

课程设计B-信号处理基础设计

第四讲

李伊川

liyichuan@hit.edu.cn





- 1 课程概述与实验内容简介
- 2 信号处理与频域分析基础
- 3 数字通信仿真基础
- 4 课设任务书布置及案例分析



第四讲

3G - CDMA

4G - OFDM

5G\6G – F-OFDM..

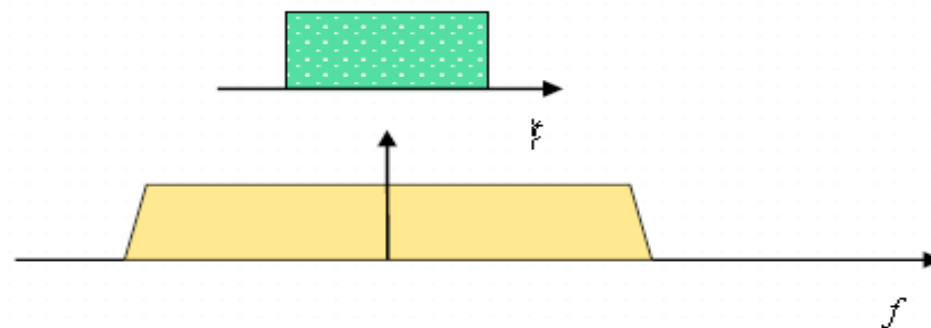
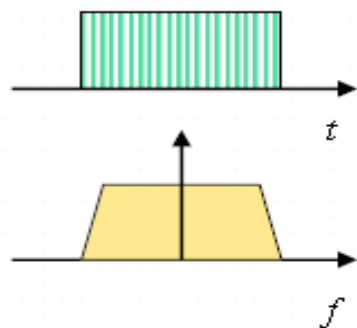


3G-CDMA

CDMA是怎样实现多用户分割呢?

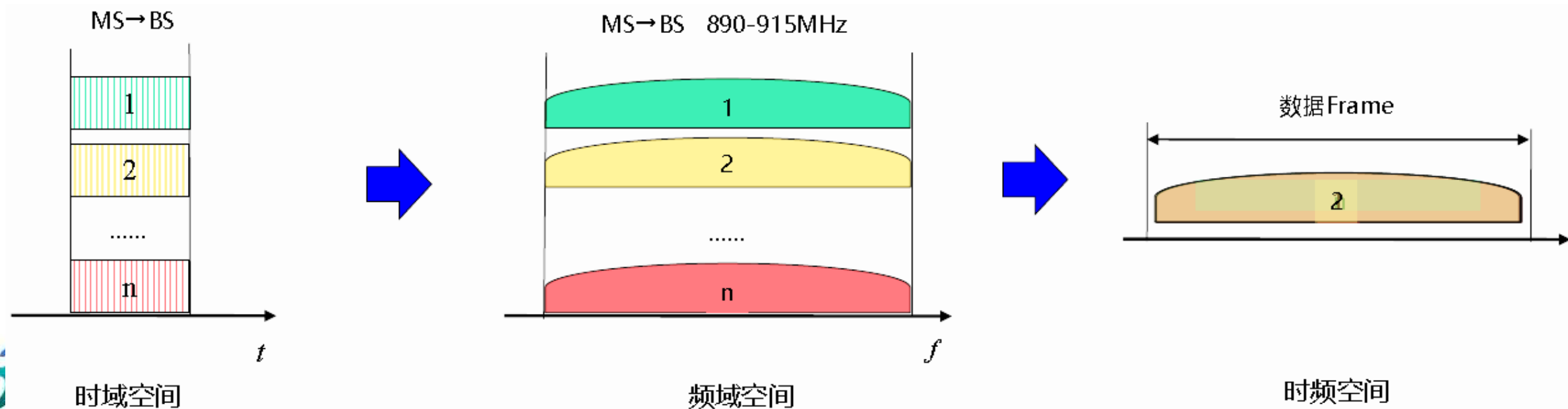
扩频通信讲起:

原来的一路数字语音信号, 是比较单一的脉冲, 带宽比如说20kHz; 现在我们将这个数字语音信号进行扩频调制 (原来的一个脉冲变成多个脉冲), 这样**频谱就会变宽**, 称为扩频



