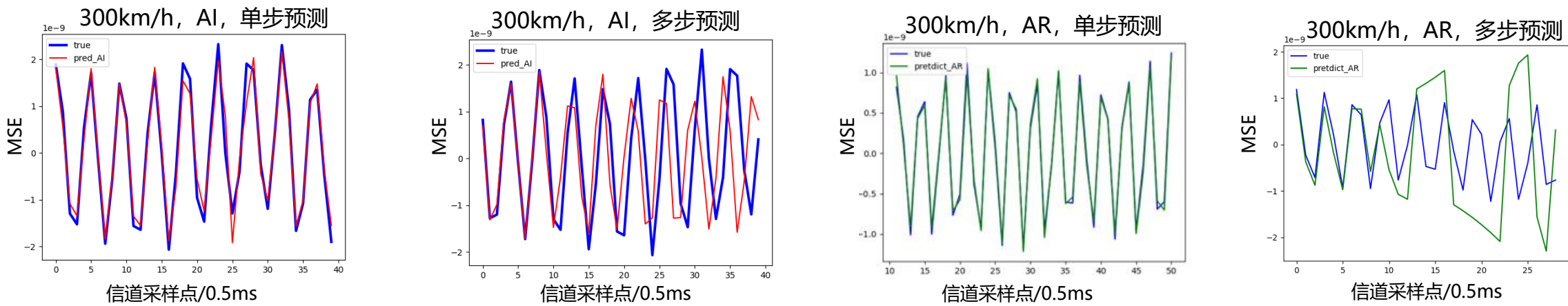


# 2024年技术命题汇总

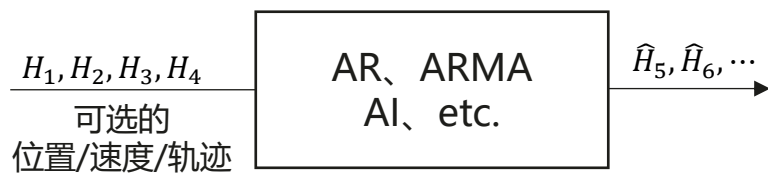
序号	技术命题
1	高铁场景下信道预测
2	基于AI视频定位实现厘米级定位精度
3	基于Modem信息估计端到端RTT时延
4	移动终端的弱信号预测算法研究
5	面向Ka波段的双频带双圆极化高增益广覆盖的PCB天线
6	对终端PA非线性友好的波形或算法技术探索
7	mmw滤波天线阵列设计
8	基于无线蜂窝信号感知不同手势
9	低时延可靠性帧传输
10	芯片静态漏电技术研究

# 题目1：高铁场景下信道预测

- 背景：高铁场景下(300km/h)，信道时变快导致卡顿严重，用户体验差，若能对信道预测则可提前调度缓存用户数据，提升体验；目前AI与传统的信道预测算法需要多个导频时刻的信道测量值作为输入，导频开销大；且导频周期大于1ms时精度差，预测步长有限(e.g., 5步,10步)。



- 问题：高铁场景下，结合UE轨迹，针对不同信道、不同速度下，采用传统预测方法或者AI进行信道预测；证明或者证伪高速场景下信道的可预测性



## 题目要求

- 考虑38901信道建模，利用传统预测方法或者AI进行信道预测，要求导频周期大于1ms，预测步长超过5步
- 考虑非等间隔导频采样和信道预测
- 证明/证伪高速场景下的信道可预测性

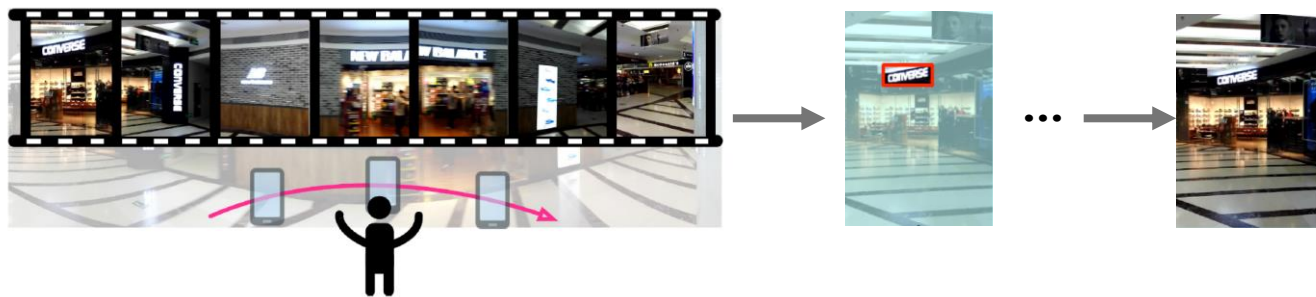
## 题目2：突破室内定位瓶颈，基于AI视频定位实现厘米级定位精度

- 背景：传统基于图像的室内定位方法，通常要求用户人为确定地标并拍摄位置附近的多张图像，这增加了定位流程的复杂度和时延，以及用户使用的便利性；米级/亚米级的定位精度也无法满足部分场景下的需求。如何设计高效、便捷的厘米级室内定位方法是亟待解决的问题。

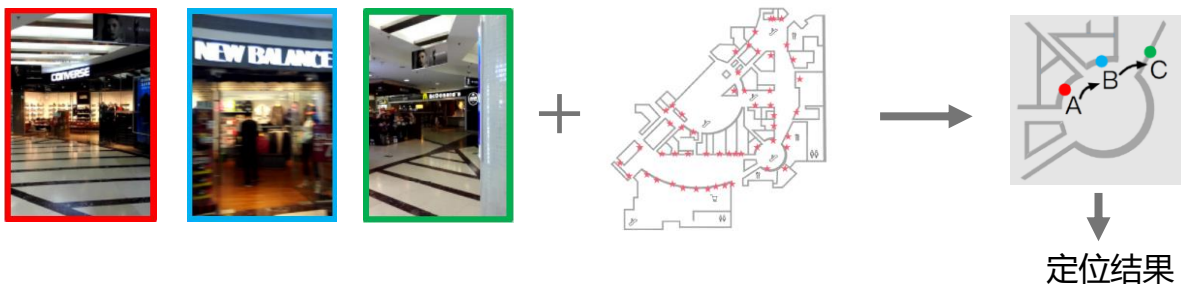
### 技术问题

- 为简化终端操作复杂度，需要从视频中自动识别关键帧、关键特征

- 挑战点：关键帧/关键特征的设计、识别和追踪



- 基于关键帧/关键特征的厘米级定位



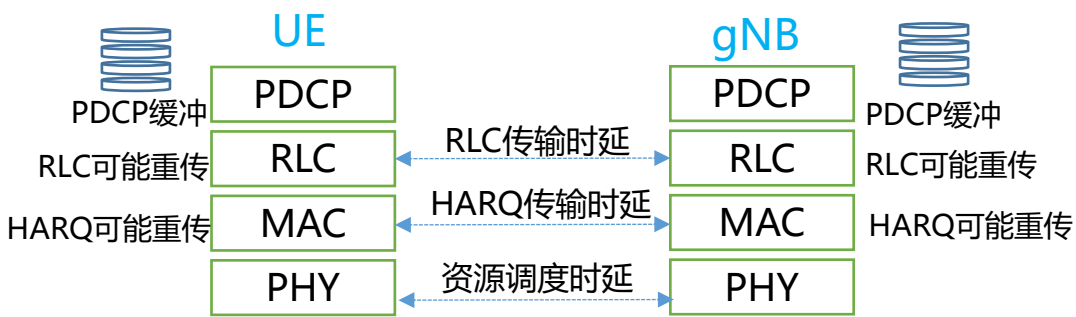
### 题目要求

- ✓ 推导为达到厘米级定位目标、秒级获取定位结果的时延，对通信的需求，包括上行和下行传输的数据量，传输速率。
  - ✓ 获取定位结果的时延，包括通信时延和AI模型推理时延，要求分别分析。
- ✓ 为达到上述定位目标，分析定位的各个流程的具体需求，包括
  - 终端侧提供图片/视频的需求，包括拍摄角度，图片/视频的分辨率,视频时长等
    - 分析定位精度和终端侧上述操作之间的相关性。
    - 论证是否存在其他辅助信息，有利于降低AI算法能力或硬件约束。
  - 模型推理复杂度30MFLOPs
  - 模型推理阶段使用的图库存储空间 1GByte
- ✓ 定位方法的泛化性需求，包括
  - 要求训练的模型针对不同终端设备的硬件参数（例如，相机参数）具有泛化性，均可达到厘米级定位精度
  - 要求对于人流遮挡具有泛化性，均可达到厘米级定位精度

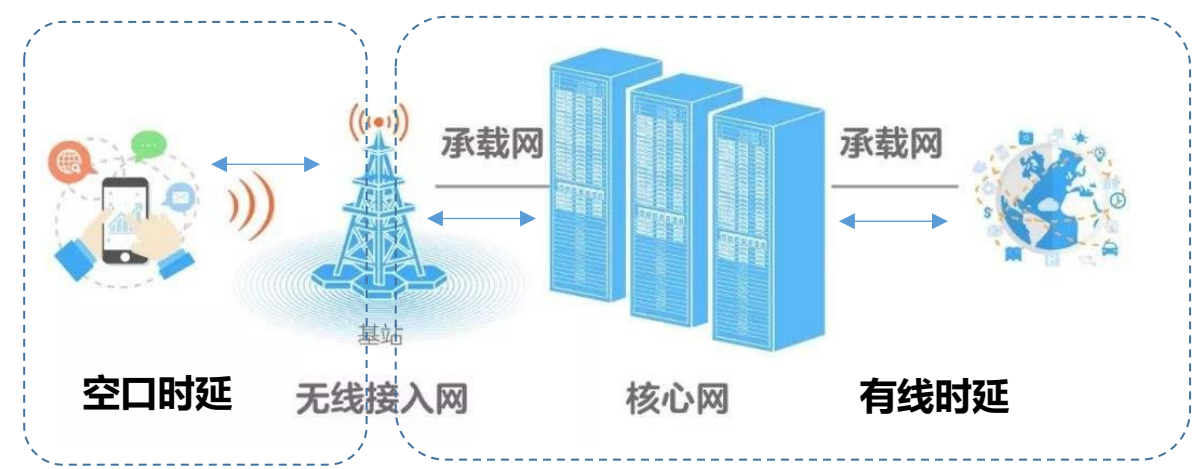
### 题目3：基于Modem信息估计端到端RTT时延

- 背景：移动通信中RTT时延会直接影响用户的使用体验，例如进行对战类游戏、观看直播时，RTT时延较长、或者偶发的波动都导致游戏、直播的卡顿、花屏等问题。APP层的RTT统计节奏为若干分钟，对于移动的空口来说较为迟缓。而在Modem上进行时延估计后，对于用户体验质量评估和自身的参数调整，都有着积极的意义。

**空口时延部分：**接入网部分的空口时延具有波动性，随着误码、调度优先级、小区切换等情况变化。从modem的角度，上行空口时延是可以通过PDCP缓存、上行授权时延、RLC是否重传、HARQ重传次数等直接计算得到的。下行空口接收时延，则需要从资源调度、HARQ重传、RLC重传的角度进行估算。



**有线时延部分：**基站/承载网/核心网/Internet这些部分是有线连接，不同的网络拓扑和服务物理位置会导致时延差异，每次连接中的时延是大致固定的。比如，通过相同IP地址对的TCP收发时刻进行推算，或者其他更好的方法。



#### 题目要求

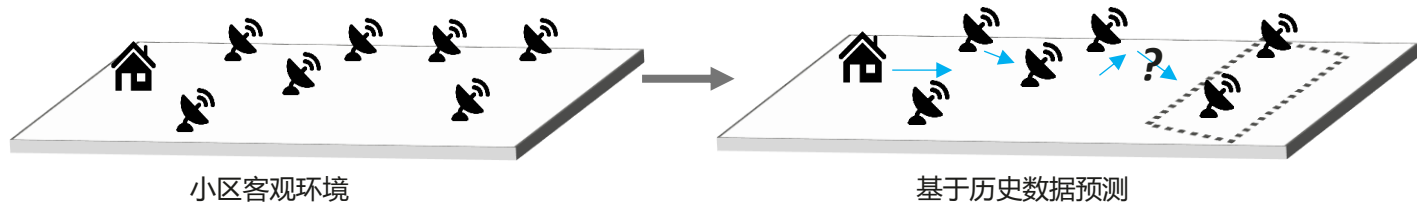
- ✓ 基于modem中的L2收发数据包的时刻，以及L2的重传/L1的授权调度、误码信息，以0.5秒的颗粒度，推断出上行和下行的端到端RTT时延。

## 题目4：移动终端的弱信号预测算法研究

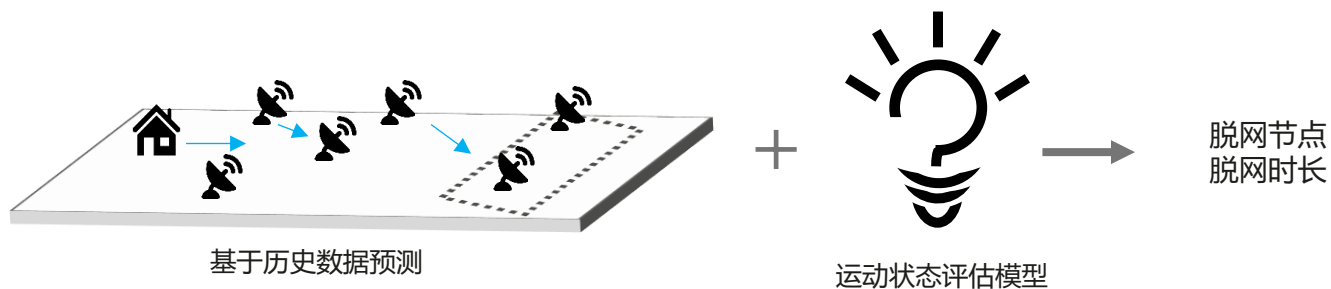
- **背景：**移动中的移动终端，可能会因为信号遮蔽（如隧道、电梯等）无法及时优选到下一个蜂窝小区，发生丢网或脱离高制式，进而导致数据卡顿、语音丢帧等负面影响。本课题旨在通过机器学习获取移动终端路径历史信息，实现不同速度场景下，能够较为精确预测脱网区域可能发生时间节点与脱网累计时长，用以提高移动终端用户的连续性体验目的。

### 技术问题

- 获取路径信息，并根据当前轨迹预测未来潜在脱网场景
  - 路径预测模型的设计、脱网场景预测



- 基于当前特征预测脱网发生时间节点及驻留时间



### 题目要求

- ✓ 路径预测希望通过历史驻留小区，预测后续驻留小区（非强制）；脱网预测希望预测未来60s（或更长时间后）脱网概率，及可能发生脱网的时间节点、脱网时长
- ✓ 预测模型的具体需求，包括
  - 路径预测模型（AI or DATA SCIENCE模型）&脱网预测模型，预测模型总大小不宜超过1MB，本课题宜用小模型进行预研
  - 设计时需考虑训练数据样本量不足前提下如何规避过拟合等问题（可应用DATA AUGMENTATION等方法扩容），获取较高预测准确率
  - 脱网时长略长于真实脱网时长为宜（设计时结合实际业务需求，可认为脱网时间节点适当提前于真实脱网时间节点为宜）



## 题目5：面向Ka波段的双频带双圆极化高增益广覆盖的PCB天线

- 背景： K/Ka波段卫星通信系统要求采用双频双圆极化天线，波束成形和小型化的发展趋势对天线设计提出了巨大的挑战。共口径方案可以有效减少天线面积，提高口径效率。如何设计宽扫描角度的共口径K/Ka波段双频双圆极化阵列天线成为研究的热点问题。

### 技术问题

- ✓ 共口径双频双圆极化天线单元的设计
  - 收发共口径由于频率间隔大会引起效率的下降，且传导侧分开设计，对馈电网络有很高要求，容易导致大的实现损耗；
  - 双圆极化的实现方案选择，现有技术倾向于收发采用独立的单元设计，无法做到天线小型化；
- ✓ 宽扫描角度阵列天线的实现
  - 卫星通信需要 $\pm 70^\circ$ 左右的大扫描角，阵列gain和扫描角理论上同时兼顾存在困难，目前覆盖约 $\pm 55^\circ$ ；
  - 扫描范围内极化轴比下降导致接收实际增益下降，目前最大只能到4dBi左右；
- ✓ 天线的加工、成本及集成
  - 如何实现天线的鲁棒设计
  - 考虑具体的低成本实现工艺，例如多层PCB工艺
  - 如何实现天线与收发芯片的集成

### 题目要求

#### ✓ 天线设计指标

参数	上行	下行
工作频段	Ka (27.5 ~ 31 GHz), > 10%	K (17.7 ~ 21.2 GHz), > 10%
极化	LHCP	RHCP
扫描角度	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$
轴比	AR < 6 dB within $\pm 60^\circ$	AR < 6 dB within $\pm 60^\circ$
匹配	VSWR < 2 within $\pm 60^\circ$	VSWR < 2 within $\pm 60^\circ$

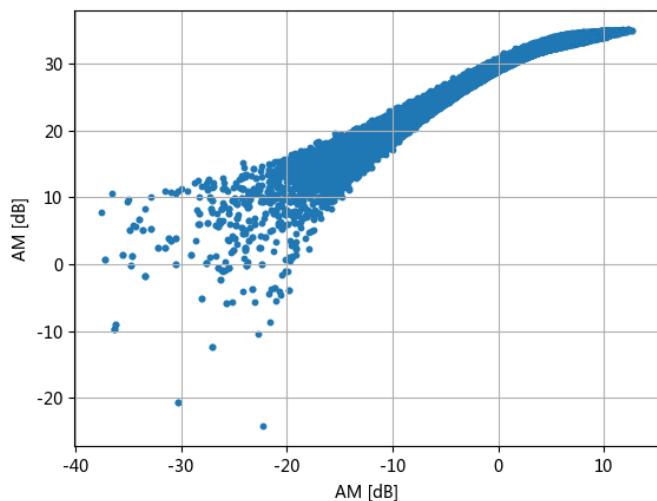
- ✓ 天线工作模式：FDD半双工，收发共口径
- ✓ 天线增益：单元增益 > 5 dBi
- ✓ 阵列布局及馈电网络：
  - 易于与收发芯片集成的馈电网络
  - 易于扩展的阵列布局
- ✓ 题目输出：仿真报告（基于通用EDA软件，如CST/HFSS，包括PCB设计图）（尺寸<30\*30cm<sup>2</sup>，PCB叠层<=10层，阵列增益>35dBi(含PCB走线)）

## 题目6：对终端PA非线性友好的波形或算法技术探索

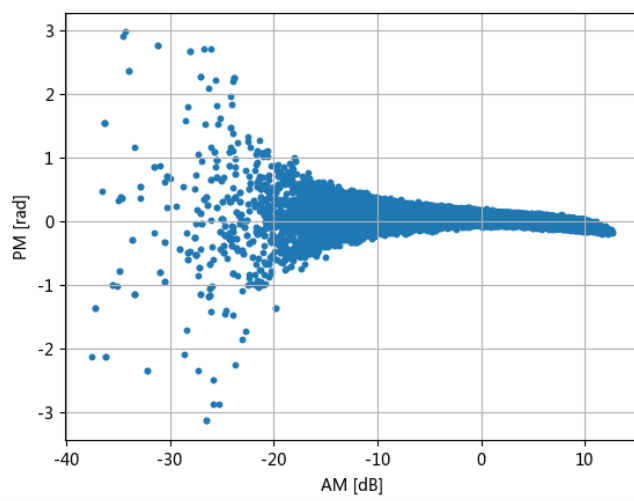
- **背景：**在无线通信系统中，放大器的非线性特性是一个至关重要的因素，对发射端的功率和功耗产生了显著的影响。从功率的角度来看，非线性会导致输出信号的失真，即包含大量的谐波和互调产物，功率将受限于带内带外射频指标。从功耗的角度来看，为了克服非线性影响，往往需要付出功耗的代价，以维持信号质量，满足带内带外射频指标

### 技术问题

- OFDM信号具有高峰均比，PA为保持输出指标线性度，需要进行较大的功率回退；探索在不改变器件能力的前提下，如何通过软件算法削弱或波形技术使能更高的发射功率或者更低的功耗。
- 挑战点：低复杂度低成本技术



AM-AM曲线



AM-PM曲线

### 题目要求

- ✓ 探索基于OFDM波形对PA非线性友好的技术，不限于如下技术方向，但DPD类算法除外
  - 低PAPR技术类：
    - 强调低复杂度 $\leq O(N \cdot \log N)$
    - 10% CDF PAPR收益 $\geq 1$  dB，或者性能收益 $\geq 1$  dB
  - 调制技术类：
    - 示例：概率成形，索引调制等
    - 性能收益 $\geq 1$  dB
  - 接收机算法类：性能收益 $\geq 1$  dB
- ✓ 评估要求：明确对比基线，性能收益和复杂度
  - 鼓励技术方案与AI结合
  - 性能收益可包括功率，功耗，解调SNR
  - 建议结合PA模型评估输出端口收益，同时考虑射频指标
  - 如需评估功耗收益可参考题目8中所示的功耗曲线

## 题目7: mmw滤波天线阵列设计

- 背景: mmw芯片TX输出端对二次谐波的抑制能力有限, 导致OTA下二次谐波杂散超协议指标, 需要在天线端进行滤波设计。

### 技术问题

- 常规设计在馈线端加微带滤波器, 此种方案占用PCB尺寸, 并带来额外插损
- 滤波天线设计, 不影响天线带内指标。

指标要求	工作频率	24-30GHz
	S11	< **dB
	极化	±45°极化
	端口隔离度	> **dB
	带外抑制	**
	天线单元增益	> **dBi
	阵列增益	> **dBi
	单元波束宽度	> **

注: \*\*部分, 在接题目时协商。

### 题目要求

- ✓ 设计一款滤波天线阵列, 满足上述指标, 阵列规模为4\*4。
- ✓ 天线设计需参照给定的PCB叠层约束
- ✓ 天线需要投板加工, 实测指标满足上述要求



# 题目8：基于无线蜂窝信号感知不同手势

• **背景：** 6G 将感知与通信能力融入同一套系统，利用无线信号“观察”物理世界。这就有助于终端在毫米波通信的基础上，进一步从无线信号中获取距离、速度、角度信息实现新的功能，例如：手势捕捉、动作识别、无源对象的检测和追踪等广泛的新服务。

