

5G 技术通俗讲解



互联网改变了世界，移动互联网重新塑造了生活，“在家不能没有网络，出门不能忘带手机”已成为很多人的共同感受。人们对移动互联网的要求是更高速、更便捷、更强大、更便宜，需求的“更”是没有止境的，这促使着移动互联网技术突飞猛进，技术体制的更新换代也随之越来越快。很多用户刚刚踏入 4G 的门槛，5G 时代很快就要来到了。

5G 该会有什么样的技术？很多专家都有过预测，但能让外行人能看懂的文章一篇都没有，毕竟通信专业的门槛较高，特别是对未来技术的演进问题更难以科普，这篇文章的写法很特别，初中生水平就能看懂，通篇只需要您懂一个公式【 $\text{光速} = \text{频率} \times \text{波长}$ 】。

一、绪论

1、双驼峰规律

一项新技术概念出现后，在业界会出现一个研究讨论的高潮，这是第一个驼峰。相关的学术论文会产为热点，成堆的博士硕士依托这项新技术完成了毕业论文，虽然很热闹，但这仅仅局限在学术研讨层面上，而在具体的技术实现方面还存在着很多问题，或者因成本原因而根本无法量产。

研究讨论高潮逐渐降温，这是第一个驼峰的下落期，接下来是低调务实的技术攻关，这个平台期可能几年也可能一二十年，当技术问题都解决后，就会迎来商家量产和投入市场的热潮，这就是第二个驼峰。

按照国际电信联盟关于 2020 年的规划，5 年后就要全面进入 5G 了，而到现在核心技术体系还没有确立。回顾 3G 技术发展史，国际电信联盟于 1998 年 6 月 30 日接收了 3G 技术提案，并迎来了第一个驼峰期，直到 2009 年 1 月 7 日，工业和信息化部正式发放了三张 3G 牌照，这才进入到第二个驼峰，平台期持续了 11 年，特别是三张牌照之一的 TD-SCDMA，直到

2013年才真正成熟，平台期长达15年，可刚成熟4G时代就来临了。

按照“双驼峰规律”，5年后将在全球推广使用的技术，应在2010年左右就迎来第一个驼峰，而不会在2020前的两三年横空出世，然后迅速被国际电信联盟确定为全球的5G标准，这违反了一般的技术发展规律，不太可能成真。

2、通信技术的极限

通信技术可以用八个字概括，那就是调制、解调、编码、解码，这些技术发展到现在，已经普遍到了平台期，例如编码的效率已经接近了极限，内部挖潜增效的余地越来越小，有些业界大牛甚至觉得通信已经没啥搞头了，转行去了医疗设备行业，把其扎实的通信功底用在了高精尖医疗电子设备研发方面，以追求更有希望的未来。

您可能会有疑问：科学技术越来越强，为什么不能把极限突破了呢？其实通信技术的极限并不是技术工艺方面的限制，而是建立在严谨数学基础上的推论，在可以遇见的未来是基本不可能突破的。

根据技术发展的“双驼峰规律”和通信技术发展的现状，不大可能会在未来几年里横空出世个令人惊异的新技术，5G 技术应是现有技术的新组合，是 4G 技术的再演进。为什么要有个“再”字？因为 4G LTE 的后三个字母就是长期演进的意思，5G 应是在 4G 基础上的再演进。

二、5G 关键技术

1、增加带宽是关键

5G 最显著的特点是高速，按规划速率会高达 10~50Gbps，人均月流量大约有 36TB，如此高的速率该靠什么资源来支撑呢？必须要靠更大的带宽！



带宽用字母 B 来表示，它就好比是道路宽度，最大速率用 C 来表示，它就好比是道路的最大车流量。显然

易见，4车道的最大车流量是2车道的2倍，8车道的是2车道的4倍，这非常好理解。

增加车道数是提高最大车流量最直接有效的方法，同样地，提高速率的最直接有效的方法就是增加带宽。我依然记得读研究生时，老师在讲到带宽时掷地有声地说“你们给我记住：高速就是宽带，宽带就是高速！”。