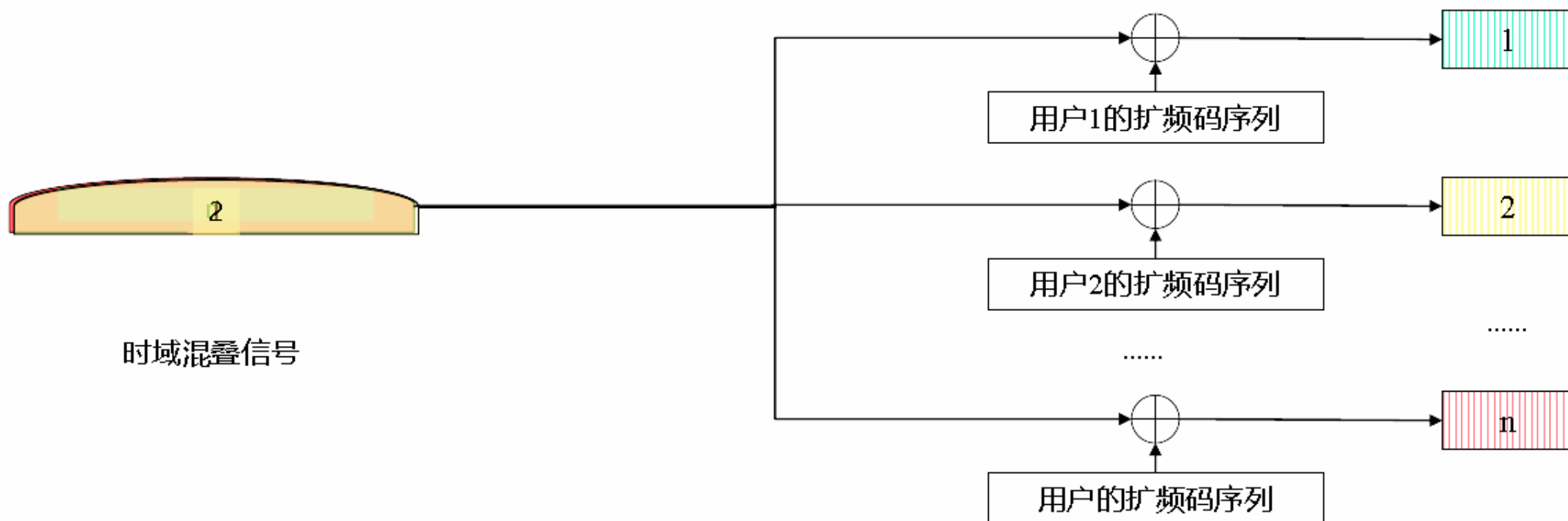
3G-CDMA

CDMA信号在时域上同时产生，在频域上同时存在，所以在时频空间上式混叠的。那怎么分割？关键是我们选用**扩频码序列**是一种**具有两个自相关特性的编码序列**



3G-CDMA

在接收机，每个用户利用自己的扩频码，就可以从混叠的信号中提取出自己的数据信息。





3G-CDMA

在CDMA通信中，共有4个站进行CDMA通信，4个码的扩频码序列：

A: $(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)$

B: $(-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)$

C: $(-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$

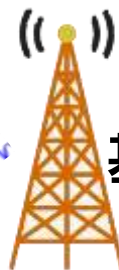
D: $(-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)$

假如我们收到 $\bar{A} + C + \bar{D}$ ，基站收到的信号是什么S：

$$S = (+1 +1 +1 +1 +1 +3 -3 -1)$$

基站如何提取出各个用户的数据：

$$S * A / 8 = (+1 +1 +1 +1 +1 +3 -3 -1) * (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1) / 8 = -1$$



