通信系统原理教程

第13讲 基带数字信号的表示和传输之二

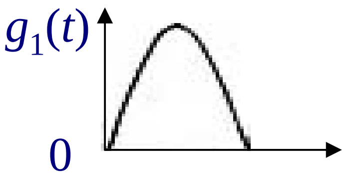
通信教研室 杨春萍

本讲内容

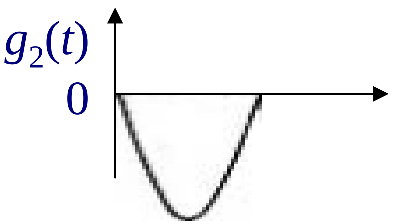
- 概述
- 字符的编码方法
- 基带数字信号的波形
- 基带数字信号的传输码型
- 基带数字信号的频率特性
- 基带数字信号传输与码间干扰
- 眼图
- 时域均衡器

基带数字信号的频率特性

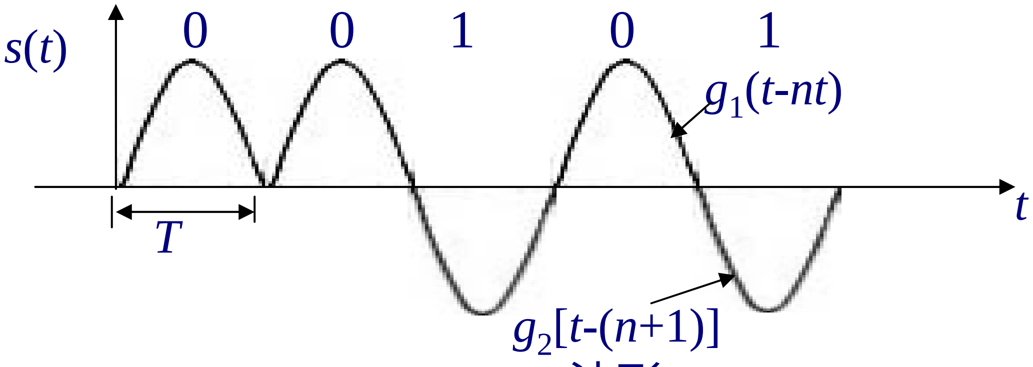
- 二进制随机信号序列的功率谱密度
  - 设信号中“0”和“1”的波形分别为$g_1(t)$和$g_2(t)$，码元宽带为T。



(a) $g_1(t)$波形



(b) $g_2(t)$波形



(c) $s(t)$波形

- 假设随机信号序列是一个平稳随机过程，其中“0”和“1”的出现概率分别为P和$(1-P)$，而且它们的出现是统计独立的
- 则有：

$$s(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}s_n(t)$$

式中，

$$s_n(t)=\begin{cases}g_1(t-nT), & \text{概率为}P\\ g_2(t-nT), & \text{概率为}(1-P)\end{cases}$$

其功率谱密度：

$$P_s(f)=E[P(f)]=\lim_{T_c\to\infty}\frac{E|S_C(f)|^2}{T_c}$$

式中，T_c为截取的一段信号的持续时间，设它等于：$T_c=(2N+1)T$

式中，N是一个足够大的整数。这样，

$$s_c(t)=\sum_{n=-N}^{N}s_n(t)$$ 及 $$P_s(f)=\lim_{N\to\infty}\frac{E|S_C(f)|^2}{(2N+1)T}$$

若求出了截短信号$s_c(t)$的频谱密度$S_c(f)$，利用上式就能计算出信号的功率谱密度$P_s(f)$。

计算结果：

双边功率谱密度表示式：

$$P_s(f) = P_u(f) + P_v(f) = f_c P(1-P)\left|G_1(f) - G_2(f)\right|^2 + \sum_{m=-\infty}^{\infty}\left| f_c\left[PG_1(mf_c) + (1-P)G_2(mf_c)\right]\right|^2 \delta(f - mf_c)$$

单边功率谱密度表示式：

$$P_s(f) = 2f_c P(1-P)\left|G_1(f) - G_2(f)\right|^2 + f_c^2\left|PG_1(0) + (1-P)G_2(0)\right|^2 \delta(f) + 2f_c^2\sum_{m=1}^{\infty}\left|PG_1(mf_c) + (1-P)G_2(mf_c)\right|^2 \delta(f - mf_c), \qquad f \ge 0$$

功率谱密度计算举例

- 单极性二进制信号

设信号$g_1(t) = 0$, $g_2(t) = g(t)$，则由其构成的随机序列的双边功率谱密度为：

$$P_s(f) = f_c P(1-P)\left|G(f)\right|^2 + \sum_{m=-\infty}^{\infty}\left|f_c(1-P)G(mf_c)\right|^2 \delta(f - mf_c)$$

式中，$G(f)$是$g(t)$的频谱函数。当$P = 1/2$，且$g(t)$为矩形脉冲时，即当

$$g(t) = \begin{cases} 1, & |t| \le \dfrac{T}{2} \\ 0, & \text{其他}t \end{cases}$$

时，$g(t)$的频谱函数为

$$G(f) = T\left(\frac{\sin \pi f T}{\pi f T}\right)$$

故有

$$P_s(f) = \frac{1}{4} f_c T^2 \left(\frac{\sin \pi f T}{\pi f T}\right)^2 + \frac{1}{4}\delta(f) = \frac{T}{4} Sa^2(\pi f T) + \frac{1}{4}\delta(t)$$

式中，$Sa(x) = \sin x / x$

- 双极性二进制信号

设信号$g_1(t) = -g_2(t) = g(t)$，则由其构成的随机序列的双边功率谱密度为：

$$P_s(f) = 4f_c P(1-P)|G(f)|^2 + \sum_{m=-\infty}^{\infty} |f_c(2P-1)G(mf_c)|^2 \delta(f - mf_c)$$

当$P = 1/2$时，上式可以改写为 $P_s(f) = f_c|G(f)|^2$

若$g(t)$为矩形脉冲，则将其频谱$G(f)$代入上式可得

$$P_s(f) = f_c\left|T\left(\frac{\sin \pi fT}{\pi fT}\right)\right|^2 = T\left(\frac{\sin \pi fT}{\pi fT}\right)^2 = TSa^2(\pi fT)$$

由上面两个例子可以看出：

1. 在一般情况下，随机信号序列的功率谱密度中包含连续谱和离散谱两个分量。但是对于双极性信号**g(t) = -g(t)**，且概率**P = 1/2**时，则没有离散谱分量。

2. 若$g_1(t) = g_2(t)$，则功率谱密度中没有连续谱分量，只有离散谱。－ 为周期性序列，不含信息量。

- 离散谱不存在的条件

$$\sum_{i=1}^{N} p_i g_i(t) = 0$$

- 离散谱的作用

信号的离散谱分量的波形具有周期性，其中包含码元定时信息，可以直接用于在接收端建立码元同步。对于没有离散谱分量的信号，在接收端则需要对其进行某种变换，使其谱中含有离散分量，才能从中提取码元定时信息。

返回