

数据通信原理

信道复用与多址技术

全宇晖

二零一九年秋

信道复用的基础数学模型

$$\mathbf{f} = \alpha_1 \mathbf{v}_1 + \alpha_2 \mathbf{v}_2 + \cdots + \alpha_N \mathbf{v}_N$$

发送信号
(连续)

码字1

载波1
(连续)

码字2

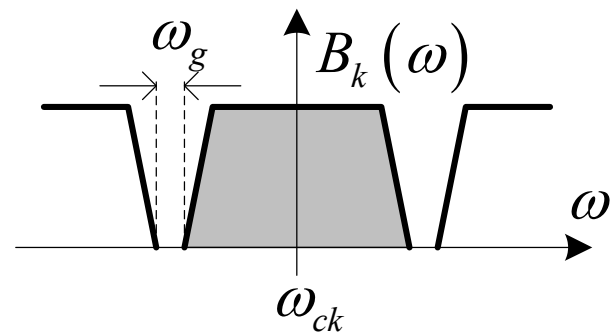
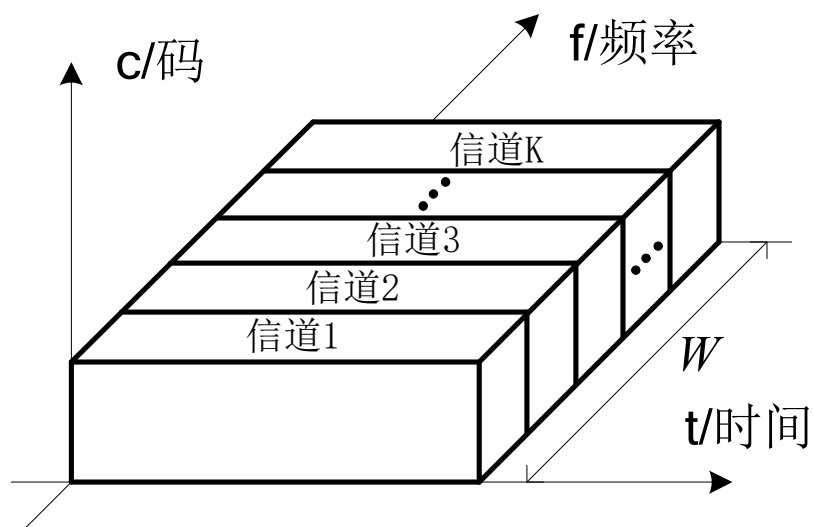
载波2
(连续)

码字3

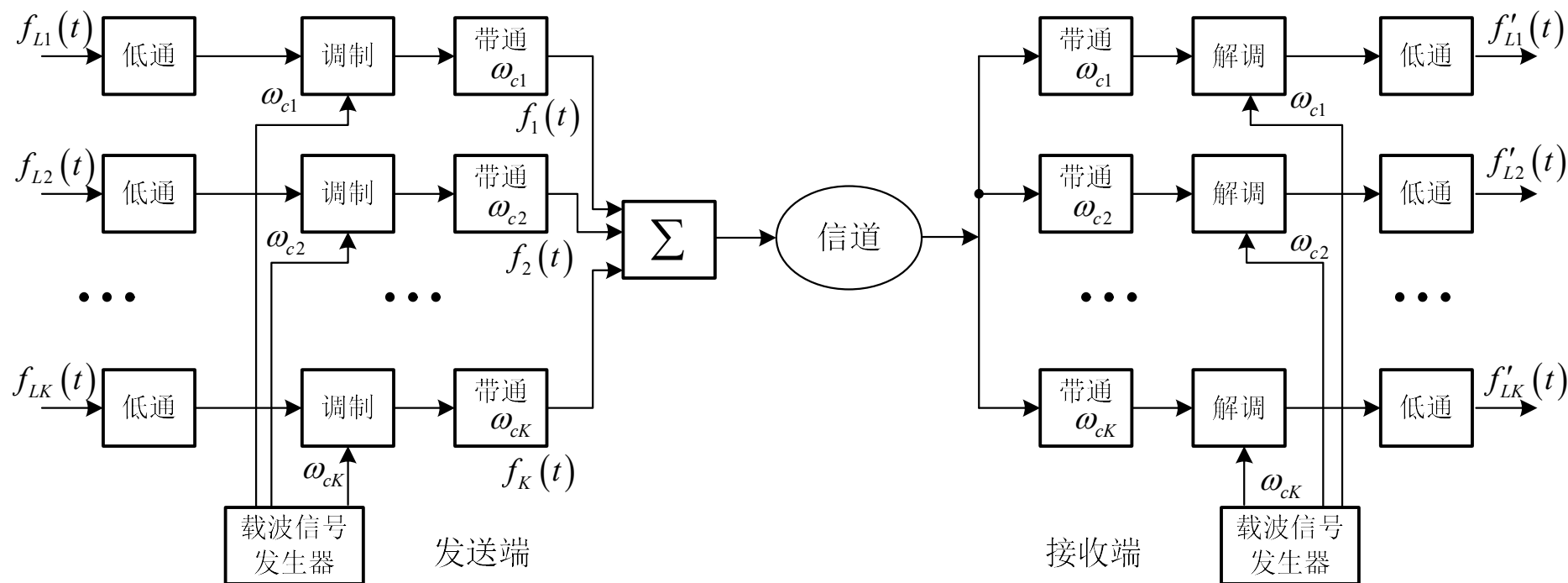
载波N
(连续)