基站接入

A



C



B

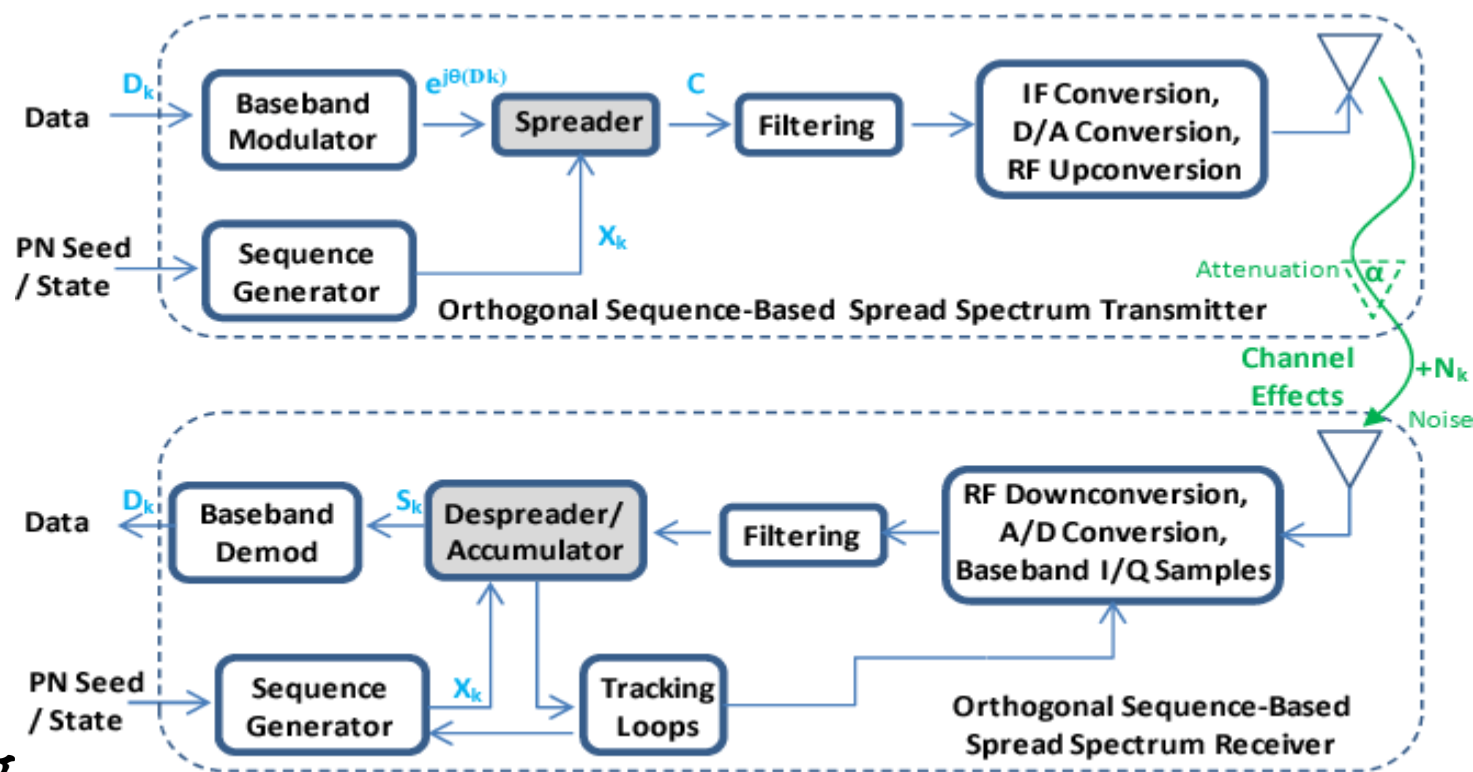


D



扩频通信

CDMA 使用的是扩频通信的技术，其在基带调制和载波调制的中间加入了一个扩频调制。



► 扩频通信

- 传输频带的宽度**远大于**所传信息所需的频带
- 需要**独立的扩频码序列**扩展
- 用**宽带技术**换取**信噪比**，即**抗干扰能力**更强

$$C=W \times \text{Log}2 (1+S/N)$$



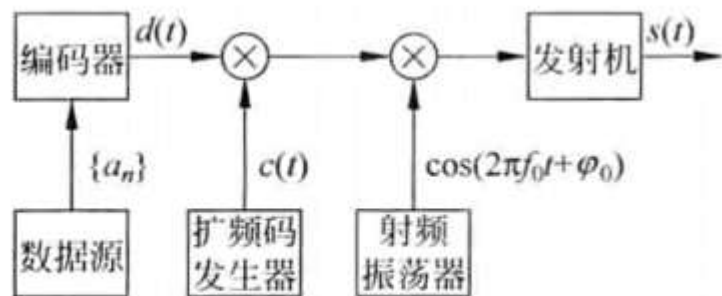
扩频通信

扩频通信之扩频技术:

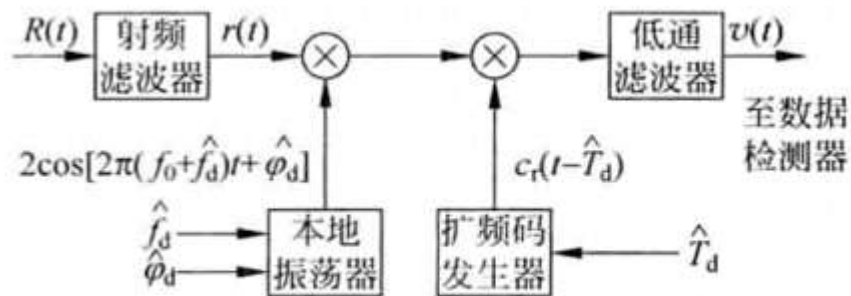
1. 直接序列扩频
2. 跳频扩频 (载频不断变化) 等等

扩频通信之扩频序列:

1. M序列
2. Gold 序列
3. Walsh 序列 等等



(a) 发射系统



(b) 接收系统

直接序列扩频系统框图

- Matlab Demonstration

扩频通信

一、题目 2：直接序列扩频通信仿真与分析

二、内容与要求

在通信原理和数字信号处理课程知识的基础上，学习扩频通信基本理论与算法，完成扩频信号未加干扰信号前的已调信号频谱图、加入干扰信号后的已调信号频谱图、以及最后解调后信号的频谱图分析，进行扩频通信算法性能分析，尝试使用相应方法，实现对利用扩频进行干扰抑制，并对结果进行分析。

2.1 算法仿真参数与指标要求：

- 信号波特率：1000 symbol/s;
- 系统的扩频处理增益至少 $G_p=10$;
- 考虑不同数字调制格式如 4-QAM,16QAM,BPSK（至少 3 种）
- 考虑不同扩频序列（至少 3 种）
- 考虑加入干扰信号
- 载波调制频率：200kHz
- SNR 从 -5dB~30dB
- 信道：AWGN, Rayleigh
- 分析不同扩频序列下扩频通信的性能比较以及其与非扩频通信的性能比较
- 性能评估：SNR-BER 图等等





第四讲

3G - CDMA

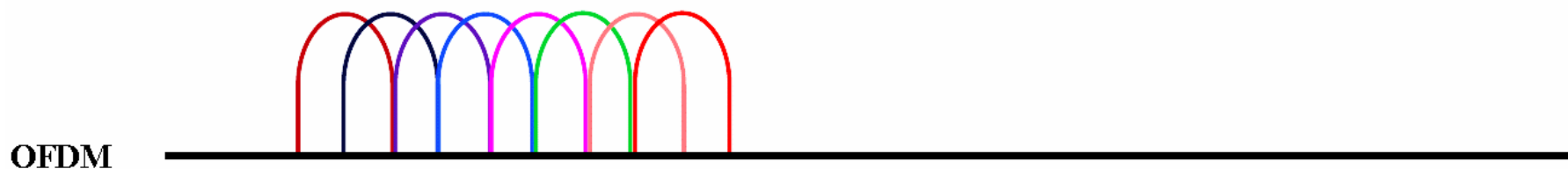
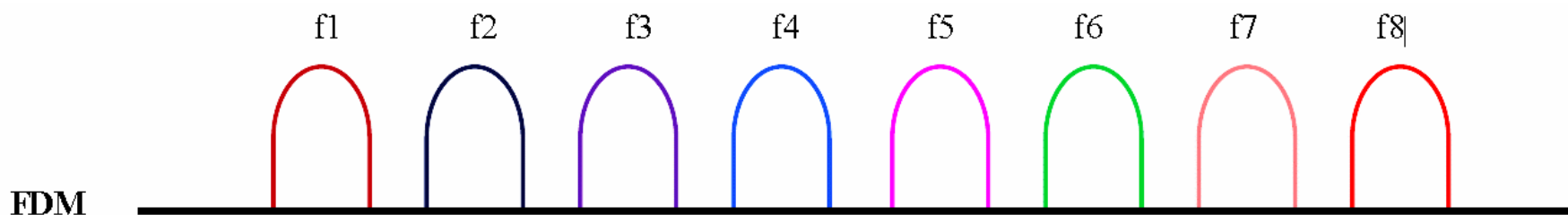
4G - OFDM

