

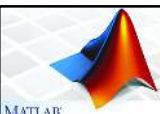


Ước tính tham số và đánh giá hiệu năng

- Ước tính tham số
- Ước tính tỉ số SNR
- Đánh giá hiệu năng hệ thống
- Thực hiện mô phỏng một số hệ thống viễn thông

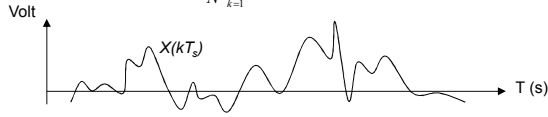
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

181



Ước tính tham số

- **Ước tính mức sóng trung bình:**
 - Đối với dạng sóng $X(t) \rightarrow$ được lấy mẫu $X(kT_s) \equiv X_k$.
 - Mức trung bình: $\langle X \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k$



- Kỳ vọng của ước tính:

$$E(\langle X \rangle) = E\left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k\right) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N E(X_k) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N E(X) = E(X)$$
- Phương sai của ước tính:

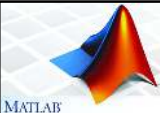
$$\text{Var}(\langle X \rangle) = E(\langle X \rangle - E(\langle X \rangle))^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{XX}(i, j) \quad \Rightarrow \quad \text{Var}(\langle X \rangle) \leq \frac{\sigma_X^2}{N}$$

σ_X^2 - phương sai của quá trình,
 N - số lượng mẫu độc lập

$$C_{XX}(i, j) = E[(X_i - E(X_i))(X_j - E(X_j))]$$

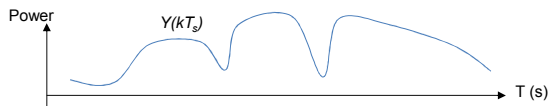
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG
Posts & Telecommunications Institute of Technology

182



Ước tính tham số


- **Ước tính công suất trung bình:**
 - Bộ ước tính công suất trung bình:
$$P_N(X) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k^2$$
 - Đặt $Y(t) = X^2(t) \rightarrow \langle Y \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N Y_k$



- Kỳ vọng của ước tính:
$$E(\langle Y \rangle) = E(P_N(X)) = E(X^2)$$
- Phương sai của ước tính:
$$\text{Var}(\langle Y \rangle) = E(\langle Y \rangle - E(\langle Y \rangle))^2$$

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

183



Ước tính SNR

- **Bộ ước tính:**
 - Tín hiệu đầu ra hệ thống: $x = s_0 + n_0$
 - Tín hiệu: $s_0 = A s_\tau$
 - Trong đó:
$$s_\tau = \begin{cases} s(t - \tau), & 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{khác} \end{cases} \quad \text{or} \quad s(iT_s - \tau), \quad i = 1, 2, \dots, N$$
 - Nhiều: sai số trung bình bình phương \rightarrow tối thiểu hóa
$$\varepsilon^2 = \langle (x - A s_\tau)^2 \rangle$$
 - Công suất trung bình N điểm:
$$\langle s_\tau^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N s^2(kT_s - \tau)$$
 - Ước tính SNR:
$$SNR = \frac{\langle s_0^2 \rangle}{\varepsilon^2}$$

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

184



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**
 - Mô phỏng Monte-Carlo: tính toán dựa vào việc lấy mẫu ngẫu nhiên lặp lại.
 - Đối tượng mô phỏng Monte-Carlo: để đánh giá tỉ số lỗi ký hiệu (symbol error rate) mà hệ thống có thể thực hiện được
 - Ý tưởng đằng sau mô phỏng Monte-Carlo: đơn giản
 - Mô phỏng hệ thống lặp lại
 - Mỗi lần chạy mô phỏng, đếm số lượng ký hiệu được phát đi và số lượng lỗi ký hiệu
 - Ước tính tốc độ lỗi ký hiệu như là tỉ lệ giữa tổng số lỗi quan sát được trên tổng số ký hiệu phát đi

→ Cấu trúc đơn giản để mô phỏng Monte-Carlo



185



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**
 - Bên trong vòng lặp:
 - Thực hiện mô phỏng hệ thống
 - Đếm các đại lượng tham số quan tâm

```

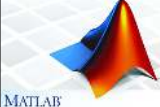
% inner loop iterates until enough errors have been found
while (~Done)
    NumErrors(kk) = NumErrors(kk) + MCSimple( Parameters );
    NumSymbols(kk) = NumSymbols(kk) + Parameters.NSymbols;

    % compute Stop condition
    Done = NumErrors(kk) > MinErrors || NumSymbols(kk) > MaxSymbols;
end
  
```

- Vòng lặp thực hiện bao nhiêu lần là đủ ? → Phụ thuộc vào:
 - Mức độ chính xác (độ tin cậy) mong muốn
 - Tốc độ lỗi ký hiệu yêu cầu



186



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**
 - Khoảng tin cậy:
 - Mong muốn $|\hat{P}_e - P_e|$ là nhỏ, trong đó P_e là ước tính lỗi bằng mô phỏng, \hat{P}_e là tốc độ lỗi thực.
 - Cụ thể, đảm bảo xác suất p_c để $|\hat{P}_e - P_e| < s_c$ là cao (ví dụ: $p_c = 95\%$)

Trong đó s_c được gọi là khoảng tin cậy, nó phụ thuộc vào độ tin cậy p_c , xác suất lỗi P_e và số lượng ký hiệu phát.


- Nó được chứng minh rằng:

$$s_c = z_c \cdot \sqrt{\frac{P_e(1 - P_e)}{N}},$$


Trong đó z_c phụ thuộc vào độ tin cậy p_c

Cụ thể, $Q(z_c) = (1 - p_c)/2$. Ví dụ: $p_c = 95\%$, $z_c = 1,96$.