1. 假设要发送方要传输消息 $\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_N$ ，该模型意味着什么？
2. 接收方(采集方)拿到 \mathbf{f} ，然后要做什么？

频分复用与频分多址

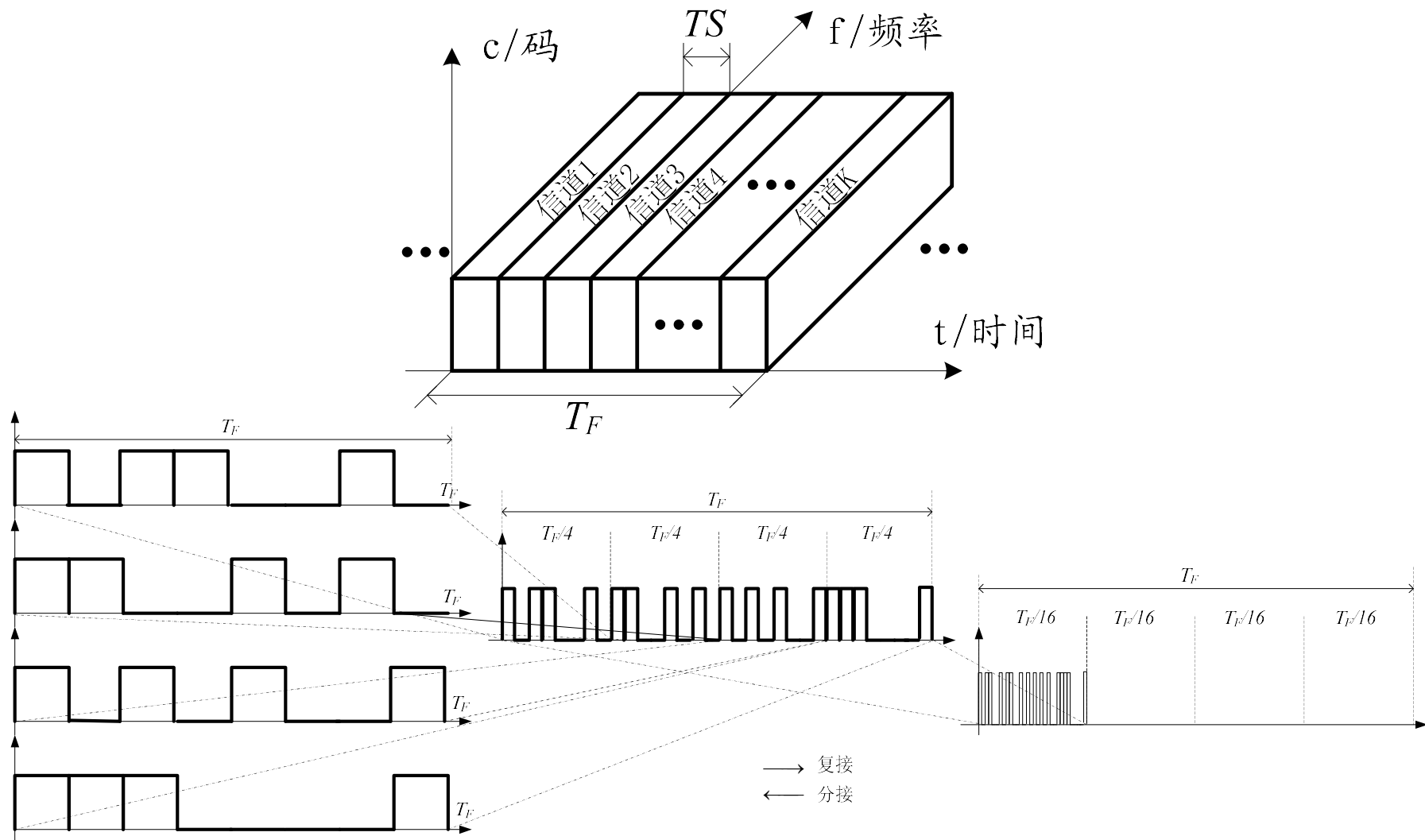


频分复用与频分多址

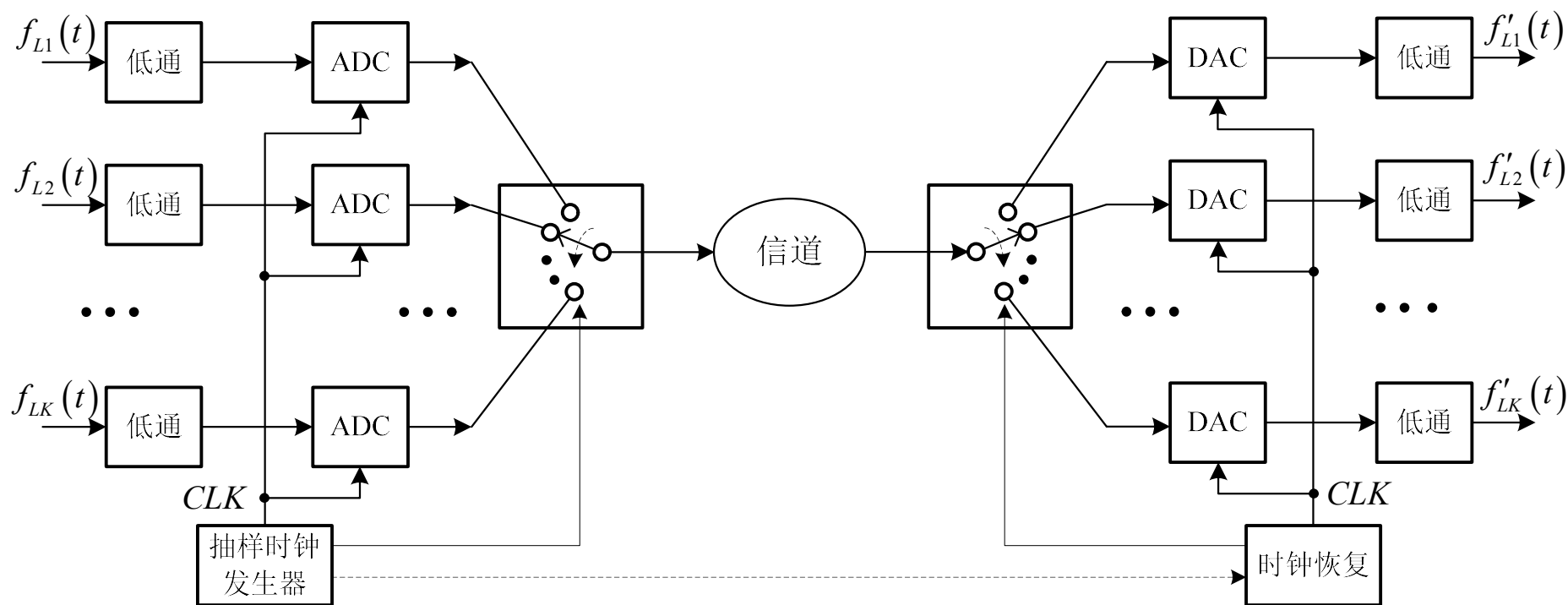


传统的频分复用系统因子信道间需要隔离带，频谱效率较低，且需要大量不同参数的滤波器。

时分复用与多址技术



时分复用与多址技术



时分复用的方法用于无线多址系统时，因为用户间有定位误差，且信号到达接入点可能有不同的时延，因此通常需要有时间保护间隔。

码分复用与多址技术

记M维的码字集 $\{C_k\}$ ，其中 $C_k = (c_{k0}, c_{k1}, \dots, c_{kM})$

正交编码集：称 $\{C_k\}$ 为正交编码集，如果其满足如下的条件

$$\forall C_j, C_k \in \{C_k\}, \quad C_j \cdot C_k = \sum_{i=1}^M c_{ji} c_{ki} = \begin{cases} M, & j = k \\ 0, & j \neq k \end{cases}$$

特别地，若

$$C_j \cdot C_k = \sum_{i=1}^M c_{ji} c_{ki} = \begin{cases} 1, & j = k \\ 0, & j \neq k \end{cases}$$

称 $\{C_k\}$ 为归一化正交码。

码分复用与多址技术

沃尔什(Walsh)函数：具有如下性质的函数集合称之。

K 阶沃尔什函数： $\{W_k(t); t \in (0, T), k = 0, 1, 2, \dots, K\}$

- (1) 除了在一些跳跃点上取值0外， $W_k(t)$ 仅在一1和+1中取值；
- (2) 对任意的 k , $W_k(0) = 1$;
- (3) 在内 $(0, T)$, $W_k(t)$ 有 k 次穿越零点的符号变化；
- (4) 关于 $(0, T)$ 的中点， $W_k(t)$ 不是奇函数就是偶函数；

(5)

