


Mô phỏng kênh thông tin

- Giới thiệu
- Kênh AWGN
- Một số mô hình kênh thông tin



160

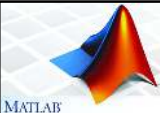


Giới thiệu

- *Mô phỏng kênh thông tin:*
 - Mô hình kênh: mô tả sự suy giảm tín hiệu phát trải qua trên đường truyền tới bộ thu.
 - Mô hình kênh được xác định từ:
 - Đo đạc thực nghiệm
 - Lý thuyết truyền sóng trong môi trường vật lý
 - Các kênh thông tin:
 - Hữu tuyến
 - Vô tuyến
 - Các mô hình mô phỏng:
 - Mô hình hàm truyền đạt cho kênh bất biến theo thời gian
 - Mô hình đường trễ rẽ nhánh cho kênh biến đổi theo thời gian



161




Kênh AWGN

- **Nhiều AWGN:**
 - AWGN: Additive White Gaussian Noise – Nhiều Gauss trắng cộng.
 - Trong hầu hết các hệ thống thông tin: nhiễu được mô tả như là AWGN
 - **Tính cộng:** kênh cộng thêm nhiễu vào tín hiệu được phát đi
 - **Trắng:** mô tả tương quan thời gian của nhiễu
 - **Gaussian:** phân bố xác suất là phân bố chuẩn hoặc Gauss
 - Nhiều tương đương băng gốc: có giá trị phức
 - Các thành phần nhiễu đồng pha $N_I(t)$ và vuông pha $N_Q(t)$ được mô phỏng một cách độc lập (nhiều đối xứng tròn)

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

162



Kênh AWGN

- **Nhiều trắng:**
 - Thuật ngữ “trắng” mô tả cụ thể rằng:
 - Trung bình của nhiễu bằng 0 (zero)

$$\mathbf{E}[N(t)] = 0,$$
 - Hàm tự tương quan của nhiễu thời gian của nhiễu

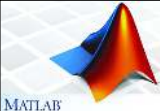
$$\rho_N(\tau) = \mathbf{E}[N(t) \cdot N^*(t + \tau)] = N_0 \delta(\tau).$$

→ các mẫu nhiễu phân biệt là độc lập nhau
 - Hàm tự tương quan cũng chỉ ra rằng các mẫu nhiễu có phương sai vô hạn
 - Nhiều cần được lọc trước khi được lấy mẫu
 - Mỗi thành phần nhiễu đồng pha và vuông pha có tự tương quan $\frac{N_0}{2} \delta(\tau)$.
 - Thuật ngữ “trắng” liên quan đến tính chất phổ của nhiễu
 - PSD của nhiễu trắng là không đổi ở tất cả các thành phần tần số

$$S_N(f) = N_0 \text{ for all } f.$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

163




Kênh AWGN

- **Tạo nhiễu Gaussian:**
 - Để mô phỏng nhiễu cộng, cần tạo các mẫu nhiễu Gaussian
 - Trong MATLAB có thể sử dụng hàm *randn* cho mục đích này
 - Tạo ra N mẫu nhiễu Gaussian phức độc lập nhau có phương sai là VarN
$$\text{Noise} = \sqrt{\text{VarN}/2} * (\text{randn}(1,N) + j * \text{randn}(1,N))$$
- Phần thực và ảo, mỗi phần có phương sai VarN/2 → Phương sai nhiễu tổng cộng là VarN
- Phương sai nhiễu có thể được xác định từ công suất tín hiệu và tỉ số SNR yêu cầu.
- Có thể dùng các hàm sẵn có trong MATLAB: **awgn**, **wgn**


```
function yNoise = addnoise(yClean,VarN)
% This function adds Gaussian noise into
% the input signal.
% yClean - the input signal
% VarN - the variance of noise
% yNoise - the noisy signal output

if (isreal(yClean))
    yNoise = yClean + sqrt(VarN)*randn(size(yClean));
else
    yNoise = yClean + sqrt(VarN/2) ...
        *(randn(size(yClean))+j*randn(size(yClean)));
end
```