5G\6G – F-OFDM



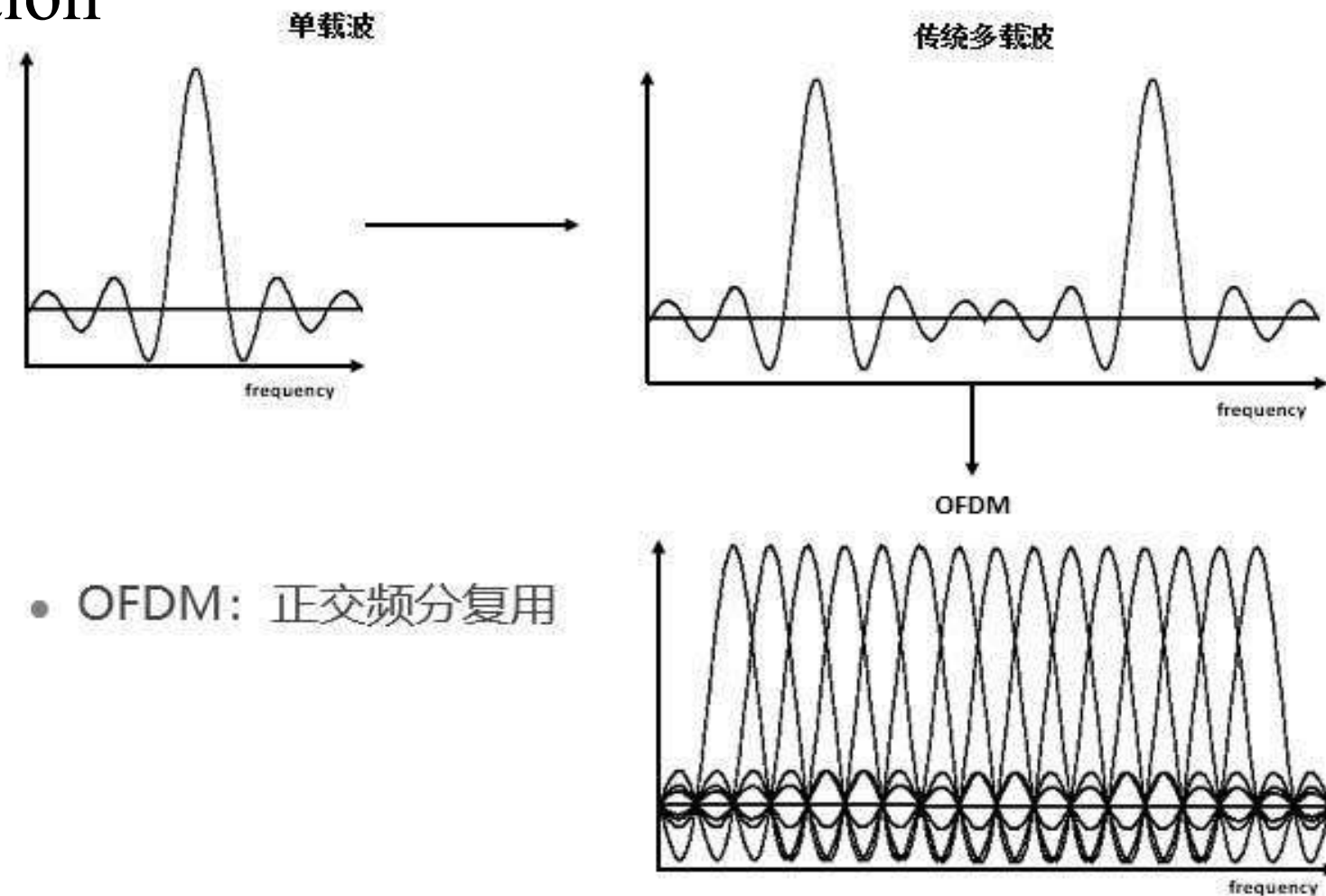
► 4G-OFDM

- OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)字面上为**正交频分复用**，但是，实际上它是一种新的**数字调制方式**，它是将一个**数据流(调制信号)**调制在多个**相互正交的子载波**上，因此，它是一种**多载波调制(MCM)**方式
- 一般的**FDM方式**，为了减少相邻载波的干扰，需要预留保护间隔。OFDM的相邻载波是**正交载波**，可以**相邻很近**，**频谱重叠**，这样就提高了**频率利用率**