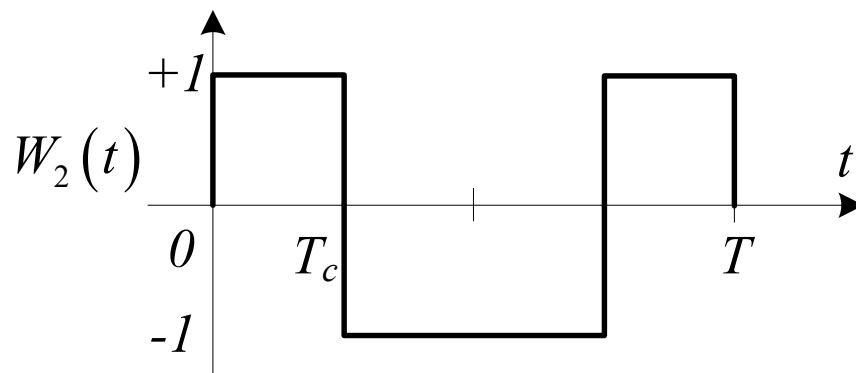
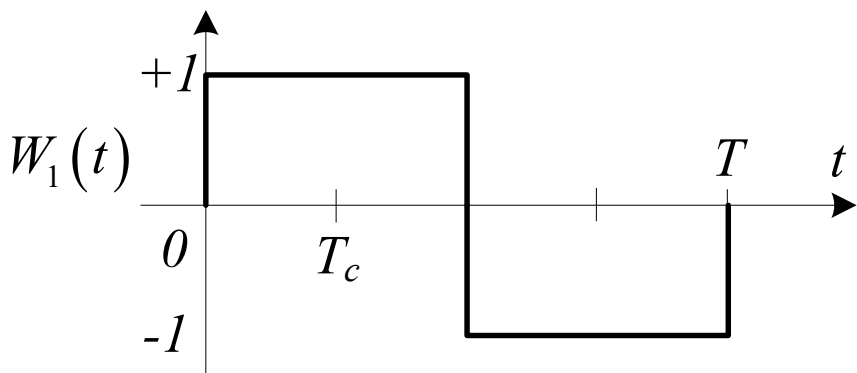
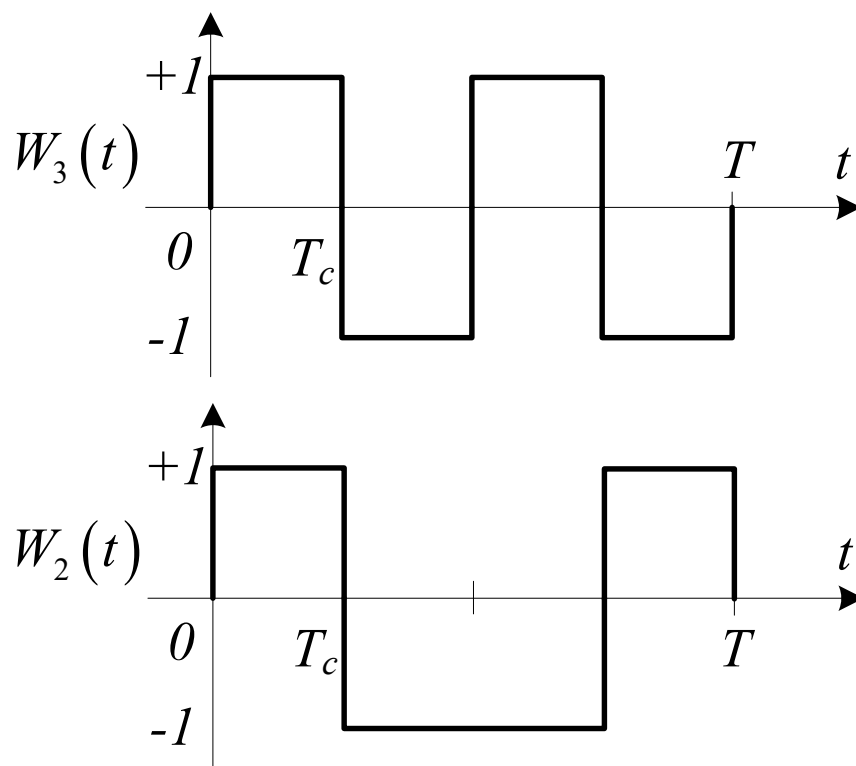
