

# 디지털 신호 처리 응용

# 목 차

- 개요
- 음성 및 오디오 신호 처리
- 영상 신호 처리
- 통신 신호 처리

# 개요

- 디지털 신호처리(DSP) 이론
  - 시간 영역과 주파수 영역에서
    - 신호와 시스템의 성질 분석
    - 시스템의 출력 신호 계산
    - 원하는 성질의 시스템 설계
- 대표적인 DSP 응용 분야
  - 음성, 오디오, 영상, 비디오 신호 등의 멀티미디어 신호 처리
  - 무선 및 유선 통신 신호 처리

# 음성 및 오디오 신호 처리

- 음성 신호의 핵심 정보
  - 피치(pitch) 주파수 : 음의 높낮이
  - 스펙트럼 포락선(spectral envelope) : 발음
  - 음성 신호의 피치 주파수와 스펙트럼 포락선 분석을 통하여 음성 압축/인식/합성 수행

# 음성 및 오디오 신호 처리

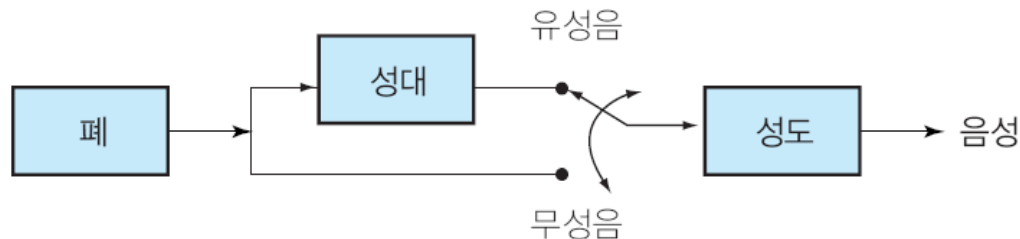
- 음성 신호의 발생 모델

- 성대(vocal cord)

- 진동 장치, 피치 주파수를 결정, 유성음 발생
    - 그대로 통과하면 무성음 발생

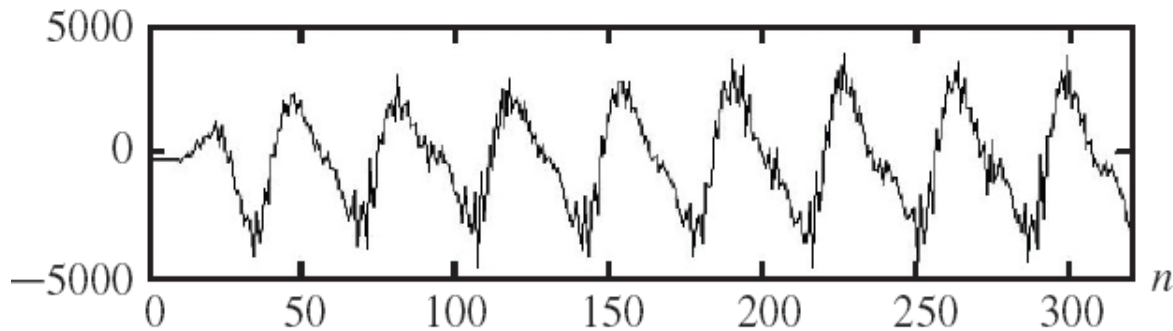
- 성도(vocal tract)

- 성대 이후의 모든 발성 기관
    - 공명(resonance) 장치, 특정 주파수 성분을 강화
    - 성도의 공명 주파수 = 포먼트(formant) 주파수

