



5G 行业报告

之一 5G 概述

这段时间人生历练有待充足，想写下关于我了解的 5G，慢慢阐述下 5G 的全景，尝试分享下我对目前市场的认知和未来发展的某些趋势预测。笔者本人是投身于 5G 行业标准化一线的人员，工作内容就是 5G 国际化。紧跟标准行业组织实施进展，实际参与会议 online 和邮件组讨论。之前有若干年的运营商实践经验，参与过 4G 集采招标、现网分析等一线工作，亲自参与并撰写了国内二阶段 IMT2020 5G 无线接入网测试用例的一大部分，亲自参与制定了某运营商的车联网路线图。这两天翻阅了不少的 5G 行业研究报告，确实良莠不齐，我尝试以我的理解，慢慢阐述下 5G 的关联和意义。

本来已经于上周日就写完了，一直再等雪球审核专栏.....后来傻不拉几发现不用专栏也能发.....还是太少来雪球了。这可能不是一篇严谨的行业报告，是以自己的体会、逻辑和预研经验阐述的。一家之言，主观有余，严谨不足，姑妄揣测，以飨读者。

一、业务

首先，从所谓 5G 的三大业务说起。无数券商报告都罗列过 5G 三大基础典型业务，eMBB（增强移动宽带）/mMTC（大规模机器通信）/URLLC（低时延高可靠）。在此对于三种业务类型做简单的介绍，不多赘述。eMBB 是目前 4G 移动宽带业务的继续演进，支持更高速率更高频谱效率更高频段的空口业务，以支持单小区下多用户并发高速率业务，如 VR，AR 等；mMTC 简言之可以认为是大规模物联网设备，以每平方公里支持百万连接为设计需求；URLLC 是针对正在发生和未来可能涌现的极高时延和可靠性要求的业务催生的设计需求，如工业控制、智能车网等。

这些业务需求是如何设计出来的呢？实际和猜想并存。eMBB 业务的增强容易理解，但是纵观移动通信，需求是需要业务实际引领的。2G 技术引领了语音发展，3G 时代虽然技术发展跨越巨大，但是真正实现正向反馈引导技术增强的是以苹果为代表的智能手机迅速普及。4G 时代技术层面进一步解决了速率不足、容量受限的问题，进而大量视频业务反哺了 4G 时代技术的高歌猛进。至于 5G，eMBB 有多大需求？技术角度，VR/AR 等高速率业务在 LTE 下并非不能承载，在业务规模有限、用户数据使用习惯尚未培养完成的情况下，LTE 及其演进系统可以承载高速率业务，毕竟目前现网利用率 20%不到的区域比比皆是。5G eMBB 从相对 4G 提高频谱效率而言，并无 2G/3G，3G/4G 代际差异带来的极大技术演进优势，反之，5G 空口处处的基准线，都是以 4G 的基本设计思想为基底完成的。然而，我们不能等到有了实际的业务需求再进行系统的设计，参考之前经验，先定一个“臆想”跨越式的目标，对于技术发展是没有坏处的，等待业务成熟再行增强相应技术方案。mMTC 是火热的物联网议题，要求高密度接入、低功耗、覆盖好等特性，应该说这个业务放到 5G 的需求里顺理成章，毕竟从 2015 开始，市场已逐渐涌现出愈发迫切的需求。但是 5G 目前的设计框架，却不包含这部分内容。卖个关子，关于这部分内容和技术，专题之二（物联网）有详尽描述。URLLC 业务 4G 阶段完全没有体现（只在后期增强有少许体现，实际应用成疑），作为设计需求方向大类之一的 URLLC 业务，可以说是实际和猜想的结合，实际应用的场景、效果目前并无公认的价值和商业模式，技术角度的低时延也有待端到端验证，但其可用前景诱人，高敏感度控制和反馈在智能工业制造、医疗健康等领域都有潜在需求。结合实际，笔者认为 5G 速率提升很大程度上依赖频谱的叠加，技术角度几乎复用所有 LTE 的设计，从创新角度来说乏善可陈，不过这并不妨碍 5G 系统技术成为当前技术革新的先进驱动力量和市场关注的焦点，原因如下：



1) 5G 是系统概念

移动通信技术的发展催生了相关产业的涌现和持续的繁荣。到 5G，这一切远远不限于空口技术。从网络层面核心网（SDN/NFV）使用，到传输网光网络的构建，从终端层面高频段器件的应用发展，到终端种类的急剧增多，从应用层面各种移动互联网的承载者，到行业应用蓝海的开拓，从云计算成为 5G 架构上的基础服务，到边缘计算的下沉带动低时延应用的进一步崛起，整个 5G 概念设计涵盖传统设备商、运营商、终端公司、射频器件、光纤光缆、云计算、大数据、物联网、智能工业制造、人工智能等多方协作，各个点之间协作共赢，形成技术线面结构，最终呈现为 5G 基础服务先行，业务全面展开，工业手段增多，数据增值明显的一整套 3D 生态体系。

2) 厘清技术和市场视角差异

笔者是技术研究出身，对于技术的敏感度高于市场。出于本身对市场的强烈兴趣，一直关注市场对于 5G 的关注动向。我发现原本认为毫无创新或微小创新的地方，市场视角反倒认为按照某种市场逻辑，或达成一致预期，从而潜力无限。认真思考了这种差异，把自己的思路从实际一线做 5G 标准技术制定的窠臼中解脱出来，意识到市场层面关注的点，是一种新兴技术的到来将会引起哪些行业受益，哪些行业凋零，这个行业和其他行业的关联度是如何的，需要全面审慎的思考和基于专业逻辑的判断。技术本身没有利润，但是技术变革可以带来利润，而 5G 技术框架下，各个行业均有涉及，刨除炒作因素回归本源，当市场目光都投向 5G 的下一步时，这已然就是趋势了。大家都知道顺势而为的好处，不做赘述。

