## 通信基础知识

一、LTE仿真项目

帧结构： time units  seconds.1帧有10个子帧，每个子帧1ms，包含14个OFDM符号，每个子帧中两个时隙。TDD中有7种上下行配置。

**发端各模块**：

1. CRC:循环冗余校验，代数思想，M次多项式除信息比特序列，余式的比特序列添加到原始序列之后，发端拿CRC多项式除接收端多项式，能除尽则校验成功。
2. 奇偶校验：添加1或0，使发送比特之和为偶数，若接收端比特和为奇数，则出错。
3. Turbo编码：由两个成员编码器通过一个交织器并行连接而成，码率1/3.
4. 咬尾卷积编码：卷积码，尾比特归零。卷积码和分组码的根本区别在于，它不是把信息序列分组后再进行单独编码，而是由连续输入的信息序列得到连续输出的已编码序列。即进行分组编码时，其本组中的n-k个校验元仅与本组的k个信息元有关，而与其它各组信息无关；但在卷积码中，其编码器将k个信息码元编为n个码元时， 这n个码元不仅与当前段的k个信息有关，而且与前面的（m－1）段信息有关（m为编码的约束长度）。
5. 速率匹配：让编码器的输出 适配 资源块的大小就是了
6. 发送分集：SFBC，两个相邻调制符号（s1,s2）直接映射到第一个天线端口的两个相邻采样中。在第二天线端口，同样映射交换共轭符号（-s2\*,s1\*）, 每个数据源符号x1、x2既分布在不同空间域（天线端口的0、1）上，也分布在不同的频域。参考《全面详解LTE..》》6.7节。

**接收端算法：**

1. **同步算法：**

CP同步找到OFDM符号位置🡪PSS同步找到半帧位置和NCellID2🡪SSS同步找到帧头位置和NCellID1。低信噪比时合并多个15360做CP同步，合并多个153600做PSS同步，可抵消噪声影响，信号功率叠加。

1. **噪声估计：上下行功率法，CP法，PSS法，CRS法。**

上下行功率法：因为只采集了下行数据，所以上行子帧处全为噪声，由此可得信噪比和噪声功率。

CP法：

优缺点：单径时效果好，因为样本点多，但多径信道下前一个符号的残留会降低估计性能，性能变差。

PSS法：利用主同步信号估计干扰与噪声功率的方法。估计当前同步子载波的信道系数，根据相邻子载波信道近似相等的特性，计算相邻同步子载波接收数据的估计值，将该估计值与实际接收数据的差值进行自相关，并通过统计平均得到干扰与噪声功率的估计值CRS法。

无干扰源推导：求解过程中利用了噪声N (k) 和 N( k +1) 的非相关性，以及 PSS 信号恒模为1的特性。参考论文：LTE 中一种新的干扰与噪声功率估计方法。

有干扰源推导：

优缺点：多径严重时，相邻子载波的频选效果明显，算法假设条件不理想。

CRS法：

1. **PDP估计：**

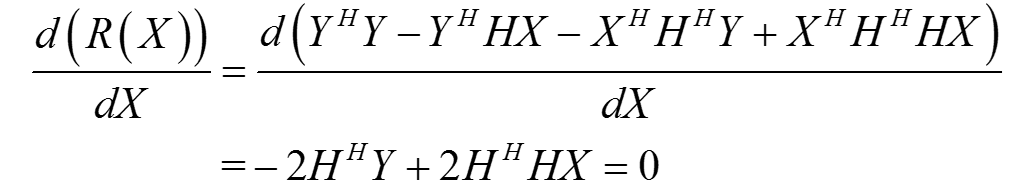
原理：y = xFh+n;

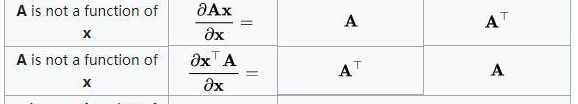
1. **多普勒估计：**
2. **LS和MMSE信道估计：**
3. **MF,ZF,MMSE,ML，SD信号检测：y = HX + N**