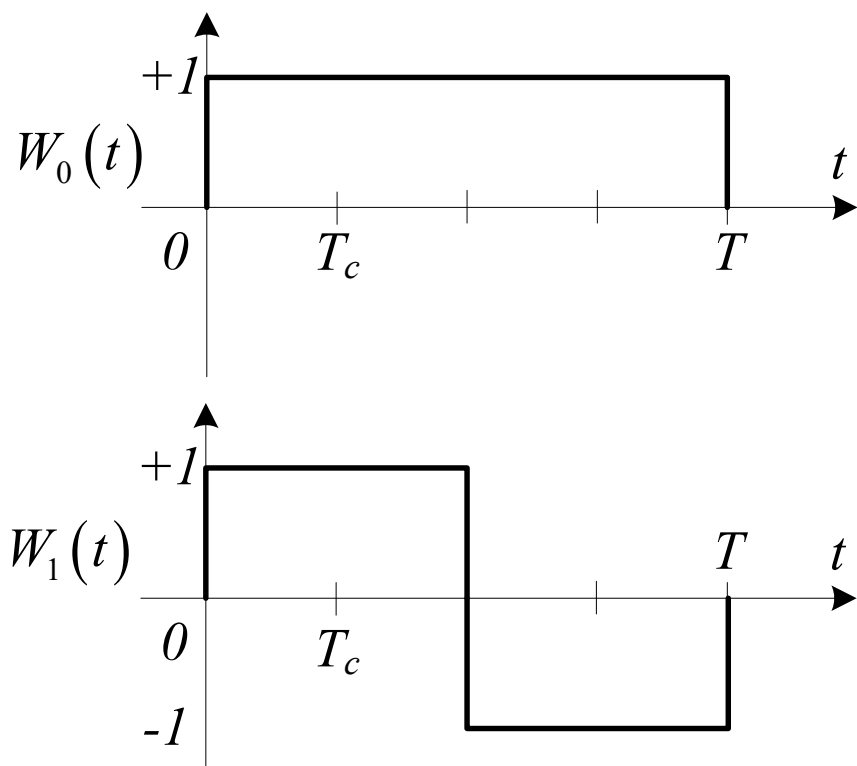
$$\int_0^T W_j(t) W_k(t) dt = \begin{cases} 0, & j \neq k \\ K, & j = k \end{cases}$$

沃尔什函数构成一组正交的函数集。

沃尔什函数集可由哈达马矩阵的行向量构建。

码分复用与多址技术

哈达马矩阵 H_2 构建的4阶沃尔沃函数集相应的信号波形



码分复用与多址技术

思想：利用沃尔什函数的正交性，可以使得在时域和频域均重叠的信号的分离，实现信道的复用。

记 k 个不同的符号序列

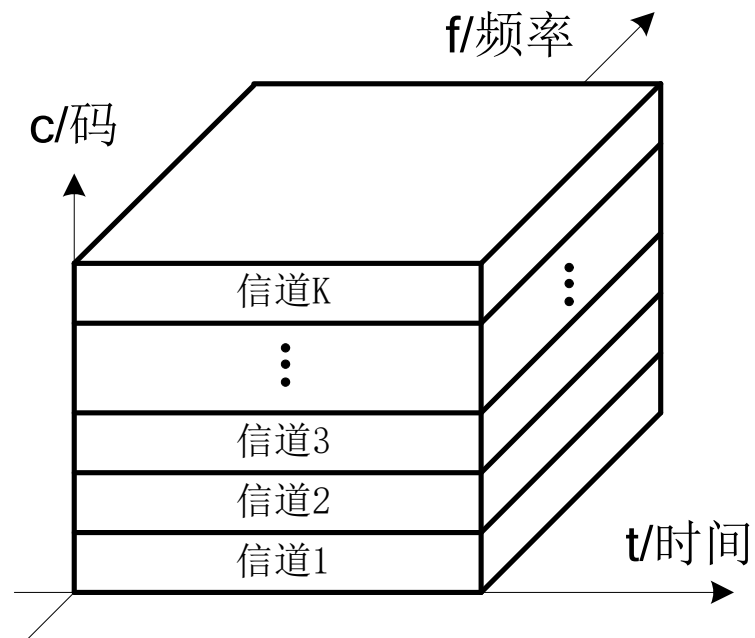
$$\{D_{kj}\}, k=1,2,\dots,K; D_{kj}:(j-1)T \leq t \leq jT$$

利用 k 个不同的沃尔什函数对 k 个符号序列进行调制

$$s(t) = \sum_{k=1}^K s_{kj}(t) = \sum_{k=1}^K D_{kj} \cdot W_k(t), (j-1)T \leq t \leq jT$$

