

실습1- 에너지,파워,상관계수

Seoul National University of Science and Technology

실습 소개(1)

- 신호처리 분야에서 광범위하게 사용되는 신호의 에너지(energy) 및 파워(power), 신호간의 상관계수에 관한 실습이다.
- 1) 실제 신호의 에너지, 파워 등을 구하는 프로그램을 작성한다.
 - 2) 실제 신호의 상관계수(normalized correlation coefficient, NCC)를 구하는 프로그램을 작성하고 이를 MATLAB 함수 `corrcoef()`의 결과와 비교한다.
 - 3) 랜덤 신호와 정현파 신호의 NCC를 구해본다.

실습 소개(2)

- 상관계수는 다음과 같이 구한다.

1) 공분산(covariance)

$$\text{cov}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - \mu_x)(y(i) - \mu_y)$$

2) 표준편차(standard deviation)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - \mu_x)^2}$$

3) 상관계수(normalized correlation coefficient, NCC)

$$\rho_{xy} = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

MATLAB 프로그램

```
>>edit myncc????.m      <- ???는 학번 뒤 네자리
```

```
% normalized correlation coefficient
```

```
clear; close all; clc
```

```
[input_x, Fs] = audioread('8k16bit.wav');
```

```
bp = 10000;
```

```
x=input x(bp:bp+239); % 240 samples (30 msec)
```

```
size(x) → ans =
```

$$X = X';$$

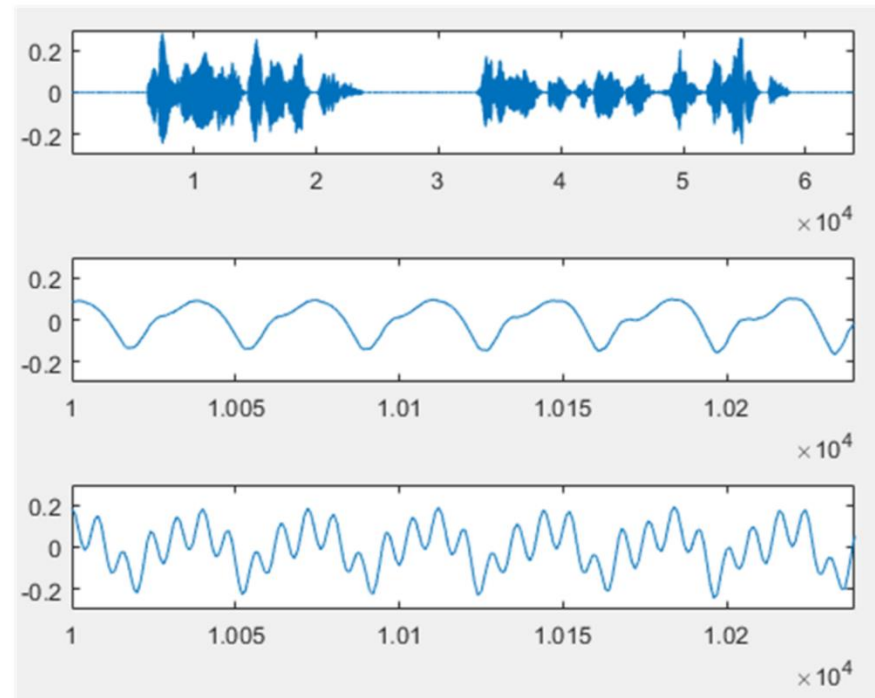
```
size(x) 240 1
```

```
N = length(x);
```

$$T_s = 1/F_s;$$

```
t = 0:Ts:(N-1)*Ts;
```

```
y = x + cos(2*pi*1000*t)/10;           1    240
```