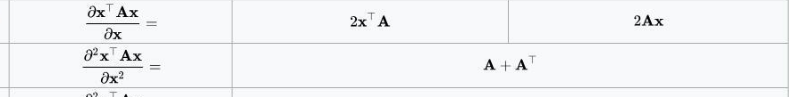
***参考*：**沙桐PPT和论文：大规模MIMO上行链路信号检测算法研究

MF:对接收信号乘以信道矩阵的共轭转置矩阵，G = HH

ZF:最小二乘准则，使发射信号向量X在信道矩阵H的作用下与原始接收信号Y的距离平方和的2-范数最小，即使损失函数L(X) = |Y-HX|2 最小，求导得，xZF = (HHH)-1HHY(其实是伪逆,若可逆，则为xZF = H-1Y; 矩阵A的伪逆定义为C:\Users\SEH\AppData\Local\Temp\1553693526(1).png

推导：L对X求导，

说明：矩阵求导方法



MMSE:最小均方误差准则，使E[|x’-x|2|]最小，xMMSE = (HHH + delta(z)^2/delta(x)^2)-1HHY。

推导：后续再看

ML：求X使|y-HX|2最小

（6） **接收分集**：参考《全面详解LTE..》》6.7节，MRC算法（最大比合并）和SC（选择式合并，选取最高信噪比的信号输出）

1. **解调:**硬解调（和星座点之间的欧式距离最小，则判决为哪个星座点），软解调（单个比特解调，
2. **Turbo译码：两个迭代译码器，第一个输入原始比特和第一路校验比特，第二个输入原始比特和第二路校验比特，每路输出的软信息和外信息输入进下一路，迭代使收敛。**
3. **维特比译码：https://www.cnblogs.com/ncdxlxk/p/9240938.html**

**各信道流程：**

1. **PSS/SSS**

PSS:中心的62个子载波，子帧1和6的第3个符号

SSS:中心的62个子载波，子帧0和5的第14个符号

NCelll ID1取值为0-167，NcellID2取值为0-2.共504个取值。

PSS和SSS映射到整个带宽中间的6个RB中，因为PSS和SSS都是**62**个点的序列，所以这两种同步信号都被映射到整个带宽（不论带宽是1.4M还是20M）中间的62个子载波（或62个RE）中，即序列的每个点与RE一一对应。在62个子载波的两边各有5个子载波，不再映射其他数据。

1. **PBCH：PBCH信息比特共24位**

**位置：**

**信息：**

dl-bandwidth, 3位, 表示 6, 15, 25, 50, 75, 100 六种带宽.

phich-duration, 1位, 表示Normal or Extend

phich-resource, 2位, 对应PHICH的参数Ng, ={1/6, 1/2, 1, 2}

帧号高8位

spare预留比特10位

**流程：**

添加CRC(16位，根据天线数做扰码)🡪编码（咬尾卷积，变为120bit）🡪速率匹配（变为1920bit，PBCH共240个RE可用，240\*2\*4 = 1920bit）🡪加扰（注意是1920bit一起加扰的，根据CellID得到的扰码序列）🡪调制（变成９６０个符号）🡪发送分集🡪分为4份（每份240个符号）🡪资源映射🡪解扰时根据40ms中每个10ms的解扰序列不同，从而得到SFN的后两位🡪盲检CRC（可得到天线数）

1. **PCFICH**
2. **PDCCH**
3. **PDSCH**
4. **CRS**

**其它：采IQ时的接线，采样，仪器，数据处理等。**

***LTE问答***：为什么LTE系统的最小时间单位是Ts?

答：1个Ts是一个采样点的时间长度，1ms内有2\*(2048\*7+160+144\*6)=15\*2048 samples,所以采样率为30.72Mhz, seconds。