人们对通信速率要求越来越高，迫使着信道的带宽就越来越宽，几根电话线的带宽不够，那就增加到几百根，几百根不够就换成同轴电缆，电缆带宽不够就换成光纤，有线通信的带宽就是这样一代代地递增着。

而手机通信使用的是无线信道，那它的带宽是如何增加的呢？核心方法就是采用更高的频段。

波段	频段范围	频段名称	波长范围
甚低频 (VLF)	3~30kHz	甚长波	10~10 ⁷ 米
低频 (LF)	30~300kHz	长波	10~1千米
中频 (MF)	300~3000kHz	中波	1000~100米
高频 (HF)	3~30MHz	短波	100~10米
甚高频 (VHF)	30~300MHz	米波 (超短波)	10~1米
特高频 (UHF)	300~3000MHz	分米波	10~1分米
超高频 (SHF)	3~30GHz	厘米波	10~1厘米

上过初中的都知道【光速=频率×波长】这个公式，知道这个公式就能看懂上面这个表格了，频率与波长成反比，两者之积等于光速，即 30 万公里/秒。

请看表格中两个黄色块的数据，数值都是 3~30，但单位不同，甚低频段的整个带宽是 27kHz,超高频段的整个带宽是 27GHz,后者是前者的 100 万倍！由此可见，频段越高且带宽越大，这点非常好理解，好比是低保户和大富豪都拿出全部的财产，后者会比前者多得多。

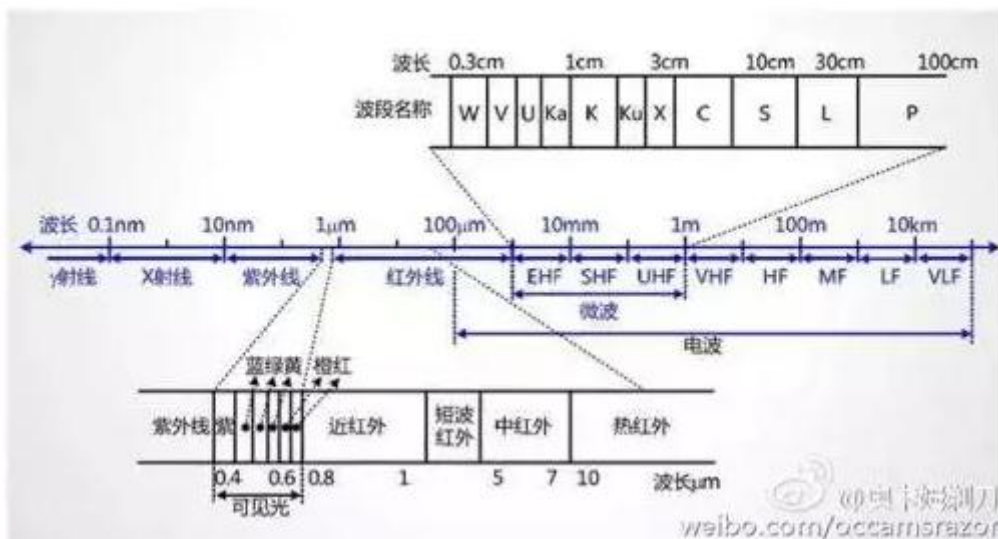
所以关系就来了：5G 时代若想更高速，就得使用更大的带宽，而要取得更大的带宽，就得使用更高的频段。4G 之前使用是特高频段，5G 就得往超高频甚至更高的频段发展了。根据国际电信联盟的专家预测，将来