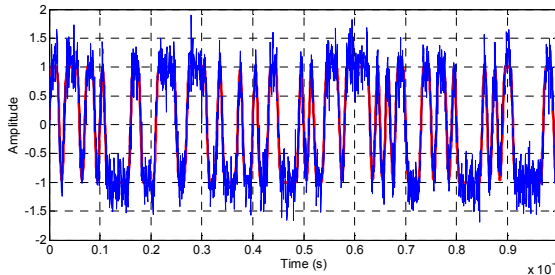
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

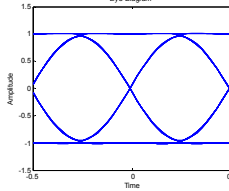
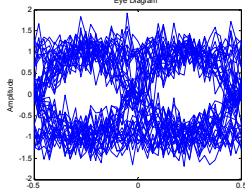
164




Kênh AWGN

- **Tạo nhiễu Gaussian:**



```
% Ví dụ về kênh AWGN
d = randint(1,100); % Message data
% NRZ coding
[t,x] = nrzcode(d,1e6,2000,'pol');
Ts = t(2)-t(1); % sampling time
% pulse shaping
xp = raisedcosfilt(x,1.5e6,Ts,0.5);
% Transmit through AWGN channel
SNRdB = 10; % dB
SNR = 10^(SNRdB/10);
varn = var(xp)/SNR; % computing
variance of noise
xnoise = addnoise(xp,varn);
% Display
plot(t,xp,'rx',t,xnoise);grid;
xlabel('Time (s)');
ylabel('Amplitude');
eyediagram(xp,40);
eyediagram(xnoise,40);
```



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

165



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh hữu tuyến:**
 - Kênh hữu tuyến bao gồm:
 - Cáp xoắn đôi, cáp đồng trục
 - Sợi quang
 - Ống dẫn sóng
 - Đối với các kênh hữu tuyến: được mô hình hóa là các hệ thống tuyến tính không thay đổi theo thời gian và được đặc trưng bởi hàm truyền đạt.
 - Xác định hàm truyền đạt $H(f)$ khi lập mô hình mô phỏng
$$R(f) = S(f)H(f) + N(f)$$
 - Hàm truyền đạt xác định quan hệ vào/ra của kênh: là hàm của khoảng cách truyền dẫn và tần số điều chế.



166



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Kênh vô tuyến: một số yếu tố ảnh hưởng
 - Nhiều: tín hiệu ngẫu nhiên cộng thêm vào tín hiệu thu được
 - Chủ yếu do nhiễu nhiệt từ các thành phần điện tử trong bộ thu
 - Cũng có thể mô hình hóa sự giao thoa từ các nguồn phát khác trong lân cận bộ thu
 - Mô hình thống kê được sử dụng để mô tả nhiễu
 - Méo dạng: quá trình lọc không mong muốn trong quá trình truyền sóng
 - Chủ yếu do truyền đa đường (multipath)
 - Cả hai mô hình xác định và thống kê đều có thể sử dụng phụ thuộc vào định cỡ thời gian quan tâm
 - Bản chất và tính động của méo dạng là sự khác biệt quan trọng đối với hệ thống hữu tuyến
 - Kênh pha đình đa đường (multipath fading):
 - Tín hiệu từ bộ phát truyền tới bộ thu trên nhiều đường, mỗi đường có suy hao và độ trễ khác nhau
 - Tín hiệu thu là tổng của các tín hiệu này
 - Hiệu ứng: quá trình lọc tín hiệu phát không mong muốn