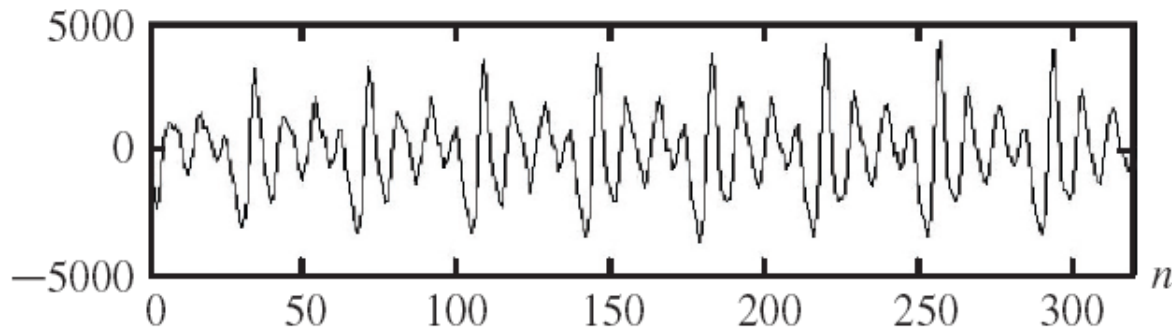


# 음성 및 오디오 신호 처리

- 음성 신호의 스펙트럼 포락선 예

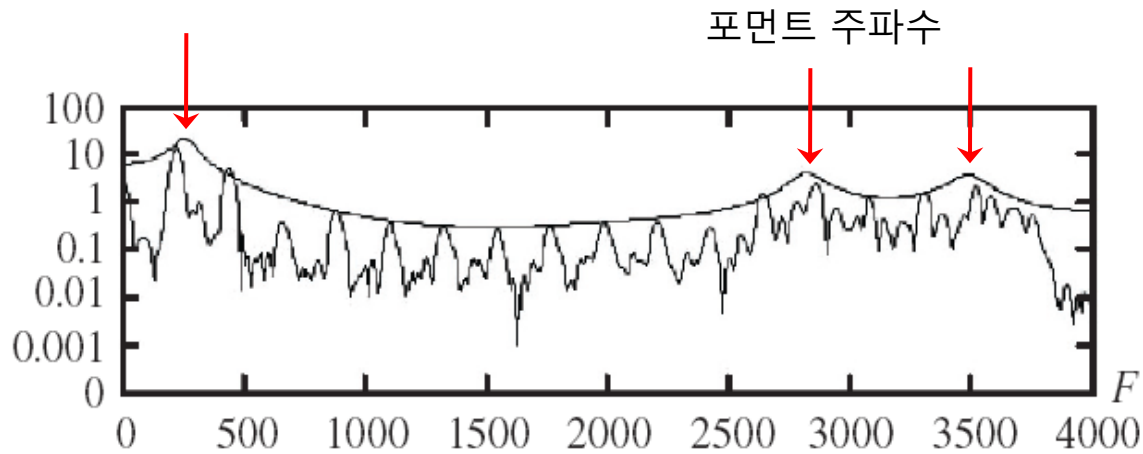


(a) /i/ 발음의 음성 신호

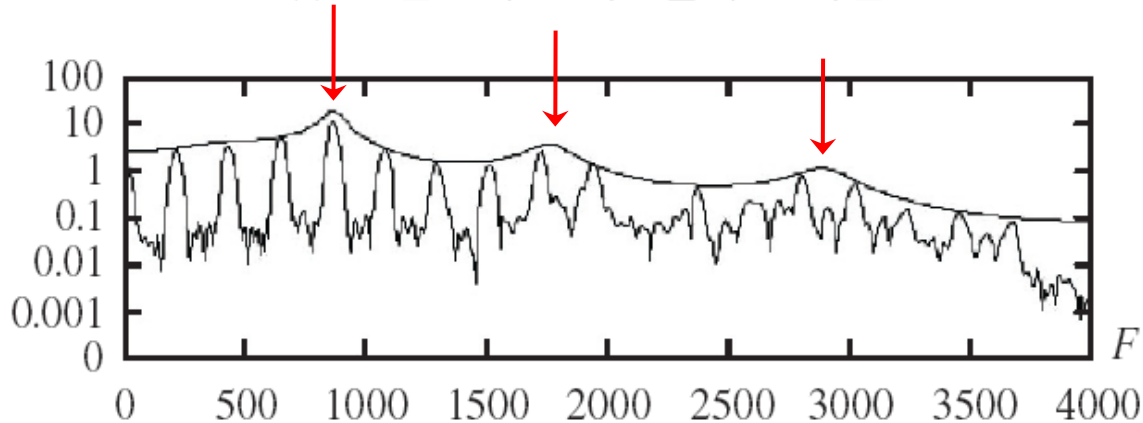


(b) /a/ 발음의 음성 신호

# 음성 및 오디오 신호 처리



(e) /i/ 신호의 스펙트럼과 포락선



(f) /a/ 신호의 스펙트럼과 포락선

# 음성 및 오디오 신호 처리

- 오디오 신호 압축의 기본 개념
  - 오디오 신호  $x(n)$ 을 주파수 변환하여  $X(k)$  계산
  - 인간의 청각이 인지하지 못하는 수준으로  $X(k)$ 를 양자화
    - 양자화 오차를 수학적 오차가 아니라 청각적 왜곡으로 측정
- 주파수 변환
  - MP3(MPEG-1 Layer 3)
    - 32개의 대역 통과 필터와 MDCT(modified discrete cosine transform)
  - MPEG-2/4 AAC(advanced audio coding)
    - MDCT



# 영상 신호 처리

- 영상신호처리
  - 음성 및 오디오 신호처리와 더불어 대표적인 신호처리 응용분야
  - 영상 신호 (2차원 공간 도메인에서 표현)
    - 비디오 신호 (시간 도메인으로 확장)
    - 음성 및 오디오 신호 (1차원 시간 도메인에서 표현)
- 영상신호처리의 분류
  - 잡음제거, 화질개선, 영상복원
  - 지문인식, 얼굴인식, 영상압축
  - 인공지능분야

# 영상 신호 처리

- 영상 신호의 2차원 표현
  - 영상신호를 표현하는 2차원 공간 축
    - 정의역(domain)
      - 2차원 직교좌표계
      - Euclidean space
    - $(x, y)$ 
      - 화소의 위치
    - $F(x, y)$ 
      - $(x, y)$  화소의 밝기값

	0	1	2	3	$x$
0	$f(0,0)$	$f(1,0)$	$f(2,0)$	$f(3,0)$	
1	$f(0,1)$	$f(1,1)$	$f(2,1)$	$f(3,1)$	
2	$f(0,2)$	$f(1,2)$	$f(2,2)$	$f(3,2)$	
3	$f(0,3)$	$f(1,3)$	$f(2,3)$	$f(3,3)$	
$y$					

# 영상 신호 처리

- 2차원 영상 필터링

- 필터링 (Filtering)

- 원하는 신호와 원하지 않는 신호를 구분
  - 잡음제거
  - 특정 주파수의 영상을 추출

- 마스크 (Mask)

- 공간영역에서 표현/처리

$w(-1,-1)$	$w(0,-1)$	$w(1,-1)$
$w(-1,0)$	$w(0,0)$	$w(1,0)$
$w(-1,1)$	$w(0,1)$	$w(1,1)$

$$\begin{aligned} f'(x, y) = & w(-1, -1) \times f(x-1, y-1) + w(0, -1) \times f(x, y-1) \\ & + w(1, -1) \times f(x+1, y-1) + w(-1, 0) \times f(x-1, y) \\ & + w(0, 0) \times f(x, y) + w(1, 0) \times f(x+1, y) \\ & + w(-1, 1) \times f(x-1, y+1) + w(0, 1) \times f(x, y+1) \\ & + w(1, 1) \times f(x+1, y+1) \end{aligned}$$

# 영상 신호 처리

- 마스크 (Mask)
  - 저역 통과 필터

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

(a)

$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{2}{16}$	$\frac{4}{16}$	$\frac{2}{16}$
$\frac{1}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{1}{16}$

(b)

$\frac{2}{25}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{2}{25}$
$\frac{3}{25}$	$\frac{5}{25}$	$\frac{3}{25}$
$\frac{2}{25}$	$\frac{3}{25}$	$\frac{2}{25}$

(c)