有可能使用 30GHz~60GHz 的频段，俄罗斯专家甚至提出了 80GHz 的方案。

30GHz 以上的频段，比上表中最后一项的超高频还要高，其波长自然要比厘米段更短，那就是更短的毫米波，因此毫米波就顺理成章地成为了 5G 的一项关键技术。

2、毫米波技术

电波传播的特性很有趣，频率越高（即波长越短）的电磁波，就越倾向于直线传播，当高到红外线和可见光以上时，就一点也不打弯了，这是个渐进的过程。



毫米波一般不用于移动通信领域，原因就是它的频率都快接近红外线了，信道太“直”，移动起来不容易对准。

请想象一个场景，您拿着激光笔指远处墙壁上的图钉，是不是一件很困难的事？

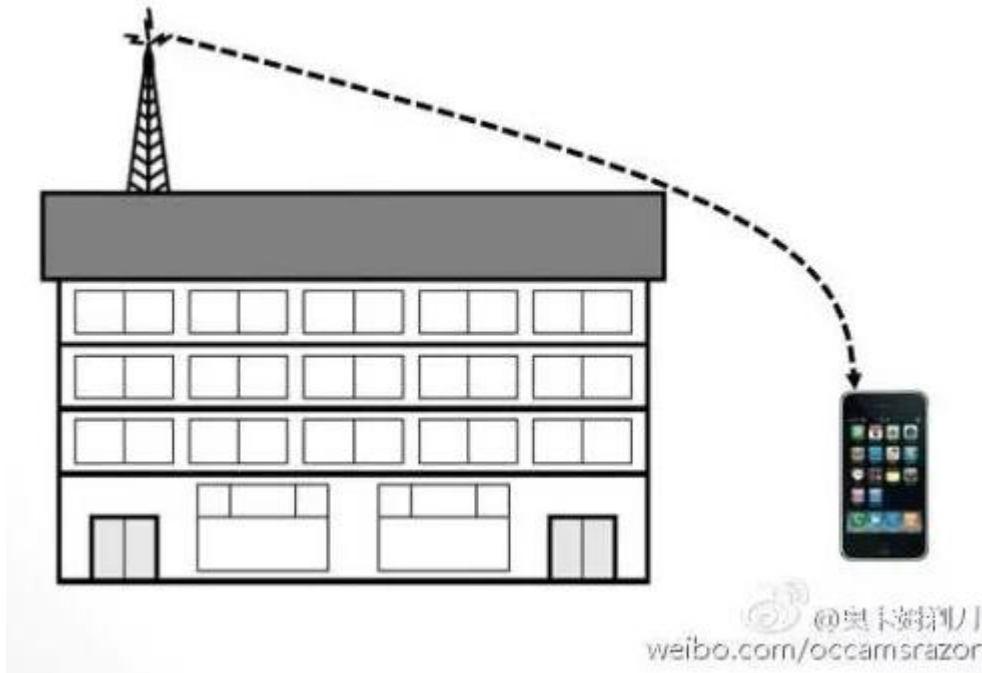
例如卫星车就很难“动中通”，开动起来车身摇摆，天线（就是那个大锅）就很难对准卫星，通常只能驻车后工作，而且必须精细调整天线的角度，使其电波的辐射方向正对着卫星，否则就无法通信。

手机是移动使用的，不可能打电话时还举着手机瞄准基站的方向，那样实在是反人性。虽然在非正对方向也有信号，但强度会明显衰弱，使用体验会比 4G 之前要差得多。



电磁波有五种传播模式，相对于未来的 5G 时代，我们现在手机的频率要低得多，其绕射能力还是不错的，

楼房阴影处的信号也没太大问题，因为信号可以绕着到达。



而未来 5G 的频率会高得多，绕射能力会下降，信号只能傻楞楞地直着走，以往信号能到达的犄角旮旯就到不了了，那该怎么办呢？这就引出了更一项技术——微基站技术。

3、微基站技术

请您脑补一个场景，小区中心只立着一盏路灯，阴影面积当然会很大，而如果在小区里均匀设置很多路灯，阴影面积则会小得多了。所以说，将传统的宏基站变成站点更多密度更大的微基站，是解决毫米波“直线问题”的有效方法。

这只是微基站的一个原由，还有一个更强大的原由。**5G**时代的入网设备数量会呈爆炸性的增长，单位面积内的入网设备可能会增至千倍，若延续以往的宏基站覆盖模式，即使基站的带宽再大也无力支撑。这个原由很好理解，以前的宏基站覆盖 **1000** 个上网用户，这些用户均分这个基站的速率资源，而进入 **5G** 时代后用户的速率要求高多了，一个基站的资源就远远不够分了，只能布设更多的基站，例如让每个基站只负责 **20** 个用户，分餐的人少了，每个人自然就能多吃。