167




Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Trong thông tin di động, các đặc tính kênh đa đường biến đổi nhanh → pha đình
 - Fading cơ bản vì sự thay đổi pha do thay đổi độ trễ đối với các đường truyền khác nhau
 - Fading băng hẹp
 - Fading băng rộng
 - Đặc tính thống kê của kênh vô tuyến:
 - Dịch phổ Doppler (Doppler spectrum)
 - Trãi trễ (delay spread)
 - Thời gian kết hợp (coherence time)
 - Băng tần kết hợp (coherence bandwidth)

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

168



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Tổn hao tuyến: L_p liên hệ giữa công suất thu P_r và công suất phát P_t

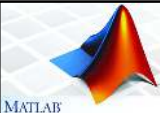
$$P_r = P_t \cdot \frac{G_r \cdot G_t}{L_p}$$
 - G_t, G_r là độ lợi của antenna
 - ▶ d - distance between transmitter and receiver,
 - ▶ f_c - carrier frequency,
 - ▶ h_b, h_m - antenna heights,
 - ▶ Terrain type, building density, ...
 - Truyền trong không gian tự do: L_p được xác định bởi công thức Friis

$$L_p = \left(\frac{4\pi d}{\lambda_c} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f_c d}{c} \right)^2$$
 - Theo dB: $L_{P(dB)} = -20 \log_{10} \left(\frac{c}{4\pi} \right) + 20 \log_{10}(f_c) + 20 \log_{10}(d)$.
 - Ví dụ: $f_c = 1 \text{ GHz}$, $d = 1 \text{ km}$

$$L_{P(dB)} = -146 \text{ dB} + 180 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 94 \text{ dB}.$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

169




Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Kênh 2 tia:
 - Gồm 2 tia truyền:
 - Tia truyền trực tiếp
 - Tia phản xạ
 - Phụ thuộc khoảng cách d , các tín hiệu thu được trên 2 tuyến sẽ giao thoa cộng hưởng hoặc triệt tiêu
 - Tổn hao tuyến:
$$L_P = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{4\pi f_c d}{c} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{2\pi ch_b h_m}{f_c d}\right)} \right)^2$$
 - Đối với $d \gg h_b h_m \rightarrow$ gần đúng

$$L_P \approx \left(\frac{d^2}{h_b h_m} \right)^2$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

170



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Mô hình Okumura-Hata: mô hình tổn hao tuyến thực nghiệm
 - Mô hình khác nhau giữa các khu vực:
 - Đô thị
 - Nông thôn
 - Các khu vực rộng lớn
 - Các thành phố lớn, trung bình và nhỏ
 - Mô hình khu vực đô thị

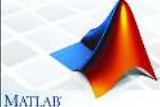
$$L_{P(dB)} = A + B \log_{10}(d),$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} A &= 69.55 + 26.16 \log_{10}(f_c) - 13.82 \log_{10}(h_b) - a(h_m) \\ B &= 44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b) \\ a(h_m) &= (1.1 \log_{10}(f_c) - 0.7) \cdot h_m - (1.56 \log_{10}(f_c) - 0.8) \end{aligned}$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

171



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Công suất tín hiệu và nhiễu:
 - Công suất tín hiệu thu được:
$$P_r = P_t \cdot \frac{G_r \cdot G_t}{L_P \cdot L_R},$$


Trong đó L_R là tổn hao bổ sung ~ 2-3 dB
 - Công suất nhiễu:
$$P_N = kT_0 \cdot B_W \cdot F,$$

Trong đó:

 - k – hằng số Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23}$ Ws/K)
 - T_0 – nhiệt độ K (tại nhiệt độ phòng $T_0 = 290$ K) $\rightarrow kT_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ W/Hz = -174 dBm/Hz
 - B_W – độ rộng băng tần của tín hiệu
 - F – hình ảnh (hệ số) nhiễu của bộ thu (điển hình 5 dB)