## 二、NR仿真项目

1. IQ仿真平台中的资源映射，噪声估计，信道估计，联合检测，软解调，Turbo编译码等模块复习。
2. NR物理层协议，38.211，38.212，38.214,38.901等，结合NR PDSCH平台复习。
3. NR中的CDL信道，参考符号，自适应，欧拉，模拟预编码，LDPC,Polar码等算法的复习，CQI和MCS。

## 三、OFDM,MIMO等基础技术的复习。

## 四、5G的基本技术，与4G的区别。

**问答**：1. 5G NR如何实现超低时延

（1）1ms子帧中有多个时隙，多个OFDM符号，每个符号时间变短

（2）mimi-slot(最短只有1个OFDM符号)。

（3）参考信号和控制信号放在时隙前部，减少解码时延。

2.子载波间隔和OFDM符号时间的关系？

答：符号长度为T的子载波，在频域上是一个Sinc函数，在1/T处过零。如果要满足正交性，各个子载波的峰值应该对应于其他子载波的过零点。所以子载波与符号长度之间的关系为：子载波间隔=1/符号长度；比如，子载波间隔为15kHz，那么OFDM的符号长度是1/15kHz=66.7us。

**3**. 毫米波的特性？

**答**：毫米波的传播距离实在有限。物理定律告诉我们，在发射功率不变的情况下，波长越短，传播距离越短。在很多场景下，这个限制会导致毫米波的传播距离超不过10米。

**4．**毫米波为什么需要大的子载波间隔？

**答：**高频段载波的相位噪声比较大，容易造成载波间干扰，因此采用大的子载波间隔和PT-RS参考符号。

**5.**OFDM中的ISI和ICI?

**答：**isi是指撞车，在其他的通信系统里也会有撞车，就是前一个符号对后一个符号产生了码间干扰。而ici是ofdm里面的东西。指的是子载波干扰。原本，子载波之间是相互正交的。不会发生干扰，但是应为某些原因，比如isi，或者频偏等原因，造成子载波的一个畸形，使他们之间不再互相正交，这样，在解调的时候，就会互相的干扰。对于加窗的位置，可能会产生ici。只要有isi，就会有ici。加窗一旦滞后于精确点。必然会有其他符号成分。这样，就会产生ici。

记住，isi是普通通信系统里面都会有得东西，而ici只是在ofdm里面有得东西。isi会导致ici。

**6.**5G的子载波间隔为何有多种？

**答**：多种子载波间隔是由基本的子载波间隔采用整数N等比例扩展而成的，在较高载波频率下不使用较小的子载波间隔，从15KHz到480KHz。相位噪声和多普勒频移决定了最小子载波间隔。采用较小的SCS，会导致较高的相位噪声从而影响EVM，也对本地振荡器产生较高的要求，还会使多普勒频移较高时的性能降低。采用较大的SCS，会使符号长度缩短，从而降低时延。所需的CP开销(亦即时延扩展预期)设定了SCS的上限，SCS过大会导致CP开销增加。OFDM调制器的FFT size和SCS共同决定了信道带宽。我们当然希望子载波间隔越小越好，这样在带宽相同的情况下，能够传输更多的数据。但如果子载波间隔太小，相位噪声会产生过高的信号误差，而消除这种相位噪声会对本地晶振提出过高要求。如果子载波间隔太小，物理层性能也容易受多普勒频偏的干扰。为什么子载波间隔为15KHz时，不需要担心相位噪声和多普勒效应呢？3GPP设计Release 8 LTE规范时曾做过详尽的研究比较，这里就不赘述了。如果子载波间隔的设置过大，OFDM符号中的CP的持续时间就越短。设计CP的目的是尽可能消除时延扩展（delay spread），从而克服多径干扰的消极影响。CP的持续时间必须大于信道的时延扩展，否则就起不到克服多径干扰的作用。因此，CP时长（或者说信道的时延扩展）决定了子载波间隔的最大值。