<3x3 저역 통과 필터 마스크의 예>



(a) 원본 영상

(b) 5×5 평균 필터 적용

(c) 9×9 평균 필터 적용

# 영상 신호 처리

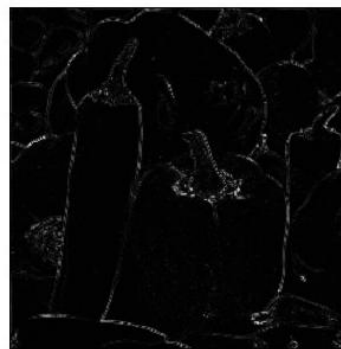
- 마스크 (Mask)
  - 고역 통과 필터

0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-2	-1
-1	4	-1	-1	9	-1	0	0	0
0	-1	0	-1	-1	-1	1	2	1
(a)			(b)			(c)		

<3x3 고역 통과 필터 마스크의 예>



(a) 원본 영상



(b) 고역 통과 필터 적용

# 영상 신호 처리

- 영상 신호에 대한 2차원 DCT 변환

- 변환 (Transform)

- 신호가 표현되는 정의역 (domain)을 바꾸는 과정
    - 공간 영역에서 주파수 영역으로 변환하는 것이 일반적

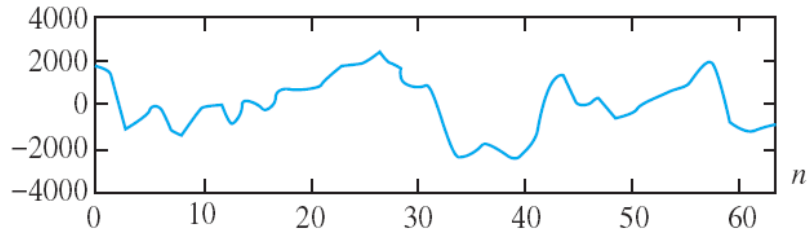
- DCT (Discrete Cosine Transform)

- JPEG, MPEG과 같은 영상 압축 표준에서 사용하는 변환 방법

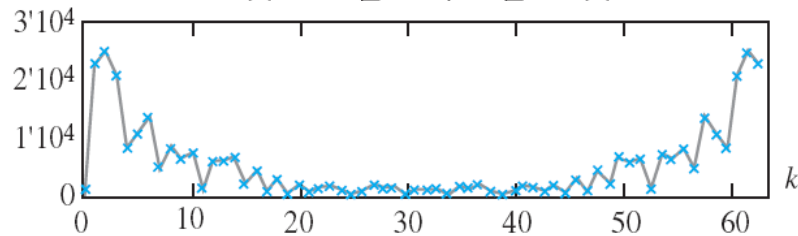
$$X(i, j) = \alpha(i) \alpha(j) \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} x(m, n) \cos \left[ \frac{\pi}{N} \left( m + \frac{1}{2} \right) i \right] \cos \left[ \frac{\pi}{N} \left( n + \frac{1}{2} \right) j \right]$$
$$\alpha(k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & k = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \text{다른 경우} \end{cases}$$

# 영상 신호 처리

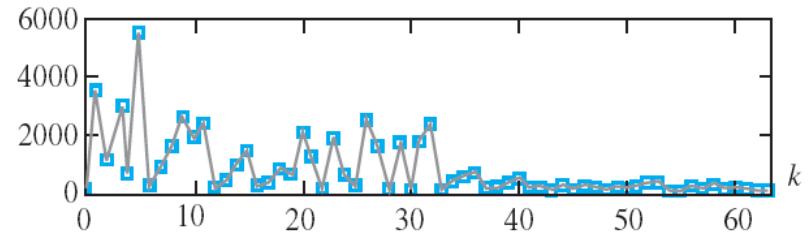
## ● DFT와 DCT의 에너지 집중 성질 비교



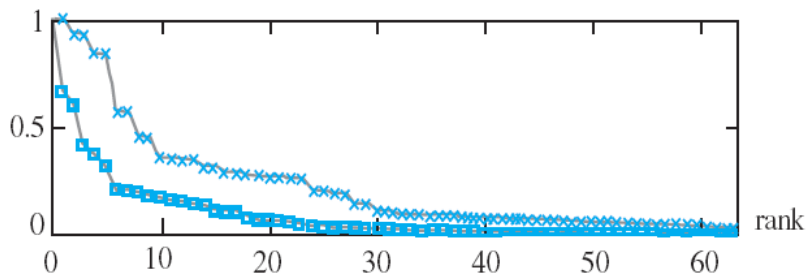
(a)  $N=64$ 인 오디오 신호  $x(n)$



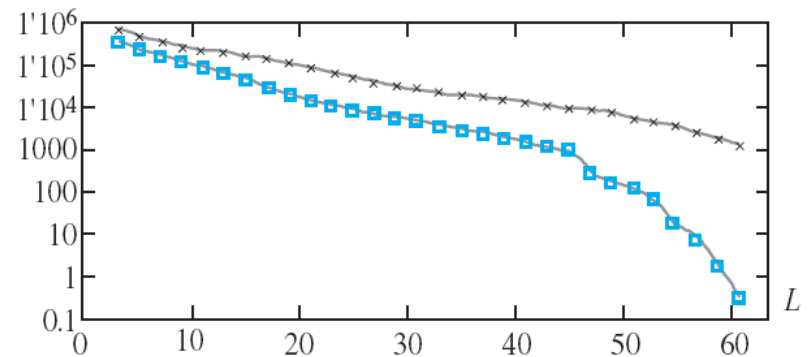
(c)  $x(n)$ 의 64-포인트 DFT 결과,  $|X(k)|$



(b)  $x(n)$ 의 64-포인트 DCT 결과,  $|X_{DCT}(k)|$



(d)  $|X_{DCT}(k)|$ 와  $|X(k)|$ 를 크기순으로 정렬하고 정규화한 그래프



(e)  $|X_{DCT}(k)|$ 와  $|X(k)|$ 에 대한  $MSE(L)$  그래프 ( $1 \leq L \leq 61$ )

