是 LPP 的关键特点之一。例如，在用户进入信号覆盖不良的区域或是繁忙的市中心之前，可以预先缓冲一部分视频。

2018 年，移动视频流量占移动数据的 60%，据爱立信预测，该数字到 2024 年将升至 74%²。如果可将 LPP 等技术成功应用到如此大比例的网络流量中，运营商就能借此提供差异化的服务质量，或是合理规划基础设施部署，尤其是在小基站的部署中。

没有 LPP 时，网络资源分配视当前链路状况而定



LPP 能转移可容忍延迟的流量，使其与链路质量峰值相一致，从而提高网络资源利用率



视频内容是可容忍延迟流量的主要来源。但对于其他用例而言，LPP 依然能带来可观的影响，例如：

- 在混合边缘云架构中提供视频游戏内容³
- 互联和自动驾驶车辆、无人机及机器人的批量软件下载与高清地图下载
- Dropbox 和 Microsoft Sharepoint 等文件共享服务

尽管 LPP 没有直接解决延迟敏感型流量的问题，但依然能使之受益

当今的 4G 网络和 IP 网络通常奉行“尽力而为”的原则。需要提供特定的高可靠性服务时，通常是通过保证一部分网络资源或是提供高于其他无关用户的优先级来实现此目的。美国应急响应网络 FirstNet 则是将这些方法结合起来：如果需求溢出到常规网络中，会保证一小部分频谱范围的网络资源，同时提供高于其他用户的优先级⁴。

5G 需要一种真正动态的网络管理方法，以此为需要超高可靠性和/或低延迟通信的用例提供支持。例如：

- 要想遥控视线之外的无人机，就需要持续不断的网络连接
- 移动设备上的云游戏
- 实时语音和视频通话

LPP 方法的部分优势在于，通过更好地管理网络上的大部分流量，运营商可以更有信心地保证专用于高可靠性或低延迟用例的网络切片的性能。

这种预测和传达网络状况的能力还可帮助用户（或代表他们的应用）调整行为，应对拥挤或不理想的网络状况。比如，语音或视频通话不能容忍时间延迟，但可以容忍位置变化。再比如，可略微更改自动驾驶车辆的路线以保持电话会议连接，或是在经过一小段信号覆盖不良的区域时将通话暂停片刻，但不会断开连接。

这项技术可使关键服务性能的保障能力得到提高，从而为运营商提供更多机会，从容应对以往几乎只能通过专用网络解决的用例问题。这些机会包括公共安全、交通运输以及在恶劣环境中运营的企业。

运营商可通过多种方式从 LPP 为用户带来的优势中获利

经验表明，尽管零售用户流失的可能性较小，但他们不太可能愿意直接支付额外费用来获得更高的服务质量。很多情况下，相比直接提高 ARPU 费用，降低用户流失率对运营商收入可能更为重要。

OTT 提供商愿意通过投资自己的 CDN 网络来保证用户的体验质量 (QoE)，这表明可以通过其他方式从差异化服务中获利。

我们预测在新兴的 5G 世界中，网络连接将作为产品或服务的一部分提供给用户。比如，奥迪 Connect 互联科技利用移动虚拟网络运营商 (Mobile Virtual Network Operator, MVNO) 向车主直接提供信息娱乐服务，而不是通过自己的移动订阅产品来提供。随着嵌入式 SIM 卡 (Embedded-SIM, eSIM) 在可穿戴设备等消费品 (尤其是那些不依靠家庭 WiFi 连接的消费品) 中得到更加广泛的应用，制造商捆绑连接功能的情况日渐增加，因为这样做可以提高消费者的体验质量，并为他们自己的数据分析提供便利。在互联 B2B 产品和服务领域 (例如将组成工业物联网的机械和机器人)，情况更是如此。

高端、工业和企业互联设备将从高质量 LPP 赋能的连接解决方案中受益，与此同时，企业购买者在制定明智购买决策方面，也拥有零售消费者所不具备的优势。企业购买者可以投资开展网络性能全面分析，并要求获得服务水平保证，这些均非零售用户可比。随着这种销售连接服务渠道的重要性日益凸显，运营量化网络性能并证明定价合理性的能力将变得很关键。这样既为能够提供稳定优质体验的运营商带来提高定价的机会，同时也给无法证明其服务能够兑现承诺的运营商带来了威胁。

2 Ericsson Mobility Report (爱立信移动市场报告)，<https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2018/ericsson-mobility-report-november-2018.pdf>

3 在此模型中，内容和处理分布在用户客户端、边缘服务器和云服务器之间

4 FirstNet，https://firstnet.gov/sites/default/files/Top_Ten_FAQs_180514.pdf

运营商将资产从网络连接扩展到存储和计算，自动化边缘管理的重要性也随之提升

对移动运营商而言，要想实现 5G 连接的承诺，边缘计算部署至关重要。成千上万的潜在“边缘”（基站、园区、楼宇等）在存储容量和处理能力方面均受到一定限制，因此管理边缘 IT 基础设施与管理连接基础设施本身一样重要，且充满挑战。