**7.**5G频段和多天线？

**答：**5G引入Massive MIMO的动机：频率提高，损耗加大，天线变小（天线尺寸与波长有关），可以增加天线数量，使用Massive MIMO作生成高增益、可调节的赋形波束，从而明显改善信号覆盖，并且由于其波束非常窄，可以大大减少对周边的干扰。多天线阵列的不利之处在于，系统必须用非常复杂的算法来找到用户的准确位置，否则就不能精准地将波束对准这个用户。因此，我们不难理解，波束管理和波束控制对massive MIMO的重要性。

1. LTE下行的参考信号：CRS,CSI-RS,DMRS？

答：CRS只支持1、2、4个天线端口，CSI-RS支持1、2、4、8个天线端口，多阶MIMO因无法按照原来CRS方案扩展CRS，才引入CSI。CRS是Cell-specific的，在系统频带内的任一个RB上都有CRS，通过它可以计算各种CQI（基于全频带的，子带的或者RB的），但是 DRS只在用户分配到的PDSCH的RB上有，而且还是预编码的，也就是说只能计算这些RB上的CQI，而且还是在选定某个方向上的。因此一般DMRS制作 解调用，不错测量。这也是目前LTE-A把RS分为两类的原因（DM-RS、CSI-RS）。

1. 单用户MIMO和多用户MIMO?

答：MU-MIMO的特点是几个UE使用相同的频域和时域资源同时与一个基站通信。N到M的MIMO信道可通信的数据流个数受到min(M,N)的限制，MU-MIMO中数据流的上限值通常由基站天线数N来指示。MU-MIMO的上行链路或下行链路中，基站承担空间分隔UE的任务。因此基站在上行链路上执行从几个UE中接收波束成形和下行链路上对几个UE发射波束成形。

10.各种HARQ?5G和4G的HARQ?

**答：**停等协议，多个HARQ进程连续发送，构成一个HARQ实体。HARQ协议在时域上分为同步（synchronous）和异步（asynchronous）两类；在频域上分为自适应（adaptive）和非自适应（non-adaptive）两类。

异步HARQ（asynchronousHARQ）意味着重传可以发生在任一时刻，也意味着能以任意顺序使用HARQ process。同步HARQ（synchronousHARQ）意味着重传只能在前一次传输之后的固定时刻发送，也意味着某个特定的子帧，只能使用某个特定的HARQ process。

同步HARQ的好处在于HARQprocess号可以直接从系统帧号/子帧号中推导出来，而无需显式地发送HARQ process number；异步HARQ的好处在于重传调度更加灵活。

自适应HARQ（adaptiveHARQ）意味着可以改变重传所使用的PRB资源以及MCS。非自适应HARQ（non-adaptiveHARQ）意味着重传必须与前一次传输（新传或前一次重传）使用相同的PRB资源和MCS。

在LTE中，下行使用异步、自适应HARQ；上行使用同步HARQ，但重传可以是自适应的，也可以是非自适应的。

NR中，上下行均为异步HARQ。

11.5G三大应用场景？

答：eMBB（增强移动宽带）、mMTC （海量机器类通信）和 uRLLC（超可靠低时延通信）。首先，5G eMBB实现10Gbps的传输速率，为用户提供超高清视频、VR/AR等身临其境的业务体验。其次，mMTC以每平方公里百万设备连接技术，支撑智慧城市、智能楼宇为代表的海量设备接入与互联。最后，uRLLC凭借超低时延超高可靠性的技术优势，深入到车联网、工业互联网等垂直行业应用，并大大提升行业运营效率。

12.CoMP?

答：协同多点传输，LTE-A的重要技术之一。CoMP传输是指地理位置上分离的多个传输点，协同参与为一个终端的数据（PDSCH）传输或者联合接收一个终端发送的数据（PUSCH），参与协作的多个传输点通常指不同小区的基站。CoMP技术将边缘用户置于几个基站的同频率上，几个基站同时为该用户服务，以提高边缘用户的覆盖性能。采用CoMP可以降低小区间干扰，主要是可以提升小区边缘用户的频谱效率。本质上，CoMP技术是MIMO技术在多小区下的应用，利用空间信道上的差异来进行信号传输。

13.载波聚合？

答：将多个分量载波聚合起来达到高带宽的传输。Release8的LTE载波支持最大20MHz的带宽，所以LTE-Advanced支持最多5个20MHz的CC。第2个动机是有效复用离散的频谱。

14.带宽和RB?

**五、通信原理，信号处理等**

1.数字数据编码？

答：在数字信道中传输计算机数据时，要对计算机中的数字信号重新编码进行基带传输，主要有不归零编码，曼彻斯特码，差分曼彻斯特编码三种方法。

不归零编码用低电平表示二进制0，用高电平表示二进制1，NRZ码的缺点是无法判断每一位的开始与结束，收发不能保持同步，必须在发送NRZ码的同时，用另一个信道同时传送同步信号。

曼彻斯特编码，常用于局域网传输。在曼彻斯特编码中，每一位的中间有一跳变，位中间的跳变既作时钟信号，又作数据信号；从低到高跳变表示"0"，从高到低跳变表示"1"。还有一种是差分曼彻斯特编码，每位中间的跳变仅提供时钟定时，而用每位开始时有无跳变表示"0"或"1"，有跳变为"0"，无跳变为"1"。

两种曼彻斯特编码是将时钟和数据包含在数据流中，在传输代码信息的同时，也将时钟同步信号一起传输到对方，每位编码中有一跳变，不存在直流分量，因此具有自同步能力和良好的抗干扰性能。但每一个码元都被调成两个电平，所以数据传输速率只有调制速率的1/2。这种编码方案有更好的噪声抑制特性。因为噪声对电平的干扰比对电平转换的干扰要强。

2.采样定律？

3.信道容量？

4.FFT?

5.卷积？

6.对称信道？

## 企业文化

华为，中兴，OPPO,vivo，小米，高通，爱立信，英特尔，三星，移动，联通，电信及相关设计院，研究院。

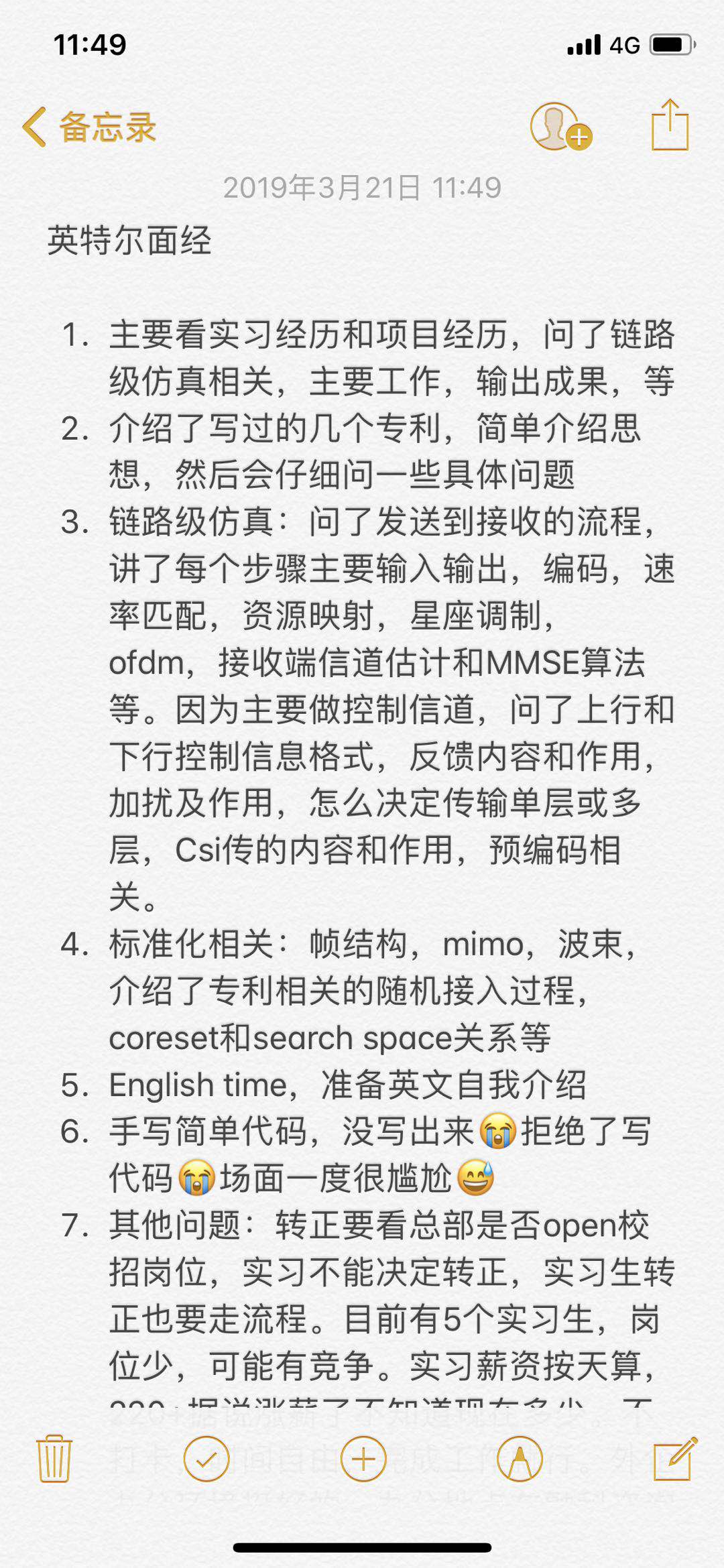
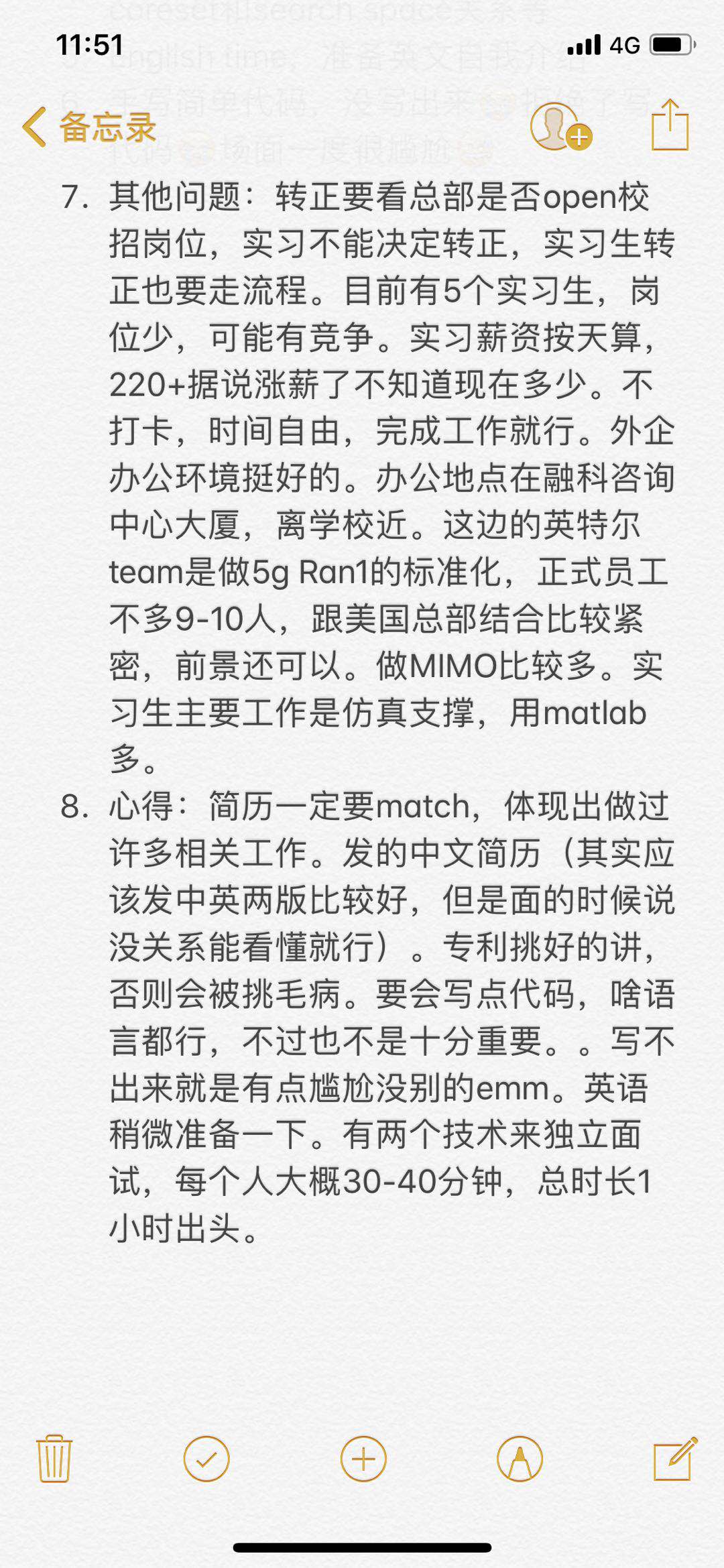
OPPO:主力是85后，90后，有活力，有竞升空间。

