

COMUNICAÇÕES DIGITAIS

Prof. Claudio Coutinho

Turma EC
2018

Aula 03

Autocorrelação

Autocorrelação de sinais de energia

- A função de **autocorrelação** de um sinal de energia real $x(t)$ é:

$$R_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)x(t + \tau)dt, \quad -\infty < \tau < \infty$$

- $R_x(\tau)$ avalia o quanto um sinal é similar com uma cópia sua deslocada τ unidades.
 - Note que $R_x(\tau)$ é uma função que depende do deslocamento aplicado.

Propriedades da Autocorrelação de sinais de energia

- A função de autocorrelação de sinais de energia tem as seguintes propriedades:
 1. $R_x(\tau) = R_x(-\tau)$: é uma função par, ou seja, simétrica em relação a τ ;
 2. $R_x(\tau) \leq R_x(0)$ para todo τ , ou seja, o valor máximo de $R_x(\tau)$ ocorre em $\tau = 0$;
 3. $R_x(\tau) \overset{\mathcal{F}}{\leftrightarrow} \Psi_x(f)$: A transformada de Fourier da função de autocorrelação é igual à **ESD** de $x(t)$;
 4. $R_x(0) = E_x$: o valor na origem de $R_x(\tau)$ é igual à energia de $x(t)$.

Autocorrelação de sinais de potência

- A função de **autocorrelação** de um sinal de potência real $x(t)$ é:

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)x(t + \tau)dt, \quad -\infty < \tau < \infty$$

- Quando $x(t)$ é periódica, a avaliação pode ser feita apenas em um período. Assim, temos:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t)x(t + \tau)dt, \quad -\infty < \tau < \infty$$

Propriedades da Autocorrelação de sinais de potência

- A função de autocorrelação de sinais de energia tem as seguintes propriedades:
 1. $R_x(\tau) = R_x(-\tau)$: é uma função par, ou seja, simétrica em relação a τ ;
 2. $R_x(\tau) \leq R_x(0)$ para todo τ , ou seja, o valor máximo de $R_x(\tau)$ ocorre em $\tau = 0$;
 3. $R_x(\tau) \overset{\mathcal{F}}{\leftrightarrow} G_x(f)$: A transformada de Fourier da função de autocorrelação é igual à **PSD** de $x(t)$;
 4. $R_x(0) = P_x$: o valor na origem de $R_x(\tau)$ é igual à potência de $x(t)$.

Experimento

- Experimento 4: Uso de autocorrelação para estimar a frequência fundamental, ou pitch, de um áudio.

Aplicação de Autocorrelação em Sistemas de Radar

- Um sistema de radar funciona enviando um sinal piloto, e em seguida começa a calcular a correlação do sinal enviado com os sinais recebidos.
- Quando a autocorrelação alcança um valor de limiar, o tempo decorrido entre o envio esta aquisição é gravado, τ .
- Sabendo-se o tempo que a onda leva para se propagar pelo ar e τ , calcula-se a distância que o objeto se encontra da estação.

Aplicação de Autocorrelação em Sincronismo

- A sincronização dos transceptores é algo crítico em SCDs.
- O processo de sincronismo é realizado no início da fase de treinamento.
- Neste processo um sinal (piloto) conhecido por ambos os transceptores é enviado pela central.
- O receptor avalia o recebimento deste sinal através de um cálculo de autocorrelação.
- A partir daí o receptor identifica a partir de que instante os símbolos úteis estão sendo enviados.

Cálculo de Autocorrelação em Sinais Digitais

- Na definição anterior de autocorrelação, os limites de integração são tomados de $-\infty$ a ∞ .
- É óbvio que esta formulação não se aplica a sinais digitais, que são discretos e finitos.
- Para um sinal digital $x[n]$, com N amostras, a correlação é dada por:

$$R_x[i] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n+i]x[n], \quad i = -(N-1), \dots, N-1$$

- Assumimos valores zero quando $x[i]$ rende um valor fora da escala (zero-padding)

Exercícios

- Exercício: Calcule a autocorrelação do seguinte sinal:

$$x[n] = \delta[n] + 2\delta[n - 1] + 3\delta[n - 2]$$

Trabalho em equipe

- Temas: zigbee, LoRa, bluetooth 4.0 e 5G;
- Quatro (4) equipes, que devem entregar um texto no formato de artigo com 3 páginas (template IEEE) referente ao seu tema, e fazer uma apresentação de no máximo 20 min. O artigo deve conter Figuras. A apresentação será feita através de slides.
- Todos os componentes das equipes devem apresentar. A nota será coletiva;
- Cada equipe deve abordar: história da tecnologia, aspectos técnicos (frequência de operação, largura de banda, potência de transmissão, taxa de transmissão, alcance, latência, etc), vantagens e desvantagens, e um estudo de caso;
- Data de entrega e apresentação: 28/04/2022.