情253「ディジタルシステム設計 」
（8）Channel

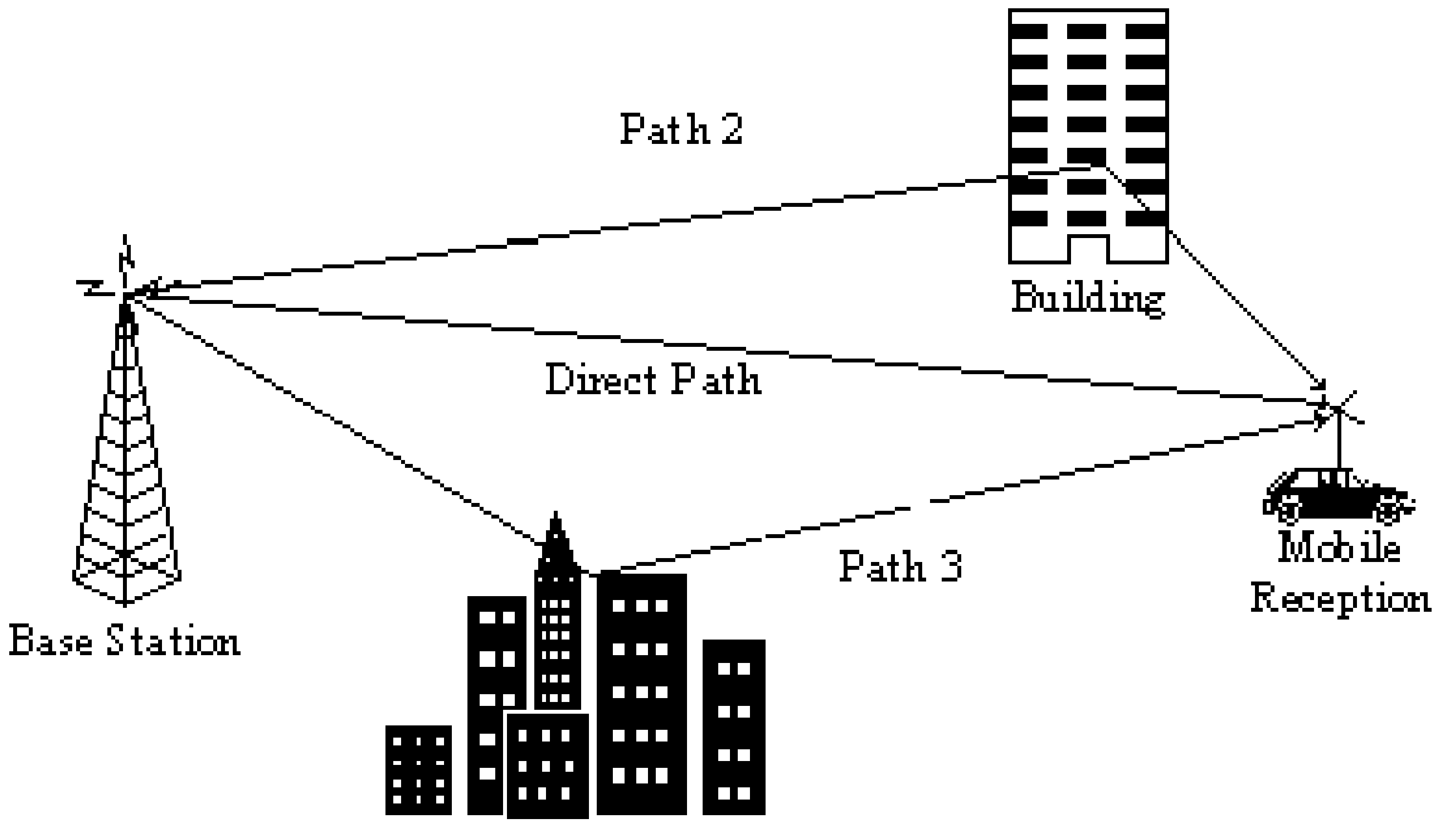
ファイヤー和田

wada@ie.u-ryukyu.ac.jp

琉球大学工学部情報工学科

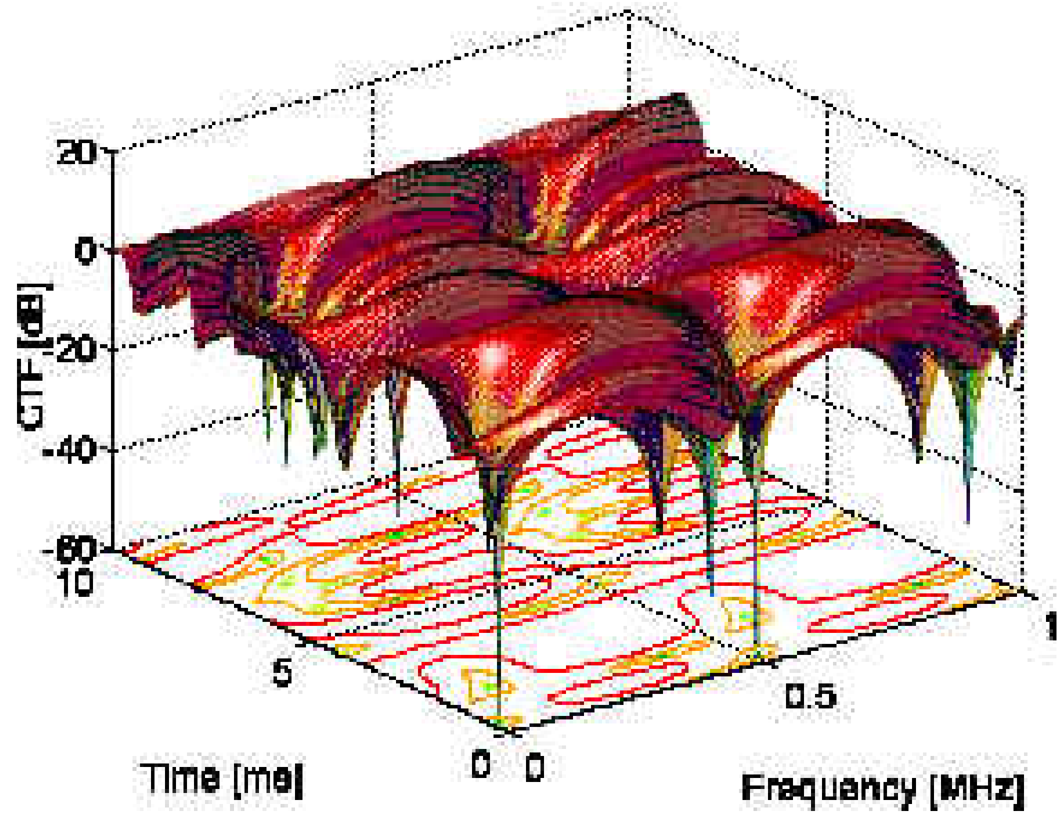
電波伝搬におけるマルチパス

- 直接パスと反射・回折パスがある



移動体での受信電波の変動

- 縦軸はパワーであり、移動しているので、時間方向に受信パワーが変動している。



