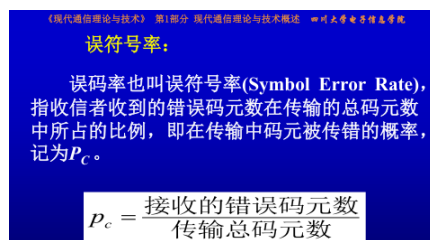


一、什么叫误码率和误码率？分析在数字基带传输系统中，造成误码的原因，并说明可以采用哪些技术措施提高数字信号的传输质量，减小误码？



答：码间串扰和信道噪声是造成误码的两大因素，码间串扰是由于基带传输总特性不理想造成的；信道噪声是一种加性随机干扰，来源有很多，主要代表是起伏噪声（如热噪声）。这两类干扰都会对信号的接收判决产生影响。

措施：1.以付出带宽换取可靠性如无线扩频调制 CDMA。2.降低传输速率，即在同样信息量，延长传输时间可以提高可靠性。3.采用适当的信号波形及均衡措施，可消除信号码元波形间干扰，提高正确判决概率。4.选用调制与解调方式提高可靠性。如采用数字调频较调幅有较好的接收质量。最佳接收的解调方式优于包络解调。5.优良的信号设计可提高抗干扰能力。6.提高抗干扰能力，减少差错最有效、也最常用的方法是利用差错控制编码 7.把基带系统的总特性设计成理想低通特性，或者能等效成理想低通特性（具有对称滚降特性）。8.再生中继传输 9. 要想减小基带传输系统的误码率，就必须设法提高接收机的输出信噪比。目的是找到一个线性滤波器，使得抽样判决器在抽样时刻能得到最大的信噪比。

二、参数编码的基本原理，并分析为什么参数编码和波形编码相比有更高的压缩比。

- 参数编码技术是以语音信号产生的数学模型为基础，根据输入语音信号分析出表征声门振动的激励参数和表征声道特性的声道参数，然后在解码端根据这些模型参数来恢复语音。
- 这种编码算法并不忠实地反映输入语音的原始波形，而是着眼于人耳的听觉特性，确保解码语音的懂度和清晰度。基于这种编码技术的编码系统一般称之为声码器，主要用在窄带信道上提供4.8kbit/s以下的低速率语音通信和一些对时延要求较宽的场合。当前参数编码技术主要的研究方向是线性预测LPC（Linear Predictive Coder）声码器和全阶声码器。

答：参数编码基础是语音的产生

模型：对语音信号进行分析可以得到谱包络，基音周期以及清浊音判别等信息，谱包络信息是一组定义声道共振特性的滤波器系数。将上述参数编码后传输到接收端，就可以在同样的语音模型的基础上合成语音信号，合成器中所采用的声道滤波器的形式与编码端的谱包络分析器的形式相对应，他们的不同形式决定了声码器的不同类型，如通道声码器、共振峰声码器和 LPC 声码器。

因为在传输过程中只需要传送模型的参数，大大降低了系统的码率。使用 LPC 线性预测编码，使用单级或多级采样系统其中每个采样时间的信号值是预测是过去价值的线性函数量子化信号。关键在于时变。

三、数据压缩的必要性和可能性。以差分脉冲编码调制 DPCM 为例，画出 DPCM 原理框图，分析其工作过程，阐述预测编码是如何实现数据压缩的。

答：数据压缩：如何用最少的比特数来表述信源的输出信息，如何用比较简单的办法来降低数码率，并且在信源译码器那里能准确地或以一定的质量损失为容限再现信源信息。

必要性：数字化了的模拟信号数据量非常大数码率高，不仅对传输不利，而且也增加了存储和处理的困难。为了降低传输信息所要求的信道带宽，节省存储信息所需的存储容量，无论从传输还是从存储的角度来考虑，数据压缩都是非常必要的。反之，如果不进行数据压缩，则无论传输还是存储都很难实用化。

可能性：语音、图象等信息信号具有很大的压缩潜力。PCM 方式并不是对模拟信号进行最有效的编码方式，或数码率最小的编码方式。数据 = 信息 + 冗余度。信号波形各相邻抽样值之间常常接近于相同值，存在着某种相关性，有大量的冗余度。减少或去掉数据中的冗余度就可以压缩数据，而不损失信息。利用人的视觉特性和听觉特性，可以以一定的质量损失为容限对数据进行有损压缩。