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

172

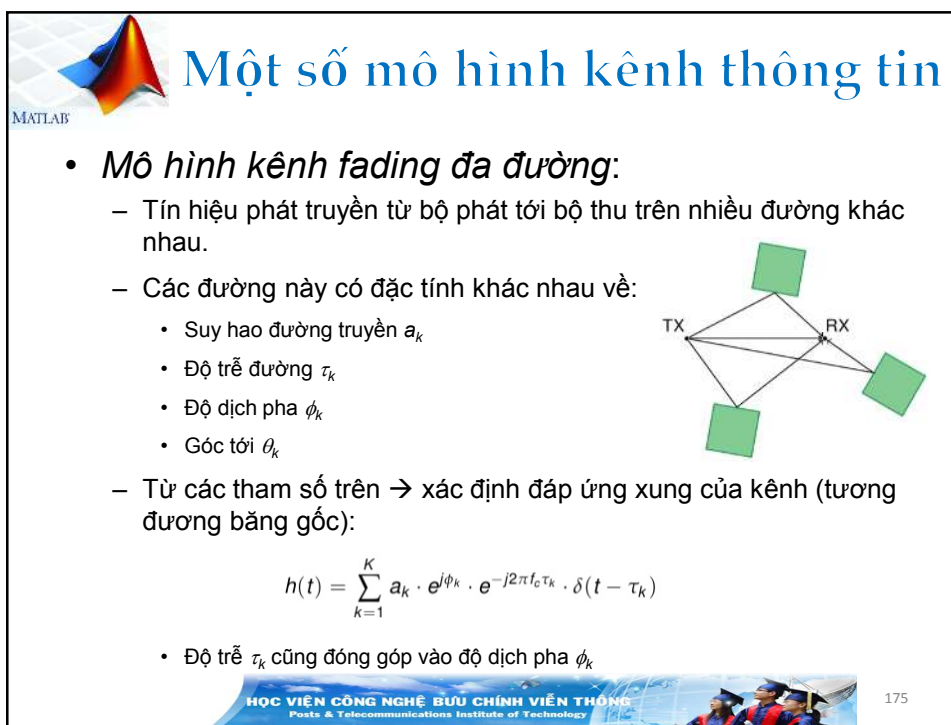
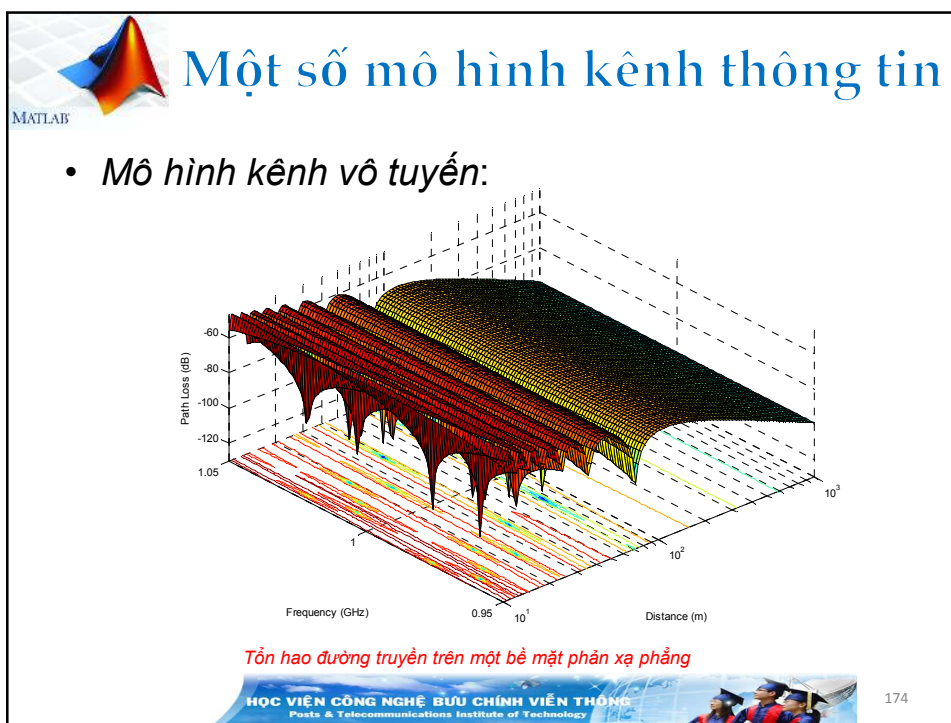