基站微型化则设布设密度会加大，为避免基站之间的频谱互扰，基站的辐射功率谱就会降低，同时手机的辐射功率也会降低，这有两个好处，一是功耗小了待机时间会增加，二是对人体的辐射会降低。传统基站好比是房屋中间的火炉子，近处烫远处冷，而 **5G** 的微基站就好比是地暖，发热均匀更加舒适。

微基站数量大幅度增加后，传统的铁塔和楼顶架设方式将会扩展，路灯杆、广告灯箱、楼宇内部的天花板，都会是微基站架设的理想地点。

波长缩短到毫米波还会有什么影响呢？还会影响到手机天线的变化，这就是下一节要说的 **5G** 另一项技术——高阶 MIMO。

4、高阶 MIMO

根据天线理论，天线长度应与波长成正比，大约在 $1/10\sim 1/4$ 之间，当前手机使用的是甚高频段（即分米波），天线长度大约在几厘米左右，通常安装在手机壳内的上部。

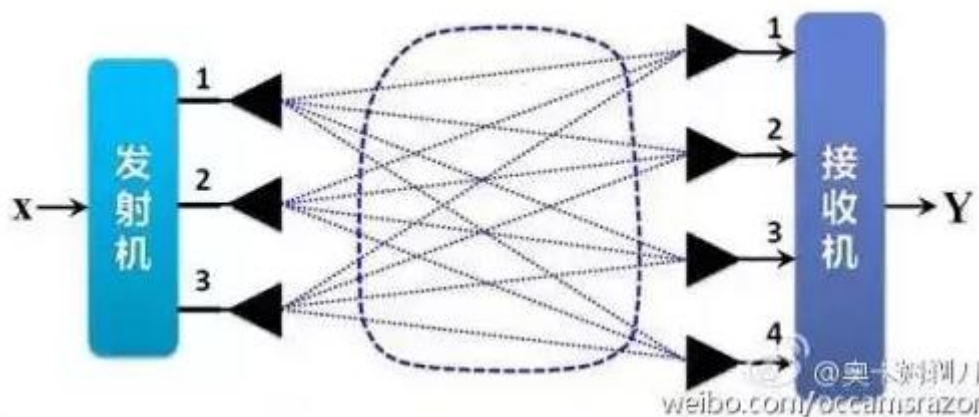
天线的长度为什么应在波长的 $1/10\sim 1/4$ 之间？因为这个比例可使电波的辐射和接收更有效，为什么会更有效？这我就知道了，这得问物理学家。

5G 时代的手机频率在提升几十倍后，相应的手线天线长度也会降低到以前的几十分之一，会变成毫米级的微型天线，手机里就可以布设很多个天线，乃至形成多天线阵列。

多天线阵列要求天线之间的距离保持在半个波长以上，手机的面积很小，现在的手机天线是几厘米长，多天线阵列是难以设置的。而随着天线长度的降低，特别是 5G 时代的毫米尺寸天线，就可以布设多天线阵列了，就给高阶 MIMO 技术的实现带来了可能。