3) 厘清狭义概念和广义认同

有时候看到某些行业研究报告，会出现不甚严谨的用词，都会觉得不太舒服。反躬自省，笔者自己写的 5G 和大家理解的 5G 是否有差异？大到国家层面，提速降费建设全国性的信息高速公路是方针大政，也是长远规划的重要一环。5G 呢，对外有名——自主知识产权，对内有几乎全产业链的企业可参与可依靠，政府机构+著名 IT 企业+强大运营商的结合操作，5G 已不单单是一种技术形态，而是“大家都认为对的事情。”

5G 有一个大的设计原则，叫做前向兼容性。通信标准专家们经常互开玩笑，我们把技术做的这么快，根本没人用，而且搞什么前向兼容，以后新业务再来，ok，我也就用 5G 框架就搞定了。我们取笑自己说找口饭吃，并且要源源不绝地为了全球几百万通信工程师找口饭吃，所以不能把技术做死。但严肃的说，从国家层面和推动社会进步方面呈现，**5G 已成为跨通信领域，涵盖各个技术方向的综合解决方案**，成为深受市场关注的推进社会进步的源动力之一。

二、政策

政府层面的顶层设计实际早已展开。Ta 要的不仅仅是名声，也要实际的效果。国家“973”计划早在 2011 年就开始布局下一代移动通信系统。2013 年，工信部、发改委和科技部组织成立了“IMT-2020(5G)推进组”，推进组负责协调推进 5G 技术研发试验工作，与其他国家建立 5G 交流与合作机制，推动全球 5G 的标准化及产业化。2014 年国家“863”计划启动了“实施 5G 移动通信系统先期研究”重大项目，围绕 5G 核心关键性技术，先后部署设立了 11 个子课题。2016 年“新一代宽带无线移动通信”国家科技重大专项，全面启动了我国 5G 技术研发试验，依托推进组目前已完成第一阶段测试，预计今年底完成 5G 技术二阶段测试。



《十三五规划纲要》提出积极推进 5G 发展，布局未来网络架构，于 2020 年启动 5G 商用。2017 年 1 月 17 日工信部发布的《信息通信行业发展规划》，工信部、国家发改委联合发布《信息产业发展指南》，从中大致可归纳出：

到十三五末期，信息通信行业第一大发展目标“覆盖陆海空天的国家信息通信基础设施进一步完善”，其中有“5G 启动商用服务”；第四大发展目标“我国成为 5G 标准和技术全球引领者之一”，到 2020 年，5G 高速、移动、安全、泛在的新一代信息基础设施基本建成。国家信息基础设施建设工程——“5G 发展与商用”工程成为信息产业的主要任务之一。

仔细分析提速降费这一热门政策的现实意义和国家意志，提速降费对运营商而言是头上悬着的一把剑，逼着运营商少挣钱多铺路。如果站在更高的层面，就会发现这是社会信息产业转型的先决条件之一。从上述各种政府报告、规划中也能明显读出 5G 的“基础”作用。不仅仅如上文所述，5G 覆盖面广，技术辐射能力强，更重要的是，把 5G 做大做强是国家意志，这也是整合各条先进技术保证平稳融合的大平台。

回到 5G，其实这也可以看做是提速降费的政策延续性表现。还是那句话，跳出通信简单的单一技术，多想想为什么这个方向受重视，除了技术本身具备包容性，市场产业链参与者的热情高涨（因为能挣钱），政府层面的战略布局意义（有名望有实效），持续稳定经济转型的大平台（提供众多工作机会和投资机会，尽力追赶全链条技术领先），5G 确实是和生活息息相关，又是产业升级的先决条件之一，直接和间接价值将会逐步凸显。国家层面对基础工程的空前重视，也就不难理解了。先把基础道路搭好，跑什么车，就看各自能耐了。目前只看到了政策的倾向性，但是尚未看到实质性融资、税收、研发等方向的扶持性动作，但是笔者认为未来可期。

三、时间

我们首先看国际上统一的标准计划。在 2017 年 9 月 14 日刚刚结束的 3GPP RAN#77 全会上，形成了 5G 的空口技术方案，也基本从技术方案上确定了提交 ITU 的时间。（ITU 和 3GPP 的关系，大致理解，ITU 提需求，是全球协同领导者，3GPP 做具体技术实施方案和最终产品紧密相关，3GPP 将技术方案提交 ITU 完成最终 5G 版本的评估和确定，一个领头的和一个打工的，但是打工的决定技术走向）如下 Figure 1 Figure 2

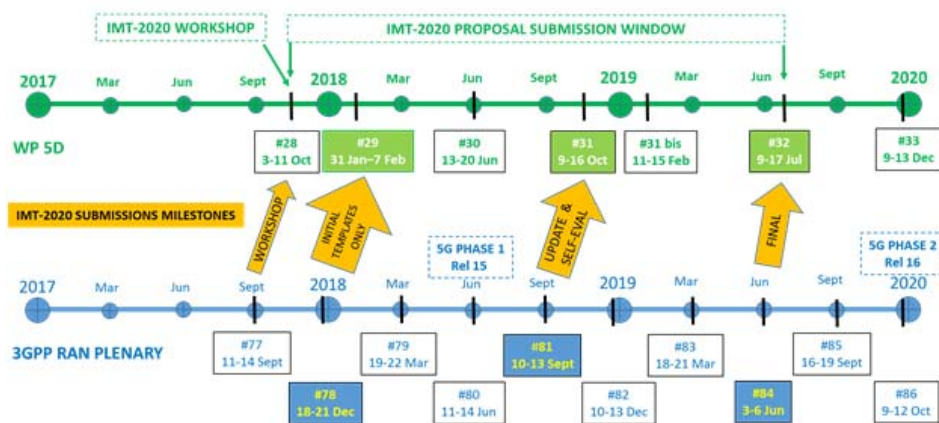


Figure 1 5G 提交时间计划



Submission Milestone Name	3GPP Meeting	ITU-R Meeting	General Submission Content	Submission Templates (Release Basis)	Self-Evaluation (Release Basis)
Workshop	RAN # 77 Sept 2017	WP 5D #28 Oct 2017	Overview	-	-
Initial Templates Only	RAN # 78 Dec 2017	WP 5D # 29 Feb 2018	Description Templates	Description Templates 5.2.3 (R15)	-
Update & Self-Eval	RAN # 81 Sept 2018	WP 5D # 31 Oct 2018	Description Templates Compliance Templates Self-Evaluation	Description Templates 5.2.3 (R15) Compliance Templates 5.2.4 (R15)	Self-Evaluation (R15)
Final	RAN # 84 June 2019	WP 5D # 32 July 2019	Description Templates Compliance Templates Self-Evaluation	Description Templates 5.2.3 (R15+R16) Compliance Templates 5.2.4 (R15+R16)	Self-Evaluation (R15+R16)

