

思博伦报告

透过时延看本质

5G 多接入边缘计算(MEC)业务时延的预期vs现实

目录

执行综述	3
透彻理解边缘计算的本质	4
低时延服务的市场预期	7
现实世界MEC性能的基准测试	11
市场预期vs 现实世界MEC时延：现实认知	20
改善MEC时延的建议	22
结论	24
思博伦如何提供帮助	25

执行综述

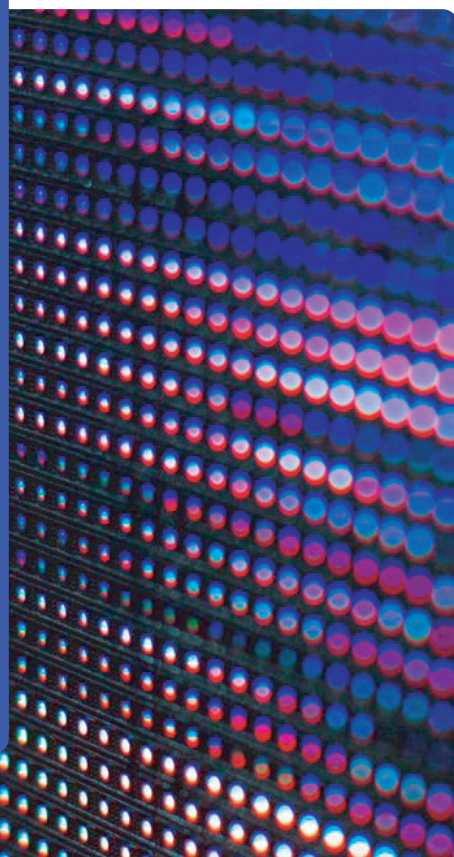
5G多接入边缘计算（MEC）服务正在迅速走向前沿，而运营商自身也在为支持时延敏感企业用例做好准备。

但时至今日，在终端客户所需要的应用性能，与运营商实际准备提供的性能水平之间，仍然存在一个明显的脱节。

思博伦与STL Partners携手合作，通过现实世界的边缘网络测试和针对潜在边缘客户开展的150余项调研，成功弥合了这条信息鸿沟。我们的基准测试分析提供了诸多深入的见解，包括对MEC性能测量最为重要的项目、通过如今的网络可以实现哪些目标，以及在近期拥有最大创收潜力的用户案例。

关键结论：

- 在需要怎样的时延、何时需要，以及适用于哪些用例的问题上，边缘应用的需求和供应侧的认知存在脱节。
- 企业用户几乎都将时延一致性放在最高优先级，目的就是为其计划部署的边缘应用提供足够的支持。
- 我们测量到的现实世界中MEC服务的时延性能可能会随着时间和跨地区而显著波动，且上行和下行链路之间缺乏对称性。
- 我们观测到的平均MEC时延将支持3GPP R16所述的多种边缘用例。然而，要想为这些依赖一致时延的用例提供支持，性能优化是必不可少的。
- 要想实现对更广泛3GPP R16边缘用例的支持，需要对MEC性能开展更多的优化，进一步降低上行和下行链路的时延水平，并且提高其一致性。
- 网络架构选择之外的多种因素都可能对时延产生影响，因此部署前后严格的验收测试和基准测试将是不可或缺的。
- 通过查明和隔离可能对网络内部和外部时延造成影响的问题，持续的时延基准测试有助于对网络效率进行优先排序和优化。



透彻理解边缘计算的本质



5G的主要目标之一就是为支持各行业中的下一代能力而提供必不可少的网络性能。这种对接近实时响应性的追求激发了人们对MEC网络架构的持久兴趣和投资，而该架构将把云计算能力前推至网络的边缘位置。

人们对远程外科手术、自动驾驶汽车和沉浸式在线游戏的构想正在推动市场的热情和创新。通过在距离客户更近的地方运行应用并执行相关的处理任务，网络拥塞将会大幅减少，交付路径也将得到优化并实现更低的时延，而且应用的性能也将变得更加优秀。

尽管这一概念本身相对而言非常简单，但面对大量的市场炒作、反反复复的试验和对关键问题寻求答案的巨大期待，

网络运营商、应用开发商和终端用户却不得不承受复杂性和困扰的不断折磨：

- 支持近期和长期用例到底需要怎样的时延率？
- 时延应当具备怎样的一致性和确定性？
- 终端用户有怎样的实际需求？这需求如何形成创收并予以保障？
- 运营商如何根据服务需求所需的边缘位置数量投身市场？
- 多种MEC网络架构可以实现怎样的时延，而实际需要的时延水平与之匹配如何？
- 目前利用现有的基础设施可以提供哪些时延驱动的服务？

根据思博伦参与全球运营商的下一代网络测试和保障工作过程中取得的经验，我们所接触的客户们往往会反复提及这些问题。

3GPP的时延要求

业界各方都在积极寻求相关的答案。为指导工业网络和服务的规划工作，3GPP标准组向市场各行业的领导者征询了意见，了解他们在根据Release 16标准支持多种服务用例方面希望获得怎样的时延水平。

类别	用例	时延
AR/VR/在线游戏	AR/VR中的运动刷新时延	7-15毫秒
	协作式在线游戏	<20毫秒
工业	运动控制	0.5-2毫秒
	控制对控制通信	≤10毫秒
	移动机器人： - 精确合作式机器人运动控制 - 机器控制 - 合作式驾驶 - 实时视频流 - 视频操作的远程控制	1毫秒 ≤10毫秒 10-50毫秒 10毫秒 10-100毫秒
	离散式自动化	10毫秒
	流程自动化	50毫秒
	移动控制面板（装配机器人、铣床）	4-8毫秒
	移动控制面板（移动吊车、泵）	<12毫秒
	增强现实监控	<10毫秒
汽车	无线路侧回传（RSU <-> TCC）	10毫秒
	传感器共享	<20毫秒
	列队行驶（最高程度的自动化）	≤10毫秒
	合作式碰撞规避	≤10毫秒
	合作式车道变更（最高程度的自动化）	≤10毫秒
	紧急轨迹对准	≤3毫秒
	远程驾驶信息共享	≤5毫秒
	视频共享（最高程度的自动化）	≤10毫秒
	自动驾驶信息共享	≤100毫秒
	高清数字地图更新	100毫秒
运输和物流	时敏传感	<30毫秒
	远程无人机操作	10-30毫秒
	离散式自动化的实时控制	≤1毫秒
智慧城市	智慧电网（传输）	<5毫秒
	智慧电网（分配）	<50毫秒
	时敏传感	<30毫秒

表1：3GPP针对不同5G用例的时延要求（资料来源：3GPP 22.261、22.104、22.186）。

如表1所示，预期的要求既包含寻求突破的性能水平，也包括由某些现有网络已经实现的时延。

例如，在线游戏行业有可能引领低时延移动用例的初期采用，而该行业也计划很快通过多种增强现实/虚拟现实（AR/VR）眼镜、触觉和语音控制，以及支持HDR的场景渲染来提供沉浸式的多玩家用户体验。根据预计，这些体验将需要7至15毫秒的连续时延才能实现用户头部的物理运动和VR眼镜更新图像之间的运动至刷新时延。

各行业用例的时延要求长短不等，既有适用于精确合作式机器人运动控制的1毫秒时延，也有流程自动化所需的50毫秒时延。在运输和物流方面，远程无人机操作可能需要10至30毫秒，而离散自动化的实时控制需要<1毫秒的时延。

根据3GPP的调查，最具挑战性的是这些用例所要求的时延一致性。理解这一点非常重要，因为时延中的波动将使5G最期待的许多用例根本无从谈起。

本报告将我们从真实世界中获得的上行链路和下行链路时延基准测试数据，以及我们与STL Partners在实际企业用户要求和满足这些需求的运营商战略开展协作过程中得到的深入见解结合在一起。我们的目标是为您寻求可照亮前方道路的种种答案。

欢迎继续阅读，了解边缘方程的需求侧和供应侧能够在时延要求上取得怎样的同步，以及近期为初期市场客户交付可创收边缘服务时需要具备哪些条件。



低时延服务的市场预期

根据我们在边缘网络测试方面的经验，在广阔地区中的少数几个边缘云往往足以有效降低时延。

尽管运营商都在期盼更稠密的边缘覆盖，但鉴于它们实际服务的早期创收用例非常有限，在短期到中期内此类投资似乎根本没有必要。

这就引出了一个问题：终端用户是否有可能夸大预期边缘用例的网络时延要求？

为弥合这一脱节之处，我们与STL Partners协作调研了150余家终端用户，目的就是更好地理解计划中的用例和对所需时延的

预期。STL Partners还对正在准备边缘战略的多家运营商开展了访谈。

除一些试验和概念验证外，运营商和潜在的终端用户很明显都倾向于在边缘计算的需求方面持开放的态度。不足为奇的是，研究已经确认终端用户相信自己需求的时延与运营商正准备提供的时延之间存在一个差异。

这些结果提供了优先事项调整方面的深入认知，而运营商可以利用此类调整更好地满足近期和更长期的市场需求，并且通过此类需求实现创收。



150+

对150余家终端用户开展的调研

我们希望了解的是：终端用户是否有可能夸大预期边缘用例的网络时延要求？

需求侧的时延需求

STL对北美地区的150家企业开展了调研，主要涉及制造业和建筑行业，因为这些企业对5G要求方面的思考一直处于最前沿的地位。低时延目标只是这一天平中的一部分。

如图1所示，企业都强调时延的一致性才是最重要的SLA。这是因为即将发布的许多类型的服务和应用都对时延的波动极为敏感，并对必须保持的特定容差范围有所要求。

如下图所示，56%的受访企业选择并愿意为时延有保证的SLA买单，而所保障的时延范围将永远不超出某个预先定义的窗口，而非窗口中的某个时间均值或百分比。换言之，他们的系统具有至关重要的意义，而规格窗口中的性能必须具备决定性的一致时延。

根据应用的不同，企业规定了多种时延窗口。如图2所述，绝大多数（66%）企业需要50毫秒或更低的时延。需求最多的时延窗口，即37%，为20至50毫秒。有略超过25%的企业需要10至20毫秒之