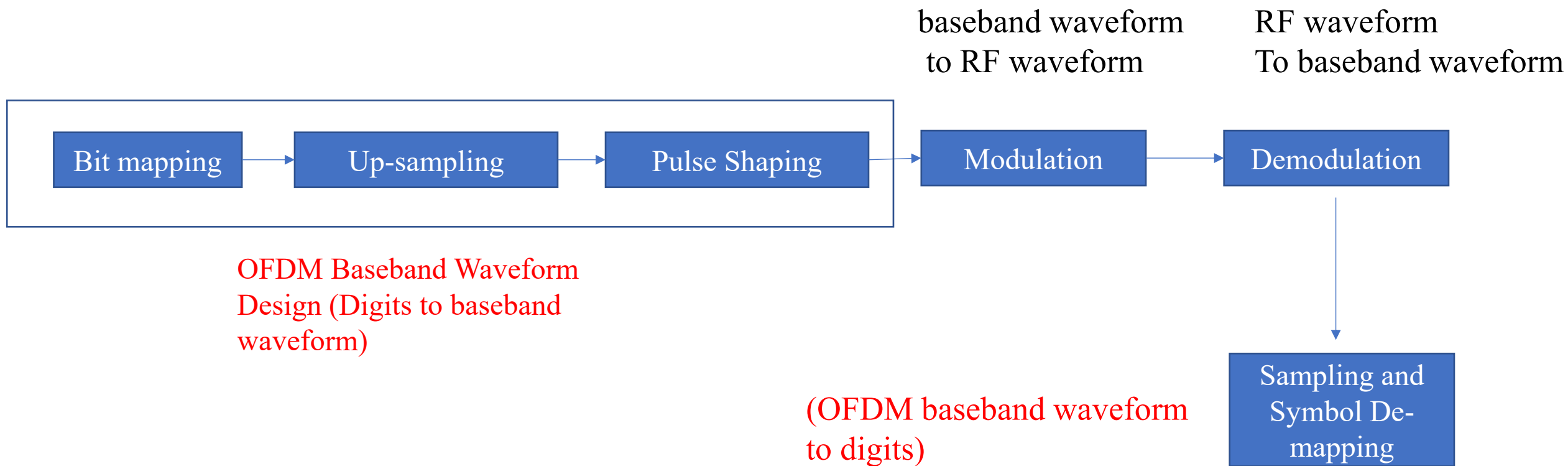


► 4G-OFDM

OFDM: OFDM Modulation



► 4G-OFDM



两个正交信号作为子载波:

$$\begin{cases} \sin \omega_1 t \\ \sin \omega_2 t \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \sin t \\ \sin 2t \end{cases}$$

可以简单证明, 这两个子载波就是正交的

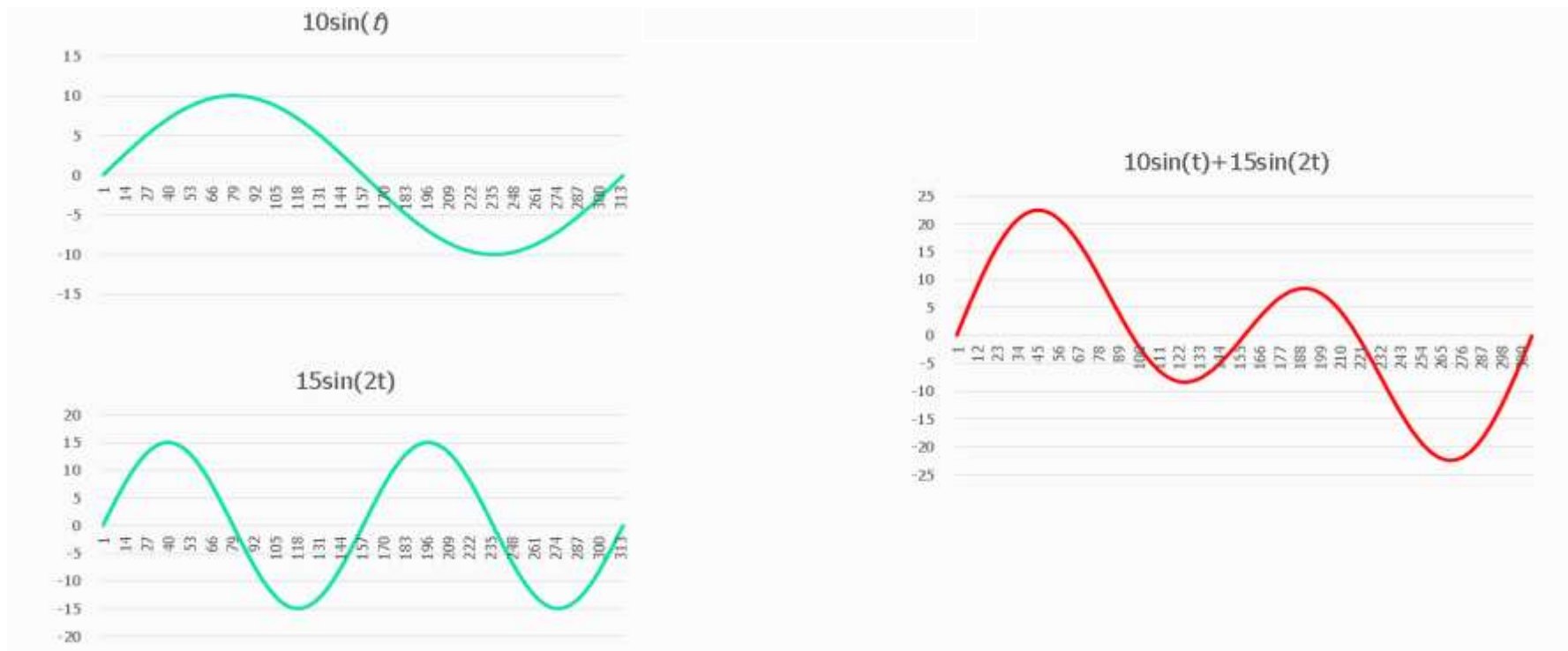
$$\int_0^{2\pi} \sin(t) \cdot \sin(2t) dt = 0$$