Figure 2 详细时间计划

可以看到，最终版本的提交是在 2019 年 7 月，完成满足所有 5G 需求内容。但是明白通信业界玩法的人都知道，真正第一版本商用的不会是最终提交 ITU 的。根据目前的时间轴计划，2018 年 3 月提交的最初版本，可以完成基础的产品开发。现在回到 5G 技术本身，谈一下我对商用的看法：

- 1) 标准技术角度：2018 年 3 月可以完成 5G phase1 第一版本冻结，这一版本只针对 LTE 和 5G NR 紧耦合制式，换句话说，这个版本的 5G 必须依托于 LTE 网络的覆盖，从网络建设和终端渗透来说，这一步不见得会有较大规模商用；phase1 会在 2018 年底全部完成，这个版本支持独立部署的 5G。用我们的话说，时间仓促下，初始版本不好用概率比较大，修补的地方会较多。并且，在提交给 ITU 的 5G 技术候选方案中，LTE 演进技术也作为 RIT (Radio Interface Technology) 呈交，这意味着，从技术角度，4G LTE 演进也是 5G 的一部分。
- 2) 产品实现角度：正常的产品研发都是紧跟标准迭代进行的，预计大厂会在标准冻结 3 个月宣称具备商用设备/芯片能力，考虑到后续的大范围的互通测试、布网测试、端到端能力测试等，成熟规模商用应至少在 9 个月至 1 年后。此外，5G 核心网产品的成熟度和引入效益仍存有较大疑虑。终端产品高通最近宣称 2019 年即会有商用手机，这个时间正常合理，但是终端和网络需协调发展，有可能这个因素会导致网络部署加速。
- 3) 运营商运营角度：实不相瞒，目前公开的三大运营商的演进策略和时间表笔者大概都知道是怎么拍出来的，我自己还亲自拍了其中的一个……从这个角度，您觉得这可信度有多少？是个预估，但是绝非实锤。从几个维度出发考虑运营商：4G 的钱收回了吗？4.5G 演进做了多久？5G 能带来多大收益？上 5G 需要多少投资？什么范围的 5G 覆盖？5G 一定会做，可是不一定会那么快，即使在国家推动的背景下，市场才是撬动资本的唯一动力。
- 4) 初期商用最大的动力应是竞争压力。运营商已近红海，存量博弈成为主旋律，谁用先进的技术谁能抓用户，不用先进技术的公司就越发落后。实例类似韩国，每个运营商都争相上新技术，不上新的用户比例下降明显。如果某运营商全网大力建 5G 网络，那么另外两家势必跟进，这会导致 5G 建设层面井喷之势。但是这种可能性，有多少呢？截至 2016 年 12 月，中国移动建成 151 万个 4G 基站。中国联通建成 74 万个 4G 基站，中国电信建成 89 万个 4G 基站。中国移动计划，到 2017 年 12 月建成 4G 基站总数增加到 177 万个，中国联通打算在 2017 年新建 15 万个 4G 基站，中国电信将会在 2017 年新建 27



万个 4G 基站。如此海量基站的投资，会在 5G 伊始就大范围上新？恐怕不现实。

5) 历史周期，2008 年中国引入 3G，2014 年 4G LTE 发放牌照，2015-2016 是建设高潮，这尚有大前提是国内比国外晚引入 4G LTE 近两年时间，根据国外部署经验已然少走了不少弯路。按照代际周期，2019-2020 年即使发放商用牌照，预计象征意义大于实际意义。

所以，笔者认为和大多数分析不同，**2021-2022 年才有可能看到 5G 的初始规模商用**。前期的启用更多为了品牌宣传和热点覆盖，对产业链成熟起到铺垫和引导作用。当低频频谱和高频频谱结合使用，业务使用习惯被逐渐培养起来，新兴商业模式在 5G 体系下得到印证，成熟技术被市场认可，真正的可比拟 4G 的大范围引入应当不早于 2022-2023，此间会和新衍生业务交互融合，形成新一代通信推动力量。所以，市场上关于 5G 的预期已然裹挟东风而来，但是要有心理预期的是，实际兑现可能需要等待更久。建议关注 5G 概念股票的人士，可以适当延展耐心，静候利润增长点来临。

需要指出的是，物联网的时间点不在上述分析范畴。物联网属于 5G 重要业务的一部分，但其情况特殊，另文 5G 研究报告之二专题分析。

题外话，通信标准界有个玩笑话，单数的 G 都不好用，双数的 G 存活时间久、功能强（1G 模拟语音通信，大哥大；2G GSM/GPRS，现在依然深广覆盖举足轻重；3G 国内制式迥异，产业分化；4G 速率高稳定性强，产业指向明确），加之仓促的完成时间，难免会觉得 5G 这套系统设计.....让我们期待 6G 吧.....但是考虑到 5G 是一个更高层次平台的变革，其实际意义远大于技术意义，让我们拭目以待吧。

四、产业

首先明确，本节内容是产业“链”，也是产业“图”，非但是点线链条关系，也是图谱关系。各个要素之间互相渗透，相辅相成，你中有我，我中有你。

1. 频谱

频谱是移动通信技术的基石。由于低频频谱近乎分配完毕，5G 最大的特点是引入了高频频谱用于增强业务速率。所谓低中高频，没有特定的划分方式，一般认为 6G 以下为低中频段，6G 以上为高频段。高频由于频率高，波长短，衍射性能不好从而覆盖特性堪忧。6 月 6 日工信部发文，拟在 3.4-3.6GHz 和 4.8-5GHz 两个频段上部署 5G。6 月 8 日，工信部公开征集 24.75-27.5GHz、37-42.5GHz 或其他毫米波频段 5G 系统频率规划的意见。拟释放 8.25GHz 的高频资源。3.4-3.6G 频段是目前国际主力 5G 潜在漫游频段，各国分布较均衡；在高频段，中欧主推 24GHz 频段而美日韩力推 28GHz 频段。在 9 月 12 日美国 MWC 电信展上，FCC 主席宣布本年末 FCC 将为 5G 频谱分配投票，其中包含了 24GHz 候选，这为全球统一的高频统一分配带来曙光。