DPCM 原理图：

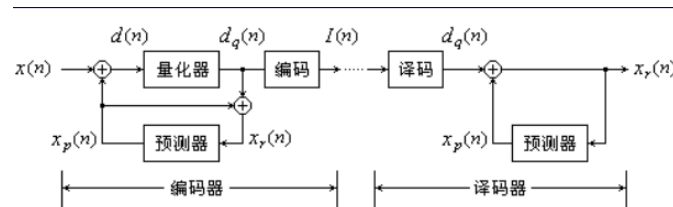
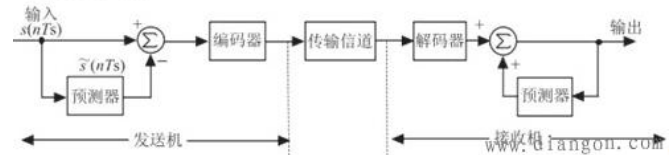


图4.2.11 DPCM系统原理框图

如图所示，在每个抽样时刻到来时，滤波器输出将会给出下一个样值的预测值。一般来说，在抽样时刻  $t = nT_s$  时所得的预测值  $\hat{s}(nT_s)$  与真正的样值  $s(nT_s)$  并不相同。所谓差值脉冲编码就是对真正的样值  $s(nT_s)$  与过去的样值为基础得到的估值  $\hat{s}(nT_s)$  之间的差值进行量化和编码。



预测编码是如何实现数据压缩：通过利用信号之间的相关性来形成预测，减少不确定区域。不是对样本本身进行量化和编码，而是对预测误差进行量化和编码；量化误差的动态范围比原始信号小，因此在给定量化电平数（即比特位数）时，量化间隔更小，质量（量化信噪比）可以提高；如果保持质量不变的前提下，就可以用更少的量化电平数，减少了比特位数，从而实现了数据压缩。

#### 四、阐述码分多址 CDMA 的工作原理与性能特点。

答：基于扩频技术，即将需传送的具有一定信号带宽信息数据，用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制，使原数据信号的带宽被扩展，再经载波调制并发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码，与接收的带宽信号作相关处理，把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩，以实现信息通信。

性能特点：(1)抗干扰能力强。这是扩频通信的基本特点，是所有通信方式无法比拟的。

(2)宽带传输，抗衰落能力强。

(3)由于采用宽带传输，在信道中传输的有用信号的功率比干扰信号的功率低得多，因此信号好像隐蔽在噪声中；即功率谱密度比较低，有利于信号隐蔽。

(4)利用扩频码的相关性来获取用户的信息，抗截获的能力强。

#### 五、阐述 TCM 网格编码调制原理与性能特点。Ppt 第八章有，8.5.2

答：TCM 技术是一种将编码与调制有机结合起来编码调制技术。TCM 技术既不降低频带利用率，也不降低功率利用率，而是以设备的复杂化为代价换取编码增益。可使系统的频带利用率和功率资源同时得到有效利用。利用状态记忆和分集映射来增大编码序列之间

距离的办法，来提高编码增益。网格编码调制是一种信号集空间编码(signal-space

code)，它利用信号集的冗余度，保持符号率和功率不变，用大星座传送小比特数而获取纠错能力。

为此，先将小比特数编码成大比特数，再设法按一定规律映射到大星座上去。上述过程中，冗余比特的产生属于编码范畴，信号集星座的扩大与映射属于调制范畴，两者结合

就是编码调制。比如，用具有携带 3 比特信息能力的 8PSK 调制方式来传输 2 比特信息，叫做信号

集冗余度，我们正是利用这种信号集空间(星座)的冗余度来获取纠错能力的。

性能特点：TCM 码一般仅增加一位冗余校验，码率  $R$  写成  $m/m+1$ ，表示每码元符号用  $2m+1$  点的信号星座传送  $m$  比特信息。这个 7db 增益是指理论极限值，目前工程可实现的 TCM 码的最大编码增益不超过 6dB。

六、阐述子带编码的原理，分析子带编码为什么能够压缩数据。

答：子带编码(subband coding, SBC)的基本思想是：使用一组带通滤波器(band-pass filter, BPF)把输入音频信号的频带分成若干个连续的频段，每个频段称为子带。对每个子带中的音频信号采用单独的编码方案去编码。在信道上传送时，将每个子带的代码复合起来。在接收端译码时，将每个子带的代码单独译码，然后把它们组合起来，还原成原来的音频信号。