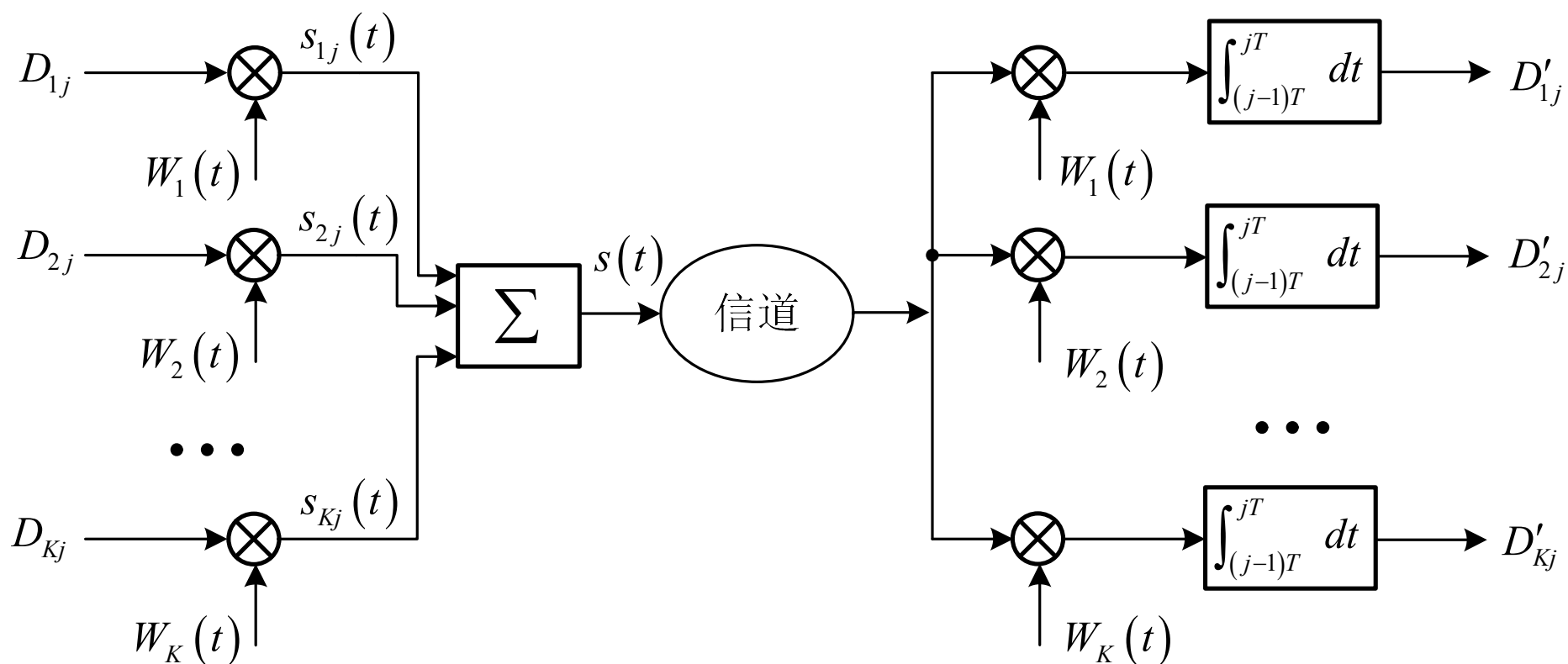
其中 $s_{kj}(t), k=1,2,\dots,K$ 在时域和频域上都是重叠的。