频谱直接决定器件设计和产业难度。例如，如果美日韩最终决定使用 28GHz 频段，而中欧决定使用 24GHz 频段，那么面对如此宽带，滤波器、功放 PA 的设计都成为瓶颈。此外，从 LTE R10 引入的载波聚合，在不同的频带组合的堆砌下，使用的元器件复杂度和数量都呈上升趋势。在高频引入的多天线波束赋型和波束管理下，对于器件的要求进一步升高。

频谱决定网络和终端制式。国内运营商频谱是分配而来，而根据分得的频谱又直接决定了网络部署的策略，网络建设和终端制式既彼此依赖，又互相引导。针对 5G 更特殊的是，第一阶段是 LTE 和 5G NR 作为组合呈现（LTE 作为锚点的 Non Standalone 形式），每种不同的 LTE 和 NR 的频段组合，在载波聚合外又一定程度上增加了实现复杂度。



由上可见，频谱是网络部署策略制定和实施的先行条件，同时也是终端设备复杂度决定因素之一，其对网络、终端等都有较大影响。

2. 网络

A. 传输网

5G 空口将峰值速率从 150M-300Mbps 提升到 10Gbps，考虑到高频段的频谱不断叠加，达到 20Gbps 也未可知。因为目前无线产品分离形态未定、前传接口未知，在此不进行对于传输数据量的详细计算。有一句很简单的话，5G 部署，传输先行。说的就是在 5G 空口速率极大提升的情况下，无线接入回传网络和前传网络都面临升级压力，必须先完成传输链路的改造，5G 空口的极高速率才能完全发挥。无线接入传输网络需要完成基站到 RRU（前传）、基站和集中节点（CU/DU 分离，中传）、基站到核心网（回传）三大部分传输任务，同时各地市、各省级数据中心 IDC 的建设需求进一步迸发。除此之外，5G 传输网由于业务应用的需求，需具备低时延、高同步精度等的要求，同时面对切片化、可编辑、统一管控（核心网部分阐述，虽然个人认为不太可行）等要求，加之数据速率的急剧提升，目前网络势必要求进行升级。

现状：简单说来，传输的目的是将数据从一个点传送到另外一个点，传输网络大致可以划分为骨干传输网（城域、省域通信）、无线接入传输网、宽带接入传输网。不能将一个传输网络割裂开来，对于骨干网而言，对下是解耦的，不管任何数据从哪汇聚上来，我只需要完成的任务是将该数据传送到合适的位置。无线接入、宽带接入等传输网，通过光纤直驱、层层汇聚等多种方式，部分通过直驱达到目的节点，部分通过骨干网找到核心网节点。OTN（光传送网）和 WDM（波分复用）在目前业已得到广泛的应用。

下面谈下和产业紧密相关的传输网器件：光纤，光芯片/模块，光传输设备。光纤本身是物理介质，也是 OTN 传输、直驱传输的承载路径。光纤的铺设在过去几年有跨越式的发展，尤其以中国移动为甚，新建整体宽带占据新增量的 60% 以上。光纤是基础资源，初始铺设成本较高，中国联通和中国电信由于存量光纤较为丰富，新建量不大。未来几年，在面临 5G 的传输需求时，在光纤新建铺设告一段落后，光纤光缆行业本身可能并不会发起新一轮的疯长，甚至在经过前期的建设后，2020-2021 年会出现瓶颈期。随之而来的，更可能采用 WDM 的方式。WDM，就是将不同的光波长通过波分复用的方式通过一条光纤传输，可以想见，其好处就是在光纤资源受限的时候提供共纤传输方案。这在未来的 5G 前传解决方案中势必举足轻重。WDM 在骨干网领域已有广泛应用，但是在前传领域，由于其价格因素，应用并不十分广泛。面对 5G 的前传需求，使用 WDM/高速光模块将是最直接便捷的选择。与此同时，关于数据中心 IDC 的建设，为完成数据中心内部传输和数据中心之间传输的需求，高速彩光模块也成为升级的必要选择，因此，高速光模块的需求量预计会有一个大的飞跃。光模块是由光器件为核心，增加了一部分电路和结构件完成对应功能的单元，如 Figure 3 所示，其主要作用是完成光电信号的转换。其中光芯片是光模块的上游核心器件，也占据了光模块成本的 40%-60%。

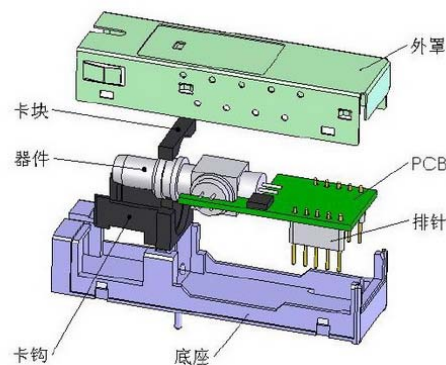


Figure 3 光模块示意图（来源于某报告）

预计从 2018-2019 年，各大运营商会掀起 5G 传输网的建设小高潮，以迎接第一阶段 5G 试商用测试的到来。**高速光模块预计会成为增长的高热区域**，可关注具备光模块、光芯片核心技术的相关公司，光迅科技、昂纳科技、中际装备等。长期**关注光纤光缆具体表现，未来几年警惕国内因素导致可能出现的停滞风险**。如亨通光电、烽火通信、长飞光纤等。

OTN 对以太网、Fiber channel、CPRI 等业务的映射封装，都是在板卡上完成的，也就是说，关于光传输运维 OAM，都是在光通信传输设备上完成的。关于光通信设备的升级改造，主要仍会是华为、中兴、烽火、贝尔、科锐安等企业，升级主要影响其上游光模块业绩，不加赘述。

