

5G 的挑战趋势与技术路线

目录

一 演进历程	2
二 总体趋势	3
1 移动互联网	3
2 物联网	5
三 市场趋势	6
四 业务需求	8
1 超高清、三维化视频	8
2 浸入式视频/增强现实/虚拟现实	9
3 云桌面	9
4 OTT	10
5 极端场景业务体验	11
6 物联网业务	12
五 总体愿景	13
六 应用场景	15
七 性能挑战	18
八 关键技术	22
九 演进路线	24
十 推进计划	26

十一 国内动向.....	28
十二 结束语.....	29

一 演进历程

移动通信系统的发展，十年一轮回。如图 1 所示，第一代到第四代系统都是以标志性多址技术+典型业务类型作为其断代依据：最早的商用移动通信系统采用了 FDMA 方式，能够支持模拟话音业务；第二代系统采用了 TDMA 方式，支持数字化的语音及低速率数据传输业务；第三代系统采用了 CDMA 多址技术，能够支持多媒体业务；第四代系统则采用了 OFDMA 技术，支持移动宽带（MBB）业务。

第五代系统是否仍然会沿用这种以多址技术革新和典型新业务为分界点的划分方式呢？5G 系统又将具有哪些显著特征？会以什么样的技术为支撑？要做出这样的预测，首先需要从业务、市场和技术等多方面的发展趋向说起。

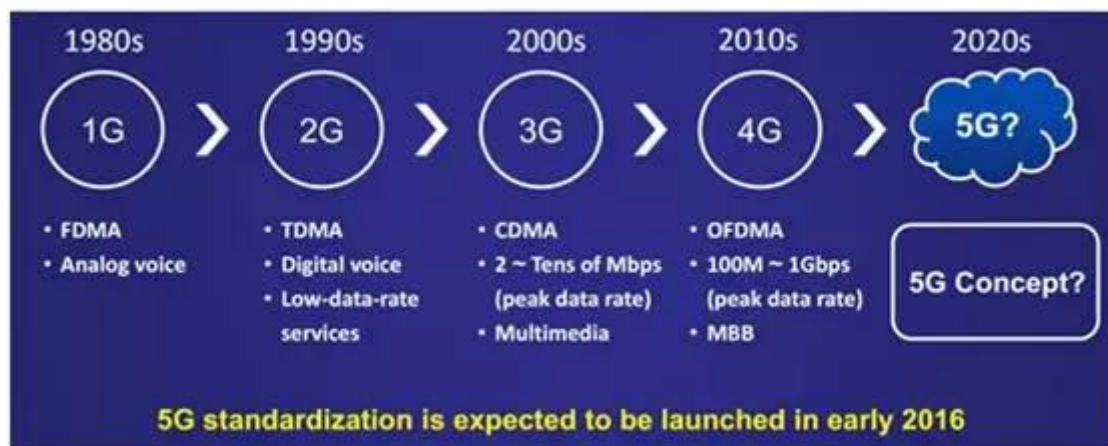


图 1.移动通信系统的演进历程

二 总体趋势

1 移动互联网

图 2 中描绘了移动通信系统的总体发展趋势。其中，脱胎于传统电信网络的移动通信系统是以话音作为主要业务的。随着多媒体业务的兴起和 CDMA 技术应用，自 3G 系统开始，数据传输业务开始逐渐增加，并日益成为一种重要的业务类型。于此同时，与传统的移动通信系统并列的计算机系统也逐渐沿着从独立的个人电脑向着以固定的网络接入为主的桌面互联网方向演进。传统的通信系统和计算机系统，一个要移动一个要互联，本来是你走你的阳关道，我走我的独木桥。但是，随着各自势力范围的扩大，两股势力在一个新的领域逐渐相互的渗透和融合。正

是这种融合，推动了所谓的移动互联网的迅猛发展。移动终端的发展形态就很好的印证了这两种网络的融合。如今的智能手机越来越像电脑，而源自电脑的各种 PAD 却越来越像手机。它们之间的界限正在变得越来越模糊。



图 2. 移动通信系统总体发展趋势

实际上，这种所谓的融合在一定程度上也是电信和计算机界相互斗争的结果。划分室内外的墙壁是这两股势力争夺的最初焦点。一座座建筑构成了一个个小小的围城，关在室内的计算机网想要通过 WiMax 突围到广阔的室外天地中大有作为。而以广域覆盖为专长的移动通信网则想要继续攻城略地，内外通吃一统天下。从标准化和网络部署与应用的实际情况来看，以 LTE 为代表的传统电信势力似乎占据了绝对优势。但是这一表面上的优势却并不意味着计算机界的落败，对其而言无非是不需要再为了喝口牛奶而去亲自养奶牛罢了。在应用为王的移动互联网时代，更是没必要为了几分薄利，再到通信民工更为擅长的管道铺设领域去挤占我们最后的一亩三分田。

随着智能终端的普及，以 OTT 为代表的种类繁多的应用已强势地挤占了传统电信业务的盈利空间，导致利润向上层业务和终端领域的转移。而应用层面本就是计算机领域的传统势力范围。同样是由于智能化程度的大幅度提升，终端的诸多应用功能已经反客为主，反而使通信功能渐渐沦为了一根不能彻底弃之的鸡肋条。在一个靠粉丝靠情怀吸引用户的时代，终端领域的一个个老牌通信巨头们纷纷被苹果这样以计算机起家的企业打得落花流水。