假如我们要传输信息, 符号 a 用 $\sin(t)$ 传递; 符号 b 用 $\sin(2t)$ 传递。调制后的信号就是:

$$a \sin(t) + b \sin(2t)$$



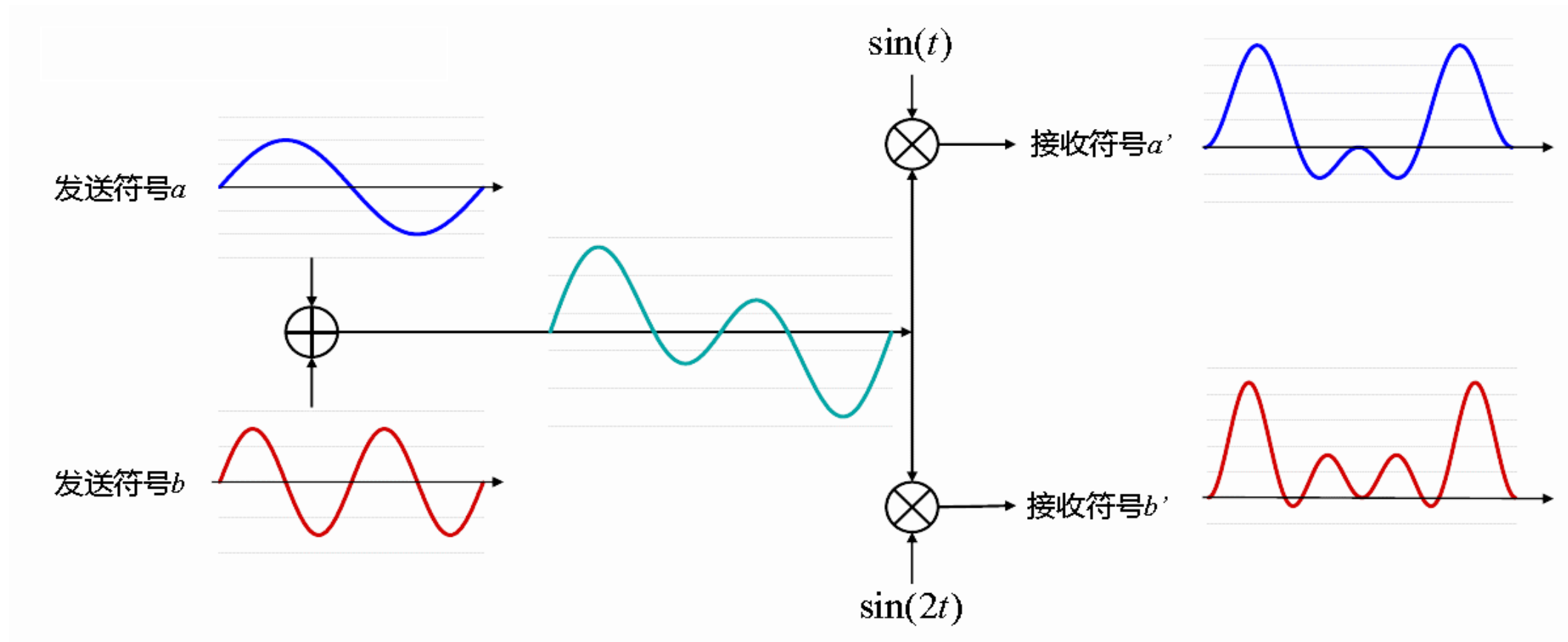
► 4G-OFDM



在傅里叶变换的学习中我们知道 $\sin(t)$ 与 $\sin(2t)$ 是正交的，二者混叠后我们依然可以利用傅里叶变换在频域区分出它们