## 技术问题

• 基于雷达感知基本原理，**现有通信能力难以满足手势感知的需求：**

○ 手势识别的感知能力需求：

手势识别	距离 (m)		速度 (m/s)	
	分辨率	精度	分辨率	精度
	0.375	0.2	0.3	0.2



室内手势识别

○ 无线信号的现有感知能力：

带宽 MHz	距离 (m)		频点 GHz	速度 (m/s)	
	分辨率 $\Delta R = \frac{c}{2B}$	精度 $\delta R \approx \frac{\Delta R}{\sqrt{SNR}}$		分辨率 $\Delta v = \frac{c}{2f_0 T_i}$	精度 $\delta v \approx \frac{\Delta v}{\pi\sqrt{SNR}}$
100	1.50	47.43	6	1.25	12.58

• 基于蜂窝通信参数（见题目要求），**设计无线通信信号的发送、接收和处理流程**，实现手势识别的感知算法（包括但不限于基于雷达的感知原理）。

• 以手势识别为例，**提升感知的泛化性和鲁棒性**，在不同场景、干扰下（见题目要求）依然可以实现感知。



室外手势识别

## 题目要求

✓ **基于典型蜂窝通信参数，设计能够识别手势的算法，达成手势识别的能力需求，并基于仿真验证算法性能。**

• 蜂窝通信示例：

- a) OFDM信号、100MHz带宽、6GHz频点、2Tx/1Rx天线
- b) 大尺度信道（路损/阴影）、小尺度信道（多径/多普勒）、噪声
- c) 室内：LOS场景，手机自发自收，手势距离手机0.5~3m
- d) 室外：NLOS场景，基站发手机收，手势距离手机0.5~3m，基站距离手机100m

• 识别静态手势和/或动态变化的手势：

- a) 静态手势识别：需要能区别至少2个静态的手势
- b) 运动手势识别：需要能区别一个手势变成另外一个手势

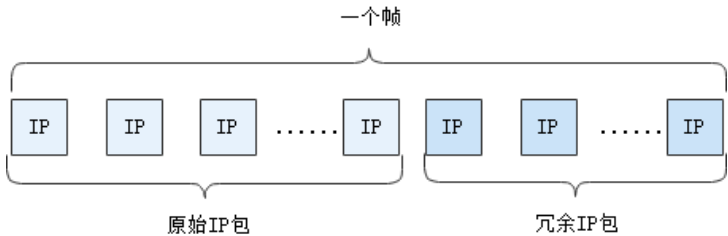
简单手势示例



# 题目9：低时延可靠性帧传输（1/2）

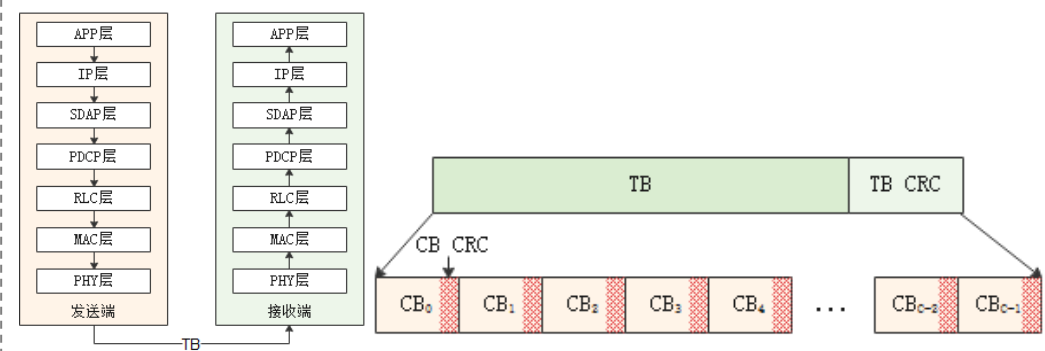
## 题目背景

- 帧级传输要求：**时延敏感类应用（如XR，云游戏等）有严格**帧时延**（例如10ms）和**帧成功率要求**，接收端**应用层在帧时延要求内解析出一帧**（如一张图片）视为帧接收成功，否则，帧接收失败。
- FEC：**为确保传输质量，发送端应用层/IP层编码时增加一定**冗余包**（例如20%冗余），将一帧数据打包为多个IP包（例如250个）。接收端**应用层成功接收一帧内的部分IP包即可解析出一个帧**。

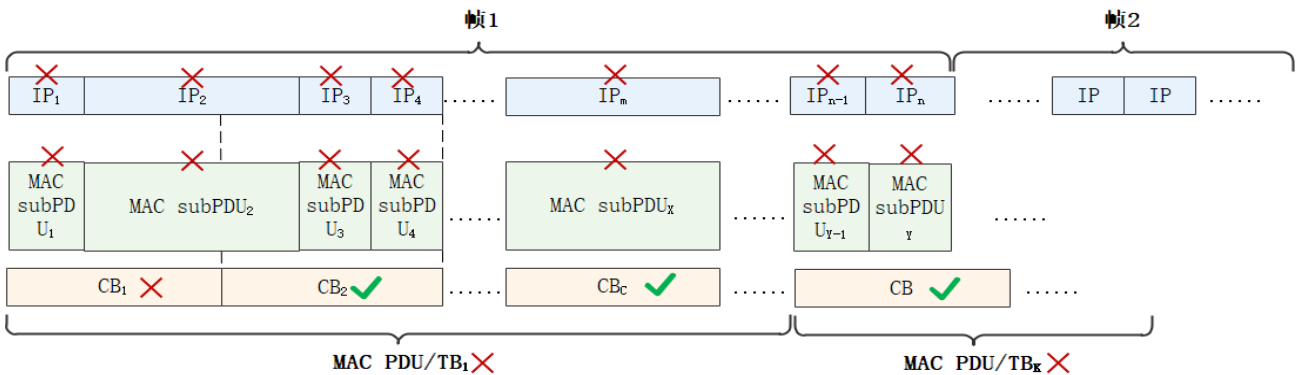


## 5G现有机制

- 发送端：**一个帧对应的多个IP包经过RLC层的分段和MAC层的组包会分散到一个或多个MAC PDU中，进而每个MAC PDU递交到PHY层后（此时在物理层称之为TB），会将每个TB再拆分成多个CB（例如70个CB）后在空口传输。若接收端接收TB/CB不成功，发送端会执行CB的HARQ重传。其中，**每个CB可能包含部分、一个或者多个IP包**。



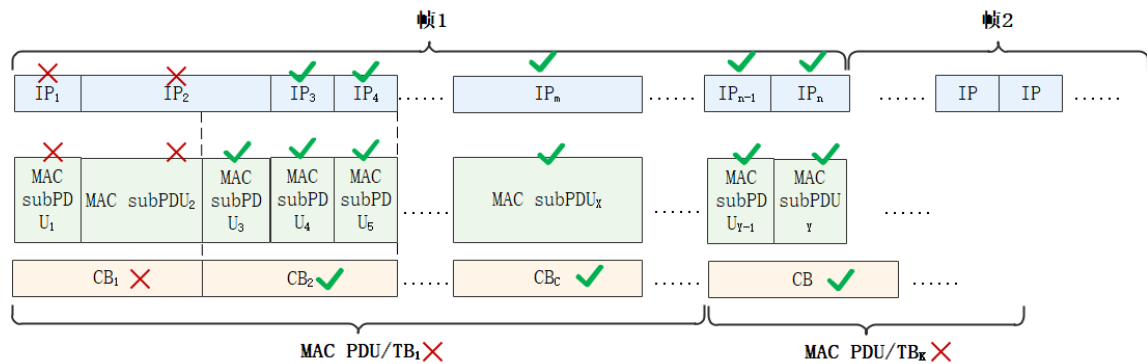
- 接收端：**接收端PHY层接收TB/CB后，针对完整接收成功（即所有CB 都接收成功）的TB才向上层进行递交（称为TB级递交）。完整成功接收的一个TB为一个MAC PDU。TB中只要存在一个CB接收失败（即TB接收失败），整个TB都无法递交到上层。**该机制存在两个弊端：**① 少量CB不成功导致整个TB丢弃影响帧成功率；② 等待少量CB的HARQ重传导致TB不能及时递交到应用层，增加帧时延，进而影响帧成功率；



# 题目9：低时延可靠性帧传输（2/2）

## 技术增强方向

- 将应用层/IP层冗余编码与PHY/MAC层数据传输进行跨层结合，联合优化。
  - **CB级递交**：接收端不等待TB内所有CB成功即向上层递交成功接收的CB。例如，在FEC 20%冗余下，对于一个帧对应的TB的传输，接收端如果成功接收80%或90% CB，接收端应用层就可以解析出该帧，从而可以降低等待CB的HARQ重传的时间，降低帧时延，提高帧成功率。