# 영상 신호 처리

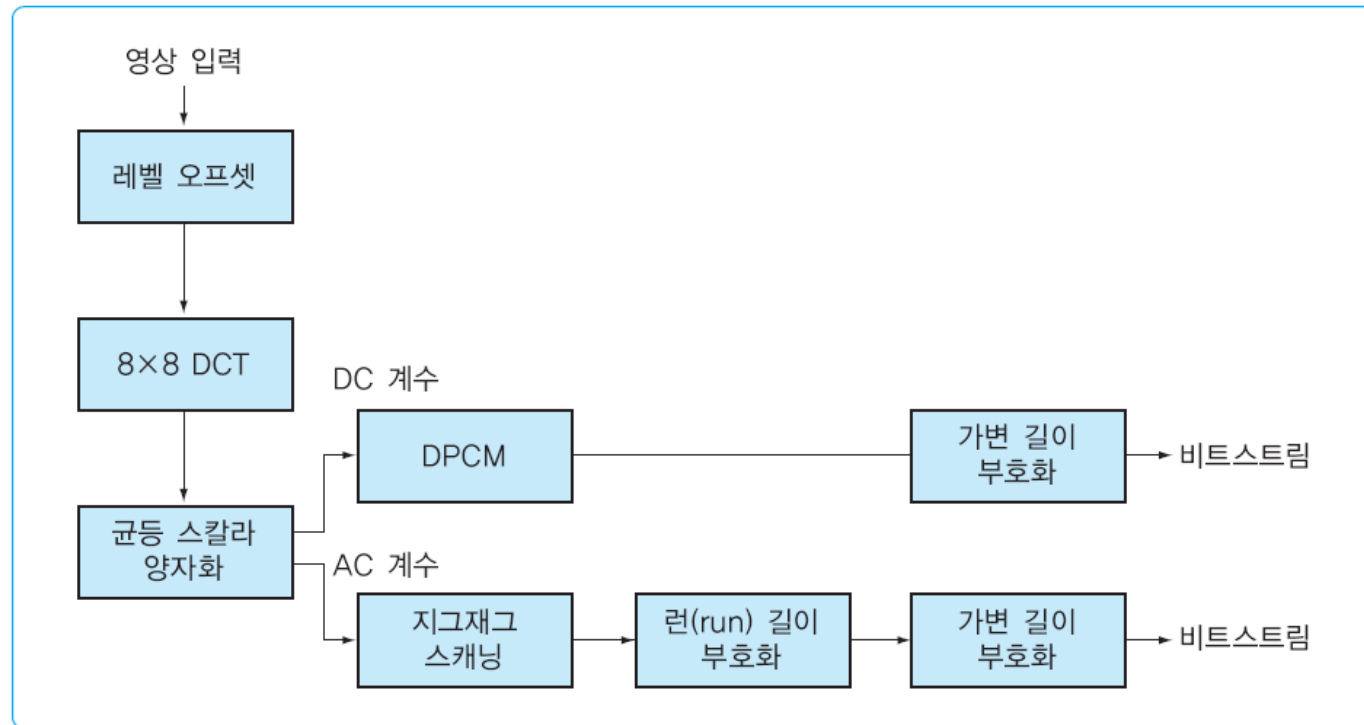
- 영상 신호의 압축
  - 압축(compression)
    - 카메라로부터 취득된 미가공(raw)의 동영상 또는 정지 영상은 많은 데이터량이 필요
    - 영상에 대한 저장 및 전송을 위해서 압축이 필요
  - 압축 표준 (compression standard)
    - 동영상 표준
      - MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4
      - H.261, H.263, H.264/AVC
    - 정지 영상 표준
      - JPEG, JPEG-LS, JPEG-2000, JBIG



# 영상 신호 처리

- JPEG(Joint Photographic Experts Group) 알고리즘
  - 정지 영상 압축의 가장 대표적인 표준

1. 레벨 오프셋
2. 8x8 DCT
3. 양자화
4. DC 계수
  - DPCM
  - 가변 길이 부호화
5. AC 계수
  - 지그재그스캐닝
  - 런 길이 부호화
  - 가변 길이 부호화