您在网络时延和可靠性方面更偏爱哪种类型的SLA？

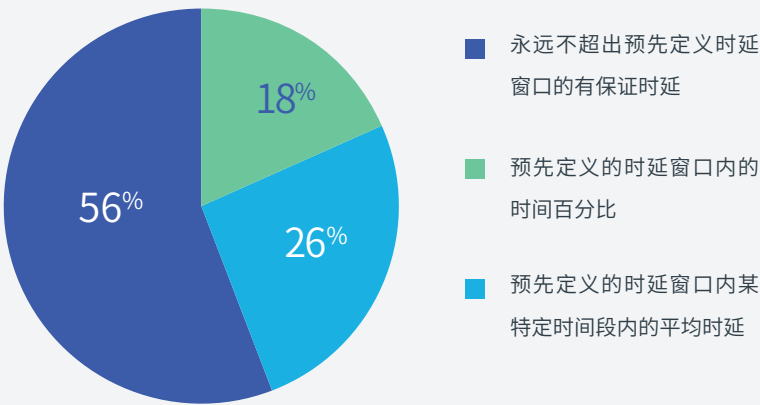


图1：多数客户希望拥有高性能的解决方案，而有些客户希望通过SLA让此类性能获得保证（资料来源：2021年的STL Partners调研）。

间的时延，而只有3%需要的是10毫秒以下的时延。这些需求行将超过当前的网络极限，并且对网络持续满足此类要求的能力带来了巨大的压力。

一家在线云游戏平台供应商说：“虽然在线云游戏之类的服务都需要具备巨大的带宽，但相对于带宽，更重要的是时延，以及这种时延的稳定性和一致性。

人脑可以适应某种程度的时延，但却无法容忍抖动。”

尽管时延一致性明显是一项需求侧的要求，但我们后面的分地区时延一致性基准测试结果章节却显示，初期的MEC产品将需要更多的优化才能满足一致性方面的期望。



图2：所需的特定时延走廊可能适用于特定的行业、用例和客户（资料来源：2021年的STL Partners调研）。 n = 151

边缘计算的预期优势

接受调研的企业被问及，如果他们接受边缘计算，可能为其所在机构带来怎样的主要优势（见图3）。在使用边缘计算的预期利益中，排在最前面的，即24%的受访者认为，通过可靠的时延和更小的变化（抖动）实现的更出色的服务可靠性。14%的受访者认为，（通过回传要求的降低带来的）更低成本才是主要的优势。

运营商和供应商提供的供应侧反馈

STL还对十余家供应侧利益关联方进行了一对一式的访谈，主要是Tier 1移动运营商，目的就是要了解企业对其网络有何有要求。

有多家参与方都赞同有保证时延的需求。一家全球Tier 1运营商的观点是：“客户正越来越多地寻求有保证的时延，如果网络已经被挤满，他们仍然希望获得自己需要的网络性能水平。”

另外一家Tier 1运营商强调了这样一个事实，即他们的端到端网络可以提供15毫秒的时延，但那些应用本身却会导致2秒的时延。这就突显出了通过端到端方式测量时延的重要性。

另有两家运营商已经注意到了终端用户为顶级低时延SLA买单的意愿。

其它的受访方预计，在医疗保健和工业4.0的驱动下，超低时延用例将在近期蓬勃发展，但同时也承认自己目前尚无法满足这些需求。

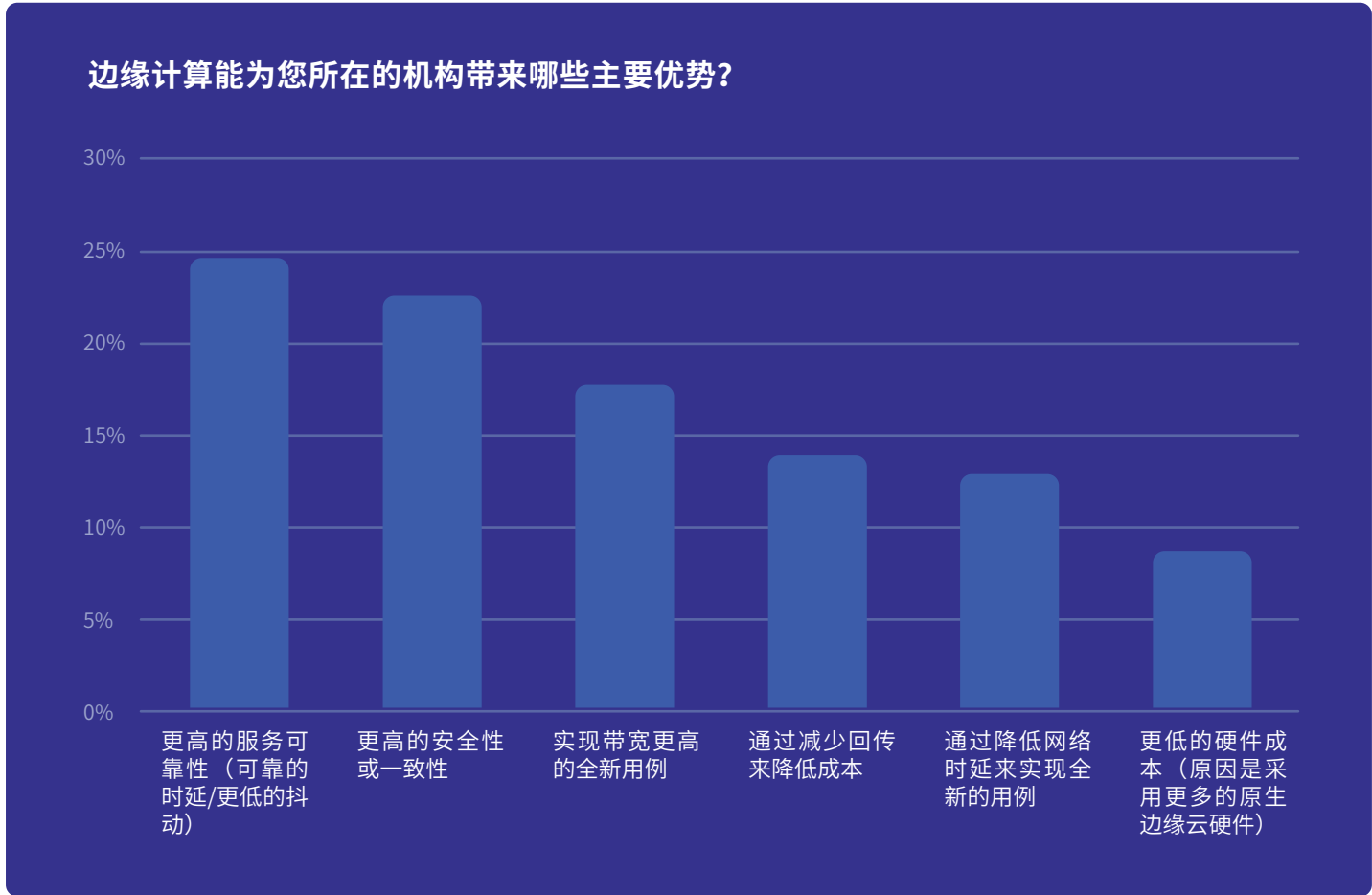


图3：客户提出的主要需求是更可靠的时延和更低的抖动（资料来源：2021年的STL Partners调研）。

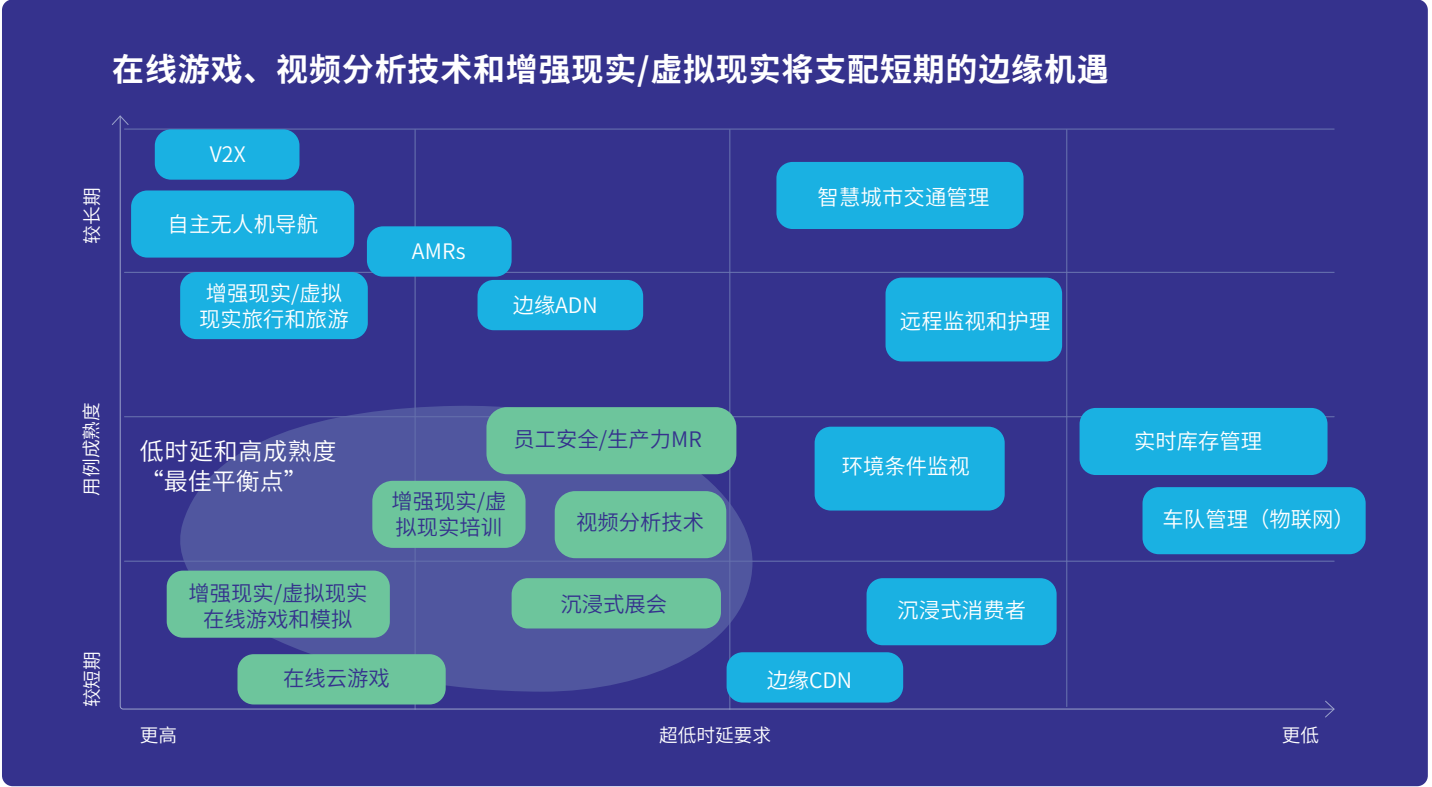


图4：不同成熟度和相对时延水平的低时延用例（资料来源：2021年的STL Partners调研）。

按用例确定供应和需求的映射关系

STL的研究明确了供应侧和需求侧正在探索和评价的多种低时延服务。上面的图4显示的便是，这些用例的成熟度与实施所需要的时延水平之间的映射关系。成熟度水平表示对应的应用类别是否在短期或较长期内将会被采用，或者是否做好了上市准备。