## 技术挑战

- 应用层/IP层冗余编码的比例越高，CB级递交的收益越大，接收端应用层能尽早解析出帧。但冗余度过高将导致每一帧对应的待传输数据量越多，影响小区容量，以及对小区覆盖，特别是对边缘速率有更高要求。因此，FEC冗余编码与PHY/MAC层数据传输结合，跨层优化需要考虑多种因素，包括但不限于：业务类型（例如帧时延、速率、帧大小，帧率、帧成功率等要求）、信道环境、小区状态（例如，负载、站间距、小区带宽等）、FEC类型等因素，才能达到性能最优。

## 题目要求

- **目标1**：研究并提供在相同通信环境、业务类型下，不同冗余度对于帧成功率/小区容量/小区覆盖的影响对比和影响规律。
- **目标2**：研究并提供相同冗余度下，不同通信环境、业务类型对于帧成功率/小区容量/小区覆盖的结果对比和影响规律。
- **目标3**：研究并给出不同通信环境、不同业务类型下冗余度和CB级递交的最佳组合，实现帧成功率最高/小区容量最高/小区覆盖最大。
- 其中，算法中建议考虑多种不同的FEC编码类型。建议综合考虑或者调节多种因素，包括但不限于：
  - 通信环境：CB成功率、小区状况（例如，小区负载、站间距、小区带宽等）、信道环境等；
  - 业务类型：帧时延要求、速率要求、帧大小，帧率、帧成功率等

**建议：**熟悉通信和视频编解码技术的同学选择。

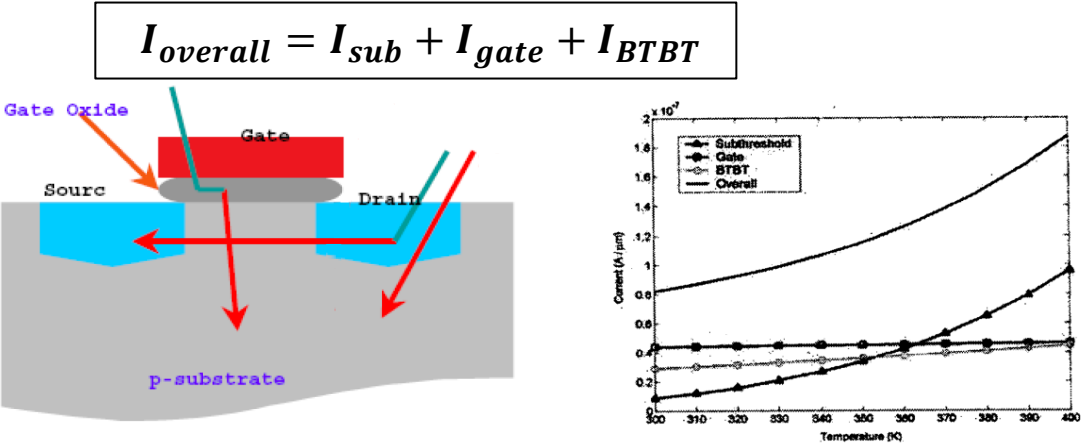
**备注：**选题/解题过程中如有任何问题，可随时与我们联系：张老师 13678013297。

# 题目10：芯片静态漏电技术研究

- 背景：随着半导体规模的增加，静态漏电(IDDQ)占芯片总功耗占比越来越高，并且随温度上升而增加，高温下占比甚至高达90%+，成为当前大规模芯片功耗和热的关键问题。

## 芯片静态漏电分析

静态漏电由多种类型电流组成，通常情况下亚阈值电流 $I_{sub}$ 、栅极漏电 $I_{gate}$ 和源漏极反偏漏电 $I_{BTBT}$ 占比较大



亚阈值电流  $I_{sub} = \mu_0 \frac{w_{eff}}{L_{eff}} v_T^2 \sqrt{\frac{q \epsilon_s N_{cheff}}{2 \Phi_s}} \left( 1 - e^{-\frac{V_{ds}}{v_T}} \right) \exp \left[ \frac{(V_{gs} - V_t - \gamma V_{sb} + \eta V_{ds})}{n v_T} \right]$

栅极漏电  $I_{gate} = WL_{SDE} A_g \left( \frac{V_{dd}}{T_{ox}} \right)^2 \exp \left\{ \frac{-B_g \left[ 1 - (1 - V_{dd} / \Phi_{ox})^{3/2} \right]}{V_{dd}} T_{ox} \right\}$

源漏极反偏漏电  $I_{BTBT} = \sum_{k=side, bottom} WL_k A \frac{\xi_k}{E_g^{1/2}} V_{dd} \exp(-BE_g^{3/2} / \xi_k)$

## 题目要求

- 研究1-2种降低静态漏电(IDDQ)的技术
- 能通过理论分析或者仿真评估功耗收益
- 可进一步研究及分析Vmin、IDDQ和良率之间关系并进行建模