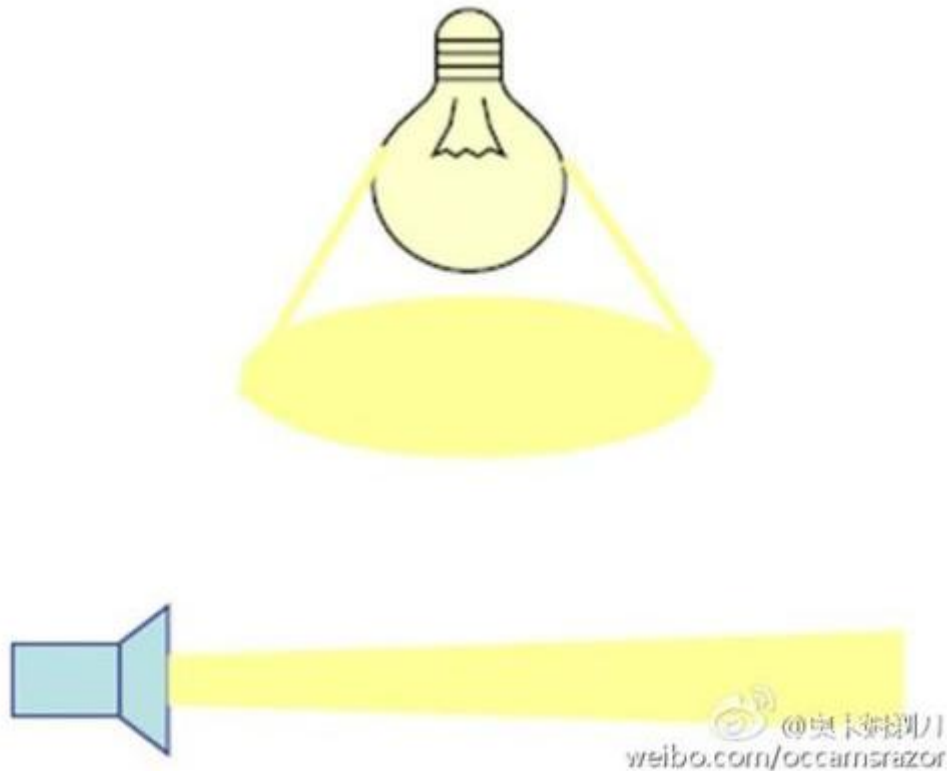


啥是 MIMO 呢？其英文简写是“多入多出”的意思，高阶 MIMO 的意思是指基站与手机之间有很多对的信道并行通信，每一对天线都独立传送一路信息，经汇集后可成倍提高速率，这当然是件极好的事。

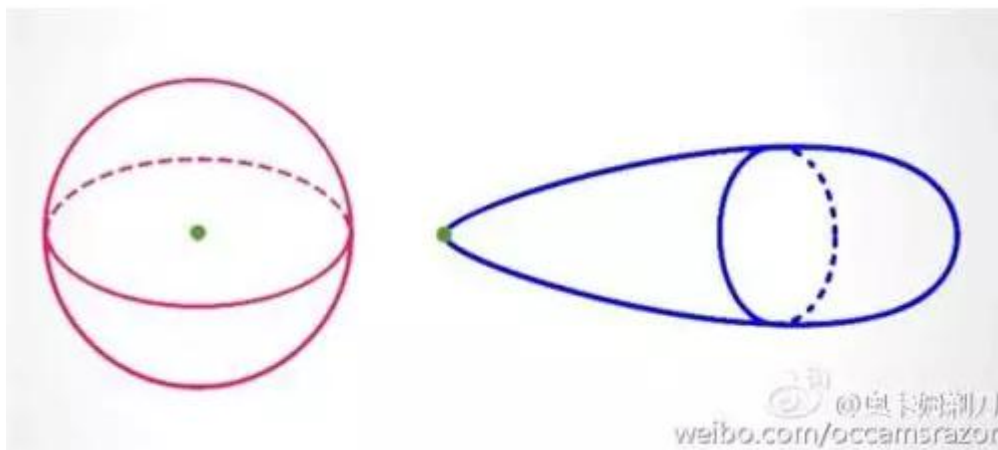


不知您是否思考过这个问题：因为基站不知道您在哪个方位，所以它跟你通信使用的电磁波是全向辐射的，就好像是电灯泡发出的光那样，只有到达你手机的辐

射才是有用的，其它方向的辐射都是浪费的，这种巨大的无用辐射还成为了其它手机的干扰。



如上图所示，因为手电筒的能量更集中，所以比灯泡照的更远，基站与某部手机的关系就相当于光源与被照射物的关系，现在基站与手机的关系就是灯泡模式，不管手机在哪个方位，都会把针对这部手机的信号进行全向的辐射，当然绝大多数非正对方向的能量都是浪费掉了，而且还成为了其它手机的干扰。



能不能把灯泡模式改成有指向性的手电筒模式呢，即把上图左面的全向辐射样式改成右面的这种窄波瓣样式呢？从而提高能量的使用效率？这就是下节要说到的波束赋形技术。

5、波束赋形技术

中国主导的 3G 国际标准 TD-SCDMA 有六大技术特点，其中有一项就是智能天线，在基站上布设天线阵列，通过对射频信号相位的控制，使得相互作用后的电磁波的波瓣变得非常狭窄，并指向它所提供服务的手机，而且能跟据手机的移动而转变方向。