传输网是基于容量的，5G 的发展只是传输网更新升级的原因之一，但是并不能直接导致传输网的大范围更新。如果空口速率没有预想的高，可能传输网的升级换代将会滞后。

B. 核心网

5G 伊始，大家都意识到 5G 重要的目的是网络重构的开端，其对于核心网的变革程度要大于无线接入网。为什么这么说呢？因为传统的电信网结构，各个网元都是专用设备，各网元之间通过接口互联，厂家壁垒森严，IOT 操作频繁。通信架构一步步向着 IT 化、开放化发展，通信基础设施的变革也需适应“云化”，为适应这种趋势，于 2017 年 8 月 28 日结束的 3GPP CT3/4 小组联合会上，确定采纳 TCP, HTTP/2, JSON, Restful、OpenAPI3.0 的组合为基础，对 5G 核心网协议进行标准化。新一代的设计带来的诸多优点：面向未来、实现快速部署、集成和发布新的网络功能、便于第三方开发等，也更加适应了开放的网络环境。

说到 5G 网络架构的改变，就不能不说 SDN/NFV 关键技术。SDN（软件定义网络）具有提高网络资源利用率、加速网络创新、提升端到端用户体验、降低设备复杂度等优点。理想情况下，SDN 通过控制面/用户面分离，网络的流量的进行灵活控制，可以为未来 5G 不同场景提供切换方式，提高网络面向复杂场景下的整体接入性能；同时按需编排网络资源,实现网络切片和灵活部署，满足端到端的业务体验和高效的网络运营需求。NFV（网络功能虚拟化）技术，是解耦了软硬件，将网络设备的功能从网络硬件中解耦出来，将电信硬件设备从专用产品转为商业化产品；理想情况下这破除了之前核心网专用设备的壁垒，对于运营商而言可以引入更多的市场玩家，从而降低成本；此外，通过 NFV 可以加快产品和新业务推向市场的速度，因为无需改变硬件，又由于有了动态分配硬件资源的能力，可以在较短时间增加网络功能，从而增加了灵活性/扩展。当然，这一切都是建立在真正标准化、可实现的解耦程度上的。目前运营商只能作为一个协调的角色希望将各家应用接口统一起来，但是既得利益厂家各怀目的，并不会真正推动完全的解耦，大家立场不一，真正实现完全的资源动态迁移，还有很长的路要走。



长远的看，虚拟化趋势不可阻挡，可是真正首先成功使用可能不会从电信网络开启，真正替代仍是长期的过程。技术其实已经成熟，商用公司比如华为、中兴、烽火等也都具备端到端能力，短期来看，SDN 将会一部分首先实现与数据中心，通过各大阵营博弈后的标准化，逐步完成应用推广。建议可以关注星网锐捷、紫光股份（新华三）等相关股票。

C. 无线网

对于 5G 通信系统的投资大头，无线设备（基站、RRU、天馈）等每次都是运营商集采的重中之重。5G 在无线侧有几个大的变化，一是引入了 CU-DU 分离（集中-分布式单元），二是引入了高频段，下面分别说这两大方向对市场参与者的可能影响。

CU-DU 分离，之前也提到过，除了带来“中传”这一新的传输网需求，还会带来两大变化：一是 CU 的集中，给边缘云计算（MEC）和初步虚拟化带来可能；二是 DU 的分离，加之高频段的影响，小基站可能会步入快速渗入期。在本节开头即说明，产业链之间互相渗透，不是单一技术导致的进步，而是各种技术之间的交叉灵活运用，边缘云和 CU 本是独立的两件事，可是架构上天然相关，技术上也可由共通的实现可能，我们在第五章会对边缘云计算做出阐述。小基站，一个直观的印象就是功率较低，覆盖范围有限。同时在面对高频部署的情况下，其部署量会有较大增长。小站目前可以和多种新型技术结合，如无人机基站等。DU/小基站数量的增多，会直接导致相关配套市场需求上升，如射频、天线、馈线、相关配套供电设备等。

5G 预计会释放并商用大量高频段资源，已完成峰值速率的提升。高频段的应用直接带来两大直接后果，小站的增多和大规模天线（在此不赘述 MIMO 技术）的使用。高频覆盖有限，上文也提到对应基站数量将会提升，大规模天线的使用，会直接利好有射频、天线等技术积累的厂家。移动通信系统射频器件主要由滤波器、双工器、合路器等，是通信基站的重要外延设施。射频器件制作具备较高技术含量，设计门槛较高，时间经验积累作用明显等特征。且在运营商采购时，直接向集成设备商采购整套基站，射频、天线供货商直接向设备商供货，其对质量、产能、研发配合等方面都有较高的要求，新进入者不易，反倒和设备商维持长期关系的供货商更易获得资金、研发优势。从全球来看，2016 年全球前三大天线厂商占据了全球 67.8% 的市场份额，其中华为 31.6%、凯瑟琳 21.0%、康普 15.2%。高频段另外引入的波束赋型技术，目前标准化并未完全完成，但是波束管理、方向赋型等方案在高频段势必会有极大的应用，而灵活波束需要天线有源化，且具备支持 TDD+FDD 组网、多波束混合等多种要求，智能有源天线 AAS 具备较大增长空间。

提到基站射频，有一个一直以来存在但是未被广泛使用的新技术，就是 GaN 氮化镓技术。基站 RRU 单元占据基站整体耗电的 60% 以上，而 RRU 单元中 PA 功耗占据 RRU 整体耗电（PA、收发通道、ACDC 转化等）的 80%-90%，传统的 PA 工艺采用 LDMOS（横向扩散金属氧化物半导体）工艺，目前功率效率已到瓶颈期。而 GaN 器件可以提升功率效率搞到 10%，每年节电数量可期。GaN 具有更高的功率转化效率，更快的转换速度以及更高的功率密度。新兴的 GaN 功率元件采用一种拥有类似于 SiC 性能优势的宽能隙材料，但拥有更大的成本控制潜力，尤其是高功率的硅基 GaN 具有更大输出功率与更快工作频率，已被广泛看好成为下一代的大功率元件。知名市场研究公司 IHS IMS Research 的报告也显示，未来十年，受到 5G 基站、汽车毫米波雷达、大功率电源、太阳能逆变器以及工业马达的需求驱动，新兴的 GaN 功率半导体市场将以 18% 的速度稳步成长，预计在 2022 年以前，GaN 功率元件的全球销售额将从 2012 年的 1.43 亿美元大幅增加到 28 亿美元。Yole 于 7 月发布《2017 年 RF 功率市场与科技报告》指出，GaN 将于未来 5~10 年成为 3W 以上 RF 功率应用的主流技术，LDMOS 部分则将继续衰退。同时，笔者获悉在产业链上游，飞思卡尔等企业已于 2015