2 物联网

有人说，一切皆可数字化。对于通信界而言，与之对应的下一句就是一切皆可互联互通。因此，除了移动互联网之外，另一类新型的网络形态主要就是由遍布在我们四周的原本相互独立的设备所构成的所谓物联网。如果说移动互联网基本还属于人的网络，那么物联网则是包络了物与物、人与物的更为广阔的网络。

业界对 5G 的构想便是，在这两张网络的支撑下，通过云计算等新型技术，在 2020 年左右构建出一个能够实现万物互联、无处不在，而又让人身临其境的通信系统。

三 市场趋势

5G 发展的驱动力之一，是上述业务的发展、融合以及新型网络形态的兴起。而 5G 发展的另一大驱动力，或者说是压力，则来自于系统规模的爆炸式发展。这里所说的系统规模包括了数据流量规模以及终端连接数规模。

图 3 给出了我国的 5G 推进组织—IMT-2020 对流量需求增长趋势的预测结果。以北京的某些热点地区（如西单、王府井等地）为例，2020 年左右移动数据流量就将增长 1000 倍左右。数据流量的需求总量与业务类型及终端数量都有着直接的关系。图 4 中首先给出了 IMT-2020 对终端连接数量发展趋势的预测，业务类型对数据流量需求的影响将在后续章节中进一步分析。

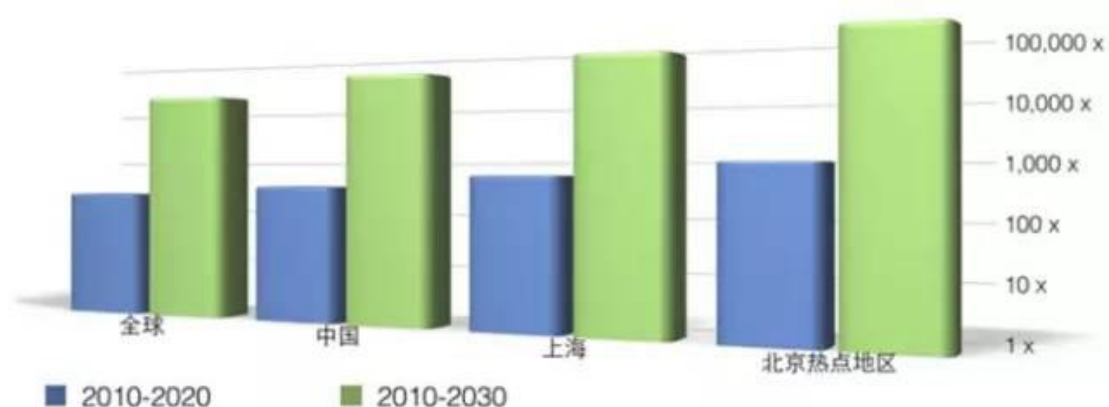


图 3. IMT-2020 对数据流量增长趋势的预测

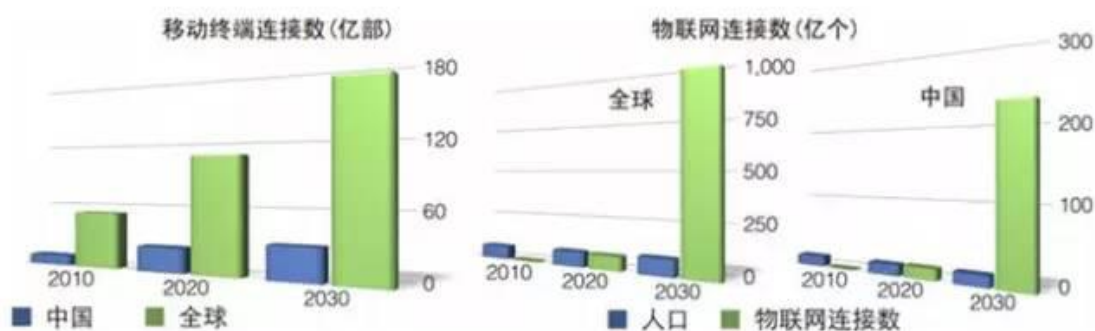


图 4. IMT-2020 对终端连接数增长趋势的预测

根据这一预测，2030 年全球移动终端数量将达到 180 亿部。值得一提的是，随着时间的推移，2030 年左右物联网终端设备相对于人口数和传统移动终端数将会出现巨大的飞跃。图 5 中给出了 ITU 对于移动终端（非物联网终端）数量和终端类别占比的发展趋势预测。从中可以进一步看出，在这些移动终端中，绝大多数将是智能手机或平板电脑等靠流量吃饭的智能设备。