マルチパス･フェージングの解決方法
P202　表６－１

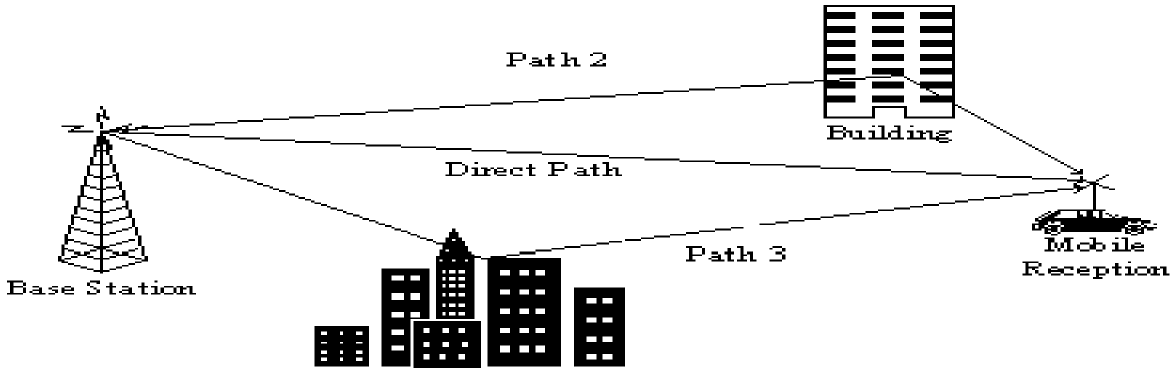
- 空間ダイバーシティ:
  - 複数のアンテナを　1/2波長以上離して配置し、切り替えたり合成したりする。
- 周波数ダイバーシティ:
  - 通信する周波数チャネルを切り替える
- 偏波ダイバーシティ:
- スペクトラム拡散（CDMA）を使う:
-
- ○シンボル間干渉や歪の軽減
- **通信路等化**
- パイロットシンボル
- **OFDM**