年完成 GaN 射频功率晶体管，并极力游说各大运营商使用。由于在 4G 发展时期，该项技术成本较高，并未得到推广，在 5G 时期，顺势 5G 基站新建东风，**GaN 将有望替代应用 LDMOS 作为基站主流 PA 供件**，规模应用也将从批量生产降低成本。此方向国外企业几乎占据垄断地位，国内三安光电、能讯半导体、纳维科技公司具备较多技术积累。

运营商在目前的部署中，已经需要考虑到未来引入更多天线的平滑演进，据 ABI Research 统计，到 2019 年全球发货的 FDD 天线中，6 端口以上比例将超过了 60%并逐年增加已经成为行业主流产品形态。综上，**基站数量的增多、高频的使用，势必将带来射频器件、天馈线数量上的增量上涨**，考虑到目前的规模和 5G 时代逐步增加的基站数量，笔者认为国内可关注大富科技、武汉凡谷等射频领先企业，国内以通宇通讯、摩比天线为代表的天馈企业也可持续关注。

3. 终端

终端产业链非常丰富，本报告主题是 5G，重点在于 5G 会引起终端哪些器件的革新或者投资机会，其他终端常态性质的屏幕、触控、摄像头、电池、声学器件、外观件等不做评论。对于终端，芯片部分（高通、MTK、展讯等）不做赘述，大致分为两部分阐述：

A. 射频前端（RFFE）

智能手机器件的重要部分是 RF 器件，负责信号的发射、接收、调制、解调等功能。射频前端则是 RF 的核心部分，一般包括 SAW 滤波器、双工器（Duplexer）、低噪放、功放（PA）、开关、天线等器件。双工器负责双工切换以及接收/发送通道的射频信号滤波；功放负责发射通道的射频信号放大；开关负责接收通道和发射通道之间的相互转换；天线负责射频信号和电磁信号之间的互相转换。

对于滤波器，首先从支持的制式来说，2G 到 3G 再到 4G，滤波器使用的个数平均看来是呈递增趋势的，这和所使用的频段增多、空口制式叠加有关；同时，在 LTE 中引入的载波聚合，需要具备多频段同时工作的特性，滤波的本质就是选择性通过有用信号，尽可能抑制干扰，同时越高的 Q 值（临界抑制比）意味着越陡峭的边缘效应，可以更好的完成滤波功能。但是高 Q 值面对更多的频段组合，意味着更高复杂度。本质上，双工器、通向双工器等器件也是滤波器的集成。5G 中，又新引入了 EN-DC（EUTRA-NR Dual Connectivity）的概念，除了同制式载波结合之外，将 LTE 载波和 5G NR 载波进行异制式聚合，这进一步增加实现的频段组合个数；从上述不难推断出，面对制式的进步和频谱组合的叠加，**5G 时代的滤波器需求将持续旺盛**。

当 5G 的频率主要在高频时，**滤波器的更新换代也势在必行**。滤波器原有的声表面滤波器主要工作在 1.5GHz 以下，显然满足不了 5G 的高频部署。BAW 体声波滤波器在 3、4G 时代已有应用，且更适合高频使用，BAW 滤波器的尺寸还随频率升高而缩小，更加适合手机应用。在 5G 的频段要求下，BAW 滤波器的需求必将显著提升。此外，5G 呈宽带化发展趋势，必然对应要求滤波器的带宽随之扩展，这也为滤波器的设计带来新的挑战。目前，村田、Avago、Qorvo 几乎垄断了滤波器的制造市场。建议国内关注信维通信。

和滤波器类似，由于频段组合的增多，PA、开关等的个数也随代际呈上升趋势。整体而言，面对高频大带宽的要求，RFFE 个数整体都将增加。这就带来了芯片集成、封装的需求。SIP 封装（System In a Package 系统级封装）是将多种功能芯片，包括处理器、存储器等功能芯片集成在一个封装内，从而实现一个基本完整的功能。目前，国外厂商几乎垄断了整套射频前端设计方案，对 OEM 厂商而言，单模块解决射频问题永远是最简单的方案。但是其实



面临不同的需求，SIP 也要求滤波器、PA 等厂家积极与 IC 封装厂家合作，完成不同客户需求。智能手机封装市场国内方兴未艾，长电科技、通富微电可以加以关注。

最后稍提一句，物联网、可穿戴设备等的大量新型终端的海量连接对于 RFFE 的需求是显而易见的，关于物联网的连接数预测等见系列之二。

B. 嵌入 SIM (eSIM)

2017 年 9 月 13 日，Apple Watch Series 3 正式发布。其内嵌 eSIM 体系，这是一种焊接在设备硬件上的虚拟 SIM 卡，不需要设置独立卡槽，可以通过 OTA 写入/升级，目前在六省联通支持使用。2016 年 6 月，中国人工智能公司出门问问就已经联合中国虚拟运营商民生通讯发布了智能手表 Ticwatch2 的 eSIM 业务，是中国首款支持 esim 的智能手表。eSIM 技术在方便用户便利地更换终端的同时，也降低了用户的转网成本，使得用户可以更方便地更换运营商，因此在引入之初一度受到运营商的抵制。但随着 GSMA 协会认定 eSIM 卡是未来趋势并于 2016 年公布了基于消费电子的 eSIM 远程配置规范，国内运营商对于 eSIM 的态度也随着物联网业务的发展和可穿戴设备的火热而有了明显改观。虽然 eSIM 不是作为 5G 的关键技术存在，但是面临 5G 大潮，海量终端连接，eSIM 籍其优势也极有可能乘风而起，进入海量终端市场。建议关注东信和平。