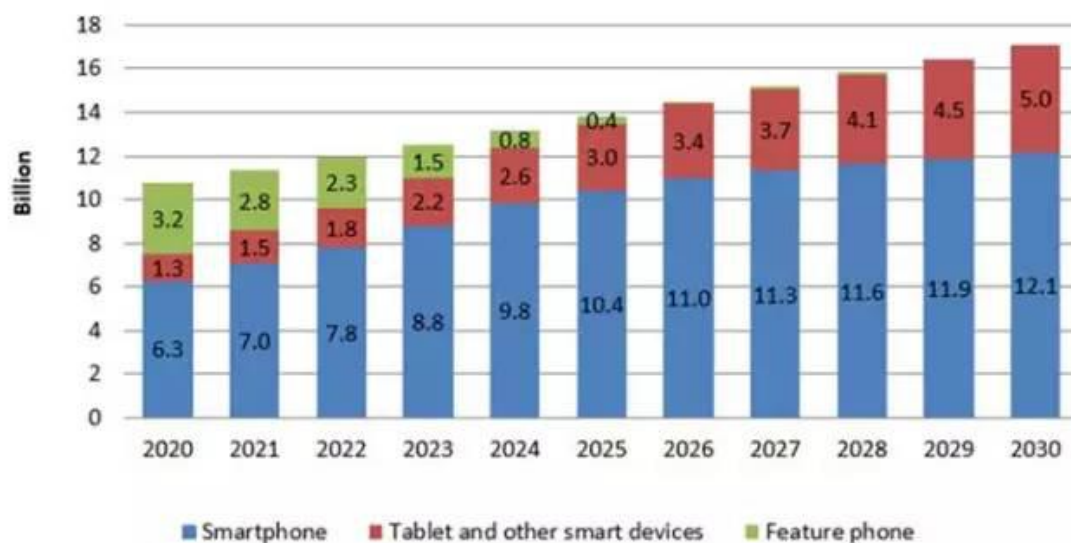


图 5. ITU 对移动终端数量及各类别终端占比发展趋势的预测

四 业务需求

根据第二节中的讨论，巨大的数据流量和巨大的终端数量，必定会对未来的移动通信系统造成巨大的压力。在此，让我们进一步探讨一下，究竟是什么样的业务能够导致数据流量和连接数需求的爆炸式发展。

1 超高清、三维化视频

有效性和可靠性是我们对通信系统的两个最基本要求。所谓有效性即信息的保真度。在从信源到信宿的传递过程中，我们希望通信系统能够尽可能真实地再现

信息源。例如所谓标清、高清、全高清、超高清等一系列概念主要强调对视觉信息细节的再现，追求的是一种分毫毕现的视觉体验，而三维化则可以进一步增进用户的视觉感受。可以想象，对细节视觉信息的精准再现必然会导致信息量的激增和对传输速率要求的大幅提升。例如 8K 的 3D 视频经过 100 倍压缩之后，仍然需要 1Gbps 的传输速率。

2 沉浸式视频/增强现实/虚拟现实

目前，人们对保真度的追求主要针对视觉和听觉信息。实际上，在我们完整的感官世界中，既包含视觉、听觉也包含了嗅觉、味觉、触觉等一系列的感知形式。而且，如果单纯以一种置身事外的方式完美再现视觉信息，并不足以给人真正带来身临其境的所谓临场感受。这种能够完整再现的临场感正是增强现实及虚拟现实技术追求的终极目标。如果要以虚拟现实、沉浸式体验的方式进行通信或在线游戏，除了数据速率需求之外，还会带来对时延控制的极端要求。

3 云桌面

有了强大的计算中心和接入网络之后，很多日常的计算机操作，包括基本的文件存储与读取都可以在云端进行，由此便产生了所谓云桌面的概念。基于云桌面，用户本地可能只需要显示器、键盘、鼠标等基本的 I/O 设备即可。为了获得与本地存储与读取相当的响应时间，必然会对接入网的传输速率与时延产生极高的要求。

4 OTT

OTT 即 over the top，其典型代表包括 skype 和微信等。这是一类令运营商深恶痛绝的业务。Over the top 一词本身就极具挑战意味：over 谁的 top？实际上 OTT 正是骑在运营商的头上，让太岁帮忙给他数钞票。如今的运营商，和我国的铁路系统非常相似：铁路是我铺的，火车是我开的，车上的高价盒饭是我垄断着的，车上推着铁皮小车不厌其烦地高价叫卖啤酒饮料矿泉水鸡爪泡面火腿肠的服务员也是我家亲戚。你们想想，我开着着火车，带着老婆出了城，吃着火锅唱着歌，突然就被麻匪给劫了。对运营商而言，这其中的苦涩和失落感不言而喻。

这群麻匪不知从哪站爬上车来，穿梭在运营商的客户中，以几乎不要钱的方式向乘客们提供各种新奇而又便捷的服务。这群劫富济贫的侠士让饱受垄断之苦的普通用户为之而欢呼雀跃，但却让运营商们万分头痛。OTT 业务需要海量的小数

据包频繁交互,由此会带来信令开销的大幅度增加,从而极大地增加了网络的负担。这样看来,OTT 业务不但占了大便宜,还给网络的运行留下了一堆垃圾。最为关键的是,OTT 业务的激增加速了利润向传统通信业务之外的上层服务的转移,使运营商日渐沦为类似公路和水电煤气之类的低层次基础服务提供者和其他人谋利的通道。