<Figure 1>

MATLAB 프로그램

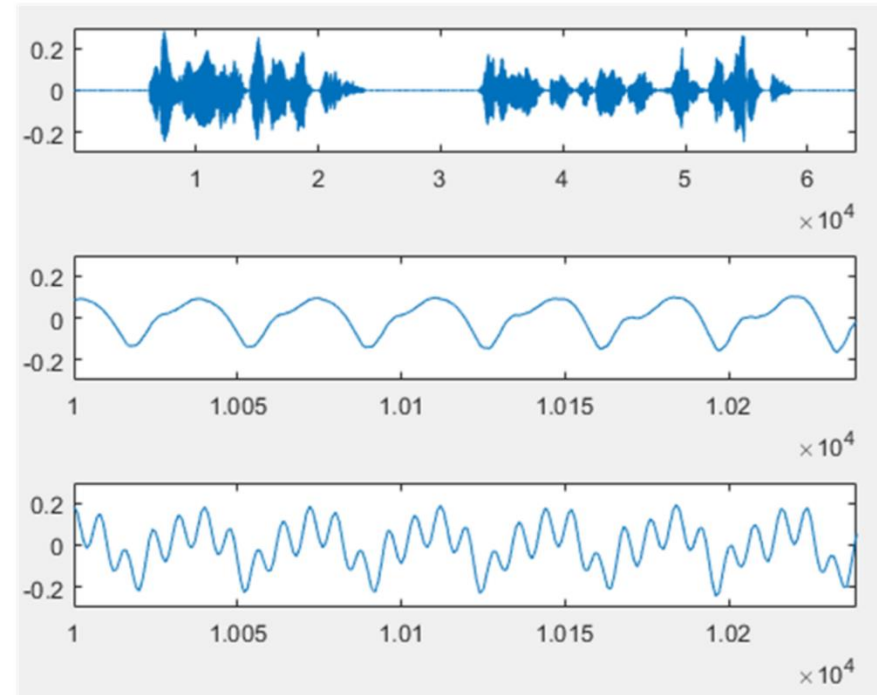
```
% signal energy
x_energy =                ; % sum()
sss = sprintf('signal energy = %f', x_energy);
disp(sss);
```

```
% signal power
x_power =                ;
sss = sprintf('signal power = %f\n', x_power);
disp(sss);
```

```
subplot(3,1,1); plot(input_x);
axis([1 length(input_x) -0.3 0.3]);
n=bp:bp+239;
subplot(3,1,2); plot(n,x);
axis([bp bp+239 -0.3 0.3]);
subplot(3,1,3); plot(n,y);
axis([bp bp+239 -0.3 0.3]);
print -djpeg 'fig1.jpg'
```

signal energy = 1.469777

signal power = 0.006124



<Figure 1>

MATLAB 프로그램

```
mu_x =          ;
mu_y =          ;
sigma_x =          ; % sqrt(), sum()
sigma_y =          ; % sqrt(), sum()
cov_xx =          ; % sum()
cov_xy =          ; % sum()

corr_xx =          ;
corr_xy =          ;

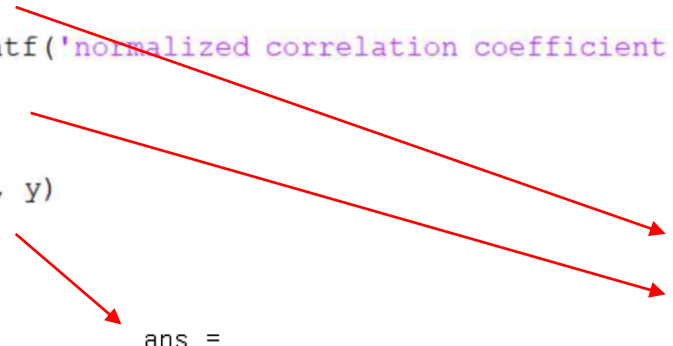
sss = sprintf('normalized correlation coefficient = %f', corr_xx);
disp(sss);
sss = sprintf('normalized correlation coefficient = %f', corr_xy);
disp(sss);

corrcoef(x, y)
```

ans =

1.0000	0.7428
0.7428	1.0000

normalized correlation coefficient = 1.000000
normalized correlation coefficient = 0.742759



MATLAB 프로그램

랜덤 신호

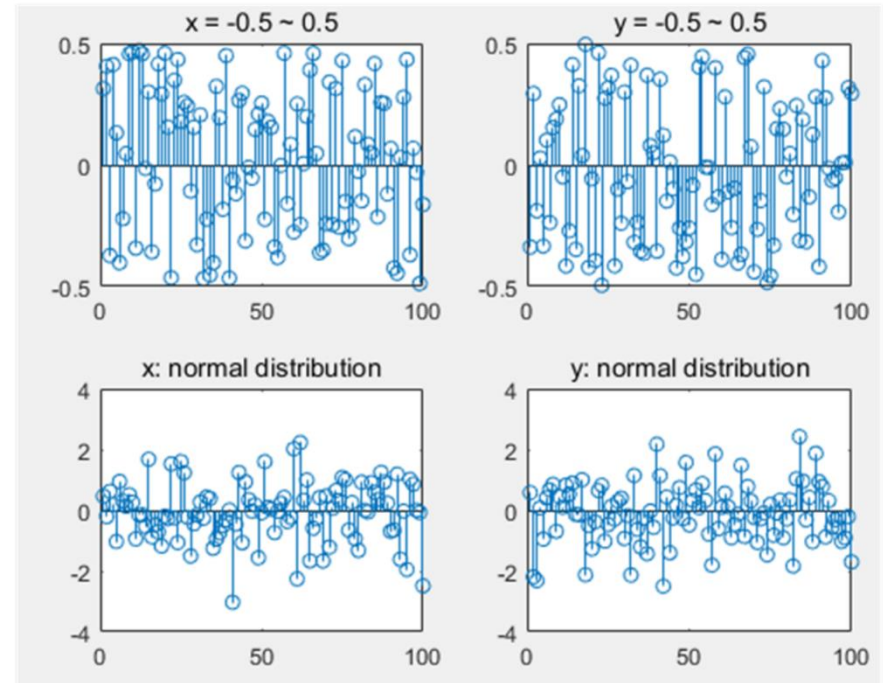
(Uniform and Normal Distribution)

```
N=100;  
x=          ; % x: uniform distribution (-0.5 ~ 0.5)  
y=          ; % y: uniform distribution (-0.5 ~ 0.5)  
figure(2);  
subplot(2,2,1); stem(x); title('x = -0.5 ~ 0.5');  
subplot(2,2,2); stem(y); title('y = -0.5 ~ 0.5');  
corrcoef(x,y)
```

```
x=          ; y=          ; % normal distribution  
subplot(2,2,3); stem(x); title('x: normal distribution');  
subplot(2,2,4); stem(y); title('y: normal distribution');  
corrcoef(x,y)
```

```
ans =  
  
    1.0000    -0.0275  
   -0.0275    1.0000
```

```
ans =  
  
    1.0000   -0.1148  
   -0.1148    1.0000
```