# 영상 신호 처리

- 영상 신호 처리를 통한 얼굴 인식

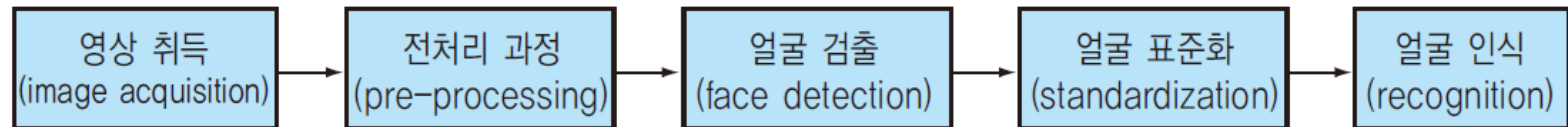
- 패턴 인식

- 2D 영상 신호 처리의 대표적 응용분야
    - 문자인식, 생체인식

- 얼굴 인식

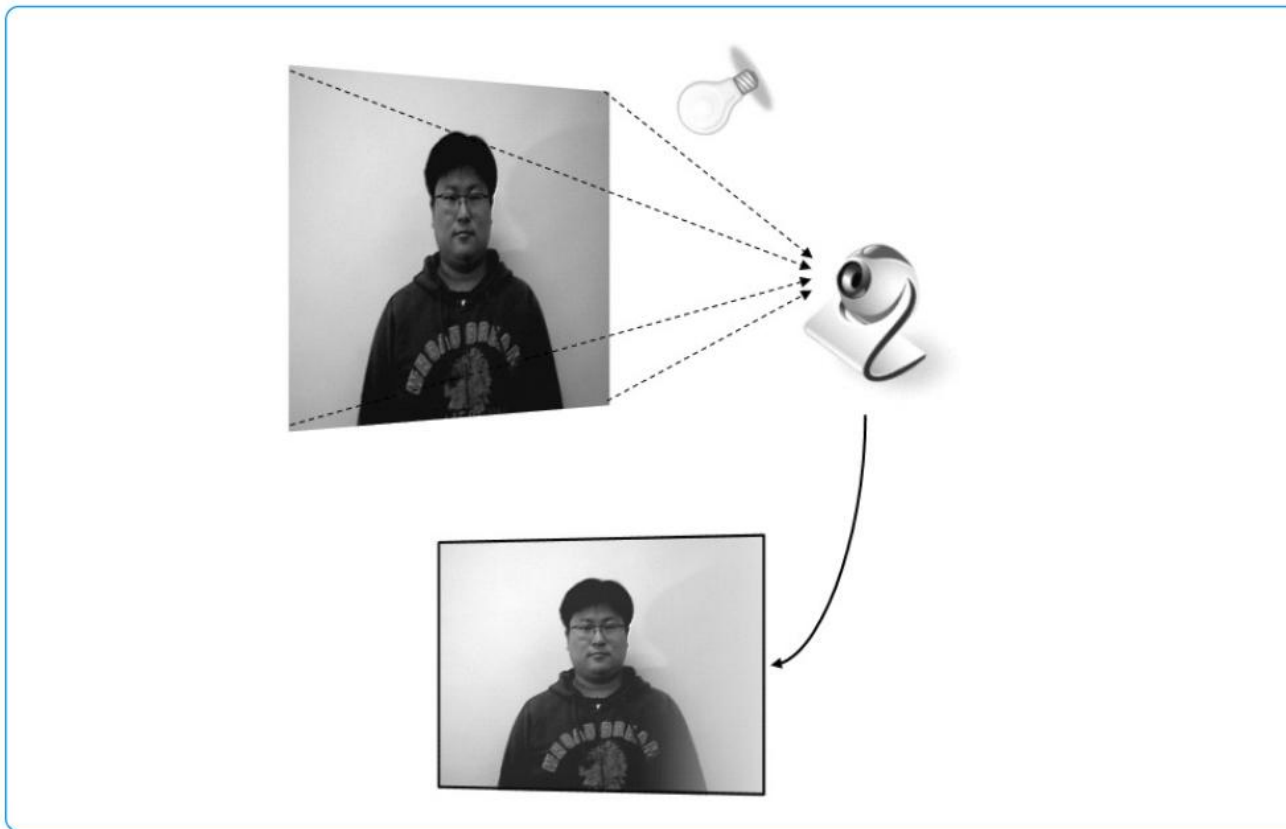
- 입력된 영상에 해당하는 얼굴이 누구의 것인지를 판단하는 과정

- 얼굴인식 수행과정



# 영상 신호 처리

- 영상 취득 (image acquisition)
  - 카메라로부터 피검출자의 얼굴을 포함하는 영상을 얻는 과정



# 영상 신호 처리

- 전처리과정 (pre-processing)
  - 조명, 카메라센서, 얼굴과 카메라의 각도, 잡음 등의 왜곡을 보정하는 과정



(a) 취득 영상



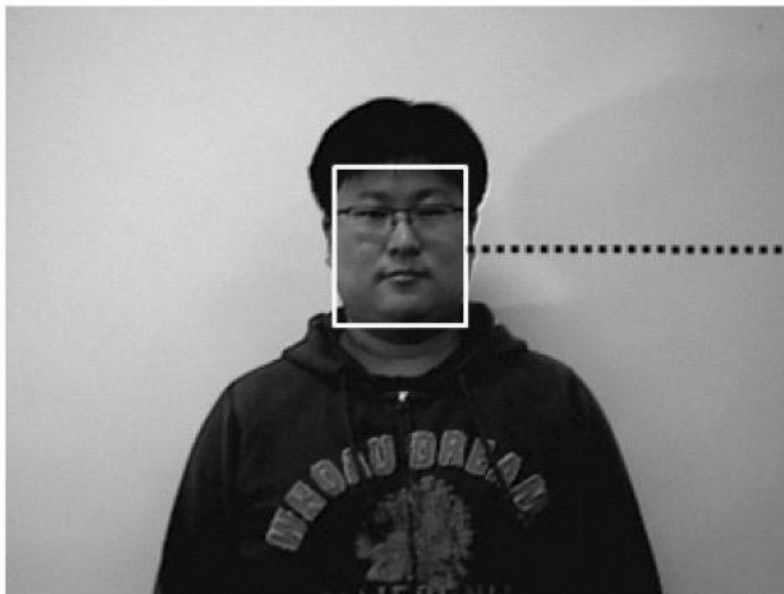
(b) 컬러 보정 영상



(c) 기하 보정 영상

# 영상 신호 처리

- 얼굴 검출 (face detection)
  - 전체 영상에서 얼굴 영역을 분리하는 과정



(a) 검출 전 영상



(b) 검출된 얼굴 영상

# 영상 신호 처리

- 얼굴 표준화 (standardization)
  - 입력 영상을 유사한 환경으로 인식하기 위해 크기, 전체 밝기 등을 표준화하는 과정



(a) 검출 얼굴



(b) 명암 표준화 결과



(c) 크기 표준화 결과

# 영상 신호 처리

- 얼굴 인식 (recognition)
  - 표준화된 얼굴 영상을 이용하여 다양한 인식 알고리즘에 따라 각 얼굴들을 구분하는 과정
  - PCA (principal component analysis)
    - 주성분분석법
    - 통계적 분석에서 사용하는 방법
    - 최적의 고유 얼굴 성분을 찾는 방법

# 통신 신호 처리

- OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
  - 차세대 이동통신 환경에서의 다양한 통신 요구 조건의 충족 필요
    - 한정되어 있는 무선 채널의 전력과 주파수의 효율적 사용
    - 요구되는 BER(Bit Error Rate)성능에 대하여 최대의 효율
    - 고속 데이터 전송의 필요성
  - OFDM의 특성
    - 다중 반송파 변조 방식의 일종
      - 다중 경로, 이동 수신환경에서 우수한 성능
    - 지상파 디지털 TV 및 디지털 음성 방송에 적합한 방식