## 面经

性格，擅长，生平，自我介绍等等。

优缺点：优点，学习能力强，善于发现问题，解决问题。擅长合理安排时间，抗压能力强等，做事全力以赴，做事有计划性。缺点：缺乏实践经验，没有参与过需要大量团队合作与沟通的项目。我的优点是某某某，我是怎么做的，怎么体现出来的。我的缺点是某某某，在哪件事情上发现的，如何改正的。

为什么想进华为：通信业实力最强，有自豪感，成就感。压力大挑战多，收入高，平台大项目多，能力提升快。

## 编程

C/C++：冒泡排序，二分查找。

## 数据结构

剑指offer。

**中文自我介绍**

各位老师，下午好，非常荣幸参加这次面试。我叫宋二浩，来自北京邮电大学，专业是电子与通信工程，在实验室的研究方向是无线通信方面。我应聘的岗位是5G链路级仿真，我曾经在实验室完成过5G NR的大规模天线的PDSCH仿真。也曾经在中国信息通信研究院的标准所实习过一段时间，做过LTE的链路级仿真。因此我对LTE和NR的物理层都比较熟悉，链路级仿真经验比较丰富，对无线通信的基础知识比较了解，很适合这个岗位。英语方面，我的英文阅读和写作能力都比较不错，平时喜欢学英语，经常听听力，看英文小说。我对编程也很感兴趣，比较熟悉matlab和C++。贵公司是我一直很向往的地方，感谢各位给我这次机会。

英文自我介绍

Good afternoon, ladies and gentlemen，It’s really my honor to have this opportunity for this interview.Now I will introduce myself briefly.I am Erhao Song, a master student from Beijing University of Posts and Telecommunications.My major is electronics and communication engineering.In the lab ,I mainly study wireless communication. The job I am applying for is 5G link level simulation,because  I 've learnt a lot and gained a lot of experiences in the physical layer of communication during the past years.I used to work in China Information and Communication Research Institute for half a year.During the time,I did link-level simulation of LTE.Besides,I have worked on a project of PDSCH simulation of 5G NR in my lab .Therefore,

I am very suitable for this position.Apart from this,I usually listen to English listening and read Engilsh novels when I am free.For coding,I am family with matlab and C++.XXX is the place I always wanted to come.Thank you for giving me this chance.

英文介绍一本英文小说

The English novel I read recently is called the Secret Garden,It tells a story about a girl.The girl is born in a rich family in india.She was brought to England after the death of her parents.In her uncle’s big house ,the girl got to know some new friends and become a cheerful and optimistic girl. Once they found there was a secret garden in the house. No one was admitted to go into that garden. The three children were very curious and found the way to go into the garden where they played happily.