4. 服务

5G 相关延伸服务主要包含系统集成、系统运维、系统/终端测试等。系统集成、系统运维/代维在 3/4G 时代已经得到长足的发展，5G 时代的服务提供商提供的服务内容料不会有大的改变。关于系统/终端测试，可关注相关针对 5G 协议栈测试仪器仪表公司。

5G 引入了切片管理服务。这个服务的初衷是针对不同的专网运营需求，希望通过提供灵活的、可编辑的、资源隔离的网络服务，使得运营商在面临不同的业务需求时，能够快速响应。其技术基础是核心网虚拟化，方便快速生成端到端切片。然而，笔者个人并不看好该业务未来若干年的扩展性，原因如下：1) 资源完全虚拟化难度极大，面临各方博弈；若采用一家方案，其实并未达成引入竞争的目的；2) 用例不明。根据业务要求不同，专网要求特定的安全、隔离度，切片很难彻底取代专网；3) 最大的例证物联网，但是物联网业务已独立部署核心网和无线接入网，成为“畸变”的事实切片，也不再需要真正灵活的切片维护。这是一场目前看来设备商和运营商努力营造的幻境，需有待长期业务检验，是否能常态化引入垂直领域有待观察，同时，也无法吸引更多其他的市场玩家，不建议过分关注。

另外一个引入的服务可能是无线回传。5G 在具备了高频段大带宽能力之后，在某些环境下可具备中继/回传的功能。Verizon 重点在 5G 部署 CPE，即家庭 wifi 接入点使用 5G 空口进行回传，国内目前各大运营商暂无该业务计划。国内某些场景，使用微波回传可以规避相当的部署难度。5G 又由于天然的带宽和容量优势，成为无线回传的极好选择。可关注国内直放站、微波中继等企业。

最后一个我认为 5G 能够长久提供的，是宽带视频的发展逻辑。从技术角度来看，5G 提供了视频业务的基础服务承载，从视频业务本身来看，直播、监控、人工智能、VR/AR 等的逐步推广应用，也需要 5G 提供端到端保障。直播和监控等业务随时随地需要高效的上行传输，5G 的上行高速率正好弥补了 LTE 在容量上的不足，低时延抖动的需求，5G 可以通过更短的 RTT 达成。



五、辐射

本节介绍从 5G 辐射出的相关其他技术，或者说，5G 作为大的基础平台能够提供的价值和内容。如下内容互相渗透彼此包含，共同在 5G 的基础设施上进行数据的迭代沟通。

A. 物联世界

照理说，物联网是 5G 的重要组成部分，之所以把物联网放在这一章节，是因为物联网可外延的内容实在是太丰富。大家耳熟能详的万物互联、智能 XX、车联网等等，都可以看做泛在物联网大体系下的小生态。随之衍生的端到端产业链，芯片、模组、设备、仪器仪表、连接管理、平台、数据分析、智能控制、AI 应用等等，都可以给产业链的伙伴带来可分享的效益。

车联网是物联网中重要的、相对独立的一个环节。毕竟车联网跨越了传统通信和传统汽车工业两大行业，其融合的特性更加明显，对于市场的影响也更加深远，个人非常看好车联网在未来 5-10 年的发展，其具体内容不在此赘述，联同物联网整体将在系列之二进行分享。

今后的世界，物与物沟通，物与人沟通，除了广域覆盖的物联网设备，还有物物直接通信的 M2M，再有足够聪明的机器，那么机器成网，人物互联，移动设备和固定设备动态组网，其沟通内容可涵盖生活消费、工业控制、智能制造等多个行业，加之合理预测和自学习体系，那么生产效率和效率必然显著提升。独立报告详加论述。

B. 边缘计算

云计算早已成为大众皆知新技术，并且已经得到了很广泛的应用。5G 的特点之一是网络架构重构，数据机房也成为 5G 的标配之一。然后，大型 IDC、CDN（内容分发网络）节点往往居于区域中心位置，从传输架构上讲一般处于接入网上层环，这就对业务/运算的时延带来不利影响。移动边缘计算正是 5G 时期可能发扬光大的一种业务引流方式，是融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台，就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求，更能提升接入网的能力与价值。简单说来，边缘计算涵义广泛，既包含业务层面的下沉（下沉到无线接入网层级），以此带来时延缩短的体验和核心网负荷的减轻，也包含边缘控制链路的迅速响应，对车联网等时延敏感业务的提供良好支撑。

目前已有的 CDN 企业，或各大互联网公司、运营商自建的 CDN 节点，从架构上离移动边缘尚有距离，而 MEC 的本质是一个平台，这个平台融合了业务、控制、能力开放，希望将 CDN 或者源服务器的内容移植，或将本地专有化资源（如直播、局部导览等）上载边缘云服务器，达到更贴近用户的效果。传统设备厂商华为、中兴均具有完整解决方案，也可关注传统 CDN 企业，如网宿科技等的表现。

移动边缘云计算也是数据的整合平台，提供例如位置、内容等信息，在数据开放平台中进一步阐述。



C. 数据为王

信息时代一切往来沟通的载体都是数据。数据价值不仅体现在对于本行业的影响，不仅在于本行业的深入分析挖局，也体现在交叉领域的互相优化。数据使用往往不仅仅限于一种或一类数据的整合分析，更多地是和其他场景、业务数据交融，从而发现更有价值的业务应用或者问题解决方案。

5G 时代，数据的来源来自终端、接口、应用和平台。海量的终端连接是数据的重要来源，也是新型“用户”的数据入口，将成为必争之地。设备之间互联的接口也是数据分析的重要来源之一，往往涵盖了较多易被忽略但有价值的信息，也蕴藏了问题的发现和解决。应用自不必多言，各大 OTT 厂商手握用户数据和自有数据封装，运营商也试图打开业务体验层面的数据通道，直接从用户角度分析。平台的种类也多种多样，企业自建平台、共有平台等，平台的除了管理维护和使能，很大程度上也是为数据获取服务的，如 MEC。

