

绪论

5G 终端增强概述

移动通信经历了四个时代并已经迈进了第五代。每一代移动通信系统都基于新的技术发展和应用需求得以推动。随着技术的进步，移动通信制式通过换代的方式更新演进。无线移动通信技术的飞速发展，让其融入社会生活的方方面面。新型移动智能终端深刻地改变了人们的沟通、交流和生活方式。但通信的新需求仍然不断涌现，通信技术还在不断创新和持续演进，这种演进的形式也包括一代技术内的增强。

第五代移动通信系统（5G）在 2018 年发布标准，标志着移动通信技术正式进入 5G 时代。2020 年全球迎来了第五代移动通信（5G）第一个版本 NR（New Radio）R15（第 15 版本）的大规模商用网络的部署。5G 给人的总体印象是大带宽、低时延、广连接，可实现万物互联。5G 的终端似乎无所不能，包罗万象。在 5G 终端的更快、更高、更强的能力下，终端这个体系还要做哪些改进，下面给出一个整体的介绍。

| 5G 终端现状与增强动机 |

4G 技术的演进主要面向移动互联网的需求。而 5G 技术面向更广泛的场景需求：移动互联网和物联网作为两大主要驱动力。5G 技术标准的设计主要考虑了三大应用场景，分别是增强移动宽带（enhanced Mobile Broadband, eMBB）、高可靠低时延（Ultra-Reliable and Low Latency Communications, URLLC）和大规模物联网（massive Machine Type Communications, mMTC）。为了支持这些多样化的性能指标，5G 终端实现了全面的设计。下面分别针对这些场景，描述 5G 的应用和终端的增强需要。

1. eMBB 场景

在 eMBB 场景中，5G 终端主要面向移动互联网、超高清视频、虚拟现实（Virtual

Reality, VR)、增强现实 (Augmented Reality, AR)、远程教育、远程办公、远程医疗、无线家庭娱乐等类型的个人通信场景。这类的终端主要有智能手机、虚拟现实眼镜等高度智能化的终端。5G 技术为这些终端提供了良好的无线移动通信支持。

然而, 5G 终端追求多方面的性能上的极致, 导致终端在一些方面的用户体验不够完美。以 5G 智能手机为例, 最大的用户体验盲点在终端的功耗上。从部署中的第一代 5G 网络中的终端统计来看, 普遍出现 5G 终端的平均功耗较高的问题。在产品的通信模块中的实测发现, 5G 终端的通信模块在日常普通使用的过程中比 4G 终端的通信模块耗电高出近 30%。一个简单的现象就是同一款智能手机, 5G 版本会比 4G 版本的待机时间短, 尽管 5G 手机的高速数据业务体验更好。再以虚拟现实眼镜为例, 采用 5G 通信模块的眼镜也面临电池续航压力。终端的设计不得不在电池质量和通信性能上做取舍。

5G 终端的覆盖体验也是一个值得关注的点。早期的 5G 网络部署覆盖率不高, 用户在使用智能手机的时候, 5G 连接时断时续, 用户难以一直体验极速的数据服务。当用户经常性地 在 5G 信号和 4G 信号之间切换时, 整体的体验就会下降, 实际上这一点也是终端耗电增加的部分原因。当然, 5G 网络的整体覆盖增强, 反过来还可以解决运营商的部署成本问题, 运营商可以更低的运营成本, 让 5G 网络更快地达到全面覆盖。覆盖的增强在终端和网络方面是双赢的改进。

2. URLLC 和 mMTC 场景

这两个场景在广义上都是面向移动物联网的。移动物联网的形态包括工业互联网、车联网、智能电网、智慧城市等, 主要用在不同于个人通信的垂直行业。应用场景中的终端形态包括智能手表、智能手环、摄像头、无人机、机器人、车载船载等终端形态。面向物联网的移动终端的形态也更加丰富多样, 这些场景的终端发展前景也更加广阔。

物联网终端对功耗更加敏感。一部分的物联网终端要求很长的待机时间, 如智能电网的电表类的终端往往要求终端能够支撑数年的时间, 普通的可穿戴设备也要求有一周以上的待机时间。而在 5G 的早期部署标准版本中, 通信模块的功耗难以达到这个水平。实际上只有部分功耗不太敏感的场景, 如工业互联网的核心控制器, 比较适合采用基础版的 5G 技术, 而功耗敏感的部分则难以应用。终端功耗问题对 5G 在物联网中的普遍使用造成一定局限。

