

1. 据美国网络世界网站 2013 年 1 月 8 日报道，美国国防高级研究计划局目前正在研发一种超大容量的军用无线网络系统。该网络的传输速度可达到惊人的 100 Gb/秒。在进行空对空通信时，其有效通联距离可达 125 英里。进行空地通信时，有效通联距离可达 62 英里。原文报道如下：

<http://www.networkworld.com/community/blog/darpa-search-100-gbsec-wireless-technology-can-penetrate-clutter>

Talk about a high-capacity wireless network. Researchers at DARPA this week will detail a program - with over \$18.3 million in funding behind it - that looks to develop wireless communications links capable of supporting 100 Gb/sec capacity at ranges of 125 miles for air-to-air links and about 62 miles for air-to-ground links from an altitude of 60,000 ft.

- 1) 请画出点对点数字频带传输的原理框图；
  - 2) 如果需要设计一个如上所述的通信系统，请给出你的设计方案，请写明包括编码、调制、带宽、功率、天线、接收滤波、解调、判决、译码、多址、双工、交换等环节在设计中需要考虑的主要问题。
2. 请比较 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line, 非对称数字用户环路) 与以太网技术 (Ethernet) 的相同点和不同点，可从以下角度分析：承载的线缆介质、物理层传输体制、双工技术、复用技术、多址技术等。
  3. 卫星通信与蜂窝移动通信是两类极其重要的通信系统，请至少从三个方面比较两者的特点。
  4. AWGN 信道的容量是  $C = B \log_2(1 + P/(N_0 B))$ ，其中  $P$  为接收信号功率， $B$  为信号带宽， $N_0/2$  为噪声功率谱密度。
    - (1) 求带宽  $B \rightarrow \infty$  时，信道容量关于  $P$  的函数。
    - (2) 若  $B=50\text{MHz}$ ， $P=10\text{mW}$ ， $N_0 = 2 \times 10^{-9} \text{W/Hz}$ ，求接收信号功率和带宽分别增加一倍

时的信道容量。

5. (1) 设 SIMO 信道的增益向量为  $\mathbf{h}=[0.1 \quad 0.4 \quad 0.75 \quad 0.9]$ ，信噪比  $\rho=10\text{dB}$ ，带宽  $B=10\text{MHz}$ ，对于接收机处的多路信号，有选择最佳的一路、等比合并以及最大比合并三种处理策略，分别计算这三种情况下信道的容量。

(2) 考虑下面的  $4\times 4$  MIMO 信道，假设仅接收端已知信道信息，信噪比  $\rho=10\text{dB}$ ，带宽  $B=10\text{MHz}$ ，请问这两个 MIMO 信道是否满秩，并求信道容量（注：此时 MIMO 系统的信道容量为  $C = B\log_2 \det[\mathbf{I}_{n_R} + (\rho/n_T)\mathbf{H}\mathbf{H}^\dagger]$ ，其中， $\det$  表示行列式， $\mathbf{I}$  为单位矩阵，

$\rho$  为信噪比， $\dagger$  表示共轭转置， $n_T$ ， $n_R$  分别为发射天线和接收天线数目）。

$$\mathbf{H}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

6. 请分析比较MIMO与智能天线的区别和相似点？

7. 根据本课程知识，总结能够提高无线通信系统频谱利用率的技术，并简要说明其提高频谱利用率的原因。

8. 高速铁路的GSM-R系统，下行频率930MHz，移动速度250km/h，信道模型为TU6径模型：

1) 计算信道的相干带宽和相干时间；

2) GSM-R 系统带宽为 200kHz，数据传输速率为 271kbps，则信道为频率选择性还是平坦衰落？是快衰落还是慢衰落？是否需要均衡？

TU6 模型

路径	相对时延 ns	相对功率 dB
1	0	-3
2	200	0
3	500	-2
4	1600	-6

5	2300	-8
6	5000	-10

# 9. 计算：信道估计与均衡

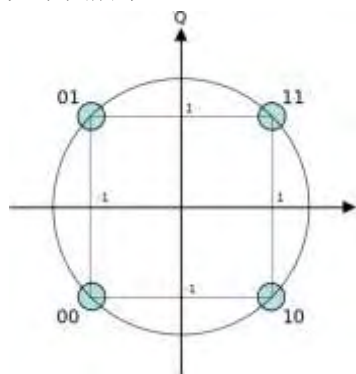
设一个 OFDM 系统共有 1024 个子载波。其中奇数子载波为导频，偶数子载波为数据（QPSK 调制）。子载波 1、3、5、7、9 上发射的导频数据为：

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_3 \\ p_5 \\ p_7 \\ p_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

子载波 1~9 上接收到的数据为：

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \\ d_7 \\ d_8 \\ d_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.4+1.7j \\ 2.85j \\ -1.6-1.3j \\ 3.52 \\ 1.6+1.9j \\ -3.01 \\ -1.2-0.9j \\ -2.1j \\ 0.8+1.1j \end{bmatrix}$$

已知 QPSK 比特-符号映射关系如下图所示：



试解码 2、4、6、8 子载波上的信息比特（最大似然）。

# 10. 计算：OFDM 参数

一个 CP-OFDM 系统，子载波数为 2048，其中导频载波 256 个，CP 长度为 128。CP 和数据块组成一帧，一帧时长 0.272ms。采用 16QAM 调制，2/3 码率的 LDPC 编码，基带。求系统带宽、频谱利用率和数据传输速率。

### 11. 计算：载噪比

一个 1W 的数字发射机将信号送到具有 20dB 增益的天线，馈电线损耗为 5.5dB。广播频率为 1.9GHz，接收天线增益为 20dB，位于 30km 外，馈电线损耗为 1dB，低噪下变频单元的噪声指数为 6dB。信道带宽为 7.6MHz。求最终的载噪比。

注：载噪比  $C/N$  = 等效发射天线功率 - 路径损耗（取自由空间损耗 FSL）+ 等效接收天线增益 - LNB 噪声指数 - 噪声功率

噪声功率 =  $k \times T_0 \times F \times B$ ，其中  $k \approx 1.38 \times 10^{-23} J/K$  为玻尔兹曼常数， $T_0 = 290K$  取为常

温温度， $F = 10^{\frac{NF}{10}}$  为噪声系数， $B$  为带宽。

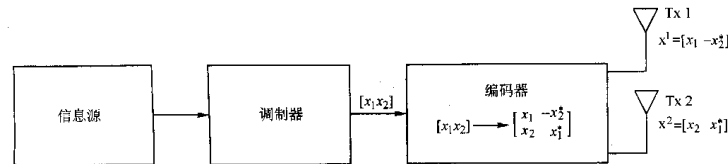
### 12. 问答：接收分集技术

(1) 简述什么是时间分集、频率分集及应用的主要条件

(2) 根据 Alamouti 空时分组编码的定义，给出一种 OFDM 中 Alamouti 空频编码的定义（包括发射和解调的表达式）。并结 OFDM 的特点说明为什么 OFDM 中可以使用 Alamouti 空频编码。

#### Alamouti 空时分组编码

发射：调制器的输出在连续两个信号周期里从两根发射天线发射出去，信道在两个周期内视为不变（天线 1 到接收天线为  $h_1$ ，天线 2 到接收天线为  $h_2$ ）



第一个周期里：天线 1 发射  $x_1$ ，天线 2 发射  $x_2$

第二个周期里：天线 1 发射  $-x_2^*$ ，天线 2 发射  $x_1^*$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 & -x_2^* \\ x_2 & x_1^* \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X} \cdot \mathbf{X}^H = \begin{bmatrix} |x_1|^2 + |x_2|^2 & 0 \\ 0 & |x_1|^2 + |x_2|^2 \end{bmatrix} = (|x_1|^2 + |x_2|^2) \mathbf{I}_2$$

接收：接收信号  $\mathbf{r}$ ，第一个周期  $\mathbf{r}_1$ ，第二个周期  $\mathbf{r}_2$

$$\begin{cases} r_1 = h_1 x_1 + h_2 x_2 + n_1 \\ r_2 = -h_1 x_2^* + h_2 x_1^* + n_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_1 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) x_1 + h_1^* n_1 + h_2 n_2^* \\ y_2 = (|h_1|^2 + |h_2|^2) x_2 - h_1 n_2^* + h_2^* n_1 \end{cases}$$

解调后的符号为

$$\begin{cases} \hat{x}_1 = \frac{y_1}{(|h_1|^2 + |h_2|^2)} \\ \hat{x}_2 = \frac{y_2}{(|h_1|^2 + |h_2|^2)} \end{cases}$$