<Figure 2>

※ 랜덤 신호간의 상관계수 값은 매우 작음을 알 수 있음.

※ rand()나 randn() 함수는 매번 다른 숫자들을 생성하므로 실행시마다 다른 결과 값들을 보임.

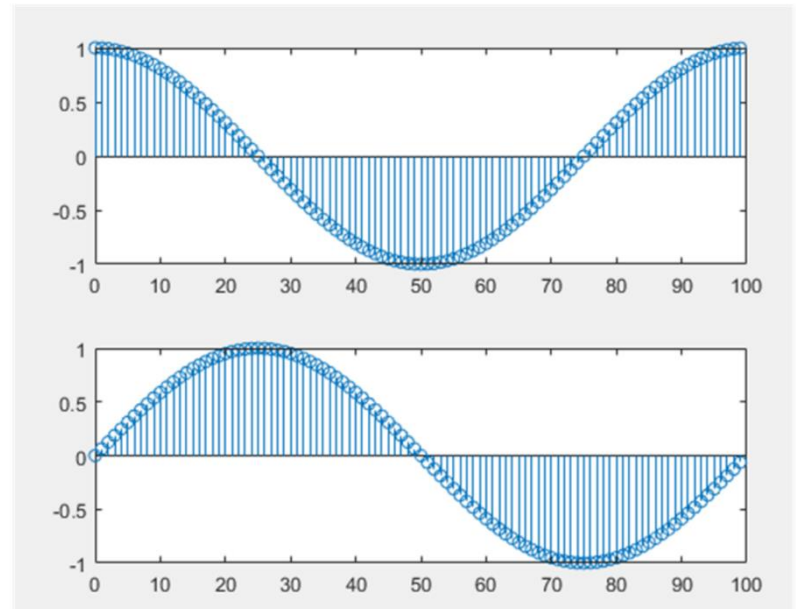
MATLAB 프로그램

```
n=0:N-1;  
freq = 100;  
Fs=10000;  
Ts=1/Fs;  
x=cos(2*pi*freq*n*Ts); y=cos(2*pi*freq*n*Ts-pi/2);  
figure(3);  
subplot(2,1,1); stem(n, x);  
subplot(2,1,2); stem(n, y);  
corrcoef(x,y)
```

ans =

1.0000	0.0000
0.0000	1.0000

Between cosine and sine signals



<Figure 3>

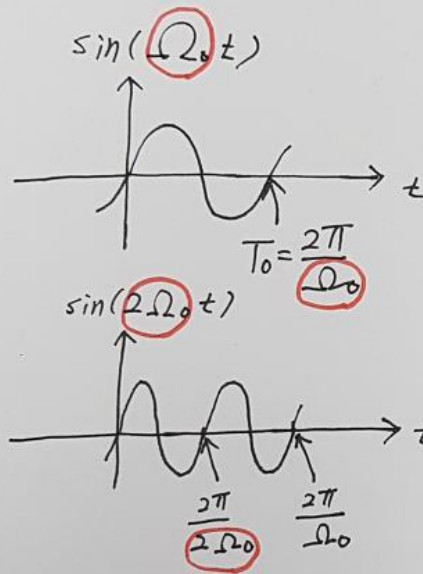
※ cosine과 sine 신호간의 상관계수 값은 0임 알 수 있음.

참고: Cosine과 Sine 신호의 상관계수

$$\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos B \sin A$$

$$\sin(A+A) = \sin A \cos A + \cos A \sin A = 2 \sin A \cos A$$

$$\therefore \sin A \cos A = \frac{1}{2} \sin(2A) \quad \therefore \sin(\Omega_0 t) \cos(\Omega_0 t) = \frac{1}{2} \sin(2\Omega_0 t)$$



$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2} \sin(2\Omega_0 t) dt = 0$$

$$\int_0^{T_0} \frac{1}{2} \sin(2\Omega_0 t) dt = 0$$

\therefore correlation between $\sin(\Omega_0 t)$ and $\cos(\Omega_0 t)$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sin(\Omega_0 t) \cos(\Omega_0 t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{2} \sin(2\Omega_0 t) dt = 0$$