某些用例被视作长期用例，因为它们需要依赖3GPP标准中的Release 17或Release 18。其它的应用则需要更广泛的生态体系和开发生命周期就位后方可启用，例如芯片和设备制造商的协调一致。

在线游戏、视频分析技术，以及增强现实/虚拟现实将主导短期边缘机遇。它们都属于对低时延有迫切要求的近期机遇，并且会在坚持自己的独特要求的情况下快速演进，因此这些用例与当前的现实情况并不完全同步，至少要到通过5G边缘解决方案能够提供一致的超低时延后方可完全实现。

在线云游戏用例会受到时延、时延波动和对称带宽的直接影响。当边缘可以提供这些能力时，视频在线游戏必将对这些能力加以利用。

评估供应侧和需求侧的协调情况

STL的研究确认，许多用例并不需要超低的时延，而且现在便可实现。其它的应用则可在提议的MEC架构提供超低时延后得以实现。

基于这些深入的认知，运营商可以更精确地将预期的用例与创收可能性的价值矩阵关联起来，确定那些真正有竞争活力的机遇。

然而，在某些情况下，我们必须对现实情况加以判断，确定哪些应用是需要的，以及网络和应用中什么才是可以实现的。一个技术试用或概念验证可以为我们提供有意义的依据，确定怎样的时延和抖动是实际需要的，以及哪些是切实可行的。

现实世界MEC性能的基准测试

目前，有多种正在考虑的5G网络架构都可以实现低时延。

- 将MEC云安置在大城市网络边缘对等点的位置。这种作法可望使时延下降约20至35毫秒。
- 将MEC边缘云引入中心局之类的RAN/传输汇聚点。此举可能让时延下降至10至15毫秒以下。
- 在客户的场所内建立一个专有MEC，其中包含无线电和核心网的网络功能。这样做的结果可能是低至5至10毫秒的时延。

如图5所示，今天已经部署的最常见移动网络架构可以通过5G网络提供从移动设备经互联网到公有云的连接能力。有些移动网络架构通常会与某个公有云服务商协作，将MEC架构融合其中，使某些用例的工作负载可以在更靠近用户的地方接受处理。

今天

- 公有云/互联网外部网络
- 典型时延：20至75毫秒

选项1

- 对等点处的边缘云（大城市）
- 时延潜力：20至35毫秒

选项2

- RAN/传输汇聚点处的边缘云（中心局）
- 时延潜力：<10至15毫秒

选项3（未显示）

- 客户场所的边缘云（专有MEC）
- 时延潜力：<5至10毫秒



图5：移动网络架构和目标时延水平（资料来源：思博伦对公共资源的分析）。



图6：云运营商与网络架构的匹配情况（资料来源：思博伦）。

为了实施边缘云，许多运营商都在与 Amazon AWS、Microsoft Azure 或 Google Cloud 等公有云供应商建立伙伴关系。公有云可提供一个单一的接入位置，而访问的对象包括全国性的公共云、城市中的公有或混合 MEC，或者办公现场的专有 MEC（见图6）。实现更低时延的潜力取决于接入点与终端用户有多近。

但这些架构的性能在现网中的测量结果又如何呢？

要想回答这一问题，并且测量如今网络中所见时延的基准，思博伦在西雅图、芝加哥、纽约市和东京执行了一项全球基准测试研究。我们执行的移动性测试涉及单一超大规模云运营商提供的一系列公开上市的 MEC 区域，以及某个公有云端点位置。

思博伦的测试方法学首先着手的是对现实世界设备的测试。我们以多种速率运行了 UDP、HTTP/TCP 和 Ping 测试，用以匹配边缘应用使用边缘区域中安装的媒体服务器的数据足迹。移动性和静态场

景，以及 5G 和 4G 混合 RAN 环境中的测试，可以用来说明一系列真实世界状况下的具体性能。我们测试了 2、10 和 25 Mbps 的下行 UDP 数据速率，以及 1、2 和 5 Mbps 的上行 UDP 数据速率。

我们使用 RAN 数据的并发 OTA 日志来确定 MEC 时延性能的特性，并且从中提取可用于行动的信息，为改善性能奠定基础。我们还发现，通过将视频和/或模拟在线云游戏服务器安置在边缘位置可以提供合格的 QoE 指标，从而让某些应用大幅受益。

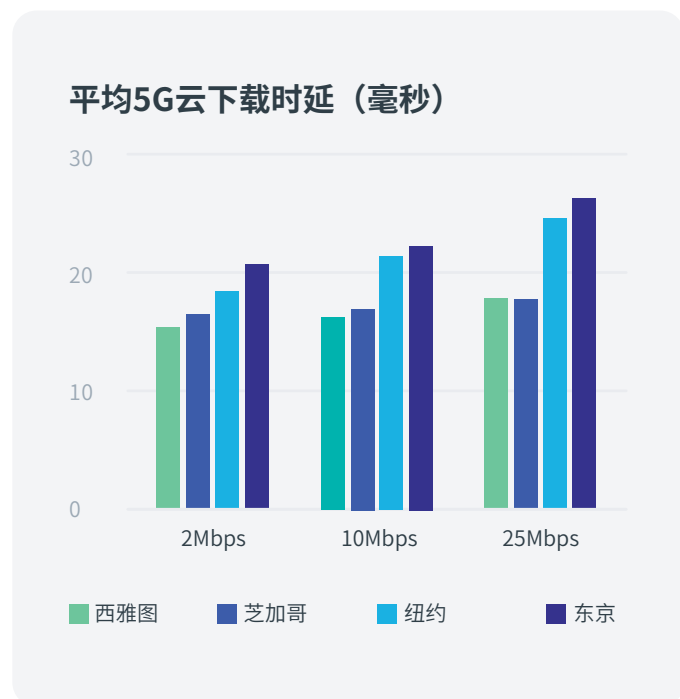


图7

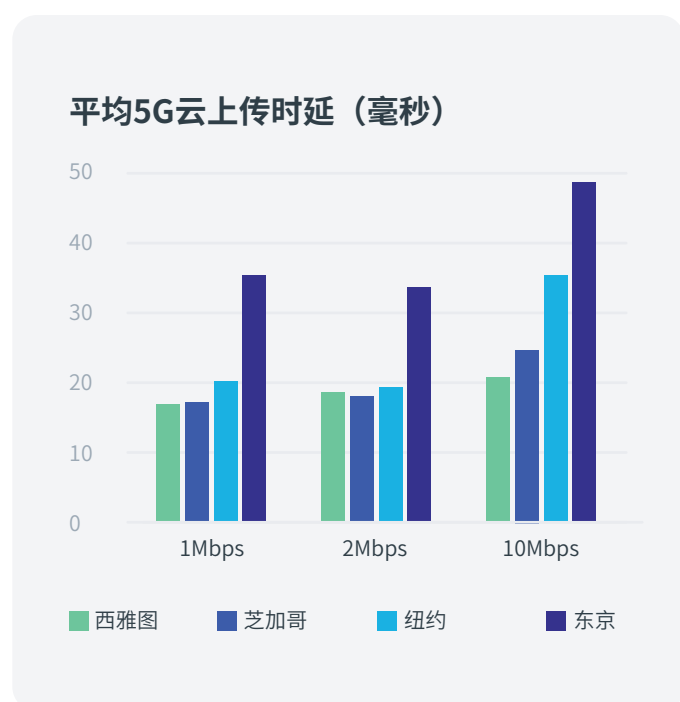


图8

公有云的时延

根据我们对公有云接入的基准测试，下载的平均端到端时延范围为16至27毫秒，而上传的时延范围相对较宽，为17至49毫秒。这些时延已经超过了3GPP研究中许多用例的要求。

该研究中发现下载/上传缺乏对称性，而这对于在线游戏等用例而言也是一个不小的问题。

如图7和图8所示，不同城市的平均时延会出现很大的差异，有些情况下甚至可相差一倍。

图9和图10显示，每个城市内的时延也会出现巨大差异。大约有三分之二的时延值会存在于平均值的标准差异范围之内，而该范围以每幅图表中横条上的横线表示。

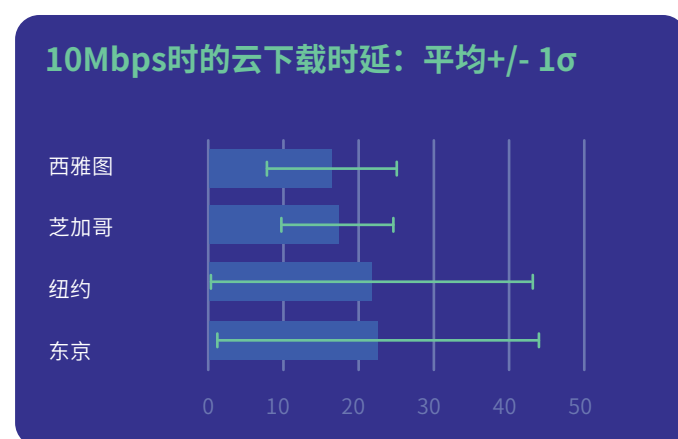


图9

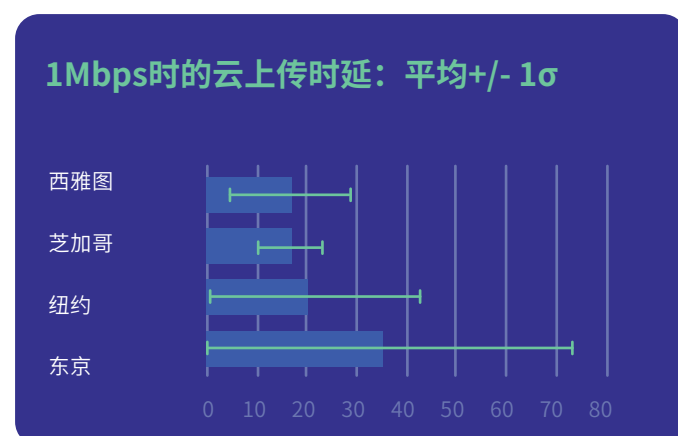


图10

MEC时延和MEC与公有云时延的对比

思博伦的现实世界测试结果显示，平均MEC时延（与公有云相比）在所有已测试市场中的上行和下行链路中都更低（见图11至14）。然而，事实证明，要想保持一致的低时延性能却相当具有挑战性。