- Bao nhiêu mô phỏng cần phải chạy là đủ ? :




187



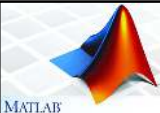
Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**
 - Đối với mô phỏng Monte-Carlo, tiêu chuẩn dừng có thể được xác định từ:
 - Độ tin cậy p_c mong muốn (hay z_c).
 - Khoảng tin cậy s_c có thể chấp nhận được
 - Tốc độ lỗi P_e
 - Giải phương trình tìm N ta có được:

$$N = P_e \cdot (1 - P_e) \cdot (z_c / s_c)^2.$$
 - Mô phỏng Monte-Carlo dừng sau khi thực hiện mô phỏng truyền dẫn được N ký hiệu.
 - Ví dụ: Với $p_c = 95\%$, $P_e = 10^{-3}$, và $s_c = 10^{-4} \rightarrow N \approx 400000$.




188



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**
 - Khi mô phỏng các hệ thống truyền thông, tốc độ lỗi thường rất nhỏ → đáng mong muốn để xác định khoảng tin cậy là một phần nhỏ của tốc độ lỗi.
 - Khoảng tin cậy có dạng $s_c = \alpha_c \cdot P_e$ (VD: $\alpha_c = 0,1$ cho 10% sai số ước tính có thể chấp nhận được)
 - Biến đổi biểu thức tìm N và sắp xếp lại số hạng ta có được:

$$P_e \cdot N = (1 - P_e) \cdot (z_c / \alpha_c)^2 \approx (z_c / \alpha_c)^2.$$
 - Ở đây $P_e \cdot N$ là số lượng lỗi được kỳ vọng.
 - Nghĩa là: mô phỏng sẽ dừng khi số lượng lỗi đạt đến $(z_c / \alpha_c)^2$.
 - Theo kinh nghiệm: Chạy mô phỏng cho đến khi khoảng 400 lỗi xảy ra ($p_c = 95\%$ và $\alpha_c = 10\%$)



189



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp Monte-Carlo:**

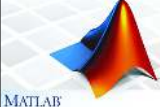
```

% Thiết lập tham số cho mô phỏng;
...
EsOverN0dB = 0:0.5:9; % Thay đổi SNR từ 0 đến 9dB
MaxSymbols = 1e6; % Số symbol cực đại
...
% Xác định tham số dừng vòng lặp
...
MinErrors = ( ZValue/ConfIntSize )^2; %
...
% Các biến vòng lặp
NumErrors = zeros( size( EsOverN0dB ) );
NumSymbols = zeros( size( EsOverN0dB ) );

% Vòng lặp ngoài
for kk = 1:length( EsOverN0dB )
    EsOverN0 = dB2lin( EsOverN0dB(kk) ); % Chuyển đổi SNR cho mỗi vòng lặp
    Done = false; % Khởi tạo lại điều kiện dừng cho vòng lặp trong
    % Vòng lặp trong
    while ( ~Done )
        ...
        Done = NumErrors(kk) > MinErrors || NumSymbols(kk) > MaxSymbols; % Tính điều kiện dừng
    end
    % Tính tốc độ lỗi
    ...
end
  
```



190

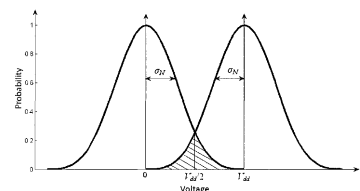



Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Phương pháp bán giải tích:**
 - Giảm thời gian chạy mô phỏng
 - Được thực hiện:
 - Phát một chuỗi PN thông qua hệ thống mô phỏng
 - Tính xác suất lỗi trung bình dựa trên phương pháp giải tích thông qua đánh giá hàm mật độ xác suất của mẫu thu được
 - Đối với trường hợp đơn giản: hệ thống nhị phân
 - Xác suất lỗi: $p_k = \int_{-\infty}^{-v_k} f_n(\eta) d\eta = F_n(-v_k)$

$$v_k = (1 - \varepsilon_k)A$$
 - Đối với nguồn nhiễu tương đương Gauss

$$p_k = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{v_k}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$
 - Tốc độ lỗi tổng cộng: $p = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N p_k$





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

191



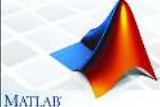
Đánh giá hiệu năng hệ thống

- **Một số phương pháp khác:**
 - Phương pháp ngoại suy đuôi (Tail extrapolation):
 - Kỹ thuật cho phép mở rộng sự quan tâm
 - Thực hiện xác định tốc độ lỗi tại chế độ lỗi cao: các ước tính có độ tin cậy cao hơn
 - Mở rộng các ước tính để dự đoán tốc độ lỗi tại những điều kiện SNR mà ở đó tốc độ lỗi là nhỏ
 - Phương pháp lấy mẫu quan trọng (Important sampling):
 - Kỹ thuật để ước tính các tính chất của một phân bố xác định trong khi chỉ có các mẫu từ một dạng phân bố khác.
 - Thực hiện lấy mẫu các quá trình: các quá trình này đặc trưng cho các quá trình khác nhau ảnh hưởng lên tín hiệu



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

192



$$P_b = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

$$P_b = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right) \quad P_s = 1 - (1 - P_b)^2 = 2Q \left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}} \right) - Q^2 \left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}} \right)^2$$

$$P_s \approx 2Q \left(\sqrt{2\gamma_s} \sin \frac{\pi}{M} \right)$$

$$P_b \approx \frac{1}{k} P_s \quad P_b = \frac{1}{2} e^{-E_b/N_0},$$

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

193