通过将 LPP 提供的服务层和网络层流量负载预测集成到同一个自动化管理系统中，运营商不仅能使边缘 IT 基础设施的利用率实现最大化，还能尽可能提高其服务质量。

LPP 通过加强网络规划和管理帮助节省成本

我们在上文中概述了 LPP 在改善服务和降低基础设施部署和运营要求方面的优势。LPP 方法还可作为更通用的预测引擎，在网络规划和维护方面发挥作用。

- **智能网络管理服务：** 利用 LPP 提供的预测对发射机功率、天线方向和倾角，以及其他可能需要网络运维中心 (Network Operations Center, NOC) 工程师直接干预的服务进行自主管理。
- **网络性能降级控制：** 识别性能欠佳的实例并进行故障排除，例如，确定设备应进行维修或更换的时机。
- **高效的小基站回程规划：** 小基站主要用于增加覆盖范围和/或容量。因此，它们的位置非常分散，以便覆盖离散的热点。这对回程网络的带宽和灵活性都提出了挑战。将 LPP 用作预测引擎，可有助于设计更加高效的基础设施部署，这不仅涉及小基站本身，还包括相关的回程和功耗需求。
- **回程缓解规划：** 如上所述，小基站有着复杂的回程要求，其主要特点是可能会出现吞吐量峰值。运营商可将在特定时间使用需求较低的链路关闭，然后在使用高峰期恢复上电，以此来降低运营成本。

案例研究: SK 电讯与英特尔合作训练 LPP 进行网络自动化管理

作为电信领域采用人工智能技术的先行者之一，SK 电讯开发了自己的内部人工智能网络操作系统。TANGO OSS (T Advanced Next Generation Operational Supporting System) 使用大数据分析和机器学习功能来自动检测网络问题，协助工程师解决问题、优化性能；同时还为开放式应用编程接口 (API) 做好准备，这些 API 可用于集成来自英特尔® LPP 等服务的输入。

TANGO OSS 最初于 2016 年末部署到 SK 电讯的网络中，然后于 2017 年扩展到整个移动网络。

SK 电讯和英特尔的联合创新计划使双方能够在利用 LPP 方面展开密切合作：LPP 解决方案从 TANGO OSS 中吸取经验教训，开发出可借助丰富数据集提供预测能力的实用工具。

通过这项合作，英特尔的概念验证算法可利用真实网络数据进行训练，使 LPP 更加接近部署就绪状态，并为团队提供所需洞察，从而了解如何调整技术以适应特定客户用例和网络。

SK 电讯和英特尔预计将于 2019 年进行 LPP 的大规模试验和初步部署，并将于未来数月内分享进展。

关于英特尔

英特尔不仅以其处理器而著称，同时也是新兴机器学习技术的主要投资者。链路性能预测技术 (LPP) 正是从英特尔各研发中心持续开展的研究中孕育而成。开发团队将继续以广泛的网络状况和用例为基础，不断改进和优化 LPP。

若想深入讨论您的潜在用例，请联系：

Jon Devlin, 业务发展部
jonathan.s.devlin@intel.com

Jonas Svennebring, 软件架构师
jonas.svennebring@intel.com

Wooram Kim, 项目经理
alex.kim@intel.com

HeeSang Seo, 项目经理
daniel.seo@intel.com

关于 SK 电讯

SK 电讯是韩国最大的移动运营商，因其在推动移动通信技术发展中所起的重要作用而闻名。当前，SK 电讯正与英特尔就 LPP 展开合作，其中包括尝试将这项技术运用于智能网络管理服务和网络管理控制中。这将帮助 SK 电讯实现为第四次工业革命提供所需连接服务的宏伟愿景。

有关更多详细信息，请联系：

Dong Kee Lee, 团队主管
dongkee.lee@sk.com

Woohyun Nam, 项目经理
namwh@sk.com

Keun Hyun Kim, 项目经理
keunhyun.kim@sk.com

Daniel H. Chae, 项目经理
dani75.chae@sk.com

关于 Cambridge Consultants

Cambridge Consultants 是世界级的创新性产品开发、工程和技术咨询供应商。我们与全球各地的企业开展合作，帮助他们从容应对日新月异的技术格局所造成的业务影响。

我们拥有一支 800 多名员工组成的队伍，分布在英国、美国、新加坡和日本，凭借内部广泛而全面的专业技能，从打造创新概念直到将产品投入生产，全程为您提供服务。我们的大多数项目均提供硬件或软件原型设计以及批量试生产。此外，我们的技术顾问可帮助您显著优化产品组合和技术路线图。

我们从不满足于打造变化甚微的同质化产品，并专注于帮助企业实现看似不可能的目标。我们不仅与全球一些大型蓝筹企业开展合作，还为希望快速改变现状并富有创新精神的小型初创公司提供服务。

Cambridge Consultants 隶属于全球创新先锋 Altran Group。
www.Altran.com

有关更多信息，请联系：

Michal Gabrielczyk, 技术战略资深顾问
michal.gabrielczyk@cambridgeconsultants.com

Sandro Grech, 技术战略资深顾问
sandro.grech@cambridgeconsultants.com



英国 · 美国 · 新加坡 · 日本

www.CambridgeConsultants.com

Cambridge Consultants 隶属于全球创新先锋 Altran Group。
www.Altran.com