5 极端场景业务体验

LTE 这样的移动通信系统,已经实现了让一部分人先富起来。在信道条件理想、信噪比较高的区域可以通过 AMC 及 MIMO 支持较高的数据速率。但是,如社会现状一样,先富起来的人绝对没有动力带领大家共同致富。通信系统的用户群也是社会的一个缩影,在这样的小社会里,同样不患寡而患不均。因此,数据速率的不平衡往往会导致很多用户的心理失衡,从而极大地影响到用户体验。

当移动通信系统满足了基本的覆盖需求之后,体验不平衡的问题也日益成为系统改进和优化的一个重要方向。诸如 CoMP 等强调协作协同的技术实际上就在沿着这一的思路前进。这样的问题也将成为 5G 系统的重要关注点之一。具体来讲,所谓的极端场景主要包括:速度特别快(如高铁甚至飞机)以及用户特别密集(如

候机楼、候车室、演唱会、运动会、突发事件) 的应用场景。如图 6 所示, 5G 系统希望用户随时随地都能感受到较高的服务质量。

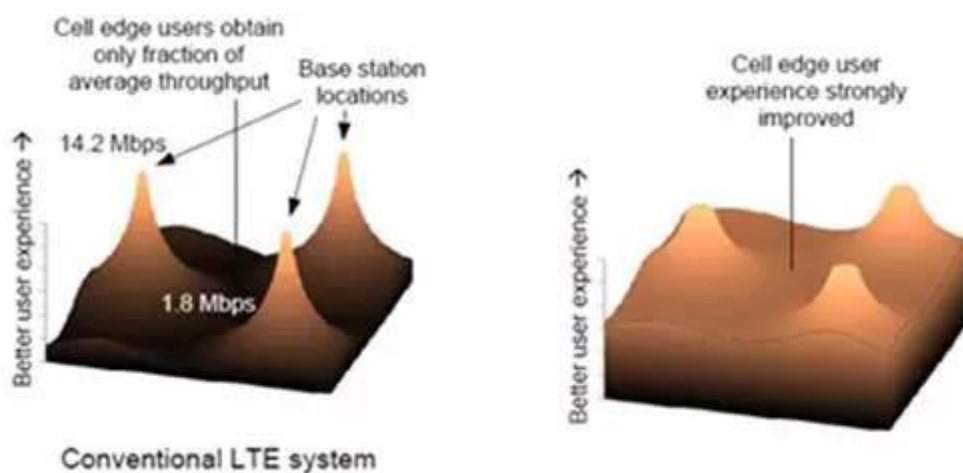


图 6. 业务体验现状 (左) 及均匀化的用户体验要求 (右)

6 物联网业务

物联网业务的主要应用领域涵盖了诸如环保监测与公共安全等领域所需的信息采集, 以及工业、交通和家居领域的信息交互与控制等多种任务。物联网业务的一个重要特点是, 业务类型丰富, 各个类型业务的具体需求差异非常巨大。例如某些极端应用场景中, 大量的物联网设备会被部署在山区、森林、水体等可能非

常偏远而且传播环境相当不理想的地区，以及室内角落、地下室、隧道等信号难以到达的区域。

图 7 中列出了一些典型的物联网业务应用及其对通信系统的具体需求。



图 7. 物联网业务

五 总体愿景

前面提到,未来的移动通信系统将会面临数据流量和终端连接数规模的巨大压力。我们也看到了,究竟是是什么样的业务和用户对通信系统带来了持续的压力。但是这种压力是否就是移动通信系统发展的唯一动因呢?

唯物辩证法认为,事物的发展是内外因共同作用的结果。内因是事物变化发展的根据,外因对于事物变化发展,能够起加速或延缓的作用。所以一般而言,强扭的瓜都不太甜。业务和网络的发展趋势以及来自速率和规模需求的压力,是推进移动通信系统向前演进的重要动力。这股力量一直在屁股后面逼着移动通信系统不停地发展和变革。那么能让移动通信系统持续向前推进的内在牵引力来自什么呢?实际上,最好的内在动力来自于人们内心的欲望和对利益的本能追求。

因此,若要促使移动通信保持持续发展,就需要让各个利益相关方看到足够诱人的前景。图 8 所示的所谓总体愿景图,就为我们描绘了一幅关于 5G 系统的令人憧憬和向往的美好景象。莎士比亚说,一千个人眼中就有一千个哈姆雷特。一部好的电影或者文学作品可以让每个人都能根据自己的人生阅历和认知水平,从中获得不同层面的共鸣,感受到不同的意境。一个好的愿景图,则应该可以让这个系统中的每个参与者都找到属于自己的兴奋点:宅男从这幅图看到了热辣动感美少女;设备商从这幅图看到了大量可以牟利的设备;运营商从这幅图看到了有大规模的通信网络需要部署和运营;各种服务提供商看到了有各种各样的设备和通信手段可以让用户便捷的支付钞票。

图 8 中的一个圈圈，正是 IMT-2020 给众人描绘的一张张香喷喷的葱花油渣芝麻大饼，勾起了所有利益相关方逐利的本性与冲动。而历代的移动通信系统，又何尝不是在这这样望梅和画饼的美好愿景中，靠着众多如夸父般暴走的通信厂商们一路喂着催熟剂瓜熟蒂落的？