5G 时代，数据行业细分是分析价值的驱动趋势。行业数据有自身逻辑，大数据的应用不仅仅是大范围大规模数据的意思，还有数据本身的内在逻辑。研究数据的目的是获取价值，而发现价值的关键在于理顺数据内在的关系。运营商希望通过信令分析和用户价值分析确定用户习惯，交通数据分析希望提供高效率的出行指引，医疗大数据通过分别不同的科目有不同的应用价值，如疾病检测、血压血糖跟踪、快速诊断等等。数据分析需要针对每个行业的内在逻辑，进行分门别类的整合梳理，才能体现数据的价值。

5G 时代，数据应用的趋势是行业融合。获得本行业数据后，分析判断不仅限于本行业，可能需要将相关行业数据加以融合，这需要行业专家和数据专家的多重背景优势。5G 时代的人工智能，笔者认为本质上依然是基于不同的数据进行算法实现，从混合场景提取有价值的部分。笔者认为，人工智能/智能制造需要结合行业数据，找到和传统行业结合的点，真正实现产业升级和所谓人工智能的现实落地。比如 AI+工业制造，AI+安全，AI+汽车，AI+金融等等。

5G 时代，数据隐私、安全需得到保证。如何保障良好的隔离度，保证开放平台的数据安全性，以及端到端的数据安全性，尽可能屏蔽掉不同的接入网、平台带来的泄露隐患，从云网络架构最终解决数据安全问题。

云计算、数据、人工智能企业太多，不一一列举。建议理解其内在关系，整体看待行业趋势，同时优化专注点，深入了解一个分支和其他领域的结合，方便看清整体-局部的真正趋势。

D. 网络开放

网络开放，顾名思义将网络的部分内容、数据开放出来，许可并供给第三方使用数据、服务等。3GPP SA6 也在制定相关标准接口，运营商也承接这一火热概念。前文已述，CU 和 MEC 的使用，使得网络能力开放有了基础平台，当然，网络能力开放也有可能是核心网层面的数据内容。此外，考虑到开放，就得考虑到安全，如何保证用户隐私和数据安全，是开放要平衡的另一问题。

网络开放主要是为了解脱运营商的创新束缚，很多面对用户的数据分析和产品迭代运营商没有这个基因。能力开放最关键的点是将数据、管道开放出来，提供给第三方，使得第三方可以直接面对用户进行增值业务，将以前运营商无法直接利用的数据价值挖掘出来。当然，参考几方的利益点，运营商目前不见得有实际这样强烈意愿和需求，因为涉及到数据、费用等模式都不明晰；平台提供商乐见其成，把各方都拉入作为其产业链整合的玩家，自身还可



卖平台的钱；第三方开发者，面对不同的数据可以有自己的整合方式，关键看能够提供什么样的数据。目前看来，整个链条的价值设定并不明晰，且运营商开放数据面临节点混乱、无统一出口、无统一格式等等问题，在看不到直接的利益之前，这部分推动阻力较大。

目前讨论的开放能力主要针对用户签约、用户位置、业务优先级等数据，今后可期的开放能力如果将切片化、专网等垂直应用行业数据开放出来，将会迸发更大价值，笔者个人认为这涉及的利益方过多，数据开放不易被允许。可以对该方向参与者保持持续关注，静待市场奇点到来。

E. 安全基础

5G 安全架构相较 4G 并无革命性的变革，基本的鉴权机制和横纵向的密钥管理原则不会有大的改变。但是 5G 涉及到的行业、应用、数据等方方面面极多，面临的架构调整又纷繁复杂，安全既包括前面提到的数据安全，也包含通信传输的安全。从芯片、软硬件、容灾等常规安全考虑，到几乎可以涵盖以上所述的物联网、数据平台、云计算、IDC、CDN/MEC 等的云安全，整个安全基础覆盖几乎 5G 生态的方方面面。加之考虑国内关于网络安全的高度重视环境，5G 时代的安全不仅仅限于 5G 技术。建议关注国民技术、飞天诚信、绿盟科技等安全类公司，重点考虑覆盖有云安全产品的公司企业。

六、总结

前段时间，各种报道某运营商在 X 地新建全 X 第一个 5G 基站，实现初始商用 BlaBla，扯淡。什么是 5G，什么时候能部署？其实，5G 不远也不近。技术产品的成熟，各方力量的结合，国家意志的体现，市场真正的接受，新型业务的开拓，都需要时间。

我一直想说的是，5G 是技术生态的一个承载者，是整个产业链的基础部分。从技术趋势出发，结合实际遇到的困难和各个行业走向，跳出通信这一局限领域，站在更高的角度，思考更长远更广泛的利益。我其实也不完全认同通信同仁在纯为自己找事情做这种说法，毕竟，技术进步是社会发展的源动力，勇于开拓供给挖掘潜在需求也是推动不断往前的方式，很难说一定要先有应用需求，再提供技术进步。5G 是当前的一大风口，风口就是预期，预期未来的世界会因为 5G 带来什么改变。某些时候，不是技术本身决定，是顺应大家的预期，是顺应了大企业大政策的带路，当发现真的有可实际应用落地的商用价值、业务模型后，这项技术、这个趋势也就坐实了。当真的发现某些方向不能够真的使用，自然法则也会给趋势带来一些修正。在此过程中，笔者思考回归的出发点是什么受到市场喜爱，什么能用，什么能有落地价值，这个价值是如何和上下游配合的，各个利益相关方能不能赚到钱，如果能赚到钱，这个钱是怎么从头流转起来的。这些天大量阅读了不少机构的研报，想说，还是得保持独立的思考，真的知识经验和了解的东西还是太不足了。这是写给自己的话吧。

最后简单提下广电和铁塔的影响。广电 2016 年受发“半张”牌照，主要在固网运营方面成为第四运营商，成为 5G 无线运营商的可能性不大。铁塔最近开始自建数据机房，小站、光纤等也大量自主建设，5G 时代参与度明显提升。

精力所限，5G 也很难做到面面俱到，更难做到巨细靡遗，很多地方数据力度和深度需要不断增加内功。