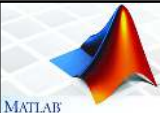
Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh vô tuyến:**
 - Tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR:
 - Tỷ lệ giữa công suất tín hiệu thu và công suất nhiễu:
$$\text{SNR} = \frac{P_t G_r \cdot G_t}{kT_0 \cdot B_W \cdot F \cdot L_P \cdot L_R}.$$
 - Tỷ số E_s/N_0 :
 - Đối với hiệu năng của hệ thống viễn thông được đo qua tốc độ lỗi ký hiệu, tỷ lệ năng lượng tín hiệu E_s và mật độ phổ công suất nhiễu N_0 hay sử dụng hơn.
 - Vì $E_s = P_r T_s$ và $N_0 = kT_0 \cdot F = P_N / B_W$, $\rightarrow \frac{E_s}{N_0} = \text{SNR} \cdot \frac{B_W}{R_s}$,
 - E_s/N_0 được xác định:
$$\frac{E_s}{N_0} = \frac{P_t G_r \cdot G_t}{kT_0 \cdot R_s \cdot F \cdot L_P \cdot L_R}.$$
 T_s, R_s là chu kỳ và tốc độ ký hiệu tương ứng
 - Theo dB:
$$\left(\frac{E_s}{N_0}\right)_{(dB)} = P_{t(dBm)} + G_{t(dB)} + G_{r(dB)} - (kT_0)_{(dBm/Hz)} - R_{s(dBHz)} - F_{(dB)} - L_{R(dB)}.$$

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

173





Một số mô hình kênh thông tin


- **Mô hình kênh fading đa đường:**
 - Tín hiệu thu được: tích chập giữa tín hiệu phát và đáp ứng xung

$$R(t) = s(t) * h(t) = \sum_{k=1}^K a_k \cdot e^{j\phi_k} \cdot e^{-j2\pi f_c \tau_k} \cdot s(t - \tau_k).$$
 - Tín hiệu thu bao gồm nhiều bản sao của tín hiệu phát đã được:
 - Định cỡ bởi $a_k \cdot e^{j\phi_k} \cdot e^{-j2\pi f_c \tau_k}$
 - Trễ bởi τ_k
 - Đáp ứng tần của kênh:

$$H(f) = \sum_{k=1}^K a_k \cdot e^{j\phi_k} \cdot e^{-j2\pi f_c \tau_k} \cdot e^{-j2\pi f \tau_k}.$$
 - Đối với một tần số xác định f , đáp ứng tần là tổng của các số phức
 - Khi các số hạng này cộng triệt tiêu nhau, đáp ứng tần là rất nhỏ hoặc thậm chí bằng 0 tại tần số đó
 - Các điểm null trong đáp ứng tần của kênh là điển hình trong thông tin vô tuyến và được xem như là pha đỉnh lựa chọn tần số.

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
 Posts & Telecommunications Institute of Technology

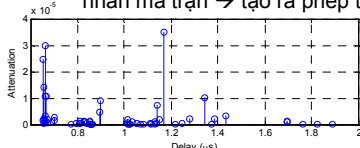
176



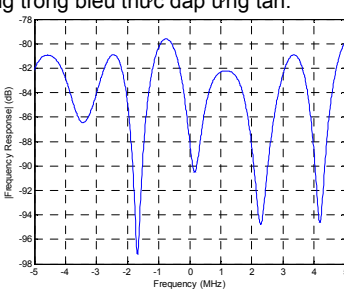
Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh fading đa đường:**
 - Thực hiện trong MATLAB:


```
HH = PropData.Field.*exp(-j*2*pi*fc*tau) * exp(-j*2*pi*tau*ff);
```
 - Chú ý: $\tau \cdot ff$ là phép nhân ma trận và tích của hai hàm mũ \exp cũng là nhân ma trận \rightarrow tạo ra phép tính tổng trong biểu thức đáp ứng tần.