由全向的信号覆盖变为了精准指向性服务，这种新形式的无线电波束就不会干扰到其它方向的波束，从而可以在相同的空间中提供更多的通信链路，这种充分利用空间的无线电波束技术是一种空间复用技术，这种技术可以极大地提高基站的服务容量。

遗憾的是这项技术并非在 3G 时代得到应用，但在 5G 入网设备数量成百上千倍增加的情况下，这种波束赋形技术所能带来的容量增加就显得非常有价值，波束赋形技术很可能成为 5G 的关键性技术之一。

波束赋形技术不仅能大幅度增加容量，还可大幅度提高基站定位精度，当前的手机基站定位的精度很粗劣，这是源于基站全向辐射的模式。而当波束赋型技术成功应用后，基站对手机的辐射波瓣是很窄的，这就知道了手机相对于基站的方向角，再加上通过接收功率大小推导出手机与基站的距离，就可以实现手机的精准定位了，并因此而扩展出非常多的定位增值服务。

6、综合分析

任何更新换代的关键性技术，都必须是经历过多年研究的成熟技术，按规划还有 5 年就要进入 5G 时代了，不太可能突然出现一个全新的技术并被吸纳为 5G 的国际标准中，考察 5G 的技术发展脉络还得从成熟技术中寻找答案。

在传统的宏基站大覆盖的情况下提速是非常困难的，20%的频谱利用率的提升都是了不起的成就，而在 5G

时代的千倍提速要求面前，这种内部挖潜的方法是行不通的，只有通过大幅度的加大带宽才有可能。

加大带宽是起点，由此而产生的毫米波、微基站、高阶 MIMO、波束赋型等都是顺理成章的技术趋势。只要把基站做得足够小，其服务范围变窄了，单个用户获得的资源就能足够大，速度就可以提高到足够快。

所以说，5G 的任何一项关键技术都不会有革命性的突破，其上千倍综合能力的提升，更多地是来自移动网络的重新布局。

三、后记

这篇 5G 科普您一定能看懂，而且还能理解一环扣一环的 5 大技术的原由，甚至觉得这是理所应当的。其实，这种易读性并不容易做到，尤其是技术门槛很高的通信专业，能让外行越容易理解的文章，就越能体现作者的功力，这还真不是王婆卖瓜，而是一个在教育界有共识的道理。

真正的道理都不繁琐，往往就是一句话的事，难就难在把这句话提炼出来让更多的人理解。我写过不少科普，现在看来对这篇是最满意的，因为这篇讲的不是“是什么”，而是“为什么”，是什么好讲，为什么难说，

尤其是把“为什么”给外行人讲清楚，做到让他们理所应当式的理解。这篇文章的内容次序和写法上进行了反复斟酌并屡次重写。

微信扫码下方二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。



赠送资料部分如下：

- 5G-NR物理层过程（控制）
- 5G-NR复用与信道编码
- 5G-NR物理层提供的服务
- NR物理层概述
- 华为5G Use Case商业价值评估白皮书
- 5G无线通信的新技术
- 5G-NR物理信道与调制
- 5G高频段关键器件
- 5G无线通信与4G的典型区别
- 5G、天线、后盖的关系
- GSMA《5G网络切片白皮书》全文
- 5G传输网（中移动解析版）
- 详解5G的六大关键技术
- 5G大规模天线技术及其他空口技术详解
- 5G Massive MIMO系统架构及测试技术
- 5G光传送网技术
- 5G新空口L1底层分离技术解读
- 5G——RAN78概要
- 04-5G多连接网络架构及标准化进展
- 05-5G大规模天线技术及其它空口技术v1
- 5G毫米波通信
- 5G介绍概述
- 5G超密集组网网络架构及实现
- 5G-无线通信网络蜂窝结构体系和关键技术
- 5G移动通信-无线架构-RAPP-CoDe-RAN-Architecture
- 5G移动通信关键技术综述--蒋红梅
- 03-5G无线网络架构及虚拟化技术20170903
- 白皮书：《5G网络的开放生态》
- 5G-MIMO-OTA测量技术2
- 讲座-5G中的认知无线电通信
- 5g-C-RAN-无线云网络总体技术报告
- 5G网络架构和演进考虑
- 5G网络介绍
- 5G网络架构设计的5个重要问题
- 5G移动通信系统
- 5G总体白皮书2.0-中文版-v1
- 5G-技术框架与测试应用面面观---迎接-5G-大未来
- IMT2020-5G网络架构白皮书
- 5G技术通俗讲解
- 01-5G标准进展及热点问题-20170822