4G-OFDM

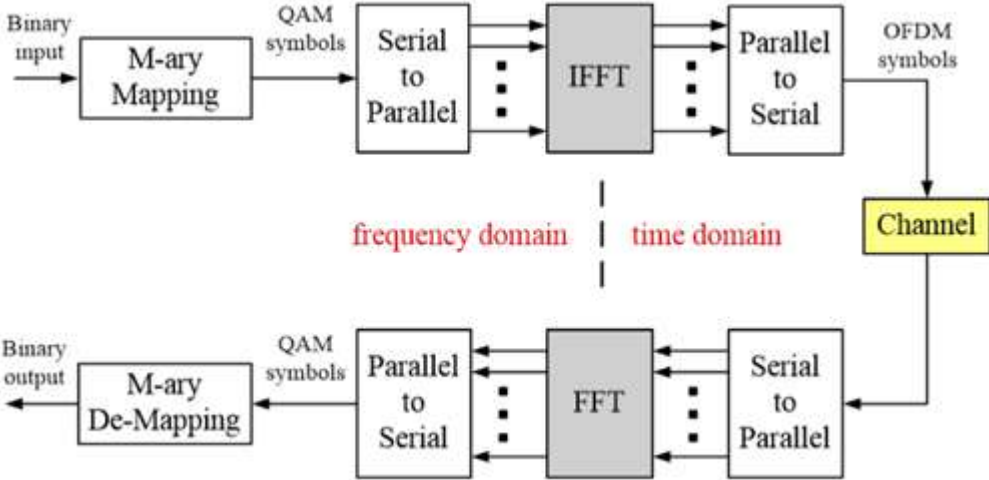


通过利用信号的正交性，两个符号被分离开



4G-OFDM

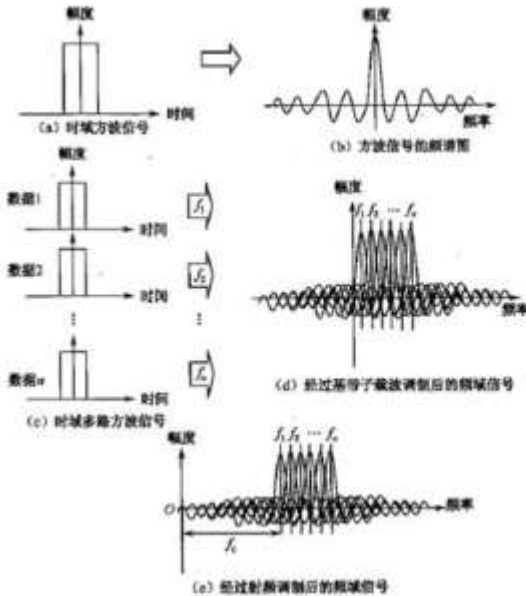
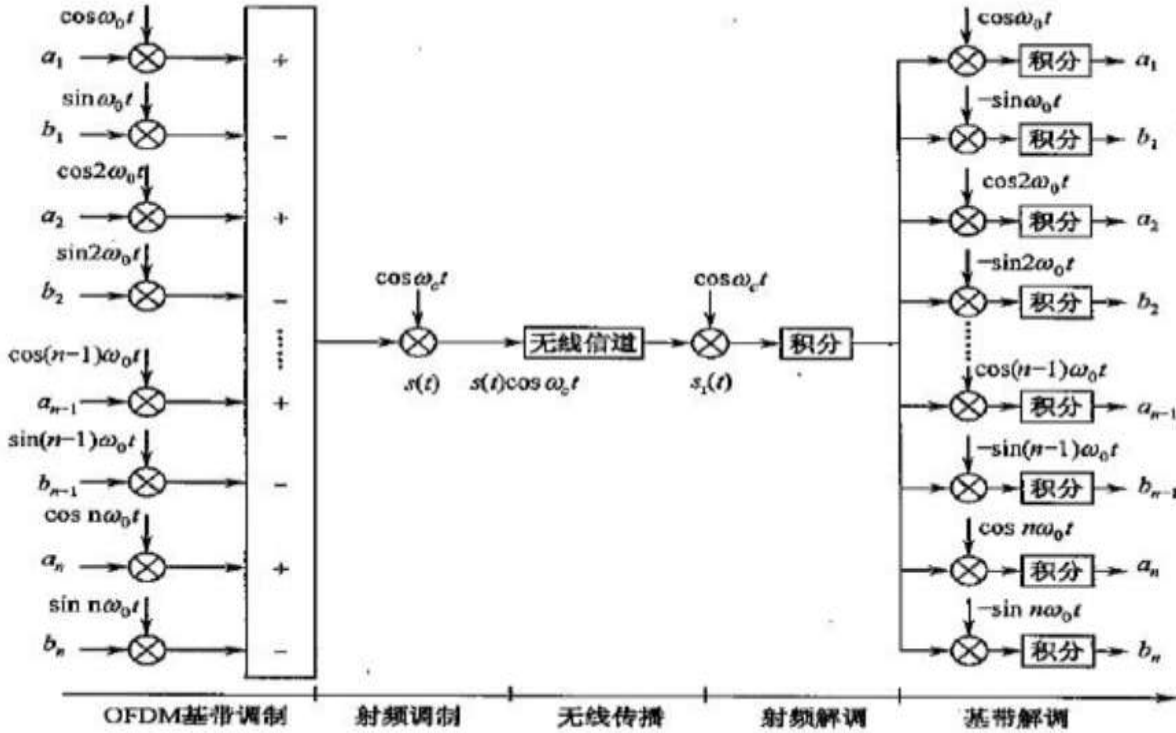
f(t) = 1 / (2π) ∫_{-∞}^{∞} F(w) e^{jw t} dw