多数物联网的终端在能力的需求上并不高, 如工业物联网的摄像头, 其要求的上行平均数据速率在 2Mbps 左右, 而下行平均数据速率甚至低于 1Mbps, 5G 早期版本的数据吞吐量等性能对于这些类型的终端来说实际上是过剩的。降低终端的能力, 可以优化终端的成本, 也可以简化终端的体积, 这些都利于数量庞大的物联网终端的部署。终端的能力指标过高, 也会影响到功耗, 所以性能适当地缩减还可以帮助终端节能。

物联网的部署场景限制条件很多。以智能电网场景为例，智能电表需要部署在建筑物的角落。这些情况下要支持深度覆盖，因而对覆盖的增强也有着比较迫切的要求。

| 5G 终端的增强与演进 |

针对更丰富的应用场景和使用中用户体验的痛点，5G 的终端在 R16/R17 的演进版本中做了持续的增强演进。

5G NR R16 和 R17 持续标准化了 5G 终端节能技术。NR 的节能增强首先全面完善了终端在频率自适应、时域自适应、天线数自适应、DRX 自适应等多个维度的节电，其还在高层引入了终端优选的期待配置参数上报和 RRM 测量上的节能功能。R17 引入了基于节能信号的寻呼过程节能、额外 TRS 的配置和指示，以及通过 DCI 指示的 PDCCH 检测的自适应技术，这些节能技术都可以帮助终端提高在单位时间内接收数据时的能量利用率。

紧凑型 5G 终端演进在物理层对带宽降低、天线减少、半双工 5G 终端等方面进行了标准化的支持。高层引入了紧凑型 5G 终端的 eDRX 和测量放松等节能处理，这些增强都利于实现终端较低的复杂度和功耗。对原来标准要求的必选能力的缩减，很好地满足物联网、工业自动化、可穿戴设备等场景下 5G 终端的普及应用。

终端的覆盖增强主要在各种上行信道。标准化增强的点主要在上行重复增强、上行多时隙 TB、上行数据和控制多时隙联合信道估计，以及 Msg 3 的重复增强，这样，5G 网络的上下行各个信道的覆盖达到相对均衡。

当然，有的读者可能会有疑问，5G 的这些“增强”终端技术有很多部分是在做“减法”。终端的节能是让终端慢下来，耗电更低。而紧凑型的终端是更加简化的硬件设计，处理能力也更低。这些技术如何能够成为增强技术呢？要知道，5G 的设计场景比前代的移动通信技术要丰富得多，充分引入了众多的垂直行业场景。要为这些场景提供多样化的终端，5G NR R15 的设计是不充分的。R15 的设计着重强调了终端的高能力而没有考虑节能等优化设计。5G 终端的增强，就是要使终端能够更加灵活、更加全面。另外，终端节能的设计可以帮助终端减少无数据时的能量消耗，在达成同样的数据率水平的同时延长待机时间。所有的这些演进技术，无疑都是让终端变“强”了。而 3GPP 在这些 5G 终端技术相关的标准化的立项中，都是以增强（Enhancement）来命名的。

在这些已经标准化的增强基础上，新型的终端演进也在研究之中。从垂直行业的需求来看，5G 的增强已经可以支撑多数的应用场景，但仍有些应用场景的特殊需求可以通过进一步增强的终端得到更好满足。这样的终端可以进一步地做到非常低的功耗、灵活

的设备尺寸、简单的硬件。使用能量采集和反向散射的零功耗通信终端由于出色的极低功耗、极小尺寸、极低成本等优良性能，有望成为新形态的物联网终端，从而解决未满足的物联网通信需求。本书的最后梳理了零功耗通信的潜在应用场景，进一步讨论了使能零功耗通信的关键技术。本书对相关的零功耗通信的频段、系统部署模式及与传统通信系统的共存都有系统性分析。最后，本书对零功耗通信的标准化各个方面如无线供能、数据传输、轻量化协议及网络架构等内容也进行了探讨和分析。