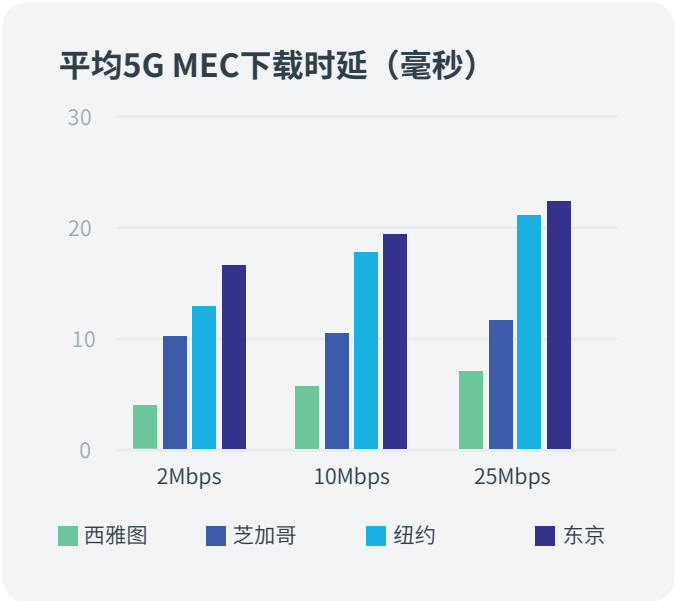


图 11

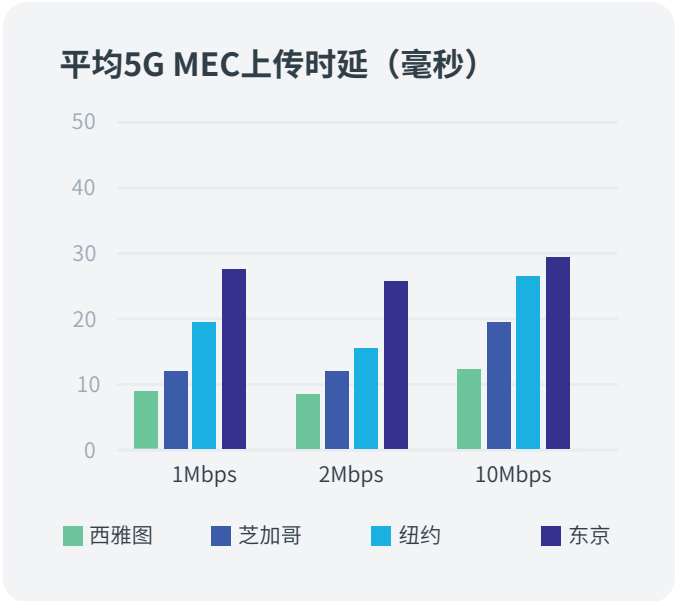


图 12

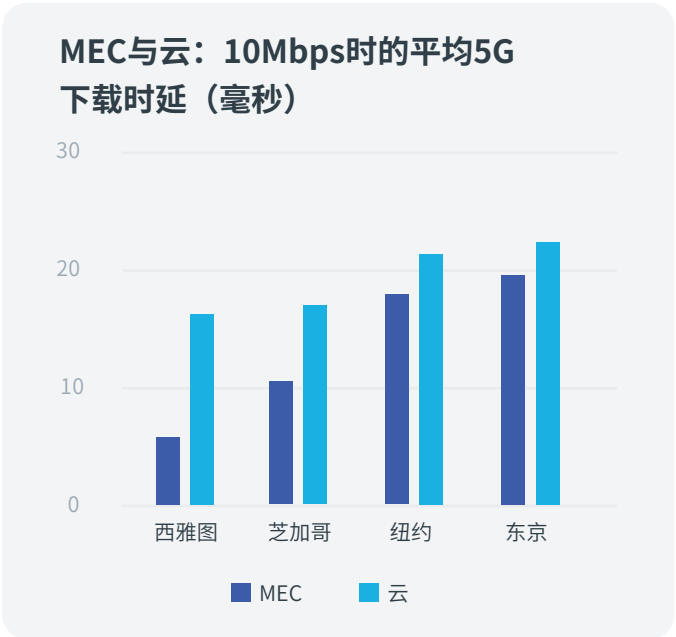


图 13

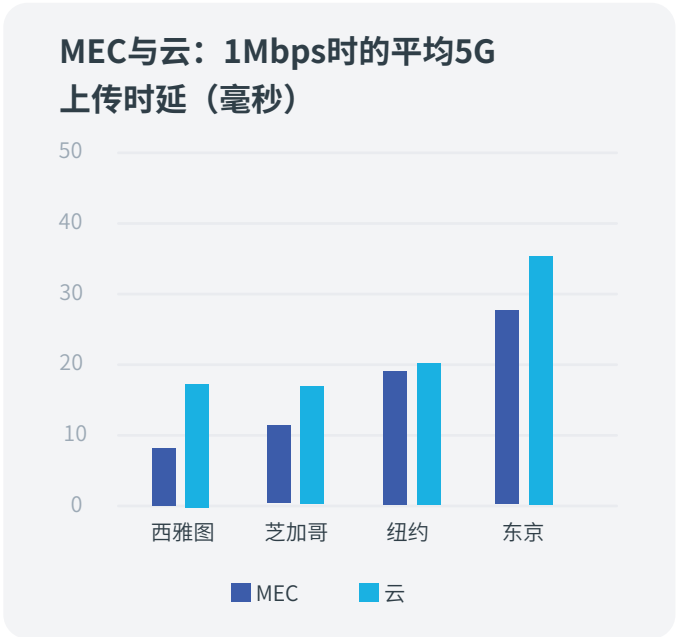


图 14

不同地区的MEC时延一致性

基准测试结果显示，不仅云和MEC实施的时延之间存在巨大的差异，而且在同一地区内的不同市场之间也存在很大的差异。需要注意的是，如图15和图16所示，在西雅图、芝加哥、纽约和东京都测到了相当大的差异。

对于希望在各地区提供一致体验的运营商、企业和应用开发商而言，这些性能差异会产生尤为明显的影响。

通过计算变化系数（CV），即以百分比表示的时延标准差异与平均水平的比率，我们还分析了当数据速率提高时的可变性会带来怎样的影响。在纽约和芝加哥，下行链路MEC时延的CV仍然保持相对一致，但在东京和西雅图却大幅增加。上行链接路MEC时延的CV普遍介于50%至170%之间，但在纽约除外，因为在10 Mbps下，纽约的CV甚至高达300%。

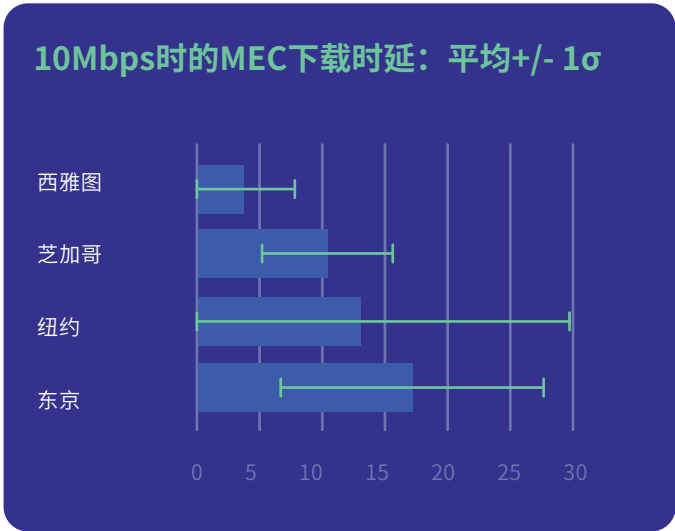


图15

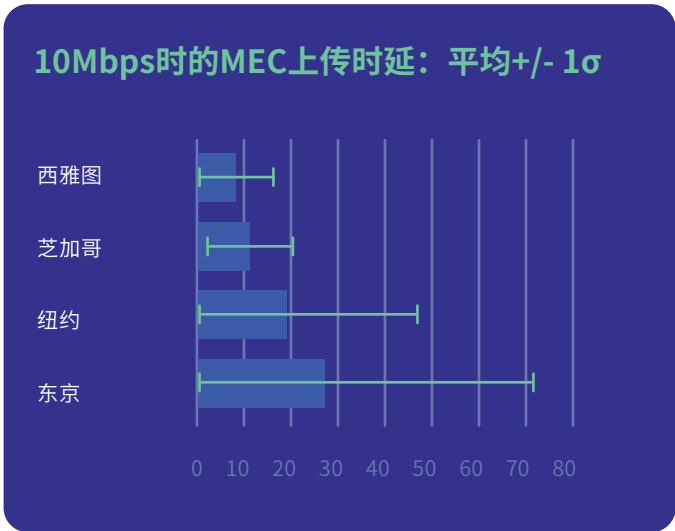


图16

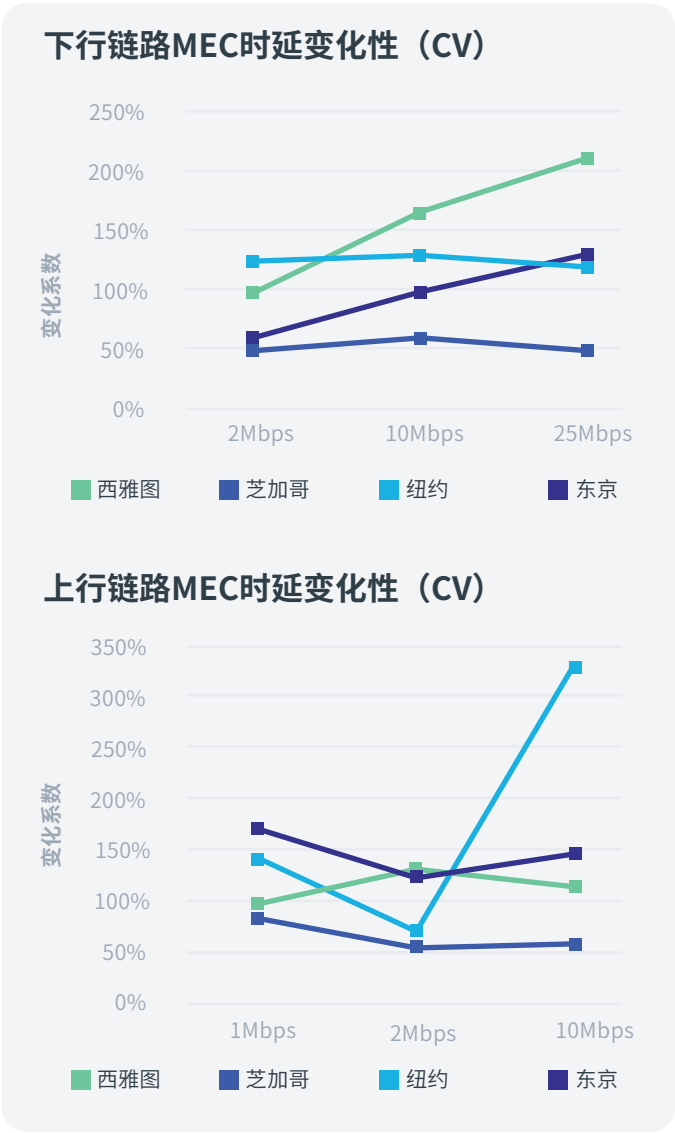


图17和18

在对PDF分布进行深入分析后（如图19至图26所示），我们可以进一步了解每个地区内的时延可
变性。下行链路时延在西雅图、芝加哥和纽约的一致性最好。上行链路时延在东京的一致性最
好。在MEC和云时延都显示出类似不一致性的情况下（纽约的上行链路和东京的下行链路），我
们可以得出结论，即RAN或核心网的性能影响大于端点安置位置的影响。