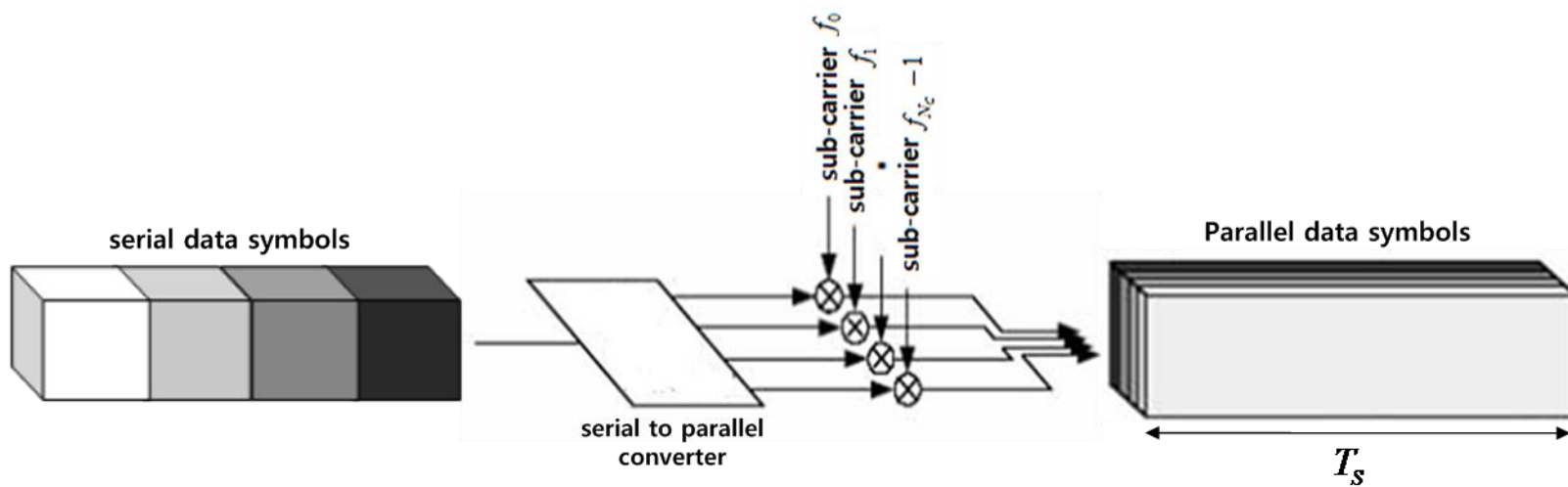


# 통신 신호 처리

- OFDM 신호의 전송 원리

- 다중 반송파를 이용한 병렬 전송

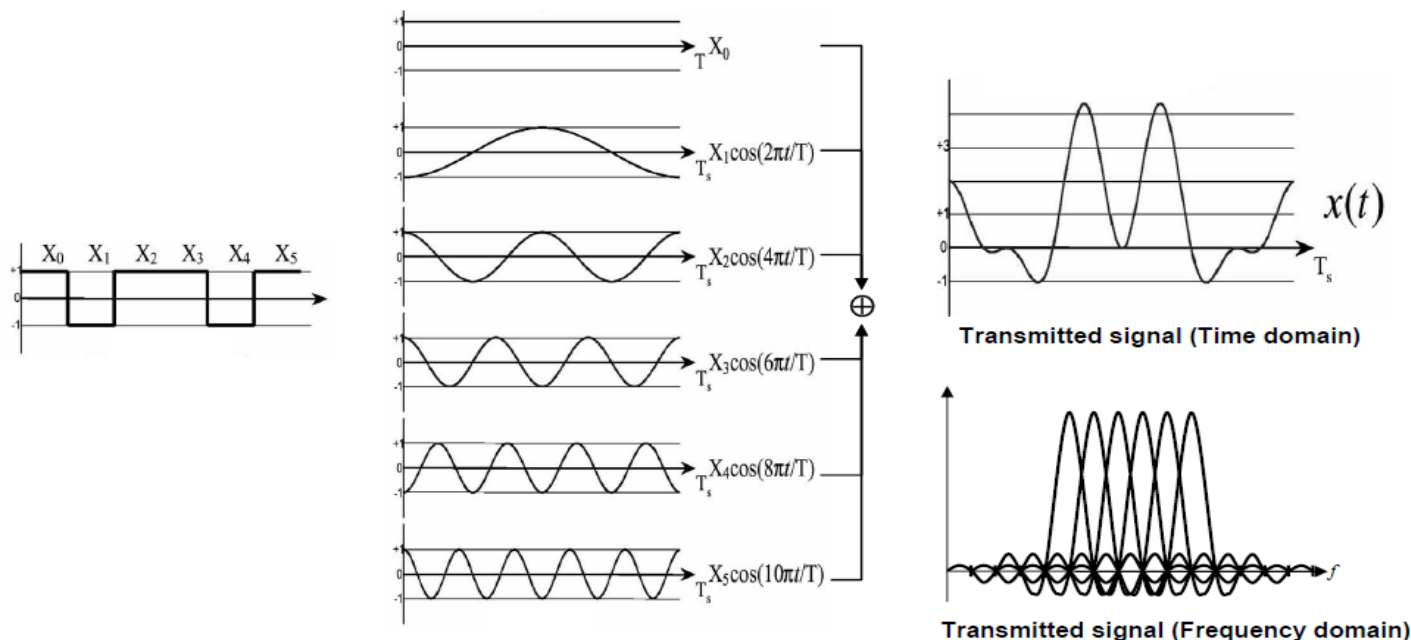
- 고속의 심벌을 전송율이 낮은 여러 개의 부반송파로 나누어 전송
- 다수의 부반송파를 이용하여 각각 직렬로 입력된 데이터는 부반송파의 개수만큼 병렬로 변환
  - 시간영역에서 심벌 길이는 부반송파의 개수만큼 확장