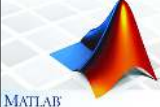
Đáp ứng xung của kênh cho thấy suy hao, trễ và pha của mỗi đường giữa bộ thu và bộ phát



Đáp ứng tần của một kênh đa đường được đặc trưng bởi các điểm notch.

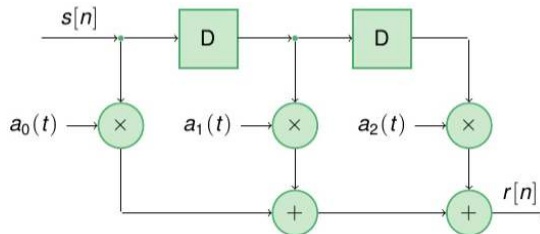
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
 Posts & Telecommunications Institute of Technology

177




Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh fading đa đường:**
 - Hiệu ứng đa đường: được mô phỏng bởi bộ lọc FIR (đường dây trễ nhánh)
 - Số lượng nhánh của bộ lọc được xác định bởi tích trải trễ và tốc độ mẫu.
 - Các nhánh là ngẫu nhiên theo một phân bố xác định (Gaussian)
 - Độ lớn trọng số của nhánh phản ánh mật cắt trễ công suất
 - Các nhánh biến đổi theo thời gian (dịch Doppler)



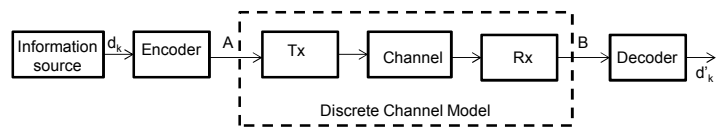
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

178



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh rời rạc:**
 - Mô phỏng trên cơ sở từng symbol.
 - Mô hình kênh rời rạc: bao hàm tất cả các phần tử của hệ thống truyền thông giữa 2 điểm A và B



- Đầu vào tại A: vector các ký hiệu rời rạc $X = [x_1, x_2, \dots]$
- Đầu ra tại B: vector các ký hiệu rời rạc $Y = [y_1, y_2, \dots]$

- Các mô hình kênh rời rạc mô tả cơ chế tạo lỗi có thể xảy ra:
 - Kênh rời rạc không nhớ: chuyển tiếp các ký hiệu vào/ra không tương quan về thời gian.
 - Kênh rời rạc có nhớ: có tương quan về thời gian.

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

179



Một số mô hình kênh thông tin

- **Mô hình kênh rời rạc:**
 - Mô hình kênh rời rạc có hiệu quả tính toán cao hơn:
 - Tốc độ mẫu thấp hơn: tốc độ ký hiệu
 - Mức độ trừu tượng hóa (rút gọn) cao hơn
 - Được sử dụng cho thiết kế và phân tích các bộ mã hóa sửa lỗi, interleavers,... và cho mô phỏng mạng.
 - Mô hình kênh rời rạc không nhớ:
 - Kênh đối xứng nhị phân (BSC)
 - Kênh bất đối xứng nhị phân
 - Kênh nhiều đầu vào và đầu ra
 - Mô hình Markov cho kênh rời rạc có nhớ: Mô hình Markov ẩn
 - Mô hình Markov 2 trạng thái (Mô hình Gilbert)
 - Mô hình Markov N trạng thái
 - Mô hình Markov bậc 1.


180