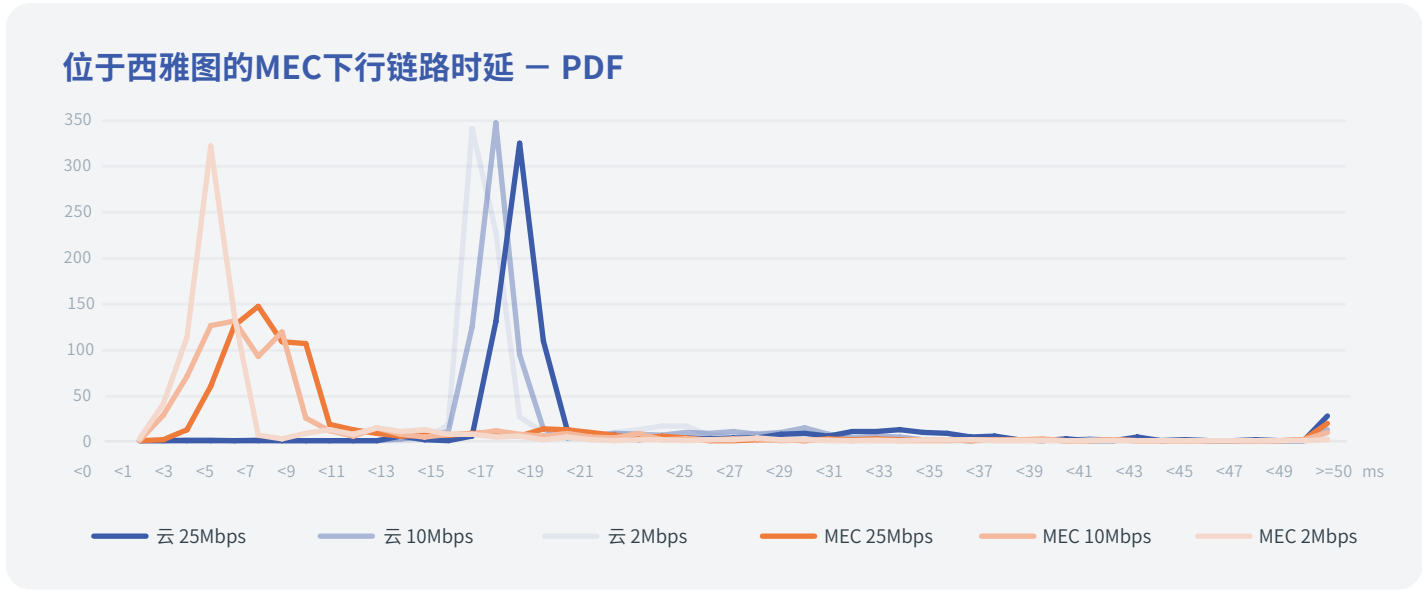


图19

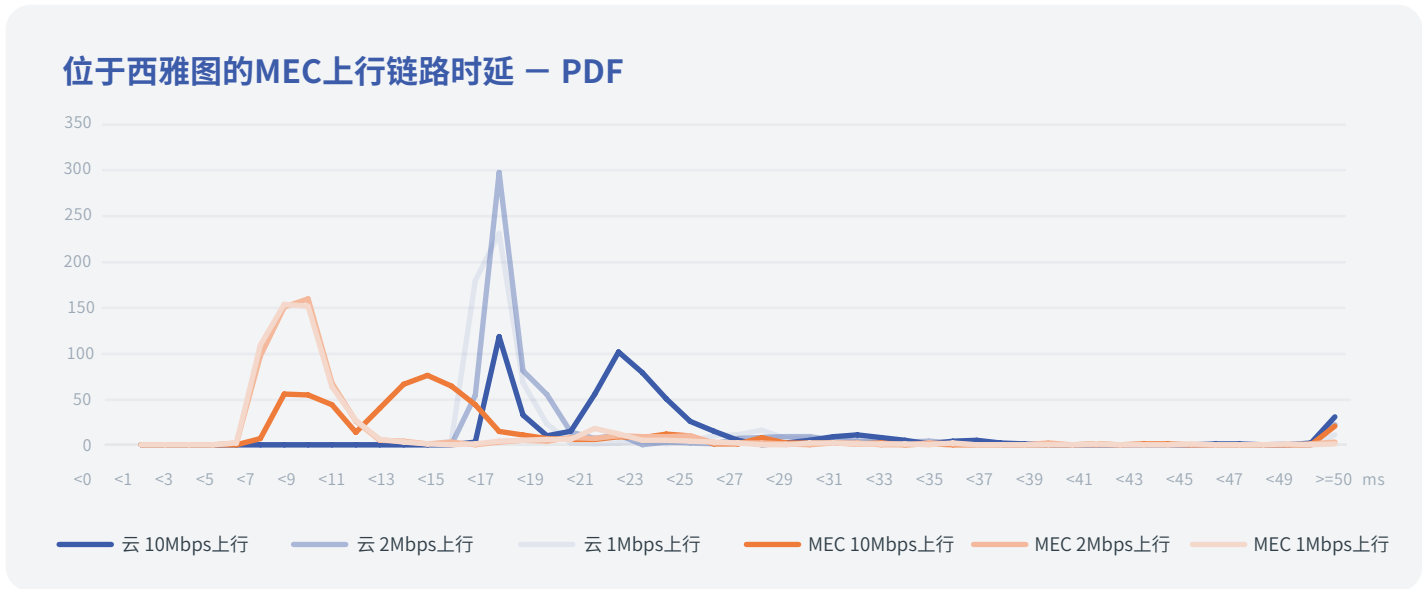


图20

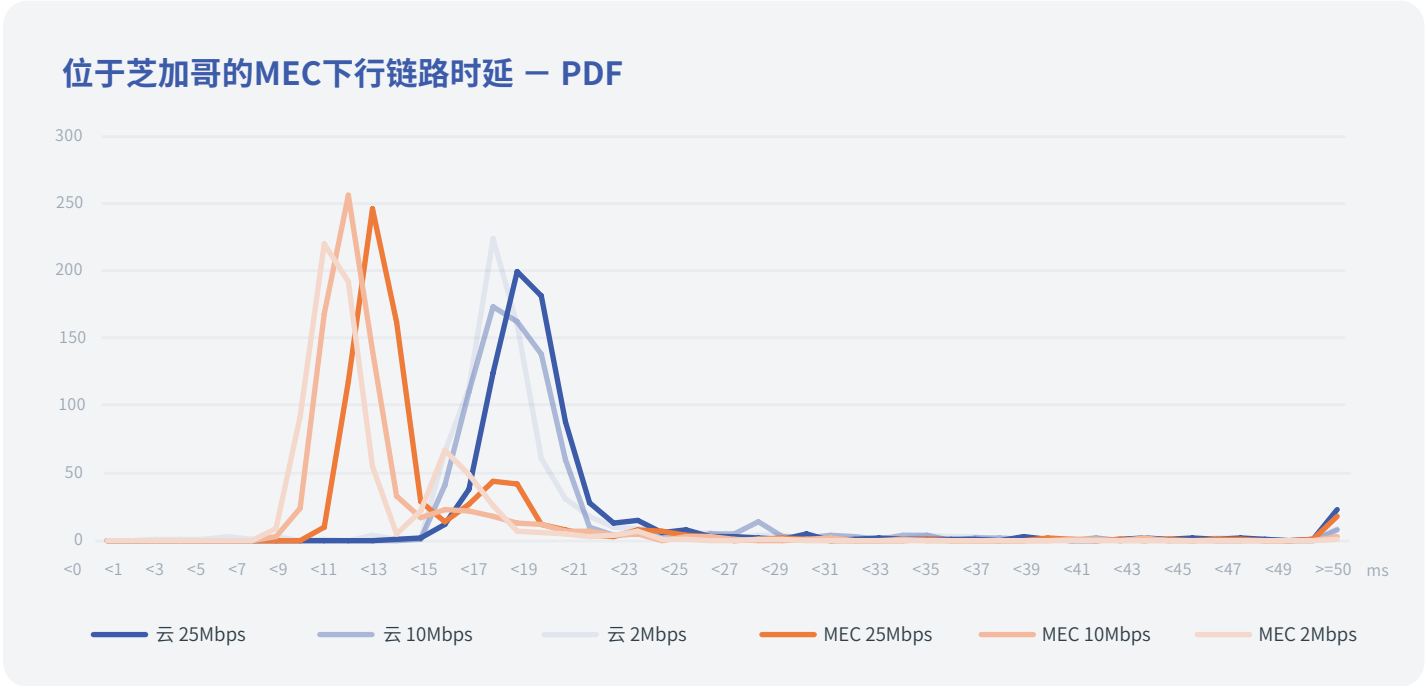


图21

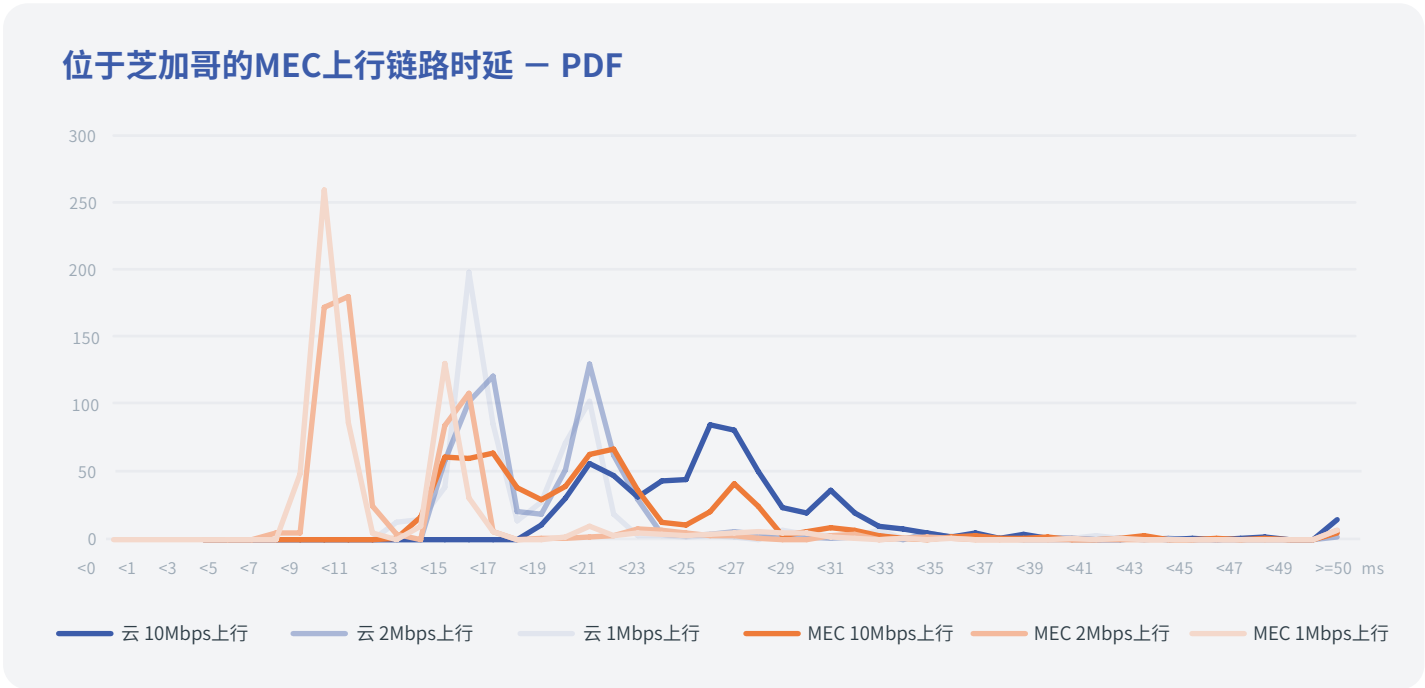


图22

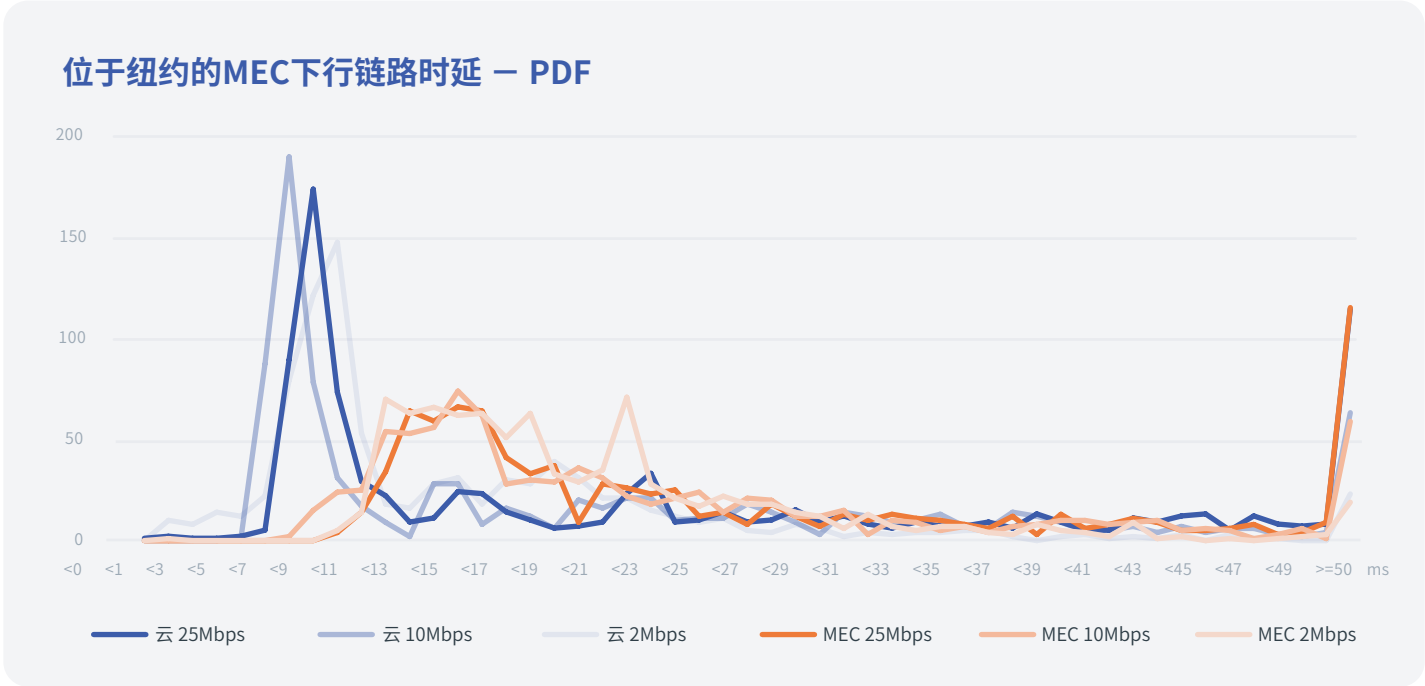


图23

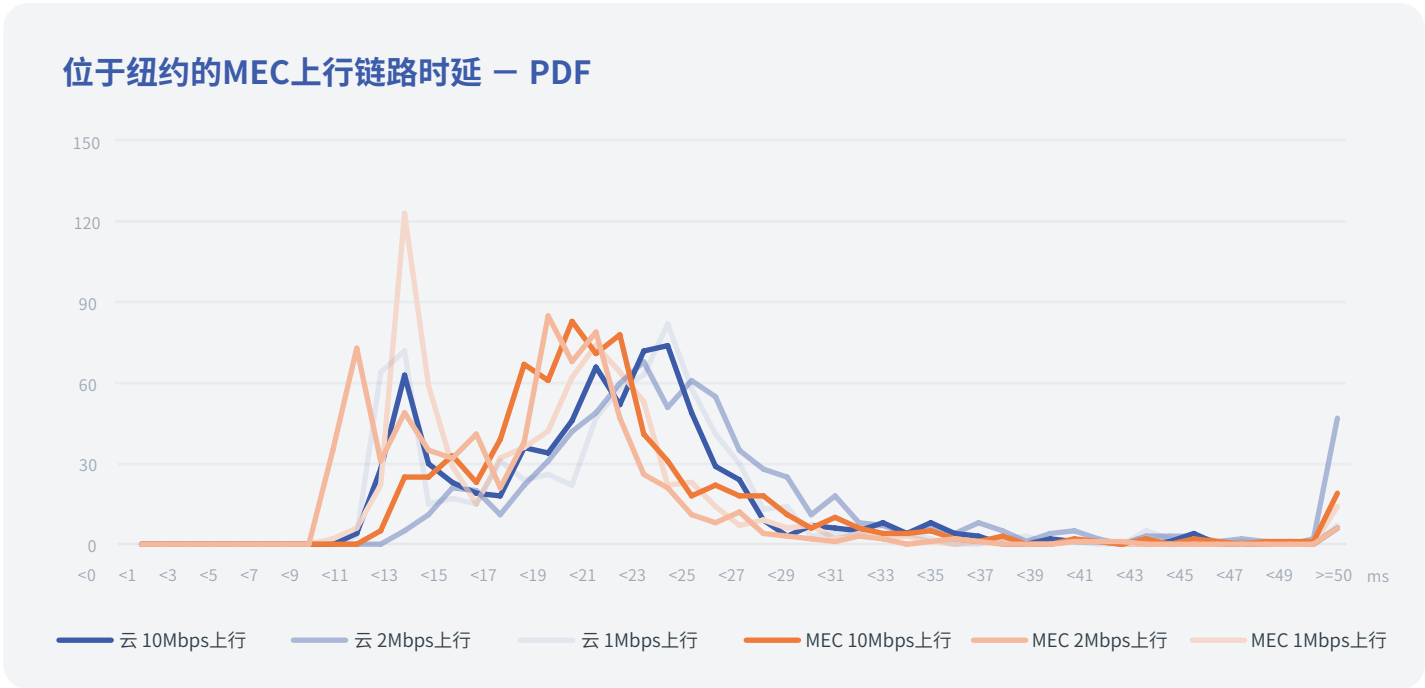


图24

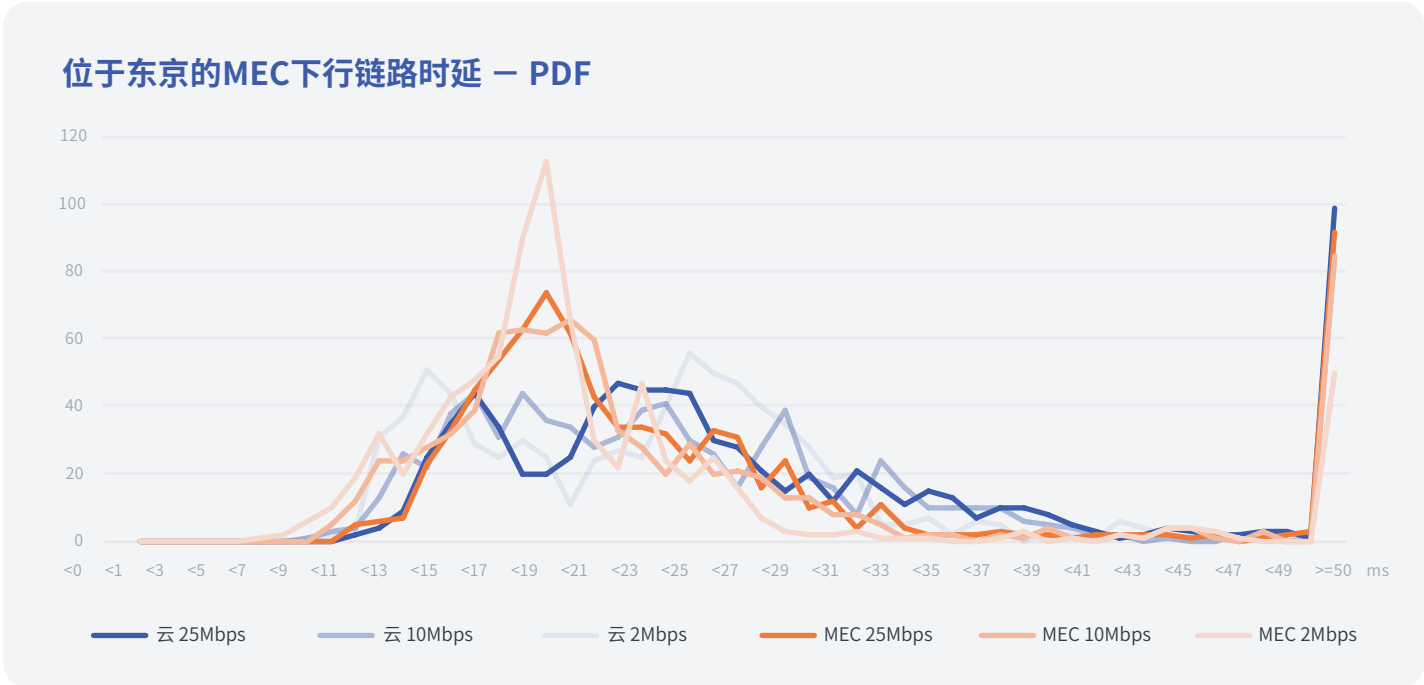


图 25

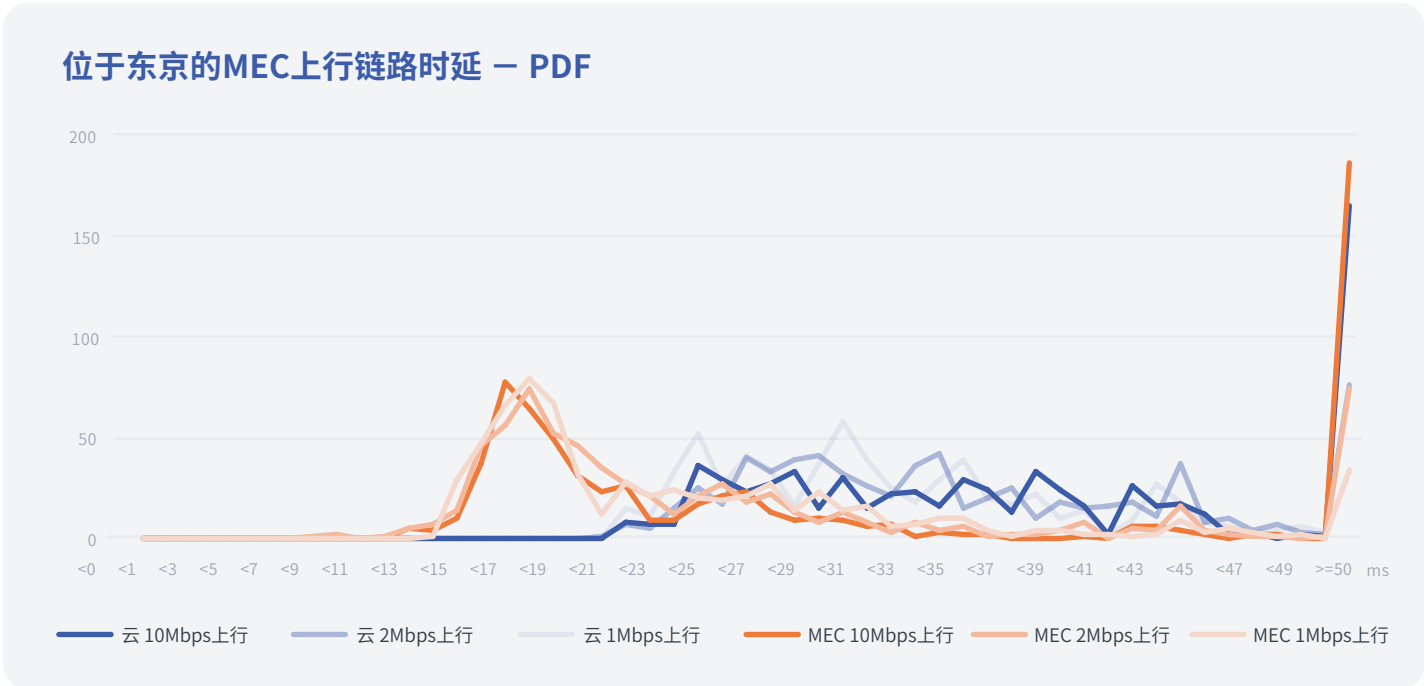
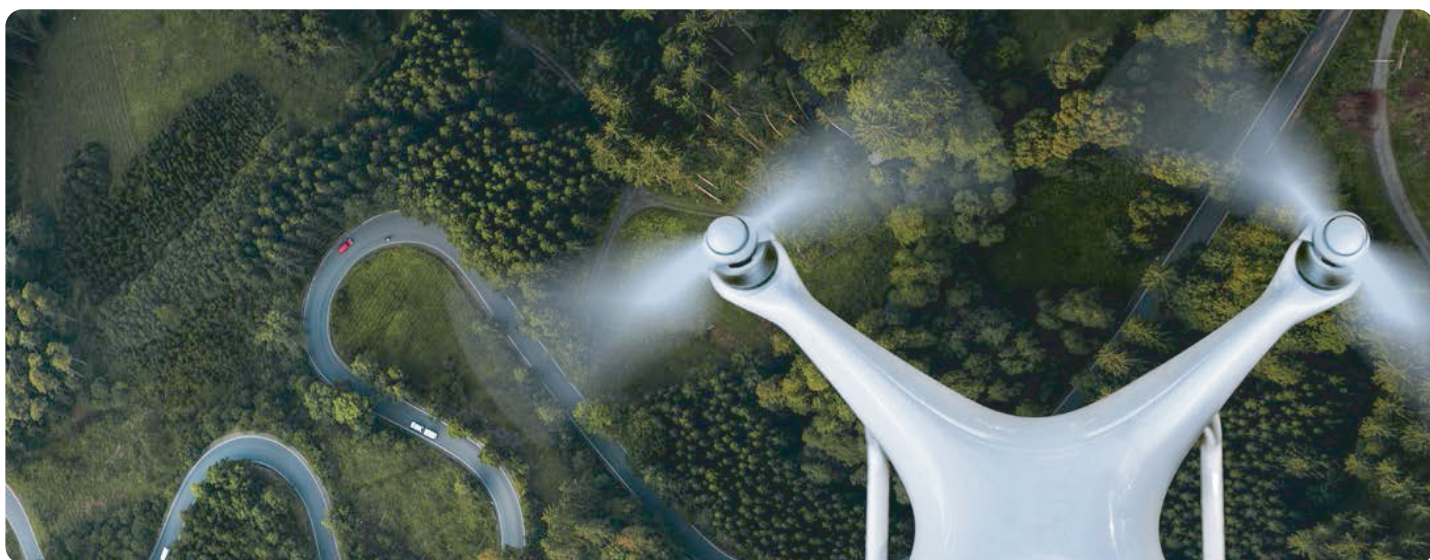


图26

市场预期vs现实世界 MEC时延：现实认知