マルチパスの定式化
P203　６－４

- 一定遅延要素によるモデル:
  – 電波が伝送される空間のモデル

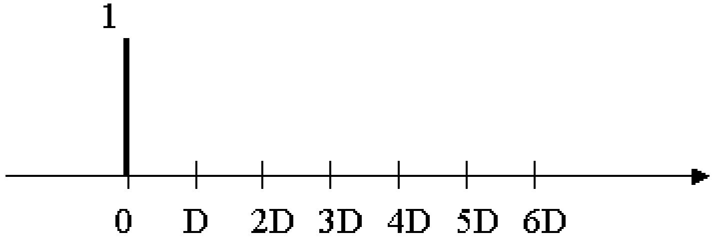
- 図６－１１のこのような回路をFIR(Finite Impulse Response)デジタルフィルターという。

インパルス応答によるチャネルのモデル

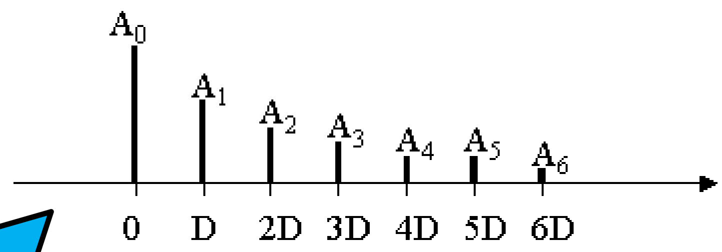


送信信号 → H(z) → 受信信号

送信信号を　インパルスで表すと



マルチパスにより、受信信号に
以下のような多数の遅延波が現れる



これが、チャネルの特性を示している。

伝達関数によるチャネルのモデル P205

- Z変換を用いて、チャネルを伝達関数で表すことができる。
- z^{-n} は、遅延要素をn個通過したという意味

$$H(z) = A_0 + A_1 z^{-1} + A_2 z^{-2} + \cdots + A_N z^{-N}$$

- Z変換とは、数列{fk}をzの関数に変換するものであり、離散フーリエ変換に一般系である。
- 以下が変換式

$$F[z] = \sum_{k=0}^{\infty} f_k \cdot z^{-k}$$

教科書図６－１５を伝達関数で計算する！

- 教科書の例にしたがって、通信経路で、Path2はDirect PathよりTs遅れて電波が到達し、その電波の振幅は0.5倍とし、
Path3はDirect Pathより2Ts遅れて電波が到達し、その電波の振幅は0.2倍とすると伝達関数は
$$H(z)=1+0.5z^{-1}+0.2z^{-2}$$
- このチャネルを [１１１１１] なる振幅１の信号が5個連続で通過すると仮定するとその信号を以下のように表すことができる。
$$x(z)=1+1z^{-1}+1z^{-2}+1z^{-3}+1z^{-4}$$
- そうすると、受信信号を以下のように計算することができる。
$$\begin{aligned}
y(z)&=H(z)\cdot x(z)\\
&=\left(1+0.5z^{-1}+0.2z^{-2}\right)\left(1+1z^{-1}+1z^{-2}+1z^{-3}+1z^{-4}\right)\\
&=(1+1.5z^{-1}+1.7z^{-2}+1.7z^{-3}+1.7z^{-4}+0.7z^{-5}+0.2z^{-6})
\end{aligned}$$
- 受信側では、マルチパスにより [1１１１１] なる信号が
[1 1.5 1.7 1.7 1.7 0.7 0.2]のようにエコーがかかった信号となる。