图 8. IMT-2020 总体愿景

六 应用场景

了解了可能的业务类型和促进移动通信系统发展的动因，让我们再看看 5G 系统将面临什么样的应用场景，以及在这些场景中又存在哪些具体的挑战。

图 9 中给出了 IMT-2020 归纳的一些典型应用场景。例如，在类似赛场和音乐会的大型集会场所之中，用户分布将会非常密集，必定会产生大量的数据传输需求。这一挑战实际上与现代人的幸福观存在一定的关联。很多人眼中，自己闷头过好了小日子还远远谈不上幸福，他们一定要玩命般地把自已的美好洒遍人间，在朋友圈晒到人尽皆知，刺痛所有亲朋、好友、闺蜜和历届前任的心扉才叫真幸福。

当这样的人出现在密集场所，其扭曲的幸福观将会对移动通信系统造成灾难性的负荷。他们一定会走到哪、拍到哪、晒到哪，一边看热闹，一边多角度全方位地直播自己的幸福。有了这样的用户群，这样的应用场景，5G 系统所面临的挑战可想而知。



图 9. IMT-2020 典型应用场景示例

目前 ITU 初步归纳出了 5G 系统的三类典型应用场景：移动宽带增强、海量连接和低时延高可靠。其中，移动宽带增强进一步可以细分成两个子场景，即广域连续覆盖和高容量热点。前者看似是网络部署的基本功能，后者本身似乎也是一种传统的应用场景。但是根据前面的示例，这两类场景中，系统都将会面临更加极端的连接数、流量以及业务质量一致性压力。另外两种场景中，低功率大连接主要针对物联网应用，而低时延高可靠则主要针对工业控制和车联网等应用。

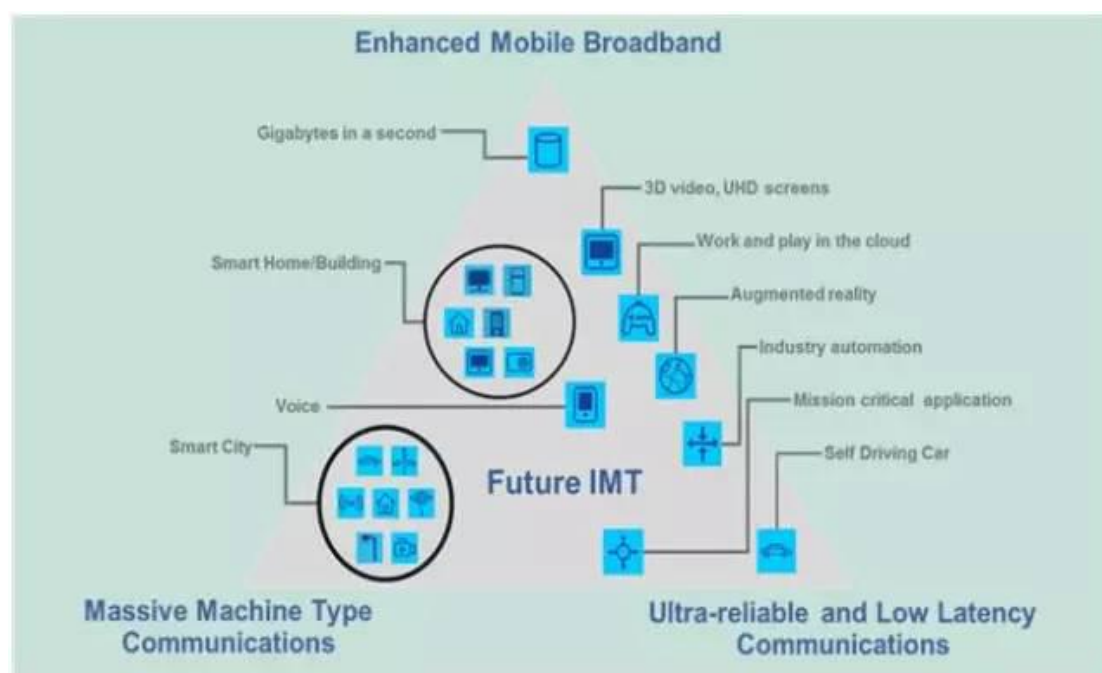


图 10. ITU 对应用场景与典型业务的划分

七 性能挑战

在上述场景中，5G 系统的性能指标需求不尽相同。关于具体的性能需求，ITU 层面已经有了初步的结论。如图 11 和 12 所示，ITU 使用了一套具有 8 个指标维度的雷达图来表征其性能要求。相比于 4G 系统，无论体验速率、峰值速率还是连接数、时延和可靠性都会有相当大的提升。

在各项性能之中，很多人喜欢强调峰值速率。其实这个指标更多是给外行人看的噱头。在一切随缘充满随机性的移动信道中，一个能够以较大概率实现的速率，或者说用户体验速率，才是真正有意义的性能指标。

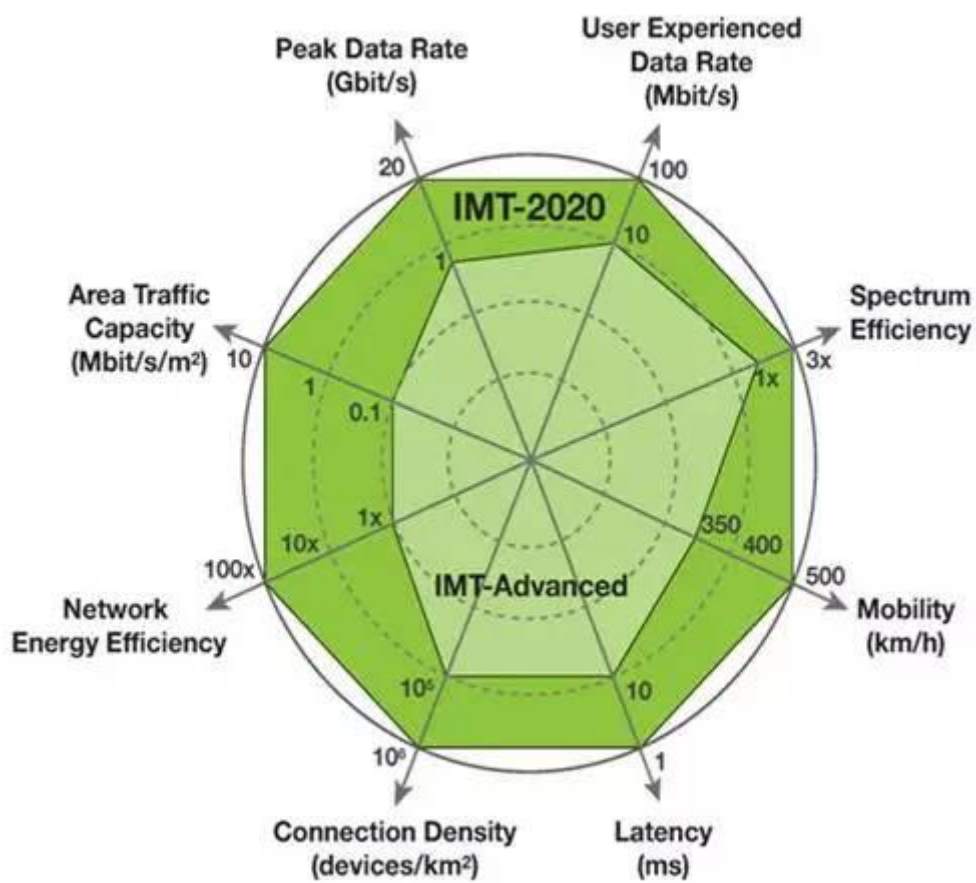


图 11. ITU 对 5G 的性能要求

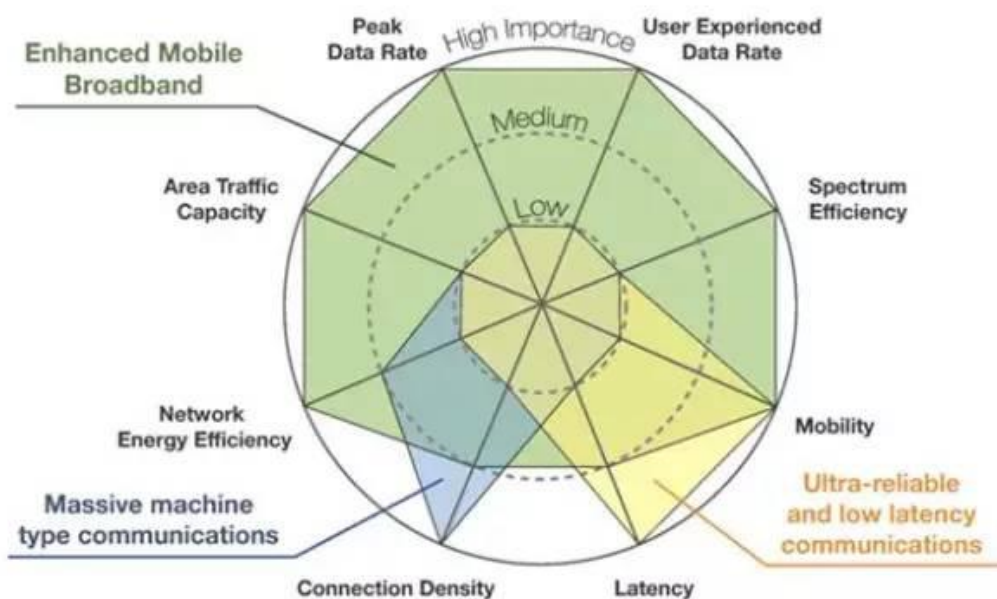


图 12. ITU 5G 性能需求与应用场景的对应关系

相比于 ITU 的雷达图，国人的表达方式显得更为雅致一些。如图 13 所示，我国的 IMT-2020 组织将所有的指标要求更加形象地用一朵所谓的 5G 之花来归纳。其中六个花瓣代表六种关键性能，而红花还要绿叶扶，因此图中用三片绿叶表征三种效率指标。需要说明的是，因成本效率这一指标在实际中难以衡量，最终该项指标并没有被 ITU 采纳。

5G 之花可谓鲜翠欲滴、美艳迷人，而其背后所代表的技术指标也是高得吓人。

此外，图 13 的红花绿叶间，还露骨地表达了 5G 系统将要以绿色、可持续发展的方式，让这匹不能吃饱的老马，背着诸多极端的性能指标需求飞速奔跑。



图 13. 描绘 IMT-2020 系统性能指标的 5G 之花

八 关键技术

5G 之花的盛开，必然离不开一个以坚实的基础技术为核心的强盛根系的支持。

如图 14 所示，在这一根系中，IMT-2020 推举出了最具潜力的 12 种关键技术。

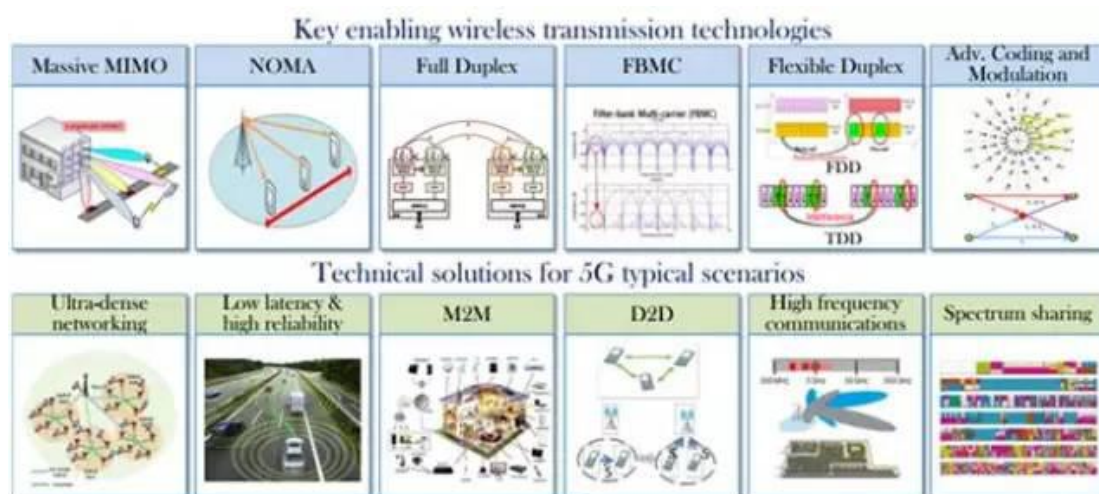


图 14. 5G 关键技术

相比于 1~4G 系统而言，5G 可能不会以一种单一的多址技术为标志。其原因主要在于：面对终端连接数、流量及业务等多方面的严苛需求和复杂多样的部署场景，目前没有一种单一的物理层新技术能够独挑大梁包打天下支撑起所有的技术指标。这一情况，实际上也从侧面戳中了通信技术的一个痛点。历经几十年的超速发展，移动通信技术的理论积累已经日渐枯竭。而产业发展不得不陷入了鸡屁股等蛋，甚至恨不得要杀鸡取卵的焦急状态。

在上述 12 种关键技术中，最有潜力的几个分支包括：大规模天线、高频段、非正交多址和超密集网络。这些技术的核心问题主要还是资源：通过向高频段的扩

展，占据更多资源；通过大规模天线、非正交多址和超密集网络，更高效地利用资源。

九 演进路线

有人群的地方就会有左中右。因此，5G 的演进过程中，一定也会存在路线斗争的问题。图 15 中给出了 5G 系统的可能发展路线。

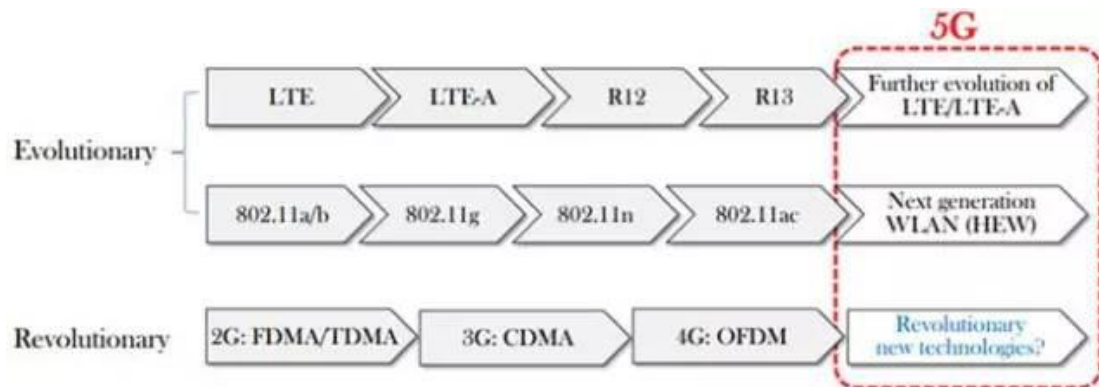


图 15. 5G 系统演进路线

演进型发展路线力图以不杀人不见血或者少杀人少见血的方式，通过平顺的和平演变逐渐实现 5G 的系统目标。实际上 3GPP 在 LTE 标准化过程中就采用了这样一种不招摇、不声张、闷声发财的路线。3GPP 在 Rel-8 提出要对 3G 系统进行

长期演进，但究竟是多长时间的演进，到什么程度的演进，大家都心照不宣。等到 ITU 4G 指标一出，一套超越了 4G 性能需求的 LTE 系统已经成为既成事实。延续这种路线，5G 系统可能难免会带着浓厚的 LTE 气息。

与演进路线针锋相对的，是倡导建立一套完全有别于现有体系的所谓的革命性路线。革命不是请客吃饭，不是绘画绣花，不是做文章，不能那样雅致，那样温良恭谦让。革命是暴动，是一个阶级推翻另一阶级的暴力行动。因此革命路线就是要推倒一切，重头再来。但是基于目前看到的众多潜在技术，追求叛逆的革命性路线想要完全超脱于现有 LTE 技术，也是相当有挑战的。例如，所谓非正交多址技术，本身就没有脱离 OFDMA 技术框架。与其说是一场革命，倒不如说是一种添砖加瓦雕梁画栋式的演进。这也非常充分地说明了，OFDMA 作为 4G 的多址技术本身相当灵活且易于扩展，用于移动宽带系统并没有根本性缺陷。再回顾一下前面提到的几种关键的技术，它们很大程度上都是现有技术思路的演进，或者说极端化：多天线从多到更多、网络覆盖从密到更密集、宽带系统从宽到更宽。所以目前看来，星星点点的一些革命火种尚难以形成燎原之势。

除了势不两立的和平演变和革命路线，实际上还有第三种可能，即走中庸之道的折中主义路线。例如在 6GHz 以下，现有系统已经有了相当完备的设计，因而可走演进路线；在 6GHz 以上频段，信道特征不明而信道资源丰富，完全可以考虑

更为灵活的新空口结构。由于 6GHz 以上的多数频点没有公认的信道模型,3GPP 自 9 月起就会开始高频段信道建模的研究工作。

路线斗争的背后,绝不仅仅是单纯的技术之争,而更主要的还是利益之争。既得利益者希望保持现有格局,之前没捞到好处的希望咸鱼翻身,打破固有势力划分重新洗牌。实际上,在 5G 系统的发展过程中,我们不但要善于打破一个旧世界,更重要的是如何去建设一个新世界。无论是血雨腥风的暴力革命、糖衣炮弹的和平演变还是骑墙观风的中庸之道,推动 5G 都是为了一个更加美好的新世界。从这个意义上考虑,大家殊途同归,各种路线的最终目标都应该是一致的。

十 推进计划

如图 16 所示,5G 系统的推进大致可以分为研究、标准化和产品化三个大的阶段。目前产业界对 5G 系统的推进已经有了相对比较明确的时间表。

- 在 2016 年之前,ITU 会进行针对愿景、趋势和频谱的前期研究工作,而 3GPP 将会开展针对过渡性技术方案的研究和标准化工作。这一阶段的所谓 4G 增强技术,如 elevation BF 和 FD-MIMO 等,实际上已经带有 5G 的影子;

- 2016 ~ 2017 年 ,ITU 将会定义 5G 的系统需求和评估方法 ,而 3GPP 自 Rel-14 将正式开始 5G 技术的研究工作 ;
- 2018 年 , ITU 的 5G 技术需求一出 , 早有准备的 3GPP 马上就能抛出一套完整的 5G 技术方案 , 此后便转入标准化阶段 ;
- 2019 年 , 3GPP 将完成 5G 系统第一版本的技术规范 , 而各厂商也将进入 5G 系统的产品化阶段。

除了 3GPP 之外 ,目前还有很多研究和推进组织正在积极开展 5G 相关的工作。其中包括欧盟的 METIS 及目前的 5GPPP、韩国的 5G Forum 以及我国的 IMT-2020 和 FuTURE 组织。



图 16. 5G 系统推进时间表

十一 国内动向

我国政府对于 5G 系统的研究和推进工作非常重视，提出了 3G 跟随、4G 同行、5G 引领的口号，陆续设立了多项 863 和国家科技重大专项课题支持相关工作的展开。同时，在工信部、发改委和科技部的共同领导下，成立了 IMT-2020 推进组，负责引导国内企业和科研院所进行 5G 的关键技术研究、系统方案设计和推进工作。



图 17. 我国的 IMT-2020 推进组结构

值得一提的是,目前 ITU 已经基本确立采用我国提出的 IMT-2020 作为 5G 系统的正式名称,而 ITU 针对 5G 确立的应用场景模型以及制定的系统需求与技术指标也在很大程度上源于我国 IMT-2020 组织的提议与贡献。

十二 结束语

5G 系统是通信界的又一场蟠桃大会。随着移动互联网和物联网的飞速发展以及更为丰富的业务类型的涌现,除了作为承办方的通信界之外,这场角色扮演的盛宴可能还会吸引到包括计算机、家电、家居、材料与器件甚至汽车制造业在内的五花八门的各路神仙和 cosplay 爱好者。众多门派中,有人想扮演王母娘娘,去主导利益格局;有人只求吃上一口打了催熟剂的仙桃,从而身轻体健得道成仙,跻身于新的领域分一杯羹;有人为了力挽颓势而奋力一搏,要在无限好的夕阳红

里延年益寿 ;有人急于占座 ,先在蟠桃大会的宴会厅里给自己立起了所谓 pre 5G 或者 4.5G 的牌位 ;有人默念着李宇春的《再不疯狂我们就老了》 , 盘算着如何借着这场大会 , 把自己倡导的革命性创新技术加塞进移动通信系统的末班车里。只是不知道 , 谁会成为那只看管桃园的美猴王 , 搅动这十年一局的蟠桃大会 , 成为最终的赢家。

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。