对语音信号进行子带编码具有以下特点：

- (1) 将语音信号分成若干子带，就可以根据人耳的听觉特性来合理分配各个子带的比特数，以获得更好的主观听觉效果。例如，由于语音的基音和共振峰主要集中在低频段，因此可分配较多的比特来表示其样值；而对出现摩擦音和类似摩擦噪声的高频段可以分配较少的比特，从而可充分地压缩语音数据，降低编码速率。
- (2) 由于各子带的量化噪声限制在本子带内，相互独立，互不干扰，因此能避免能量较小频段上的信号被其他频段的量化噪声所淹没，从而改善语音编码的质量。
- (3) 由于各个子带的带宽远小于语音信号的带宽，因此可使其抽样速率降低至各个子带带宽的2倍。(带通信号抽样定理)

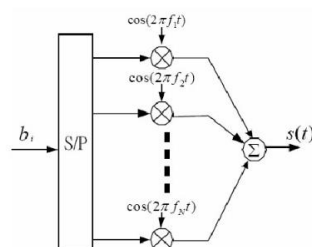
七、阐述 OFDM 基本原理，给出 OFDM 实现的原理框图，并解释为什么 OFDM 调制与解调可以用 IFFT 和 FFT 来实现

答：OFDM 也是一种频分复用的多载波传输方式，只是复用的各路信号(各路载波)是正交的。OFDM 技术也是通过串/并转换将高速的数据流变成多路并行的低速数据流，再将它们分配到若干个不同频率的子载波上的子信道中传输。不同的是 OFDM 技术利用了相互正交的子载波，从而子载波的频谱是重叠的，而传统的 FDM 多载波调制系统中子载波间需要保护间隔，从而 OFDM 技术大大的提高了频谱利用率

## OFDM技术基本原理

### 2.1 OFDM基本原理

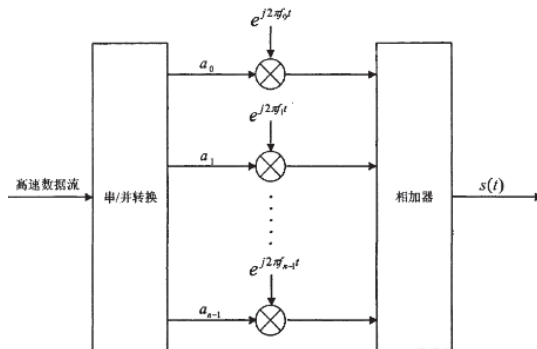
- OFDM是一种特殊的多载波传输方案，它通过串并转换将高速数据流分配到若干并行的低速子信道中进行传输
- 并行多载波传输对抗频率选择性衰落的能力比串行传输要强，对抗ISI的能力比串行传输要强



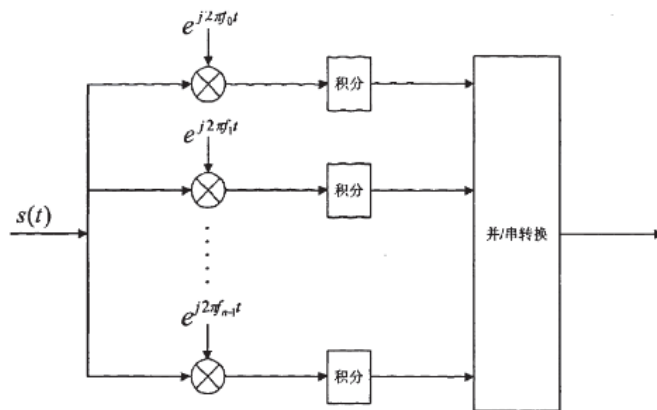
OFDM 的基本原理是将高速信息数据编码后分配到并行的  $N$  个相互正交的载波上，每个载波上的调制速率很低( $1/N$ )，调制符号的持续间隔远大于信道的时间扩散，从而能够在具有较大失真和突发性脉冲干扰环境下对传输的数字信号提供有效地保护。

## 1、OFDM 调制原理框图

OFDM 通过把需要发射的数据流分解为若干个并行的数据子流，这样每个数据子流在速率上就会降低很多，然后再进行相关调制，将它们调制到一组总数为  $N$ ，频率之间的间隔相等，且又两两正交的子载波上。



## 2、OFDM 解调原理框图



八、对于无纠错编码的系统，试从系统带宽、数据传输比特速率、信号能量、误码率等（合订本 P251）方面分析比较多相 MPSK 和正交 MPSK 带通信号的性能。

答：系统带宽：

九、QAM 和 MPSK 的比较。

答：虽然多进制 QAM 信号如同多进制 PSK 信号一样，都可以用正交调制的方法产生，而且  $m$  电平的 QAM 信号与  $2m$  进制的 PSK 信号的同相分量和正交分量都是  $m$  电平码元，从形式上看它们有点类似，但实质上，除二电平的 4QAM 和 4PSK 完全等效外，其它多进制 QAM 和多进制 PSK 是不相同的。多进制 QAM 的同相和正交两路基带信号的电平是互相独立的，它有  $M=m^2$  个信号矢量点，而多进制 PSK 在  $2m > 4$  时，同相与正交两路基带信号的电平不是互相独立，而是互相关联的，以保证合成矢量端点落在圆上，且信号矢量点只有  $2m$  个。

十、什么是复用技术？简述频分复用、时分复用、码分复用的原理、性能特点以及典型应用。

答：复用技术是指一种在传输路径上综合多路信道，然后恢复原机制或解除终端各信道复用技术的过程。

频分复用原理：频分多路复用是在发送端用不同频率的副载波将不同路信号的频谱并列而互不重叠地搬移在频率轴的不同频带上，以合成一个新的宽带带限信号，让多路复用信号在一个宽带信道上同时传输；在接收端，多路复用信号先经带通滤波器将各路信号分离，再送往各自的解调器恢复出原调制信号。特点：每个用户终端的数据通过专门分配给它的予信道传输，在用户没有数据传输时，别的用户也

不能使用。频分多路复用适合于模拟信号的频分传输，主要用于电话和有线电视(CATV)系统，在数据通信系统中应和调制解调技术结合使用。应用：多通道无线电中，采用不同频率同时发送数据。有线电视中，采用不同基频传输不同的频道。

时分复用原理：抽样周期被分为  $N$  个时隙，将  $N$  个信息信号的样值按一定顺序安排在这  $N$  个时隙中，通过发送端的并路器和接收端的分路器在每一个抽样周期内顺序对这  $N$  个信号依次传输一次，这样就可以在同一信道内时分顺序传送多个基带信号。特点：① TDM 信号中各信号的频谱分量混叠在一起，从频谱上不可能分辨各路信息信号。② 由于时分顺序传送各信息信号一次的周期很短，所以，虽然从微观上讲在时间上可分辨各路信息信号，但人是感觉不到各路信息信号是在不同时间传送的，宏观上能感觉到的仍是“同时”传送。应用：比如网络传输，任意时刻线路上只能传送一个数据包，不同用户的数据包是分时传送的。单通道无线电通讯，也是个比较简单的应用，同一时刻只能有一个人讲话，不同人必须依次讲话。

码分复用 CDMA 基于扩频技术，即将需传送的具有一定信号带宽信息数据，用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制，使原数据信号的带宽被扩展，再经载波调制并发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码，与接收的带宽信号作相关处理，把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩，以实现信息通信。性能特点：(1)抗干扰能力强。这是扩频通信的基本特点，是所有通信方式无法比拟的。(2)宽带传输，抗衰落能力强。(3)由于采用宽带传输，在信道中传输的有用信号的功率比干扰信号的功率低得多，因此信号好像隐蔽在噪声中；即功率谱密度比较低，有利于信号隐蔽。(4)利用扩频码的相关性来获取用户的信息，抗截获的能力强。应用：民用的移动通信。

十一、根据数字基带传输系统基带模型来分析码间串扰形成的主要原因，写出无码间串扰的条件。有哪些无码间串扰的基带传输特性？

答：码间串扰形成的主要原因：

无码间串扰条件：

答：在不考虑传输时延和噪声影响情况下，接收滤波器的输出为：

$$r(kT_b) = a_k h(0) + \sum_{\substack{n \\ n \neq k}} a_n h[(k-n)T_b]$$

要使系统无码间串扰，只需

$$h(KT_b) = h[(k-n)T_b] = \begin{cases} 1 & K = k - n = 0 \\ 0 & K = k - n \neq 0 \end{cases}$$

也就是说，即使发送信号经传输后整个波形可能发生了变化，但只要输出波形除  $t=0$  时的抽样值不为零外，在其它所有抽样时刻上均为零，仍然可以准确无误地恢复原始信号，

无码间串扰基带传输特点：