- (重点)VOLTE掉话分析
- [基础培训]IMS技术与网络演进
- 《VoLTE基本原理、信令流程与端到端测试》
- 【VoLTE基础理论+Vo关键技术+LTE技术原理】VOIP及信道LTE学习积累总结-
- LTE_VOLTE专题
- LTE语音解决方案--VOLTE调度机制的研究-5.24
- PDSCH功率-PaPb(精)
- SEQ分析VOLTE实战操作指导书
- TD-LTE VoLTE语音质量(MOS)测试说明书
- TD-LTE_VoLTE-SIP完整信令解析
- TDLTE中VoLTE的理论极限容量
- TD-LTE中VoLTE的理论极限容量
- VoLTE_KPI指标定义
- VOLTE-KPI优化
- VoLTE-Log分析与主要SIP消息
- VoLTEMOS专题分析报告V2
- VOLTE-SIP代码意义
- VOLTE参数分层指导书0803
- VoLTE参数及邻区配置原则
- VOLTE测试问题点汇总
- VOLTE丢包率专题分析
- Volte分析方法与主要问题
- Volte分析方法与主要问题
- Volte分析方法与主要问题2
- VoLTE呼叫SIP信令分析
- VOLTE呼叫建立过程中的UPDATE含义及过程分析
- VoLTE呼叫失败案例分析(华为修订版)
- VoLTE话统指标订阅
- VoLTE基本原理及信令解析
- VOLTE基础资料

文件名

- 5G测试需求及热点方案研究NB-IoT专题.pdf
- eMTC(eRAN12.1_04).pdf
- NB-IOT解决方案介绍(中国移动设计院无线所汇报)V1.0(1).p...
- NB-IoT技术简介和网络规划(非加密)v1.2 20170505.pptx
- NB_IoT白皮书-罗德施瓦茨.pdf
- 厦门联通NB-IoT解决方案交流-v1.0.pdf
- 窄带物联网(NB-IOT)简介介绍.pdf
- Feature_Perspectives_-_NB-IoT.pdf
- Huawei-NB-IoT-Partner-List-Issue-2.0.pdf
- HW-NB-IoT 参数权限申请.xlsx
- IoT Coverage_v02.pdf
- LTE-NB-IOT-协议介绍.docx
- LTENB-IOT协议介绍.pdf
- NB-IOT MAC层流程简介.pptx
- NB-IoT_CSCN16_final_v3.pdf
- NB-IOT关键技术及应用.pptx
- NB-IoT规划目标及规划思路初探.docx
- NB-IoT基本原理与eMTC对比介绍--杭州移动培训v1.0.pdf
- NB-IoT技术--物理层简介_085107.pptx
- NB-IoT技术业务流程.pptx
- NB-IoT解决方案介绍.pdf
- NB-IoT上行物理层技术.docx
- NB-IoT网优概述.pptx
- NB-iot文档.docx
- NB-IoT无线和性能原理(eRAN12.1_05).pdf
- NB-IoT系统现状与发展.pdf
- NB-IOT系统消息.txt
- NB-IoT下行物理层技术.docx
- NB-IOT原理及测试.pdf
- NB理论为什么低20DBM.docx
- PSM和eDRX.docx
- 《窄带物联网(NB-IoT)技术与应用解决方案》厦门-20161229...
- 杭州移动NB-IoT项目建设白皮书.docx
- 核心网关键技术流程.docx
- 基于网络大数据的NB-IoT深度覆盖评估.docx
- 简述NB物联网测试方法.docx
- 接入网协议流程.docx