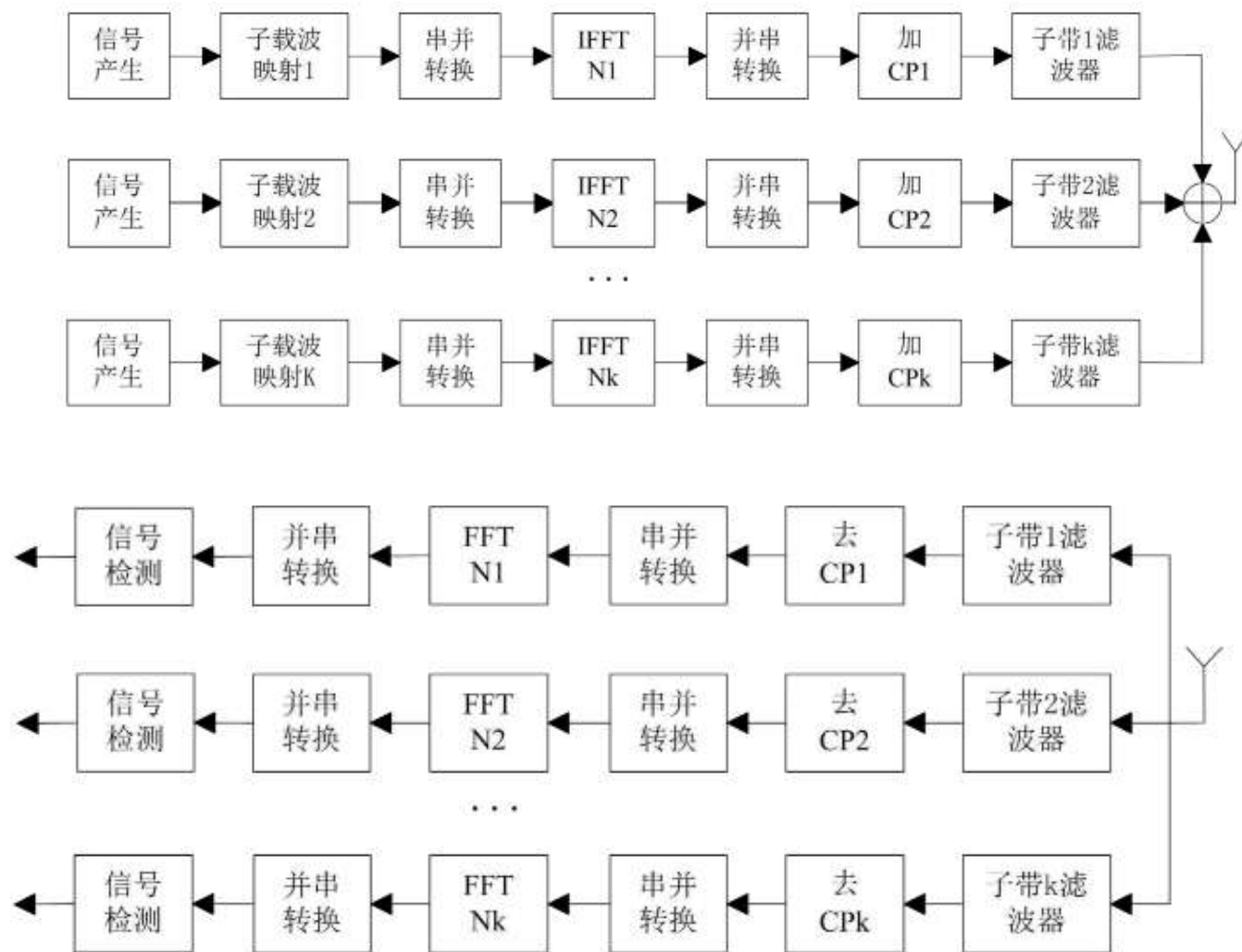
F(w) = F[f(t)] = ∫_{-∞}^{∞} f(t) e^{-i w t} dt

e^{iat}	$\sqrt{2\pi} \cdot \delta(\omega - a)$
$\cos(at)$	$\sqrt{2\pi} \frac{\delta(\omega - a) + \delta(\omega + a)}{2}$
$\sin(at)$	$\sqrt{2\pi} \frac{\delta(\omega - a) - \delta(\omega + a)}{2i}$

研究中心



5G/6G- F-OFDM



- 在保持OFDM符号的复域正交性的同时，在时域OFDM符号上应用了设计良好的滤波器，以降低子带信号的带外泄露
- F-OFDM信号将OFDM载波带宽划分成多个不同参数的子带，通过滤波实现各子带间参数配置的解耦，可以有效降低信号的带外发射，提高信号系统的灵活性和可扩展性。
- Matlab Demonstration

课程设计B-信号处理基础设计

F-OFDM

一、题目 3: Filtered-OFDM 系统仿真与分析

二、内容与要求

在 4G 中, OFDM 凭借其实现简单、抗多径衰落与抗码间干扰能力被广泛使用。但是对于多应用场景的 5G 来说, 每种业务场景对波形需求不一致。这种背景下, Filtered-OFDM (F-OFDM), 即基于子带滤波的 OFDM, 能满足 5G 的波形需求, 各个子带可以依据不同的业务场景配置不同的波形参数, 支持 5G 的灵活需求。

本题目要求同学们, 在数字信号处理和通信原理课程知识的基础上, 学习 F-OFDM 基本理论与算法, 得出发射机带外抑制性能以及系统传输性能, 并与传统的 OFDM 进行对比, 然后对结果进行分析。

2.1 算法仿真参数与指标要求:

- 子带参数参照参考文献[2]中 2.1 (需加入 Turbo 码, 可用 Matlab 内置编码器)
- 考虑子带滤波器窗函数至少三种
- 考虑至少 2 种信道, 如 AWGN, Rayleigh 等等 (注意加入信道后, 接收端需要考虑均衡器)
- 考虑不同数字调制格式如 QPSK, 64-QAM, 16QAM (至少 3 种)
- 考虑不同相邻子带间隔下的传输性能
- SNR 从 -5dB~10dB
- 性能评估: SNR-BER 图

分析总结不同情况下 (比如窗函数、调制格式、信道以及子带间隔等等) 的传输性能 (BER), 并与传统没有子带滤波的 OFDM 进行对比。



3.2 要求与评分标准:

- (1) 分组完成。
- (2) 平时：主要考查学生在实践过程中的态度、积极主动性。
- (3) 开题（含报告）：要求学生明确任务和关键技术，对所做题目有一定的理解，并制定相应的实验计划。开题答辩要求所有成员参加，考察答辩中的表达能力等。开题报告含目的意义、文献综述、方案（算法、实验验证方法）、参考文献（不少于 5 篇，至少 2 篇英文）。
- (4) 结题答辩：要求所有成员参加，现场验收软件，考查实践环节结果的正确性、完整性以及是否独立完成等完成的内容；答辩主要考查学生对所完成工作的理解与掌握情况，以及表达能力等。
- (5) 结题报告：根据要求撰写实验报告（每人一份， pdf 版），参考文献（不少于 10 篇，至少 3 篇英文）。





谢谢大家