# 통신 신호 처리

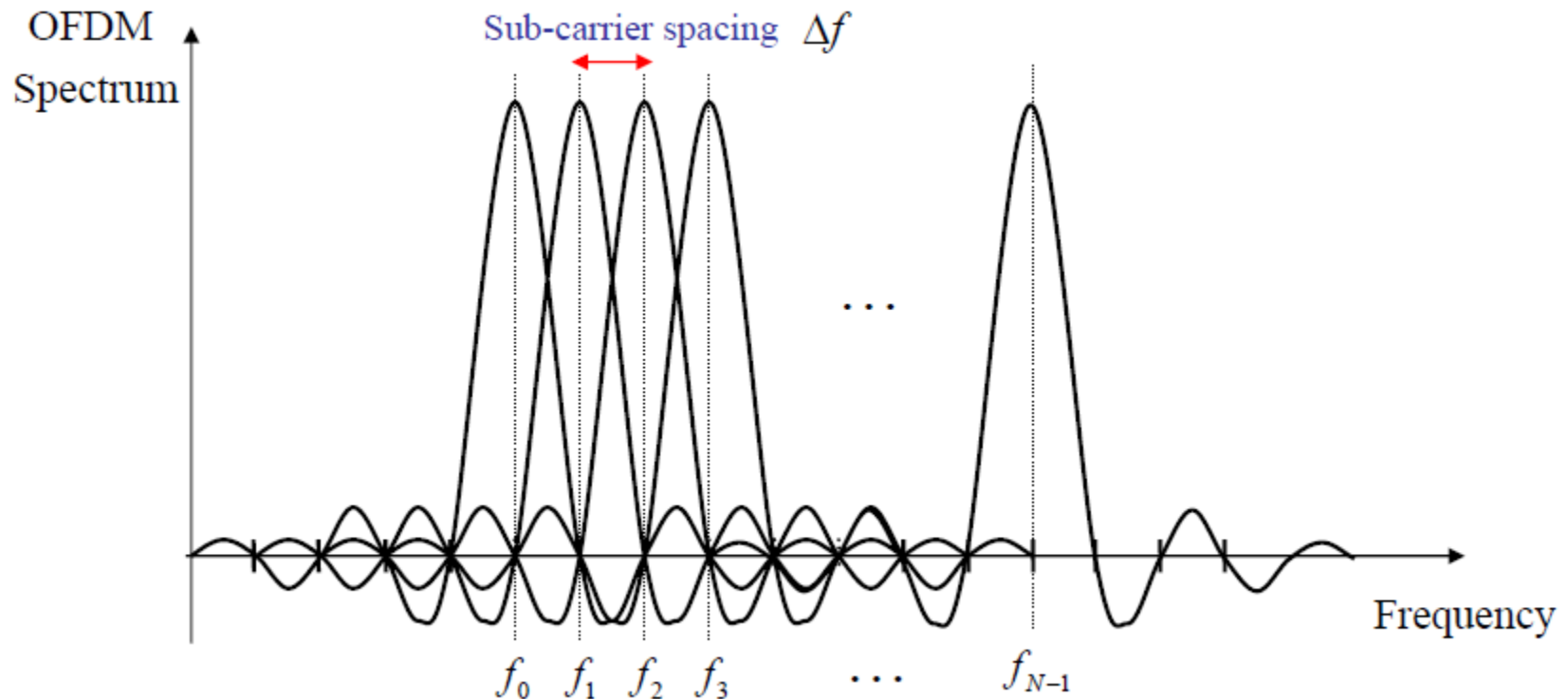
## OFDM 전송 방식

- OFDM 전송 방식의 핵심 기술은 다중 부반송파와 직교성 (Orthogonality)
  - 보내고자 하는 데이터는 N개로 나누어 각 부반송파를 곱해서 전송
  - 전송하는 부반송파 간에 직교성의 유지 여부가 시스템의 성능과 직결



