

如何实现超低时延

几代通信技术带给用户的感受，让人更容易解读为无线通信技术在传输速率上的突飞猛进。然而与 3G、4G 网络相比，5G 还有一个非常重要的特性是数据传输中的超低时延。在 5G 开始研究之初，便明确了 5G 问世的一个非常重要使命就是充分激发并释放垂直行业应用的潜力。从自动驾驶到工业控制，这些美好的梦想一一照进现实都离不开 5G 的超低时延特性。更有业界专家认为如果没有超低时延特性，5G 只能算是 4G+。

对于 5G 超低时延，读者一定会有这样那样的疑问，让我们一边提问一边尝试回答，希望能够带给大家一些有意义的信息。

为什么 4G 时延无法满足这些应用的要求？

举个例子，对于自动驾驶，时延直接影响车辆在响应操作前移动的距离。现有 4G 网络平均 50ms 时延条件之下，时速 100 公里的汽车，从发现障碍到启动制动系统仍需要移动约 1.4 米。不要小看这 1 米多的距离，在危急时刻，每增加一厘米都意味着多一分生命危险。因此由于道路事关人身安全，控制指令，尤其是制动指令抵达车辆的时间要求达到 1 毫秒的级别，即控制指令自发出到抵达车辆仅前进了 3cm。



5G 究竟需要多低的时延？

ITU、IMT-2020 推进组等国内外 5G 研究组织机构均对 5G 提出了毫秒级的端到端时延要求，理想情况下端到端时延为 1ms，典型端到端时延为 5-10ms 左右。我们目前使用的 4G 网络，端到端理想时延是 10 毫秒左右，LTE 的端到端典型时延是 50-100ms，这意味着 5G 将端到端时延缩短为 4G 的十分之一。而 3G 的端到端时延是几百毫秒量级。

这里，端到端时延的定义是：数据包从离开源节点的应用层时算起一直到抵达并被目的节点的应用层成功接收一共经历的时间长度。并且，根据业务模型不同，端到端时延还可分为单程时延和回程时延，其中回程时延还需加上发射端正确接收到应答数据包所需的时延。因此，端到端时延包括空口时延、核心网时延以及 PDN 网络时延。

那么，5G 通过哪些技术实现超低时延呢？

既然端到端时延由多段路径上的时延加和而成，仅靠单独优化某一局部的时延都无法满足 1ms 的极致时延要求，因此 5G 超低时延的实现需要一系列有机结合的技术。5G 低时延的实现将主要遵循这样的思路，一方面要大幅度降低空口传输时延，另一方面要尽可能减少转发节点，并缩短源到目的节点之间的“距离”。此外，实现 5G 低时延还需兼顾整体，从跨层考虑和设计角度出发，使得空口、网络架构、核心网等不同层次的技术相互配合，让网络能够灵活应对不同垂直业务的时延需求。

目前，超低时延的完整技术方案尚不明朗，小编这里给出可能在未来扮演重要作用的关键技术。

新型帧结构

套用小编团队中物理层大牛的原话，“Frame structure 是无线通信的核心，直接决定了系统的功能设计与服务水平”。为了有效降低空口时延，在 3GPP 正在进行 NR 的研究项目，在帧结构方面，将考虑采用更短的子帧长度，并在同一子帧内完成 ACK/NACK 反馈。美国运营商 Verizon 在近期公布的 5G 标准中也遵循了相同的设计思路。

终端直接通信

D2D 并不是 5G 的新技术了，但是 D2D 注定要在 5G 中发扬光大。传统通信方式中，数据包要经过数个网络节点，每次转发都意味着时延的增加。而终端直接通信的通信模式不需要透过网络传递就可实现设备相互之间的通信，使得其应用于车联网等领域具有先天优势。

核心网功能下沉

在 4G 网络中，LTE 移除了 3G 中的 RNC，将 RNC 的大部分功能转移到基站，一部分功能集成到核心网，采用 eNodeB 和 EPC 两层的网络结构。这种扁平化结构有效减少了节点减少时延，以满足 LTE 低时延的要求。在 5G 网络，核心网用户面部分功能将进一步下沉至接入网，原有的集中式核心网变成分布式，核心网功能在地理位置上更靠近终端，从而达到减小时延的目的。

MEC

MEC（Mobile Edge Computing，移动边缘计算）技术由国际标准组织 ETSI 提出，基于 5G 演进的架构将基站与互联网业务进行深度融合。MEC 将计算、处理和存储推向移动边界，一方面为移动边缘入口的服务创新提供了无限可能，另一方面使得海量数据可以得到实时、快速处理，以减少时延。

除了上述几个关键技术，无线侧、网络侧的诸多技术都针对时延因素加以增强，渗透着对低时延的考虑。比如 5G 还将通过更精简的信令流程，避免调度、接入过程中的竞争等方式进一步缩短时延。这里，还值得一提的是网络切片。5G 并不需要为低时延需求而构建独立的物理网络，网络切片使得运营商根据需求对网络进行编排，即从一个物理网络切割出独立于其他网络的的低时延的端到端网络，或者满足其他需求的网络。因此，网络切片虽然不能缩短端到端时延，但是却将在低时延网络的构建与管理中发挥重要作用。

5G 低时延面临哪些挑战？

首先，毫秒级别的延迟需要对现有网络的架构做重大变更，实现成本相对较高，因此短期内实现相对困难。此外，时延和其他性能指标的之间关系同样值得考虑。比如很多业务在需求超低时延的同时还常常伴有接近 100%的可靠性。又比如有些时延相对较高的业

务还对吞吐量有需求，如虚拟现实技术，要实现完美的虚拟现实体验，除了需要降低时延至系统反应时间短于人体感觉器官的反应时间，大约 20ms 以内，每秒还要处理高达 5.2Gbit 的数据量。无线系统设计中如传输速率、时延、可靠性等性能指标之间常常存在着一定程度的此消彼长、相互权衡的关系，一个维度的优化往往会导致另一个维度性能的退化。例如短 TTI 以优化时延将会以增加控制开销以及降低编码增益为代价。因此，需要针对业务类型，合理权衡与协调时延与其他性能指标实现之间的关系。

最后，一言以概之，超低时延是 **5G** 非常重要的属性，它的实现需要一系列技术有机结合，可以预见 **5G** 低时延所面临的挑战不容忽视，然而也正因如此更值得我们有所期待。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