通过云和MEC连接性中测得的基准时延可以确定，现有的MEC实施可以降低时延，而且能够满足部分3GPP用例的指标。要想满足近期边缘用例的要求，边缘可能不需要像最初预期的那样在地理位置上广泛分布开来。

然而，与性能波动有关的问题可能会对有些用例的实施构成挑战。对于那些需要将时延控制在受控窗口内才能正常运行的用例，时延中的巨大标准偏差将会产生不利的影响。上行链路和下行链路

的时延缺乏对称性的事实表明，对两个方向都开展测试是至关重要的。无论是在全球范围内，还是在全国范围内，时延的地理差异将会对使用广泛的应用所具备的性能产生不利影响。

我们的基本观点是，必须以全局性的端到端方式对时延加以管理，实现期望的客户体验并满足SLA的要求。但迄今为止，从终端用户的视角来看，没有任何证据可以证明有任何方法可以充分保证实现预期的时延或时延连续性。

3GPP R16定义了适用于不同边缘应用的目标时延。这些目标与思博伦研究中现实世界结果的映射关联则显示出一幅喜忧参半的局面。表2对3GPP目标与多个市场中的平均测得时延进行了对比。今天的MEC时延可以支持多个用例，但可能需要额外的性能优化才能支持那些需要一致时延水平的用例。