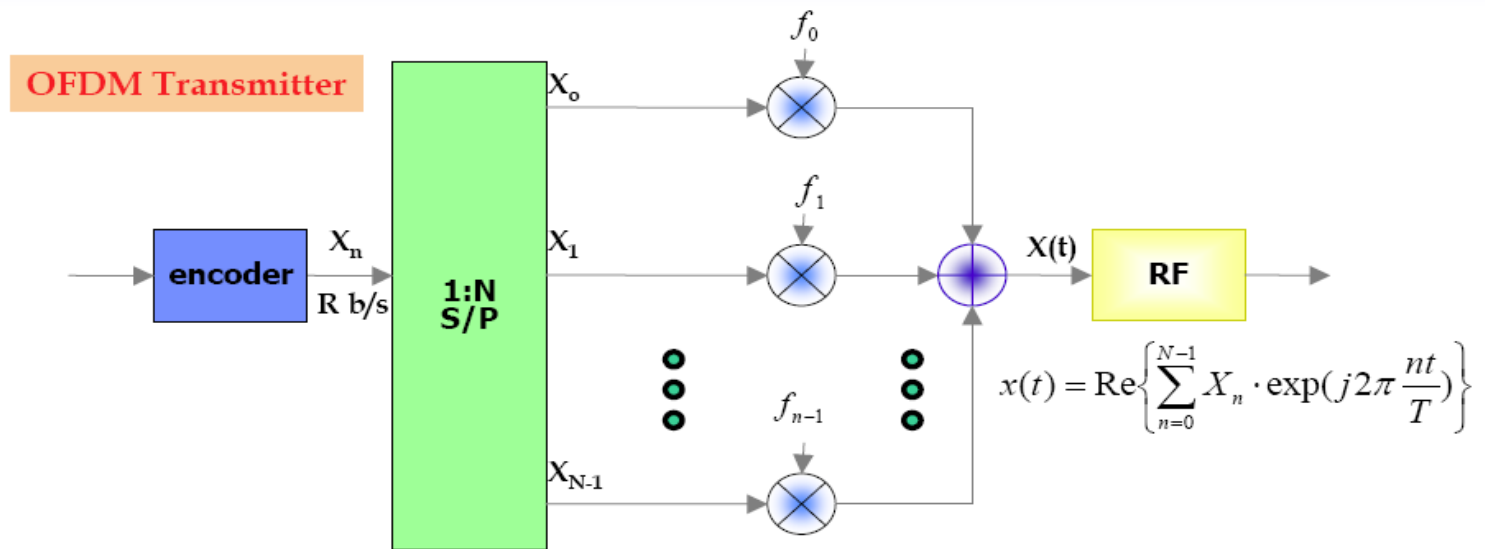
# 통신 신호 처리

- 직교 부반송파의 배치
  - 높은 주파수 효율 가능



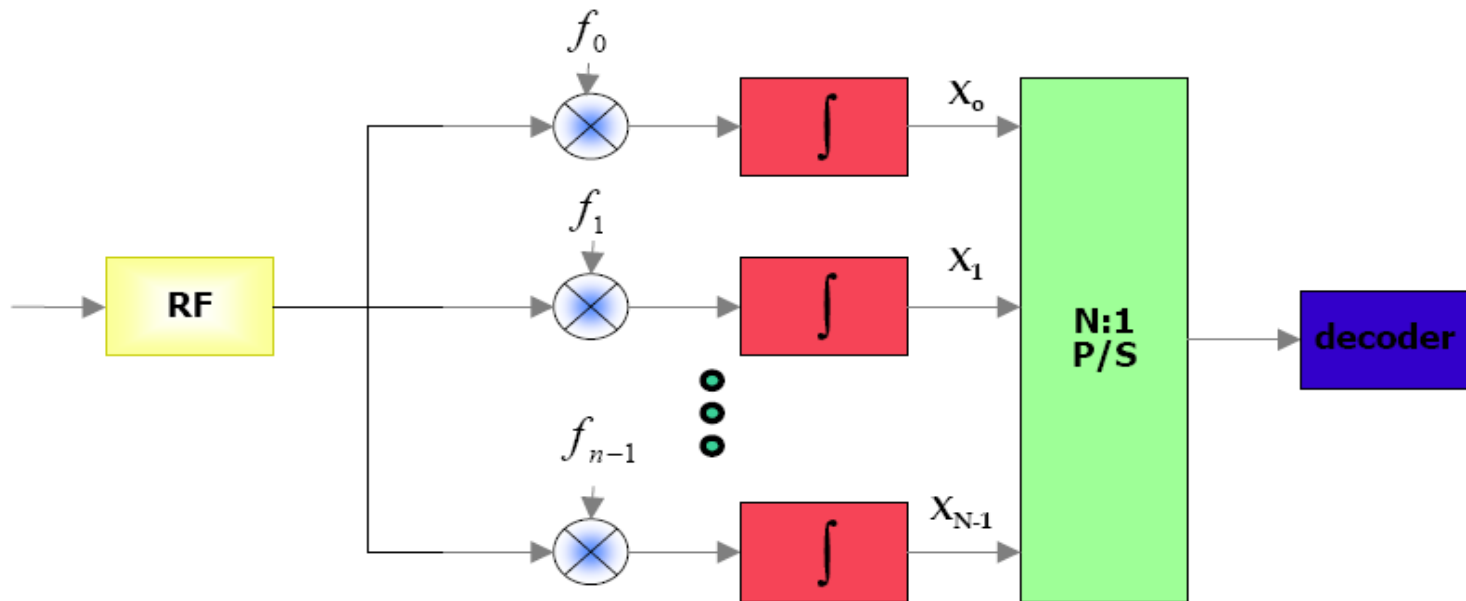
# 통신 신호 처리

- OFDM 변조 블록도



# 통신 신호 처리

- OFDM 복조 블록도



# 통신 신호 처리

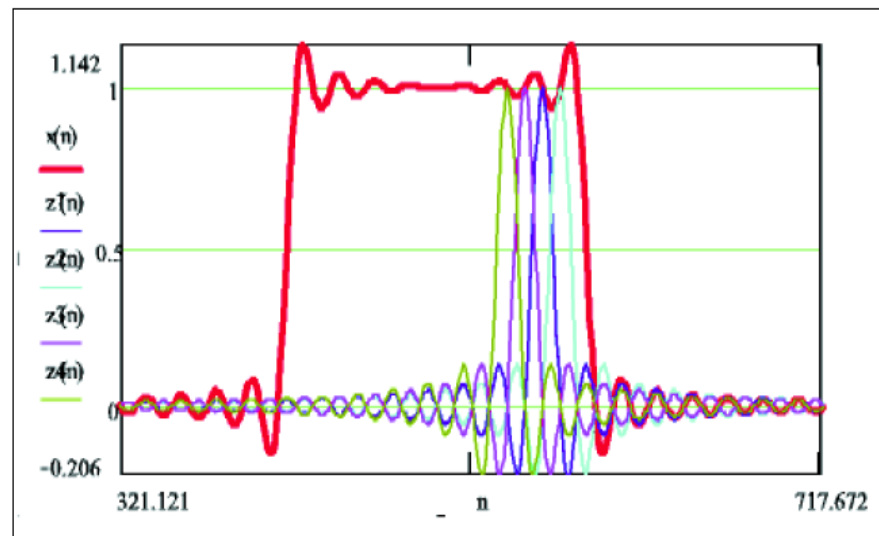
- IDFT / DFT

- IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform) 변조

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j2\pi \frac{kn}{N}}$$

- DFT (Discrete Fourier Transform) 복조

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi \frac{kn}{N}}$$

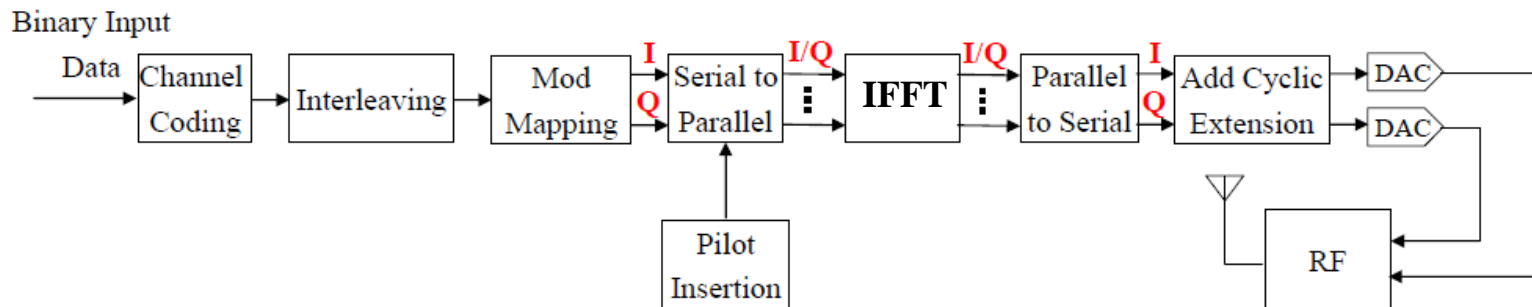


<Frequency Spectrum>

# 통신 신호 처리

- OFDM 통신시스템의 송수신단 블록도

## Transmitter



## Receiver