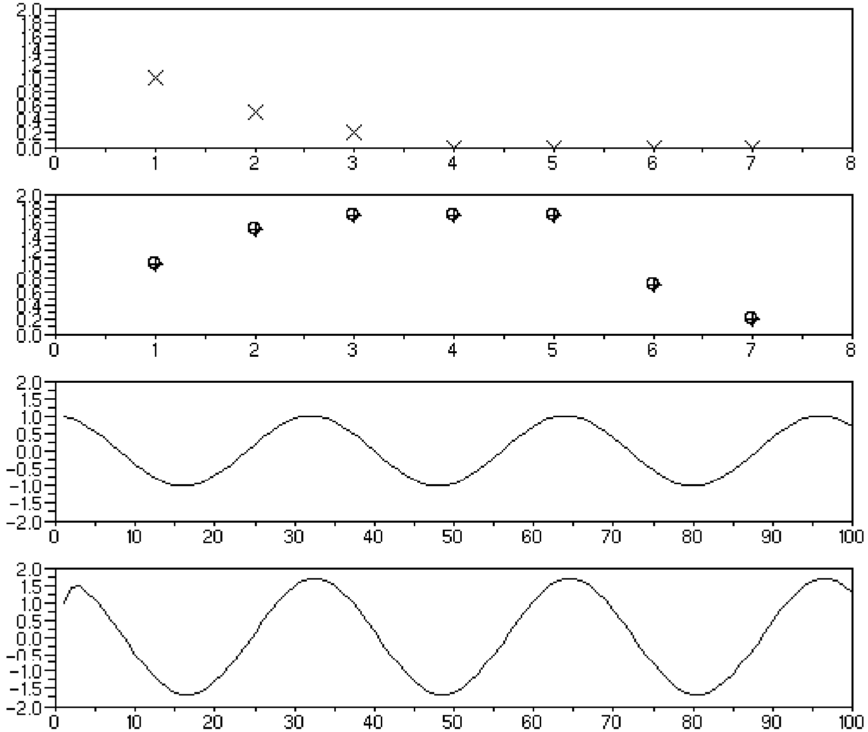
SCILABでの同様のシミュレーション

```
// simulation on Figure 6-15

// CHANNEL
h = [ 1 0.5 0.2];
// INPUT signal
x1 = [1 0 0 0 0] ;
// OUTPUT signal
y1 = convol(h,x1)
// PLOTS
subplot(4,1,1)
xa =1:7;
plot2d(xa, y1, style=-2,rect=[0 0 8 2])

//
x2=[1 1 1 1 1]
y2=convol(h,x2)
subplot(4,1,2)
plot2d(xa,y2,style=-3,rect=[0 0 8 2])

//
n=1:100;
x3 = cos(2*%pi*n/32);
y3 = convol(h,x3);
subplot(4,1,3)
plot2d(n,x3,style=1, rect=[0 -2 100 2])
subplot(4,1,4)
plot2d(n,y3(1:100),style=1, rect=[0 -2 100 2])
```



伝達関数と逆関数

- 伝達関数H(z)より、逆関数Y(z)が以下のように計算できる。
- 図6-14の回路で、伝達関数と逆関数を実現することができる。
- マルチパス通信路で、ひずんだ受信信号に、Y(z)の処理を行うと、ひずみを除去できる。
- これを　等化とよび、通信システムで用いられている。

$$H(z) = A_0 + A_1 z^{-1} + A_2 z^{-2} + \cdots + A_N z^{-N}$$

$$Y(z) = \frac{1}{H(z)} = \frac{1}{A_0} \cdot \frac{1}{1 - \left\{(-A_1/A_0)z^{-1} + (-A_2/A_0)z^{-2} + \cdots + (-A_N/A_0)z^{-N}\right\}}$$

HW8

$$H(z) = 1 + 0.8z^{-1} + 0.4z^{-2} + 0.2z^{-3}$$

以下の項目をレポートにて提出せよ！

1. 上記伝達関数に(1,0,0,0.0)なる波形を入れるとどのような波形が出力されるか？
2. (1,1,1,1,0,0,0,0)なる波形を入力した場合どのような波形が出力されるか？
3. Z変換での多項式での計算結果はどうなるか？
4. SCILABのシミュレーションコードと結果を示せ
5. 上記伝達関数の逆数関数Y(z)は？

http://webclass.cc.u-ryukyu.ac.jp/