类别	用例	需要的时延	西雅图	芝加哥	纽约	东京
增强现实/虚拟现实 /在线游戏	增强现实/虚拟现实	7-15毫秒	●	●	X	X
	协作式在线游戏	<20毫秒	●	●	●	X
汽车	无线路侧回传	10毫秒	●	X	X	X
	传感共享	<20毫秒	●	●	●	X
	列队	≤10毫秒	●	X	X	X
	合作式碰撞规避	≤10毫秒	●	X	X	X
	合作式车道变更	≤10毫秒	●	X	X	X
	紧急轨迹对准	≤3毫秒	X	X	X	X
	远程驾驶信息共享	≤5毫秒	X	X	X	X
	视频共享	≤10毫秒	●	X	X	X
	自动驾驶信息共享	≤100毫秒	●	●	●	●
	高清数字地图更新	100毫秒	●	●	●	●
运输和物流	时敏传感	<30毫秒	●	●	●	●
	远程无人机操作	10-30毫秒	●	●	●	●
	离散式自动化的实时控制	≤1毫秒	X	X	X	X
智慧城市	智慧电网（传输）	<5毫秒	X	X	X	X
	智慧电网（分配）	<50毫秒	●	●	●	●
	时敏传感	<30毫秒	●	●	●	●

表2：3GPP时延目标与思博伦现实世界基准测试所得平均5G MEC时延的对比。

改善MEC时延的建议

尽管MEC是降低时延的一种重要的新能力，运营商还需要让整个RAN、传输和全新5G核心网架构上的网络变得更加高效，才能实现一致且具有决定性的时延。

除网络架构的选择外，还有一些其它的因素也会时时延产生影响：

- 依赖4G网络的5G非独立组网（NSA）实施也会产生额外的时延开销。
- 空中接口可能带来挑战，尤其是在调度和交接的过程中。
- 用于前传和回传的有线传输网络往往在路由效率方面未经过优化。
- 由于处理开销的存在，应用本身也可能引入时延。

连续的可视性和影响评估可以帮助我们通过网络效率进行优先级排序和优化，有助于我们查明和隔离网络内部和外部可能影响时延的各类问题。值得注意的是，这些影响评估还可以提供必要的支持，让我们更好地理解可接受终端用户和应用性能容差。

建立正确的测试规范

如同任何新服务一样，任何改进的起点都是测量。这意味着我们要从终端用户或应用的角度开展测量，根据MEC应用的数据足迹来建立测试的模型。应用测试配置应考虑到模仿所需吞吐量的数据量、模仿分段的包/帧尺寸，以及为全局结果提供保障的包速度。

如前所述，任何测试计划都应保持一致性放在优先位置，而不仅仅是时延平均值和中值。测试应在所有目标市场中执行，目的就是测量所有客户位置的性能一致性。

同步RAN日志记录对于时延性能的定性和改进至关重要，而且有助于我们理解系统间切换所受的影响，以及都市核心网等极具挑战性的RF环境。

根据被测边缘应用的不同，提前解决边缘位置端点的可访问性问题也是非常重要的。DDOS探测或意料之外的高速率数据都可能触发所托管边缘服务的关闭，并且需要在继续执行测试规范之前重新打开应用。因此我们建议，应尽可能提前执行该测试，防止出现计划外的延误。



持续的可视性和影响评估有助于对网络效率进行优先级排序和优化。

重要的不仅仅是从用户/设备的角度来评估时延性能，同时开展的基于主动测试的服务保障也可以帮助我们分段排查和隔离较高或不一致时延的根源。

实现5G独立组网升级的优势

向5G独立组网（SA）的过渡会引入5G核心网，不仅减少了非独立组网4G交互运行的开销，还有利于从经过优化的架构中受益，实现更低的时延和更卓越的服务质量（QoS）。

向5G独立组网的早期升级已经证明，这些改进可以将网络时延降低20%以上，而且目前已有超过450种设备和产品规格都可以支持5G独立组网。升级的时机已经到来。

选择适用于工业的专有MEC或公有MEC

对于企业和各行业而言，在自有场所中实施专有5G MEC可以提供进一步降低时延的潜力，原因就是它更靠近本地处理的位置。本地分支可以提供给公有云和MEC，同时也可以针对时延敏感应用对专有MEC进行优化，因为其中的空口传输和传输网络都有可能对性能产生不利影响。



实施3GPP版本升级

为了实现可靠的低时延，5G标准的开发一直非常重视持续不断的增强特性：

RELEASE 16*

为了实现可靠的低时延，5G标准的开发一直非常重视持续不断的增强特性：

- 5G核心网中的增强特性可支持超高可靠性低时延通信(URLLC)。
- 适用于5G new radio (NR) URLLC的物理层增强特性。
- 提高后的下行链路传输效率有助于优化能耗、时延和频谱效率。
- 可实现低时延和高可靠性的V2X增强特性。

RELEASE 17**

- 增强版的多波束（M-MIMO）运行可降低信令时延。
- 可降低上行链路传输时延的更高压缩效率。
- 增强后的物理层反馈。
- 增强后的时间同步。
- 设备内复用和优化。
- 网络QoS增强特性。

RELEASE 18（研究项目）

- 可实现高效资源利用和低时延无线资源分配的流量管理。
- 适用于XR和在线云游戏中时延界定的资源分配和调度增强特性。
- 下行链路和上行链路在TDD波段中的同时共存。
- 可减少时延、开销和中断时间的层1和层2蜂窝间移动性流程。

* Release 16已于2020年的年中冻结。最早的商业网络升级将于2022年推出。

** Release 17将于2022年的年中冻结，其更新预计将于2023年底或2024年初推出。Release 18的各项研究已经启动。

结论

STL的研究很明确地表明，目前的各项时延要求仍缺乏清晰的定义。需求侧和供应侧在所需的具体时延、何时需要、哪些用例需要，以及优化性能的最高效方法等方面存在脱节。

在综合分析思博伦的基准测试和STL的研究之后，我们总结了如下关键结论，适用于那些正在准备部署的企业和运营商：



一致性问题。

需求侧的客户需要的是可靠性，以及上行与下行链路时延的一致性，而非简单的“低时延”。



位置问题。

对于一些近期用例而言，边缘可能不需要像最初预期的那样在地理位置上广泛分布开来。



供应侧和需求侧在需求方面的协调一致。

有时企业会夸大所要求的时延，但会忽视运营商与客户之间通过密切协作来确定准确需求的重要性。



运营商对时延的控制是有限度的。

通过SLA，运营商完全有机会利用时延来实现创收。为此，运营商需要让需求侧理解问责边界的问题（例如非网络原因造成的应用时延挑战），只有这样才能为一致的时延范围提供保障，并且为SLA的履约情况提供全局性的证据。



强大的边缘性能并非全都是边缘位置的功劳。

尽管MEC是降低时延的一种重要的新能力，运营商还需要让整个RAN、传输和全新5G核心网架构上的网络变得更加高效，才能实现一致且具有决定性的时延。

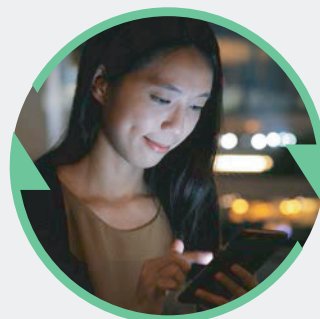
此项研究和基准测试数据表明，事实上，今天的网络能力完全可以支持市场所需的90%的早期用例。这可能为早期的创收机遇敞开大门，但前提是它们能够以连贯一致的方式满足时延的SLA要求。要想支持较长期的用例，则还需要对网络进行进一步的优化，并在未来升级至3GPP标准的新版本。

思博伦如何提供帮助

从初期的部署到后续的网络推广和运营，我们将帮助您将最新的开放标准和创新融入您的网络中，加快5G和边缘的建设进程：

- 1 我们的持续测试和保障解决方案已集成到DevOps管线流程中，不仅可以实现敏捷性，还可应对来自众多厂商的持续软件发布。
- 2 我们的自动化框架可提供5G生命周期内消费的全局能力，简化实验室、测试，以及履约等运营进程。
- 3 我们的仿真和传输及安全测试解决方案已经演进为数字孪生技术，既可加速研究，也可促进邻近行业中的创新。
- 4 我们的主动测试和保障可将合成流量注入运营环境，能够在弹性5G网络中对性能和安全性进行主动监测、隔离和重新验证中发挥至关重要的作用。
- 5 我们的测试即服务解决方案可提供全新的合作模型，利用管理服务来满足复杂的测试需求，例如现有和全新边缘服务的性能基准测试等。

欢迎通过SPIRENT.COM进一步了解各界对时延的期望。



关于思博伦

思博伦通信（LSE：SPT）是在测试、保障、分析与安全、服务开发商和供应商以及企业网络领域拥有深厚专业知识和几十年丰富经验的全球领导者。致力于明晰越来越复杂的技术和商业挑战。

思博伦的客户为实现优越性能承诺，思博伦为客户兑现承诺给予保障。

了解更多信息，敬请访问：
www.spirent.com或www.spirent.cn。



联系我们

欲了解更多信息，请致电思博伦销售代表或访问我们的网站www.spirent.cn/ContactSpirent。

北京代表处

地址：北京市东长安街1号东方广场东方经贸城W1座8层804-805A室
邮编：100738
电话：(86 10)8518 2539
传真：(86 10)8518 2540

思博伦通信（亚洲）有限公司

地址：香港北角英皇道243-255号国都广场19楼1905-07室
电话：(852)2511-3822
传真：(852)2511-3880

上海代表处

地址：上海市淮海中路283号香港广场3402室
邮编：200021
电话：(86 21)6390 7233 / 6070
传真：(86 21)6390 7096

技术支持热线：400-810-9529

中文网站：www.spirent.cn
全球网站：www.spirent.com

广州代表处

地址：广州市环市东路403号广州国际电子大厦2002室
邮编：510095
电话：(86 20)8732 4026 / 4308
传真：(86 20)8732 4120

技术支持网站：support.spirentcom.com

全球服务网站：www.spirent.com/GS
思博伦网络测试学院：www.spirentcampus.cn

思博伦通信科技（北京）有限公司

地址：北京市海淀区学院路35号世宁大厦13层
邮编：100191
电话：(86 10)8233 0055
传真：(86 10)8233 0022