码分复用与多址技术



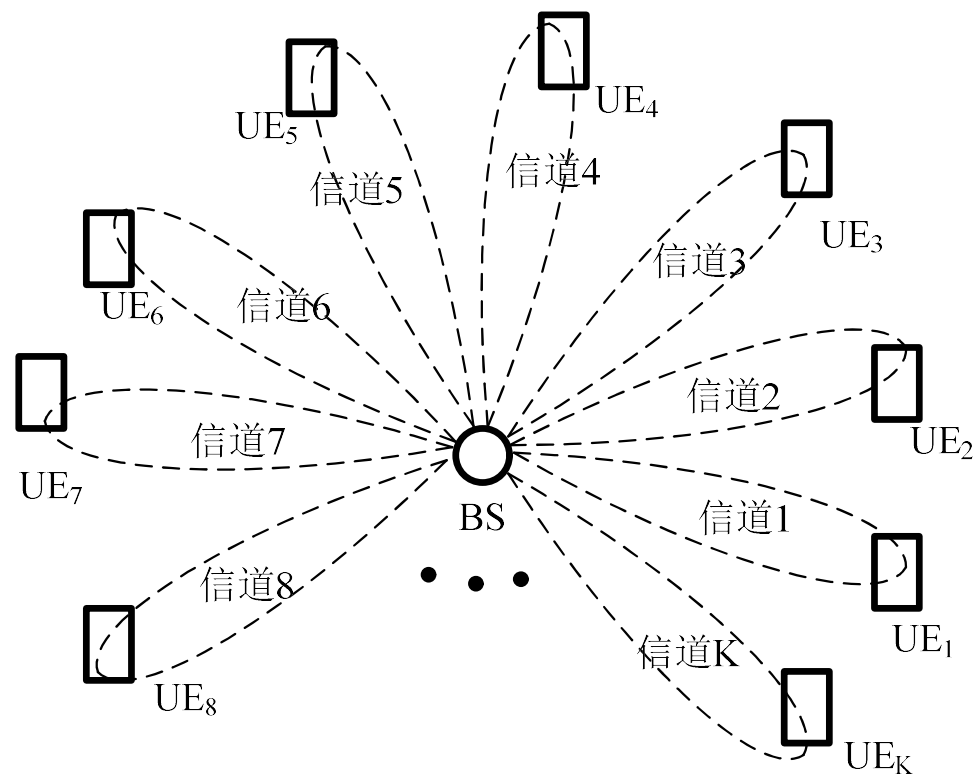
采用不同的沃尔什函数调制的不同的序列信号，在时域和频域上是重叠的。

码分复用与多址技术



空分复用与多分多址

空分复用：一种将天线上发出的某路电磁波信号，限定在某个局部区域范围内，而使得在原来的区域范围内，可以容纳更多路的电磁波信号的一种信道复用方式。

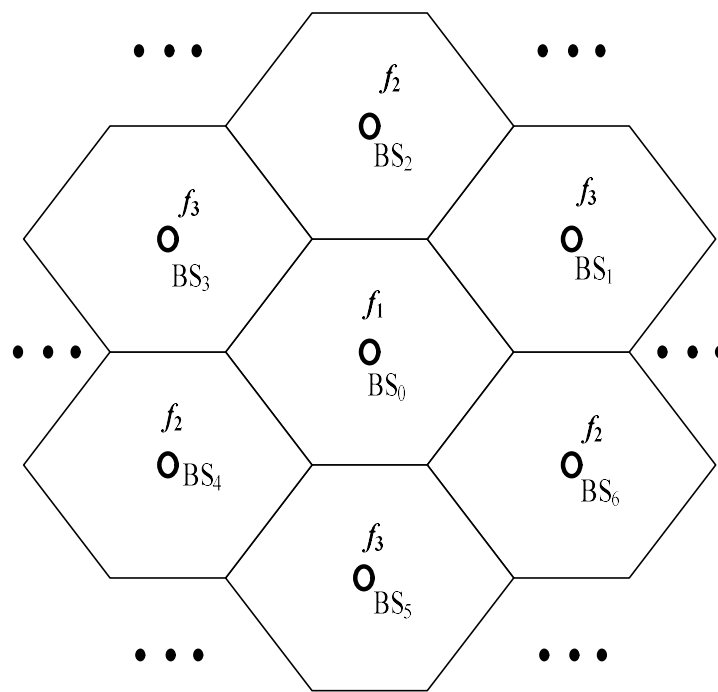


空分复用系统中的每个用户可以系统的全部带宽资源，因此可以达到频谱资源利用率倍增的效果。

空分复用与多分多址

不同用户在空间域的信号不重叠，每个用户在工作区域内自由自身的信号，信号间的正交性自然得到满足。

空分与频分复用是目前蜂窝式移动接入网的主要工作方式。



统计复用与随机多址

统计复用是一种为适应数据业务传输需求具有随机性和突发性而提出的一种动态分配资源的共享信道工作方式。

- 集中式控制
- 随机分布式控制方式

综合复用技术

现代的通信系统，特别是无线通信系统，正在逐步演变成一种采用综合复用技术的系统。所谓的综合复用技术，可根据需要同时采用频分、时分、码分和空分等一种或者若干种技术，为信道资源的有效利用提供了很大的灵活性。

总结

请从正交线性模型回顾所学的复用方式，它们分别对应什么样的正交系统？

End