

Power Delay Profile (PDP)

PDP可以用来衡量multipath fading channel的特性，它用delay with respect to the first arrival path in multi-path transmission的方式表示接收信号的平均功率。也就是它是用time delay表示信号密度的函数。

Parameters for Small-Scale Fading

参数：Mean excess delay (平均过量延迟)、RMS delay spread (均方根延迟扩展)

两者都是有用的信道参数，为不同多径衰落信道之间的比较提供了参考，并提供了设计无线传输系统的一般指导。

Delay Spread (Time Domain)-即时延扩展

时延扩展是一个时域的概念，是在时域上描述多径效应的一个物理量，定义为最大传输时延和最小传输时延的差值。各路径长度不同使得信号到达时间不同，基站发送一个脉冲信号，则接收信号中不仅含有该信号，还包含有它的各个时延信号。这种由于多径效应使接收信号脉冲宽度扩展的现象，称为时延扩展。对于数字信号传输多径时延的极限是一个数字信号周期，否则，波形展宽将会造成数字信号的码间干扰。



- RMS delay spread 越大，the data rate就越小。（RMS delay spread越大，意味着T必须增大才能无ISI，这样R就变小）。RMS delay spread在城市区域变化范围为几微秒，在室内变化范围为几纳秒。

Q：为什么说ISI问题在高速率传输中占主导地位？

A：因为R增大，一个数字信号的周期T就减小，这样时延扩展就很容易超过周期T，导致ISI。

Coherence Bandwidth

1. 相干带宽和RMS delay spread成反比，一般表示为：

$$B_c \approx \frac{1}{\sigma_\tau}$$

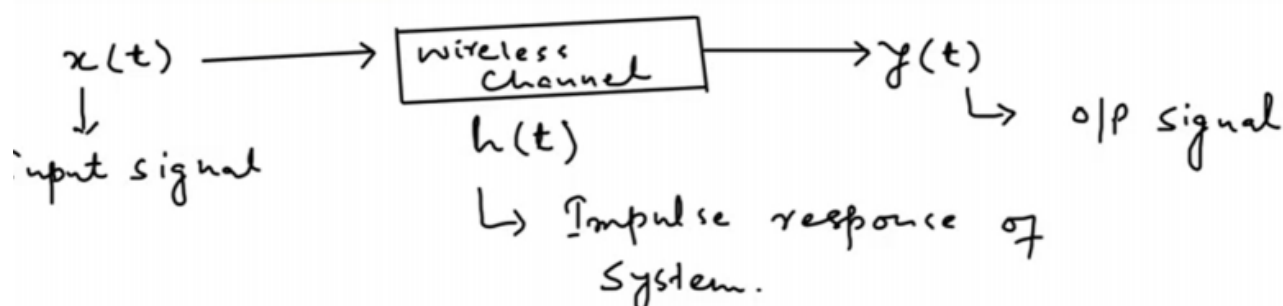
2. 在一个bandwidth with correlation of 0.9 or above时，相干带宽为：

$$B_c \approx \frac{1}{50\sigma_\tau}$$

3. 在一个bandwidth with correlation of 0.5 or above时，相干带宽为：

$$B_c \approx \frac{1}{5\sigma_\tau}$$

Multipath Propagation Model for Wireless Communication



Each path is characterized by two main factors

1. Delay τ_i

For signal, The delay is presented as

2. Attenuation a_i

$$a_i \cdot \delta(t - \tau_i)$$

Multipath Propagation

$$\begin{array}{lll}
 0^{th} \text{ path} & \longrightarrow a_0, \tau_0 & \longrightarrow a_0 \cdot \delta(t - \tau_0) \\
 1^{st} \text{ path} & \longrightarrow a_1, \tau_1 & \longrightarrow a_1 \cdot \delta(t - \tau_1) \\
 \vdots & & \\
 (n-1)^{th} \text{ path} & \longrightarrow a_{n-1}, \tau_{n-1} & \longrightarrow a_{n-1} \cdot \delta(t - \tau_{n-1})
 \end{array}$$

Multipath Channel response = Sum of Individual Responses

$$\rightarrow h(t) = a_0 \delta(t - \tau_0) + a_1 \delta(t - \tau_1) + \dots + a_{n-1} \delta(t - \tau_{n-1})$$

$$h(t) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i \cdot \delta(t - \tau_i)$$

Equation 1 and 2:

- 无线信道可以采用两种不同的信道参数，即多径延迟扩展multipath delay spread和多普勒扩散Doppler spread，分别引起时间扩散和频率扩散。根据时间色散或频率色散的程度，分别诱导频率选择性衰落和时间选择

性衰落。

Fading Due to Time Dispersion:

Frequency-Selective Fading Channel

- 当 $B_s > B_c$ and $T_s > \text{RMS delay spread}$ 时，由于时间扩散time dispersion会导致频率选择性衰落信道。
- 当 $B_s < B_c$ 时，信道是平坦衰落。

Fading Due to Frequency Dispersion:

Time-Selective Fading Channel

信号时域内的变化与发射机或接收机的运动密切相关，这将导致在频域内的扩散，称为多普勒频移 Doppler spread。依据多普勒频移的程度，收到的信号会产生快衰落或者慢衰落。

相干时间计算公式：

相干时间用来描述信道变化的快慢。根据信号持续时间与相干时间大小，可将信道分为快衰落信道和慢（平稳）衰落信道。在相干时间 T_c 内，信道条件基本不变。

- 快衰落的情况： $T_s > T_c$ and $B_s < B_d$, B_d 是多普勒频谱的带宽 (也叫Doppler spread), 且 $B_d = 2f_m$ 。
- 慢衰落的情况： $T_s < T_c$ and $B_s > B_d$ 。

Example 1:

RMS Delay Spread and Coherence bandwidth=?

Example 2:

A local spatial average of a power delay profile is shown in figure:

Example 3:

The power delay profile of a typical urban mobile radio channel is given below: