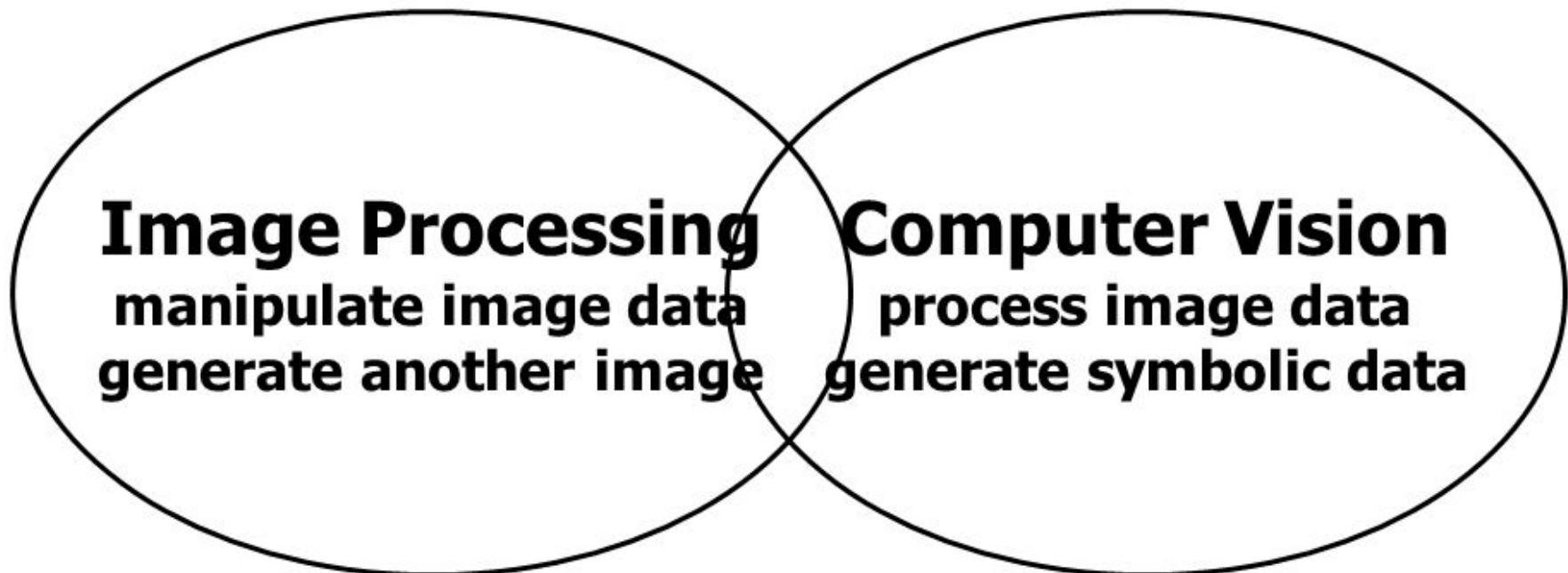


# 01.

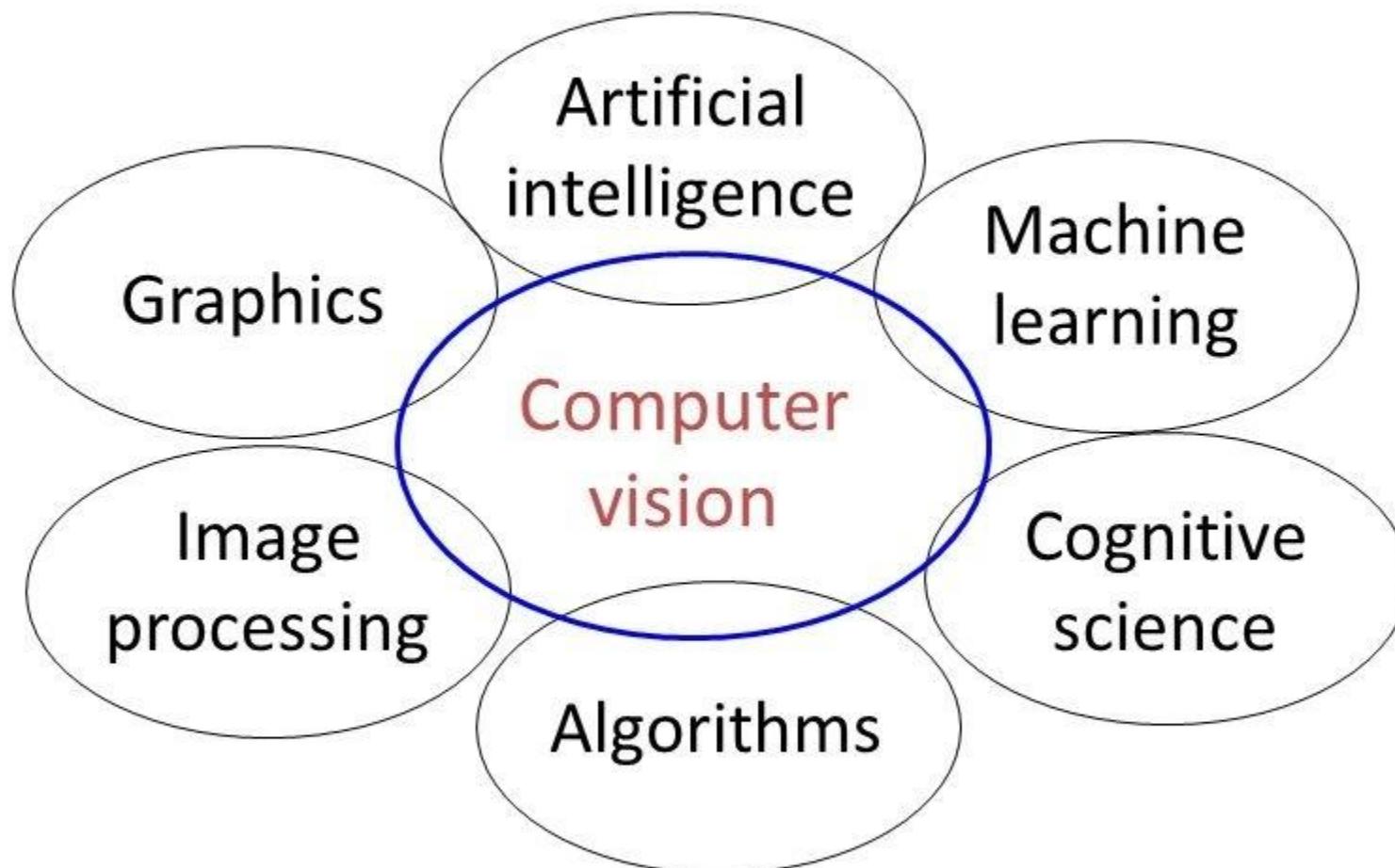
## 2차원 신호의 디지털화 과정

김성영교수  
금오공과대학교  
컴퓨터공학과

# What is “Image Processing and Computer Vision”?



# Related disciplines



# 컴퓨터 비전의 응용

<https://youtu.be/NrmMk1Myrxc>



<https://youtu.be/tIThdr3O5Qo>



# 1장. 디지털 영상처리의 개요

## ▣ 학습목표

- ✓ 디지털 영상처리의 기본 개념을 학습한다.
- ✓ 다양한 종류의 디지털 영상처리 기술을 살펴본다.
- ✓ 디지털 영상처리 기술을 구현하는 알고리즘 종류를 알아본다.
- ✓ 디지털 영상을 획득, 처리, 저장하는 디지털 영상처리 시스템을 학습 한다.
- ✓ 광범위하게 응용되는 디지털 영상처리 응용 분야를 살펴본다.

## Section 01 디지털 영상처리의 개념

### ➊ 디지털 영상처리

- 디지털 영상을 다루는 학문
- 많은 응용에서 사용되는 넓은 영역의 기술을 총칭



[그림 1-1] 컬러 사진 영상(왼쪽)과 흑백 사진 영상(오른쪽)

## 디지털 영상의 특징

### ▣ 다음 디지털 신호의 장점을 그대로 보임

- 디지털 데이터의 값이 명확해 아날로그 영상보다 화질이 우수
- 컴퓨터 기술의 발전을 그대로 반영
- 디지털 데이터 처리 방법을 활용할 수 있으며, 영구적인 디지털 데이터 저장장치를 이용해 영구적으로 저장할 수 있음.
- 데이터 통신 응용 분야에서 전송이 가능



[그림 1-2] 디지털 컴퓨터와 디지털 영상

## 디지털 영상개선 (Digital Image Enhancement)

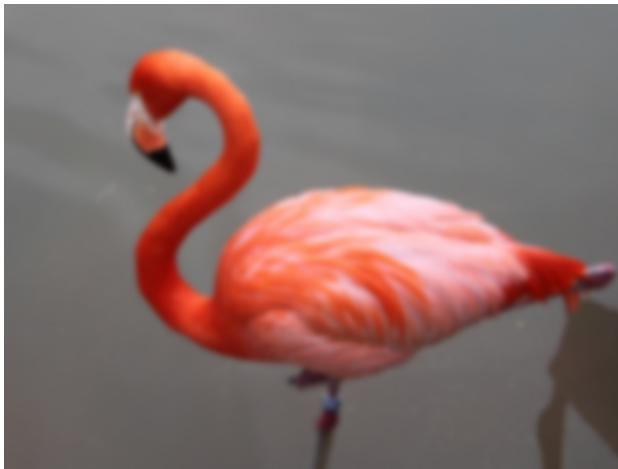
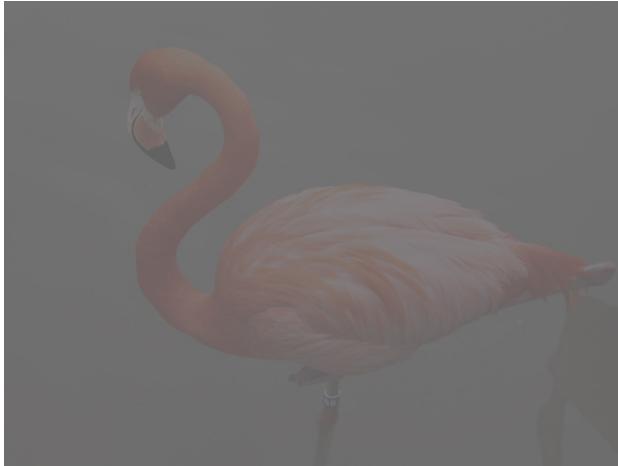
- ➊ 디지털 영상을 처리하여 응용 목적에 맞게 고치는 것
- ➋ 디지털 영상을 개선하는 기술
  - 평활화(Equalization), 첨예화(Sharpening), 잡음제거 등



[그림 1-5] 디지털 영상 개선의 예(평활화)

# image enhancement

To improve an image visually by using knowledge of the human visual system's response



## 디지털 영상 복원 (Digital Image Restoration)

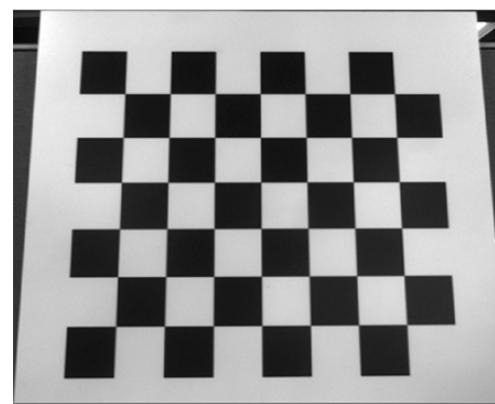
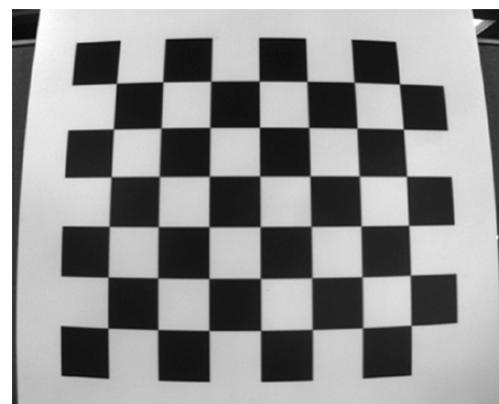
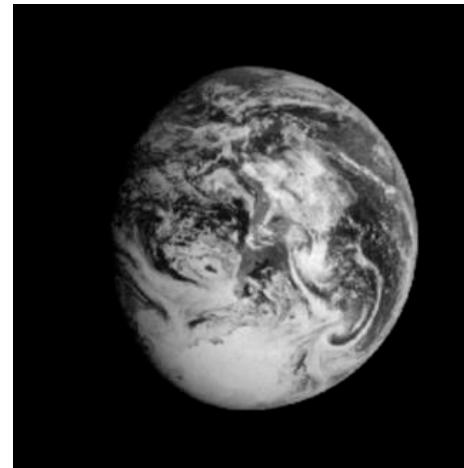
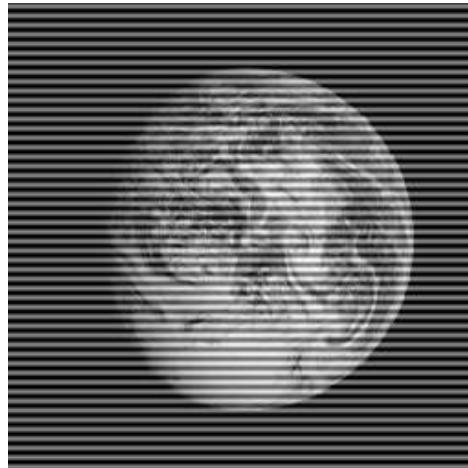
훼손되거나 오류 때문에 왜곡된 디지털 영상을 원래의 디지털 영상과 가장 가까운 형태로 복원하는 과정



[그림 1-6] 디지털 영상 복원의 예

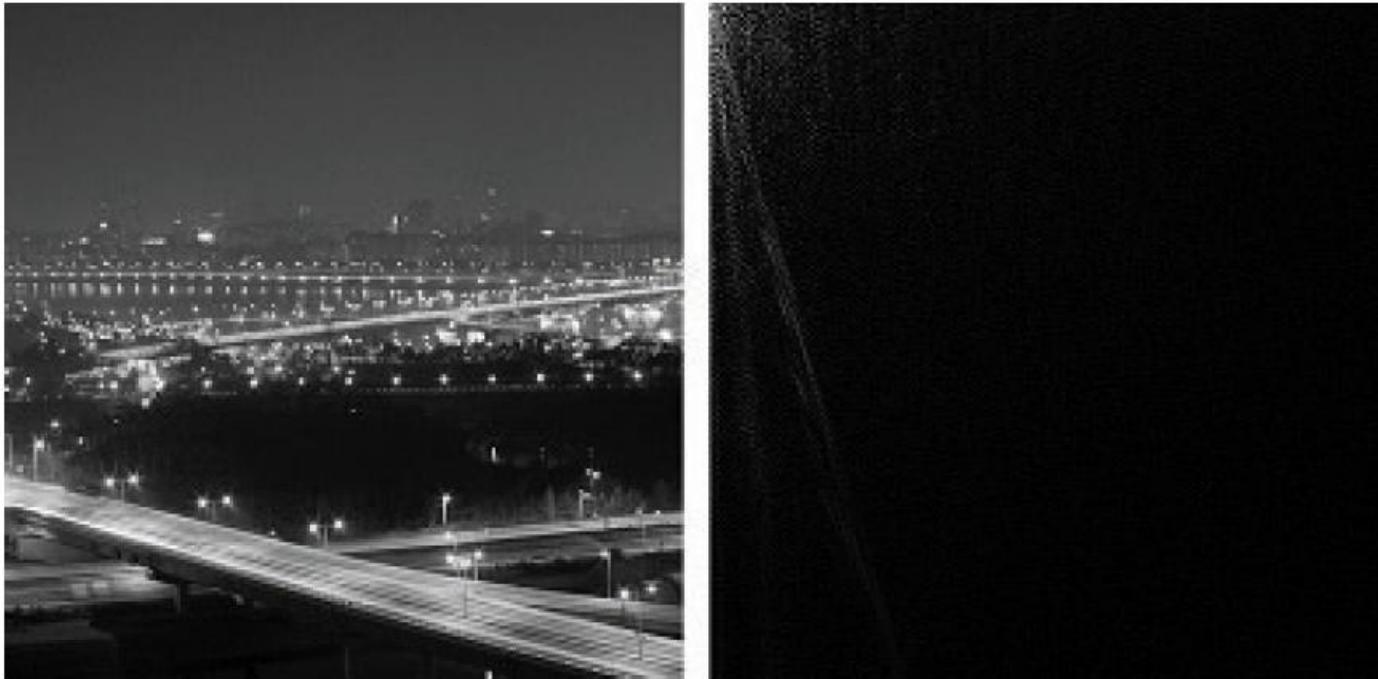
# image restoration

process of taking an image with some known, or estimated degradation, and restoring it to its original appearance



## 디지털 영상 변환 (Digital Image Transformation)

- ➊ 디지털 영상을 다른 형태의 데이터로 변환하는 작업
- ➋ 디지털 영상 처리에 사용하는 변환 종류
  - 푸리에 변환(Fourier Transformation),
  - 이산 코사인 변환(Discrete Cosine Transformation)
  - 웨이브렛 변환(Wavelet Transformation) 등



[그림 1-7] 디지털 영상의 이산 코사인 변환 예

## 디지털 영상 인식(Digital Image Understanding)

- ▣ 객체나 형상에서 주요 속성을 추출하여 식별할 수 있는 클래스나 카테고리로 분류하는 기술
- ▣ 디지털 영상 입력, 전처리, 영상 분할, 특징 추출, 인식의 처리 단계의 과정을 거침



[그림 1-9] 디지털 영상을 인식하는 지문인식의 예

# 디지털 영상 압축 (Digital Image Compression)

▣ 효율적으로 저장/전송하기 위해 불필요하거나 중복된 부분을 제거하는 작업

▣ 무손실 기법과 손실 기법으로 분류

- 무손실 기법: 압축한 뒤 다시 복원해도 복원 영상이 압축 이전의 원본 영상과 차이가 없음
- 손실 기법: 원본 영상에 비해 품질이 떨어짐



(a) 압축률 1:12



(b) 압축률 1:6



(c) 압축률 1:2

[그림 1-10] JPEG 압축의 예



200 Kbytes (22%)

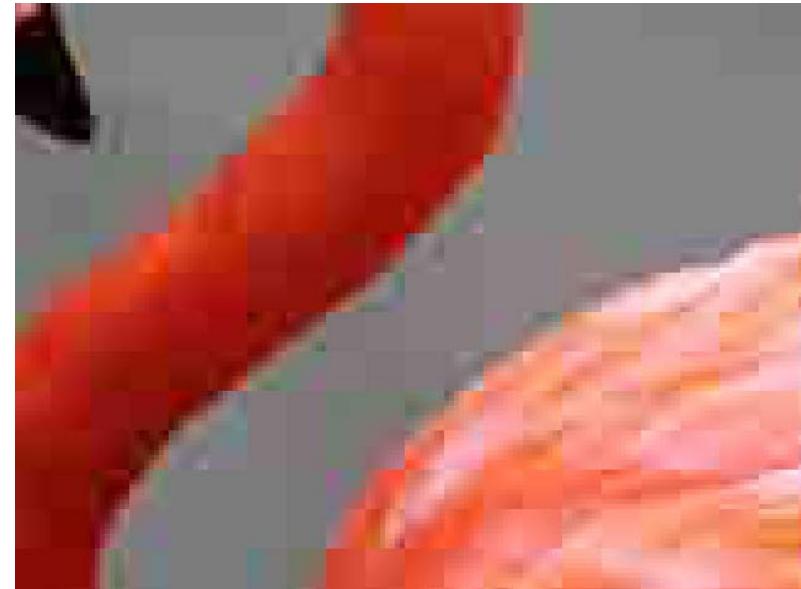


45 Kbytes (5%)

## image compression

To reduce the typically massive amount of data needed to represent an image

$$640 \times 480 \times 3 = 900 \text{ Kbytes}$$



30 Kbytes (3%)



## 화소 점 처리 (point processing)

- 화소 점의 원래 값이나 화소 점의 위치를 기반으로 화소 값 변경

## 영역 처리 (area processing)

- 화소의 원래 값과 이웃하는 화소의 값을 기반으로 화소값 변경

## 기하학 처리(geometric processing)

- 화소들의 위치나 배열을 변화시킴

## 프레임 처리(frame processing)

- 두개 이상의 서로 다른 디지털 영상들이 연산 등의 조합을 통해서 새로운 화소값 생성

## 화소 점 처리 (point processing)

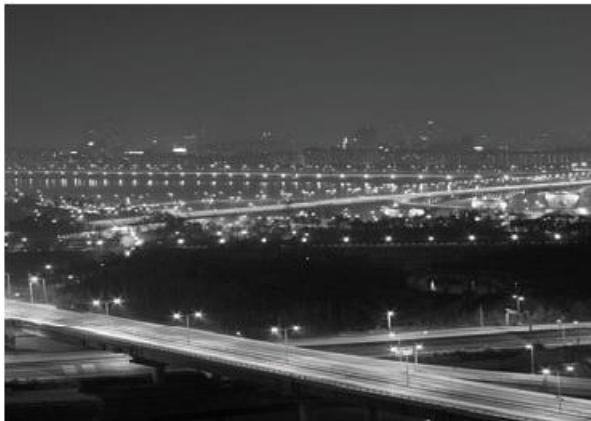
- ☞ 화소 점의 원래 값이나 위치를 기준으로 화소 값을 변경하는 알고리즘
- ☞ 산술연산과 논리연산 등



[그림 1-11] 산술연산의 예(상수 덧셈)

## 영역 처리 (area processing)

- 화소의 원래 값과 이웃하는 화소 값을 기준으로 값 변경
- 여러 화소가 서로 관계하여 화소 값을 하나를 새로 생성
- 블러링(bluring), 샤프닝(sharpening) 등
  - 블러링: 세세한 부분까지 제거해 디지털 영상을 흐리게 만듦
  - 샤프닝: 상세한 부분을 더욱 강조해 대비 효과를 냄



(a) 원본 영상



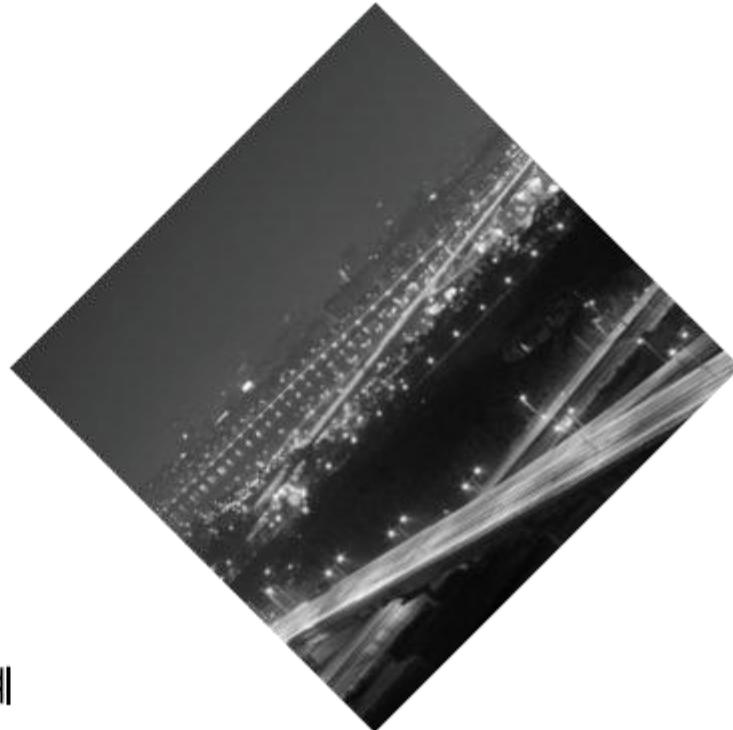
(b) 블러링 영상



(c) 샤프닝 영상

[그림 1-12] 블러링과 샤프닝의 예

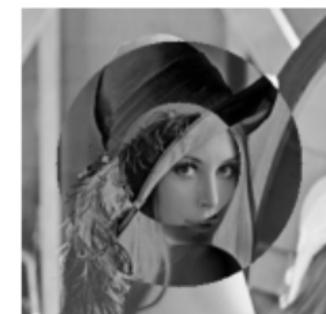
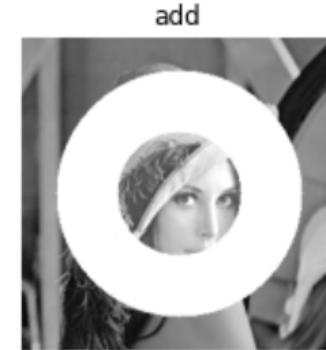
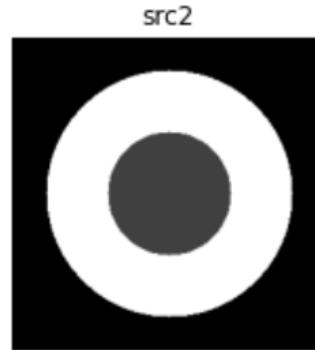
- ▶ 디지털 영상 화소의 위치나 화소의 모임인 배열을 변화시키는 방법
- ▶ 스케일(Scale), 회전(Rotation), 이동(Translation) 등
  - 스케일(Scale) : 디지털 영상의 크기를 줄이거나 확대
  - 회전(Rotation)하거나 다른 곳으로 이동(Translation)



[그림 1-13] 디지털 영상 회전의 예

# 프레임 처리 (Frame Processing)

- ▣ 두 개 이상의 서로 다른 디지털 영상으로 각종 연산 등을 조합하여 새로운 화소 값을 생성하는 것
- ▣ 산술연산, 논리연산 등
  - 산술연산: 덧셈, 뺄셈 등
  - 논리연산: AND, OR 등



## Section 04 디지털 영상처리 응용분야

- ▶ 방송과 영화 분야
- ▶ 의료 산업 분야
- ▶ 산업 현장에서 공장 자동화 분야
- ▶ 보안응용 분야
- ▶ 출판 및 문서 제작 분야

### ▣ 디지털 영상의 합성 기술

- 두 개 이상의 다른 디지털 영상을 모아서 새로운 디지털 영상을 만들어 내는 것



[그림 1-16] 영화 속에서 영상 합성의 예

## 谤 디지털 영상의 모핑

- 변형(Metamorphosis)이라는 말에서 유래된 기술
- 하나의 디지털 영상을 다른 디지털 영상으로 변환하는 효과



[그림 1-17] 영화 속에서 사용한 모핑의 예

## 디지털 영상의 워핑

- 특정한 규칙에 따라 입력 영상의 크기, 길이, 두께 등의 형태를 변형하는 기술



[그림 1-18] 디지털 영상에 워핑 기술을 적용한 예

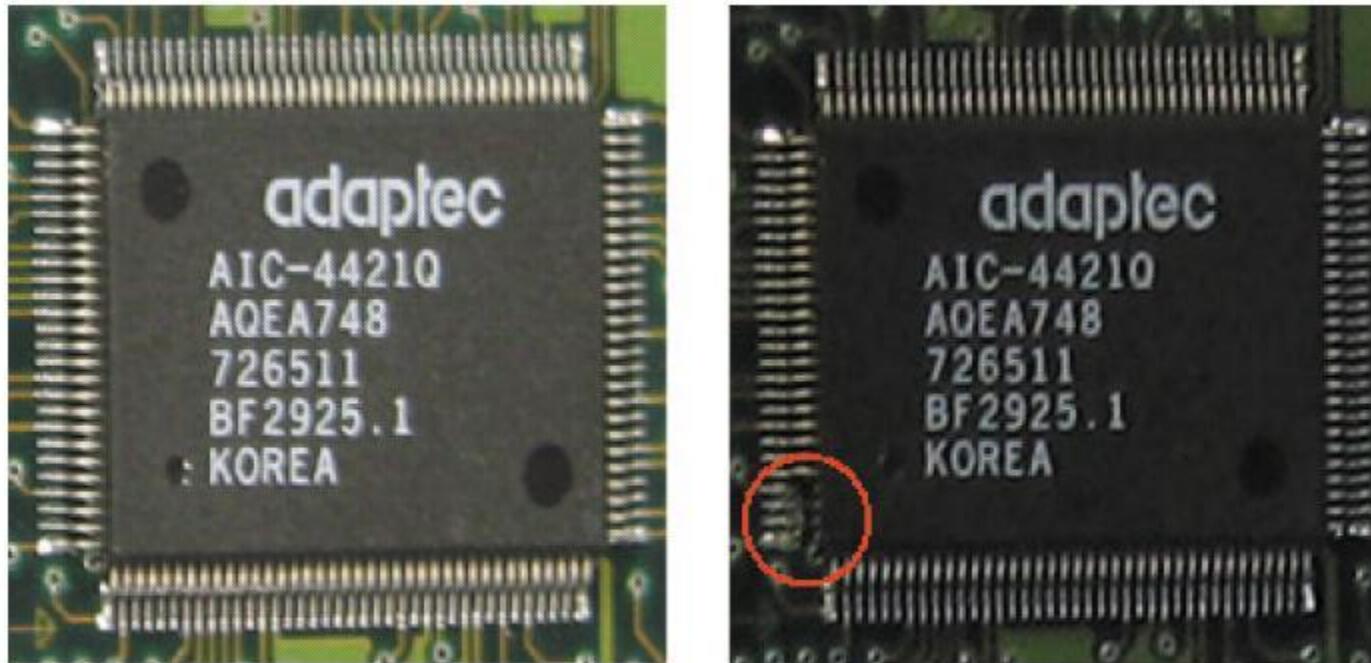
- 환자를 정밀하게 진찰할 때 인체 관련 영상을 많이 사용
- X-레이, 초음파 영상, MRI(자기공명영상법, Magnetic Resonance Imaging) 영상, CT(컴퓨터단층촬영, Computer Tomography) 영상 등



[그림 1-19] 초음파 영상의 예

## ▣ 머신 비전(Machine Vision)

- 산업용 카메라가 생산된 제품의 품질을 검사하고 모니터링



[그림 1-20] 올바른 제품의 영상과 오류가 발생한 영상 비교

## ▣ 생체인식 기술

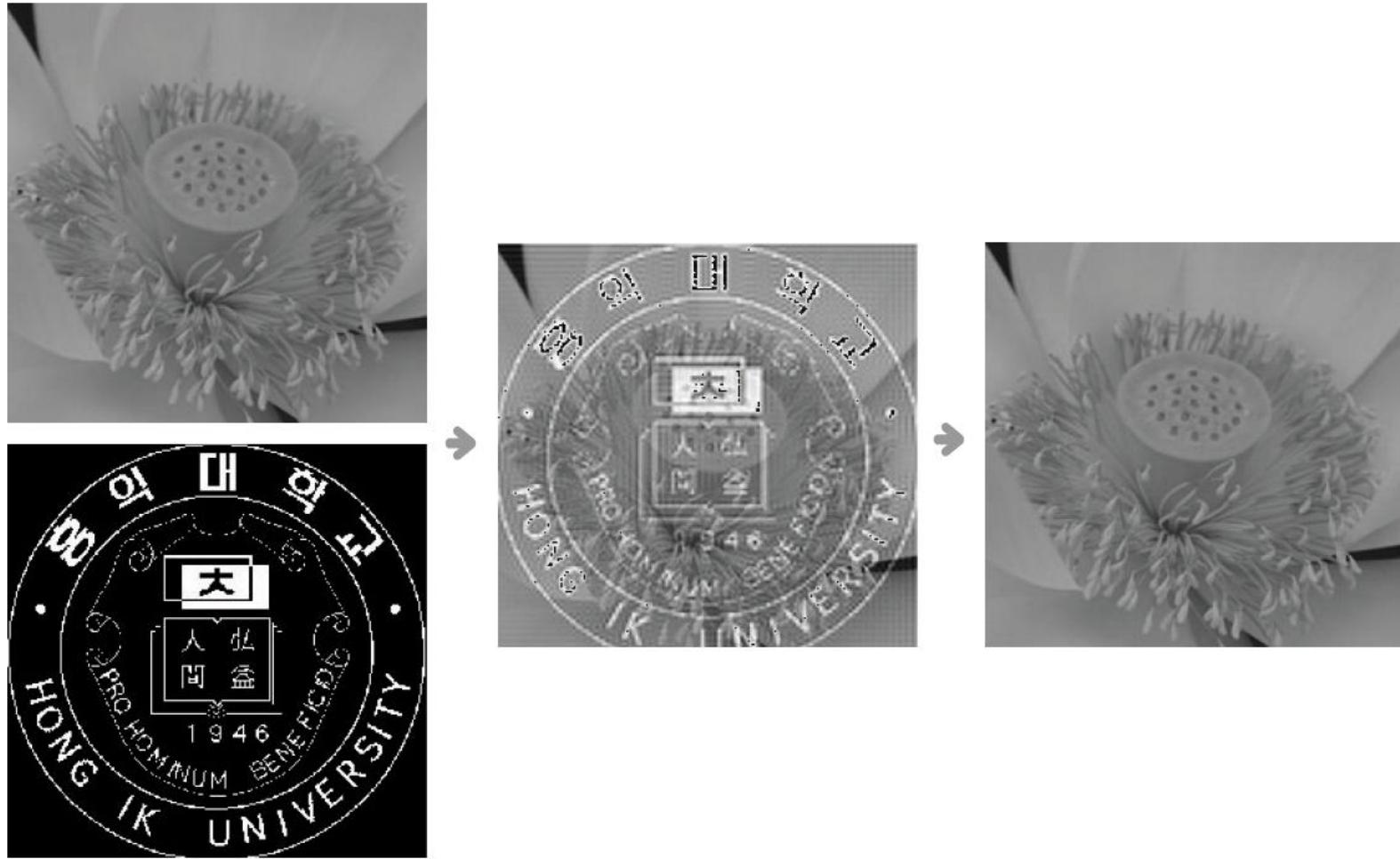
- 인간의 지문, 혈관, 홍채, 얼굴 등을 검사하여 보안 인증 수행



[그림 1-21] 지문 영상

## ▣ 디지털 워터마킹 기술

- 디지털 영상에 보이지 않는 표시를 해두었다가 인증에 사용

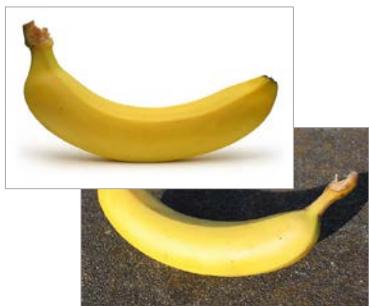


[그림 1-22] 디지털 워터마킹의 원리

- ☞ 문서를 디지털 영상처럼 만들어 디지털 영상처리를 적용하면 효율적사용이 가능
- ☞ 문서 영상처리(DIP, Document Image Processing)
  - 기존에 작성한 많은 문서를 디지털로 변환하여 저장한 뒤 내용을 검색하고 인식
- ☞ PDF(Portable Document Format)
  - 문서를 디지털 영상으로 표현한 것으로, 인쇄 상태 그대로 컴퓨터에 출력하므로 전자책과 CD 출판 등 디지털 출판에 적합
- ☞ 문서에 암호를 생성할 수 있어 공문서나 중요한 문서를 온라인으로 전달해도 안전함.

# pattern recognition

Input object(pattern)를 주어진 algorithm에 의해 category나 class로 classification하는 과정



Pattern Recognition

**PATTERN RECOGNITION**

Pattern Recognition

무슨 과일인가?

무슨 글자인가?

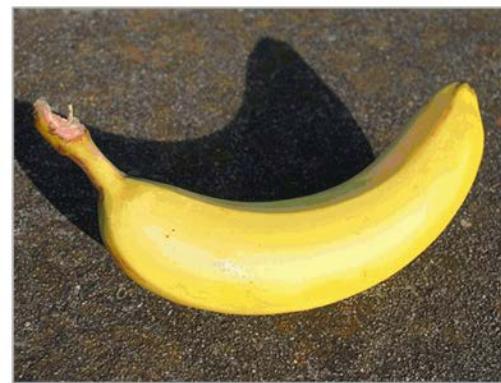
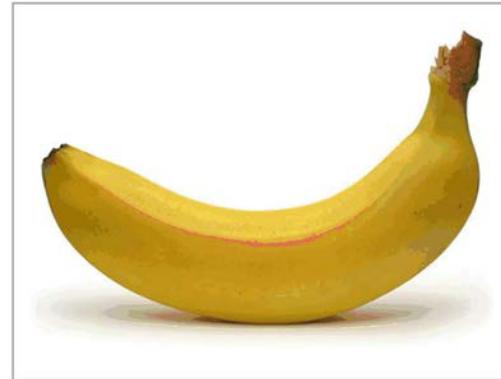
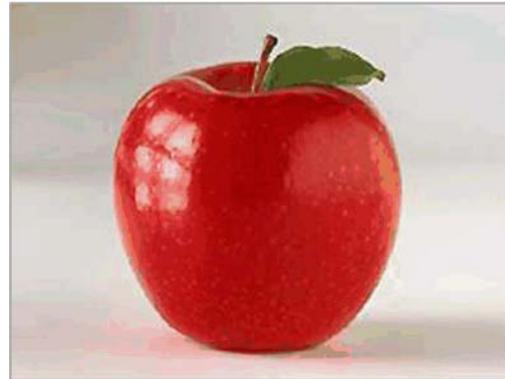
정상인가?

( 키, 몸무게, SGOT, SGPT, 혈당,  
높은 혈압, 낮은 혈압)

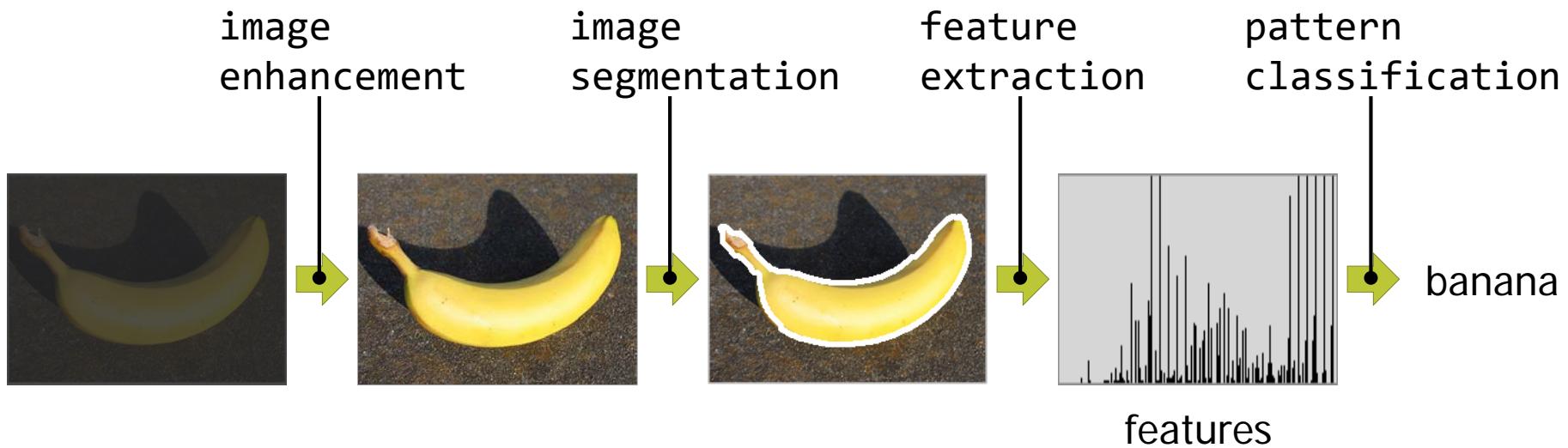
=

( 169, 71, 18, 26, 94, 130, 80)

# example

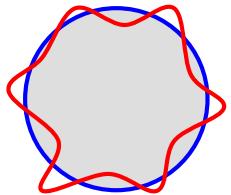
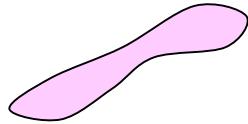


# pattern recognition 절차

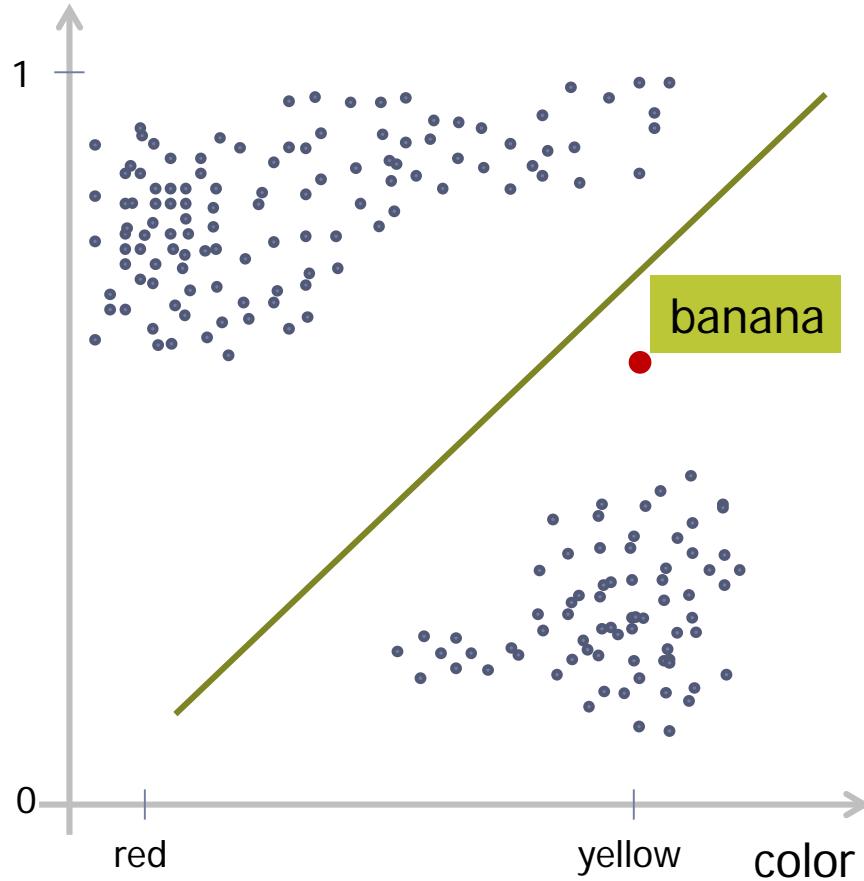


$$T = 4\pi \left( \frac{A}{P^2} \right)$$

$$4\pi \left( \frac{\pi r^2}{(2\pi r)^2} \right) = 1$$



thinness  
ratio



# 요약

---

- Computer Imaging

- Acquisition and processing of visual information by computer
  - Computer vision, Image processing → image analysis

- Pattern Recognition

- Input object(pattern)를 주어진 algorithm에 따라 category나 class로 classification하는 과정
  - Image enhancement → image segmentation → feature extraction → pattern classification

- Image Processing

- 인간이 사용하기 편하도록 컴퓨터를 사용하여 기존 영상을 개선하거나 수정하는 학문 분야
  - image restoration, image enhancement, image compression

### 신호(signal)의 분류

#### ■ 아날로그(analog) 신호

- 시간에 대하여 연속적인 신호
- 자연계의 신호

#### ■ 디지털 신호

- 불연속 신호
- 아날로그 신호로부터 디지털화 과정으로 얻어짐
- 디지털 과정을 거침
  - 표본화(Sampling), 양자화(Quantization), 부호화(Coding Step)의 3단계

디지털 변환 과정



[그림 2-15] 디지털화

## 표본화

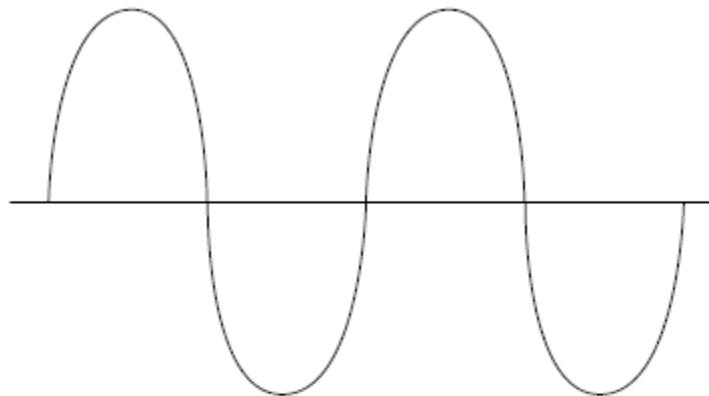
- 연속된 신호 파형에서 일정한 시간 간격으로 값을 취해 불연속적인 신호로 변환하는 것

## 표본

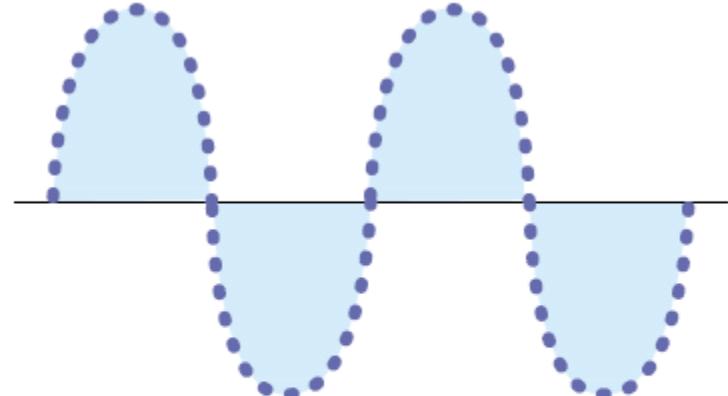
- 표본화된 파형의 높이 값

## 표본화 주기

- 일정한 시간 간격



(a) 아날로그 신호

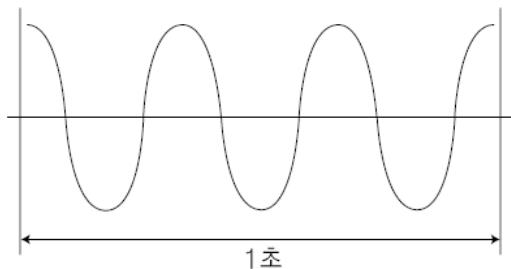


(b) 표본화된 신호

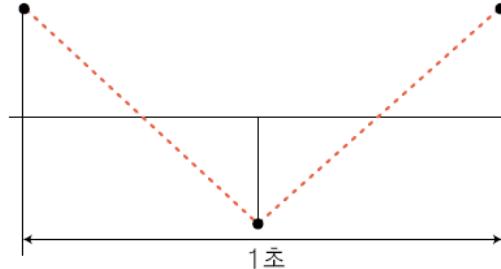
[그림 2-16] 아날로그 신호의 표본화

## 표본화 정리(Sampling Theory)

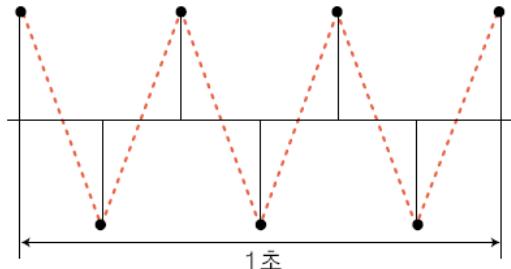
- 원래의 아날로그 신호로 복원해 주는 최대 표본화 주기를 알려줌.
- 아날로그 신호에 있는 최대 주파수의 두 배 이상으로 표본화하면 원 아날로그 신호로 복원할 수 있어 정보 손실 없이 재생이 가능함.



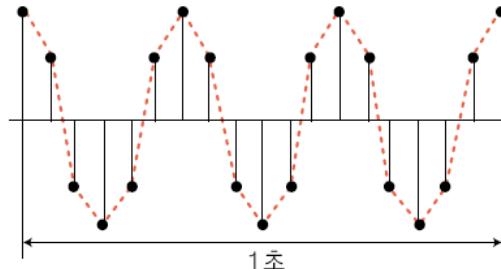
(a) 3Hz 원 신호



(b) 2Hz 표본화 주파수로 표본화한 신호의 재생 신호



(c) 6Hz 표본화 주파수로 표본화한 신호의 재생 신호



(d) 18Hz 표본화 주파수로 표본화한 신호의 재생 신호

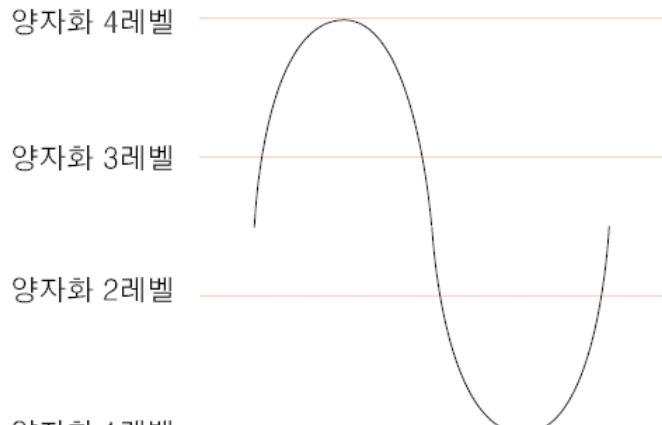
— 원 신호  
- - - 재생 신호  
● 표본화

[그림 2-17] 표본화율의 차이

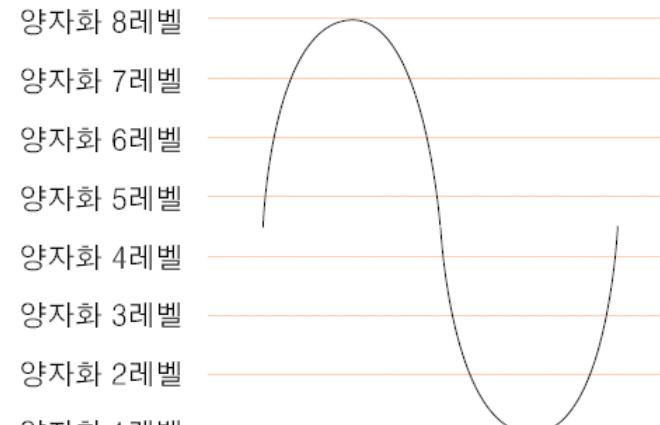
## 양자화 단계

- ➊ 표본화 과정에서 얻은 표본 값을 그대로 이진 데이터로 표현하는 것은 비효율적
- ➋ 양자화
  - 표본 값을 디지털 장치나 컴퓨터에서 표현할 수 있는 근사 값으로 변환하는 과정
- ➌ 양자화 비트 수
  - 표본 값을 정밀하게 표현는데 사용하는 비트 수

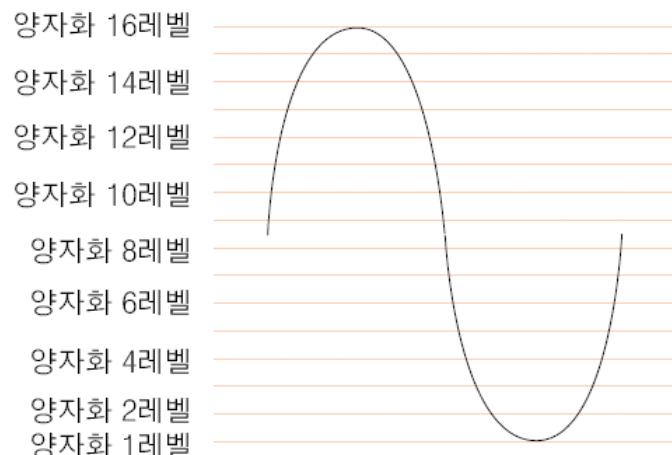
## 양자화 단계(계속)



(a) 2비트 양자화(4단계)



(b) 3비트 양자화(8단계)



(c) 4비트 양자화(16단계)

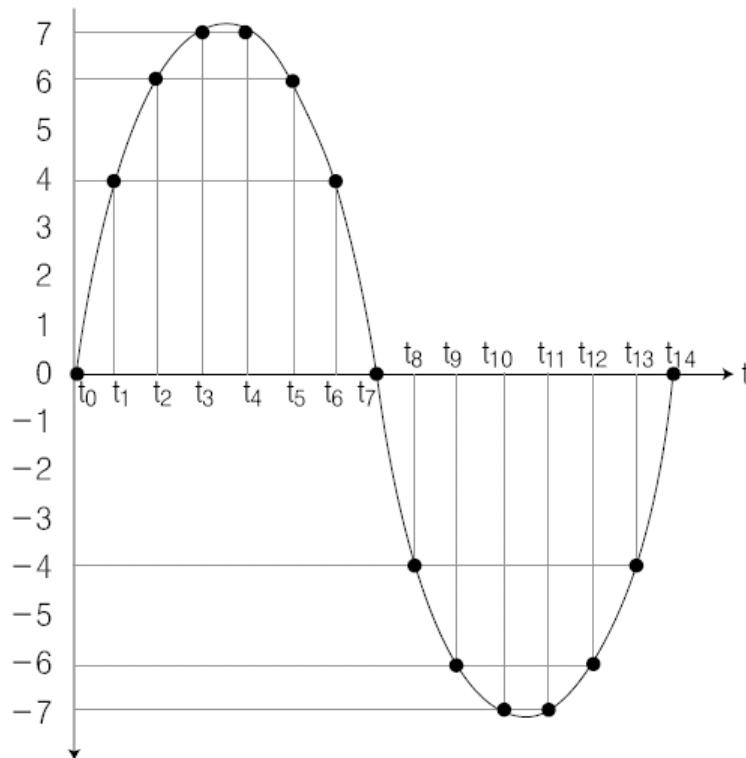


(d) 5비트 양자화(32단계)

[그림 2-18] 양자화 비트 수에 따른 표본 값의 단계별 표현

- ➊ 디지털화의 최종 단계
- ➋ 부호화
  - 양자화된 표본 값을 디지털 정보로 표현
  - 즉, 이진수로 값을 표현하는 것
- ➌ 디지털 영상은 데이터의 양이 매우 크므로, 십진수를 바로 이진수로 변환하는 방법은 비효율적임.
- ➍ 보통 압축 부호화를 수행하여 십진수를 이진수로 변환함.

## 부호화 단계(계속)

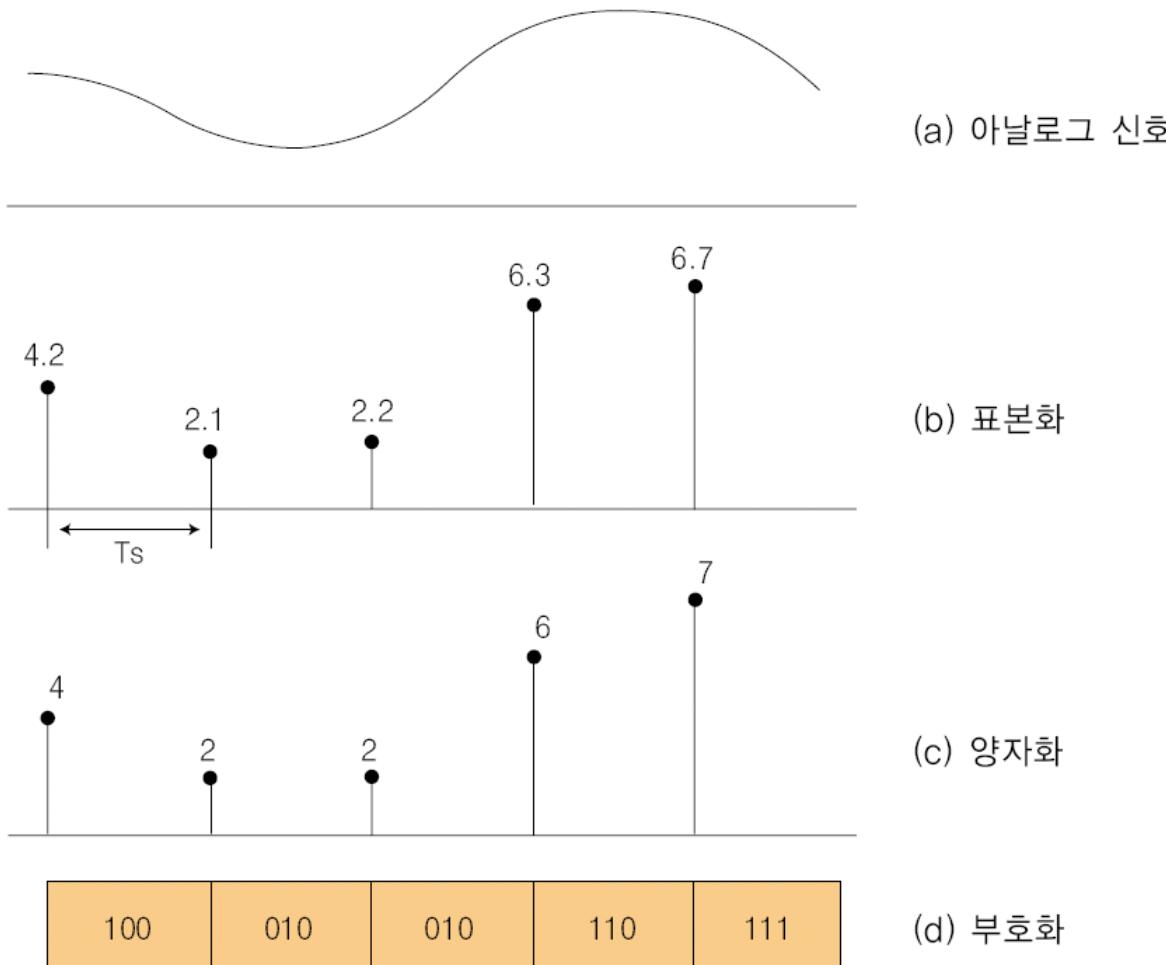


$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$	$t_{11}$	$t_{12}$	$t_{13}$	$t_{14}$
0	4	6	7	7	6	4	0	-4	-6	-7	-7	-6	-4	0
0000	0100	0110	0111	0111	0110	0100	0000	1100	1110	1111	1111	1110	1100	0000

[그림 2-19] 부호화 과정에서 양자화된 표본 값의 이진수 변환

- 양자화된 표본 값을 이진수 4비트로 직접 변환하는 과정을 보여줌
- 아직 압축하지 않아 비트 수가 많음.

## 부호화 단계(계속)

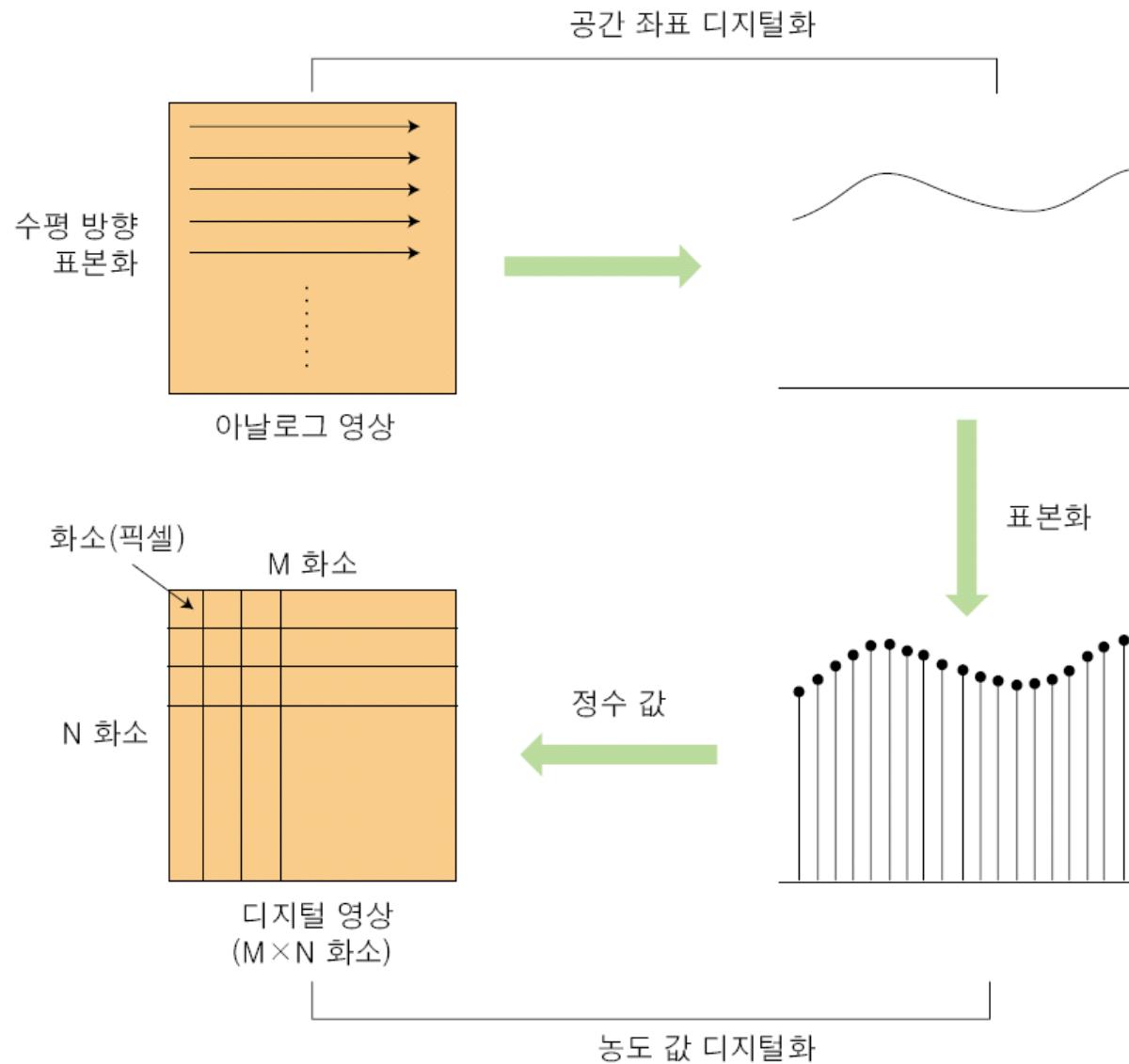


[그림 2-20] 디지털화의 3단계

- ▣ 아날로그 신호를 디지털 신호로 디지털화하는 과정
- ▣  $T_s$ : 표본화 주기

- ▶ 가로와 세로 방향으로 차원이 두 개 있어 2차원 신호라고 함.
- ▶ 1차원 신호를 2차원으로 확장한 신호가 영상 신호
- ▶ 아날로그 영상과 디지털 영상으로 분류됨
  - 아날로그 영상
    - 연속 색조 영상(Continuous-Tone Image)이라고 함.
    - 다양한 명암과 색이 혼합되어 원래의 영상을 정확히 재현함.
  - 디지털 영상
    - 아날로그 영상을 디지털화하는 과정에서 얻을 수 있음.
    - 디지털화하는 과정도 표본화, 양자화, 부호화로 구성됨
    - 밝기의 불연속점으로 구성됨

# 영상 신호(계속)



[그림 2-22] 디지털 영상의 생성

## 2차원 영상 신호의 표본화

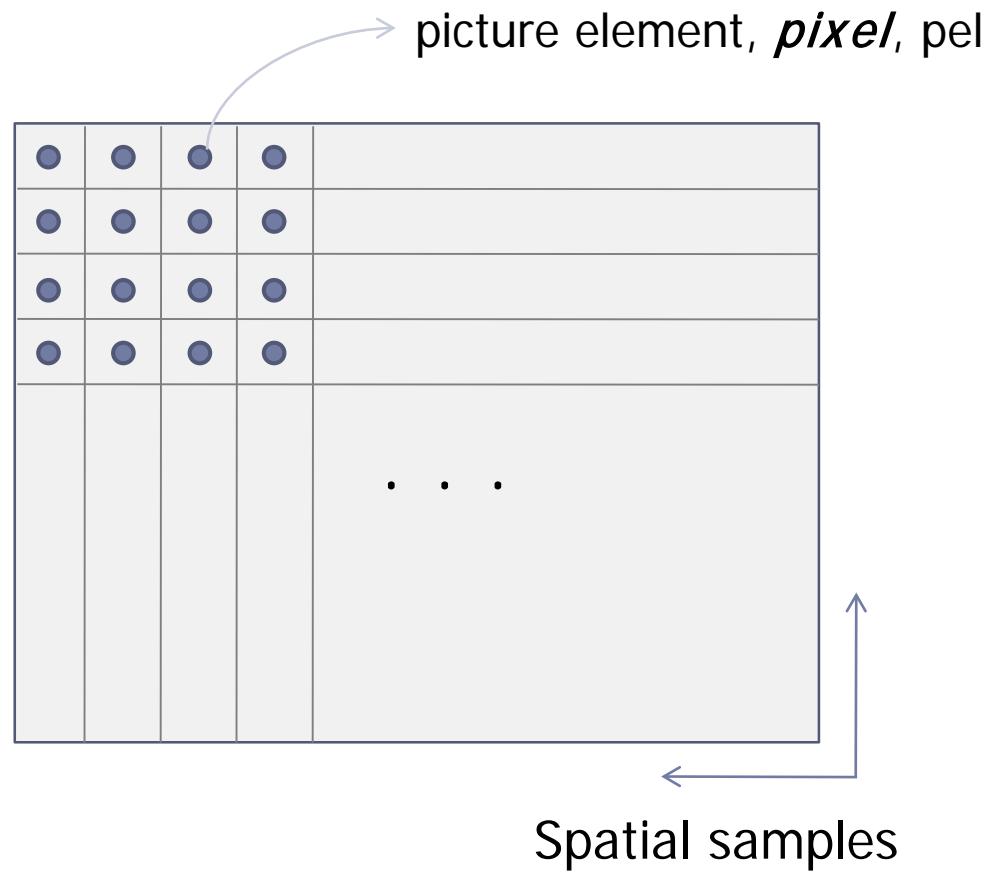
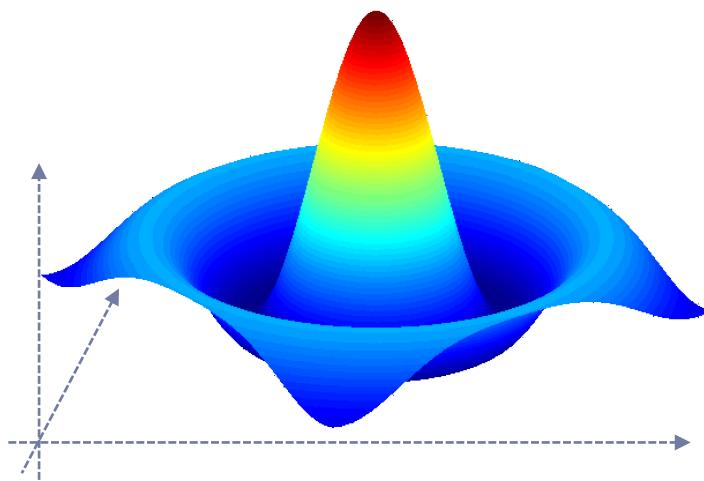
- ▣ 아날로그 영상에서 공간적, 시간적으로 연속되는 밝기 강도 (Intensity)의 주사선을 따라 이산적인 점을 추출하는 것
- ▣ 아날로그 영상의 연속적인 명도를 별개의 이산적인 점으로 분리함
- ▣ 표본화로 생성한 이산적인 점이 디지털 영상을 구성하는 최소 단위(=화소(Picture element), 픽셀(Pixel), 펠(Pel))

# 영상 신호의 디지털화 과정

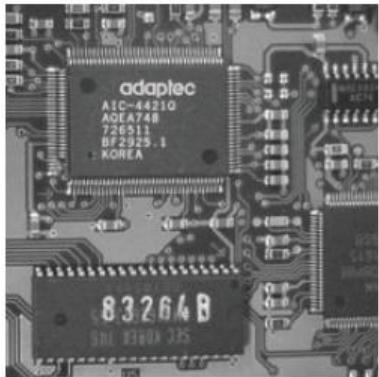


**Sampling  $\Rightarrow$  Quantizing  $\Rightarrow$  Coding**

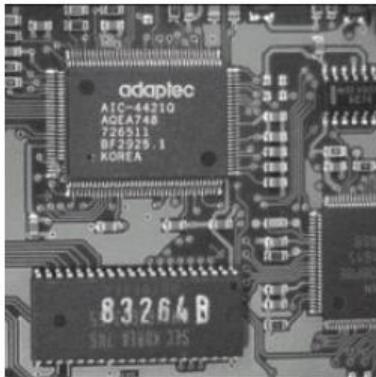
# Sampling



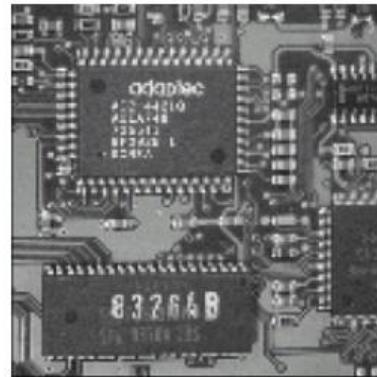
## 2차원 영상 신호의 표본화(계속)



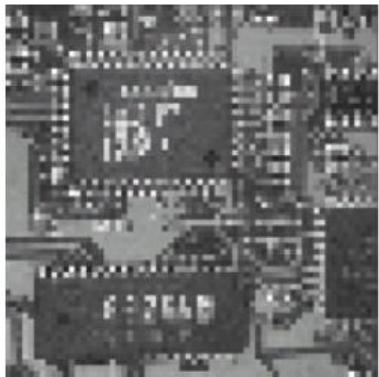
(a) 512×512



(b) 256×256



(c) 128×128



(d) 64×64



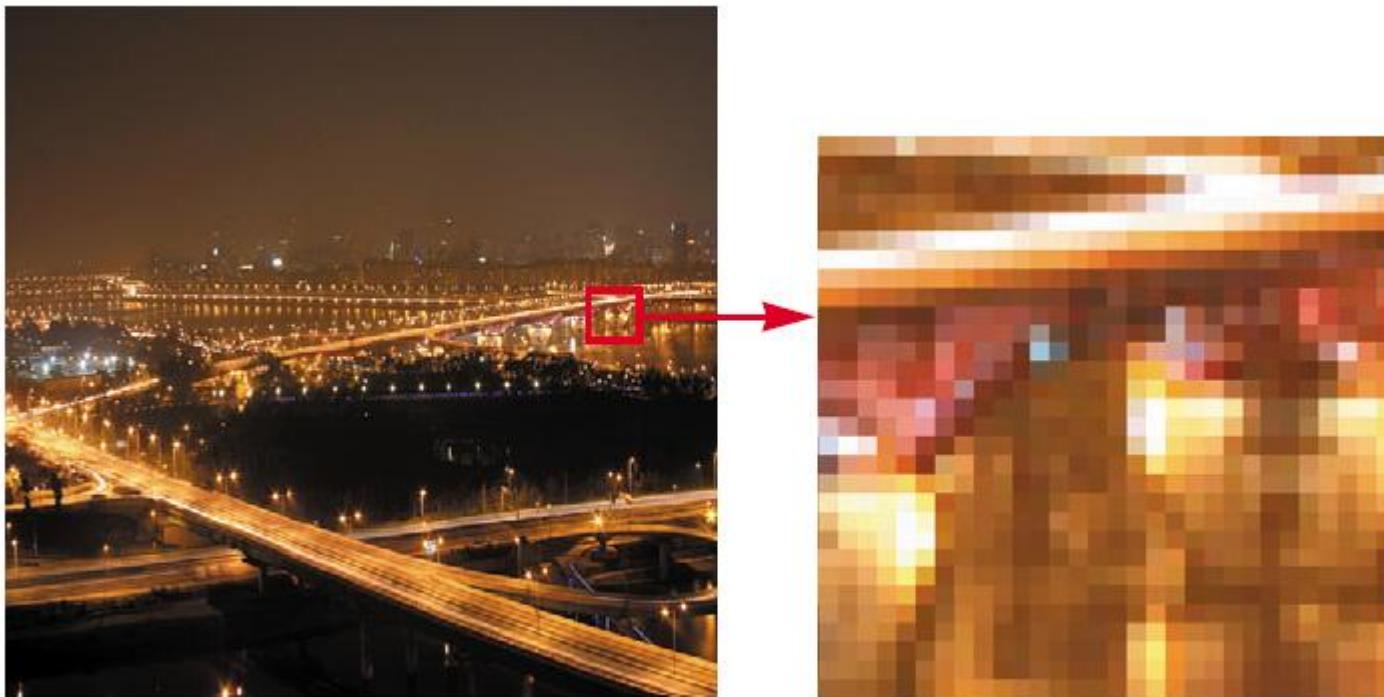
(e) 32×32

[그림 2-24] 표본화 간격에 따른 영상 비교

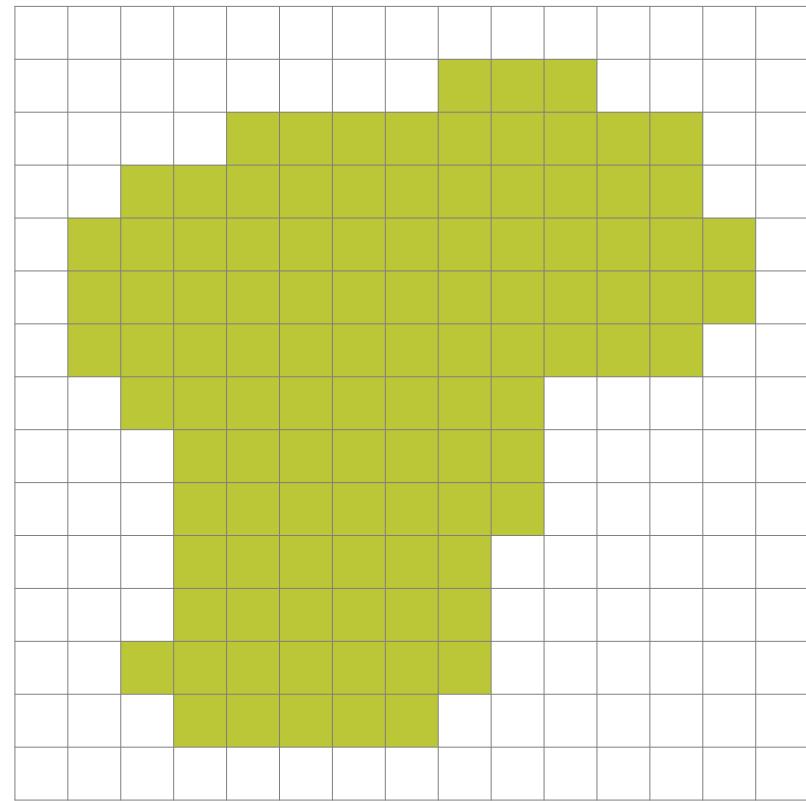
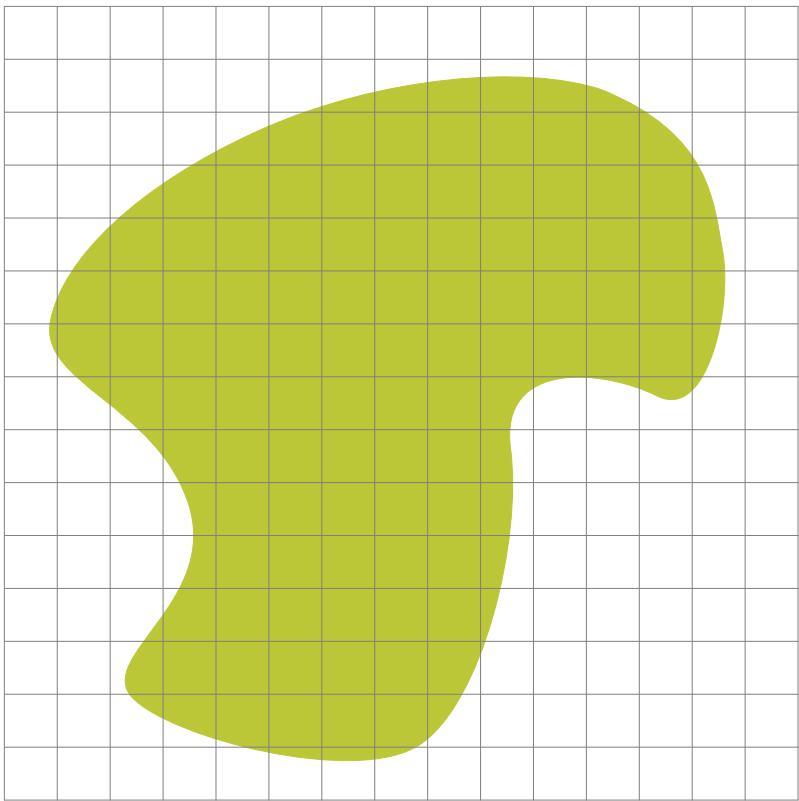
- 표본 주기가 짧은 경우: 원래의 아날로그 영상만큼 화질이 좋으나, 디지털 데이터의 양은 많아짐.
- 표본 주기가 긴 경우: 디지털 영상의 데이터 수는 작지만 원래의 아날로그 영상에 비해 화질은 현저히 떨어짐

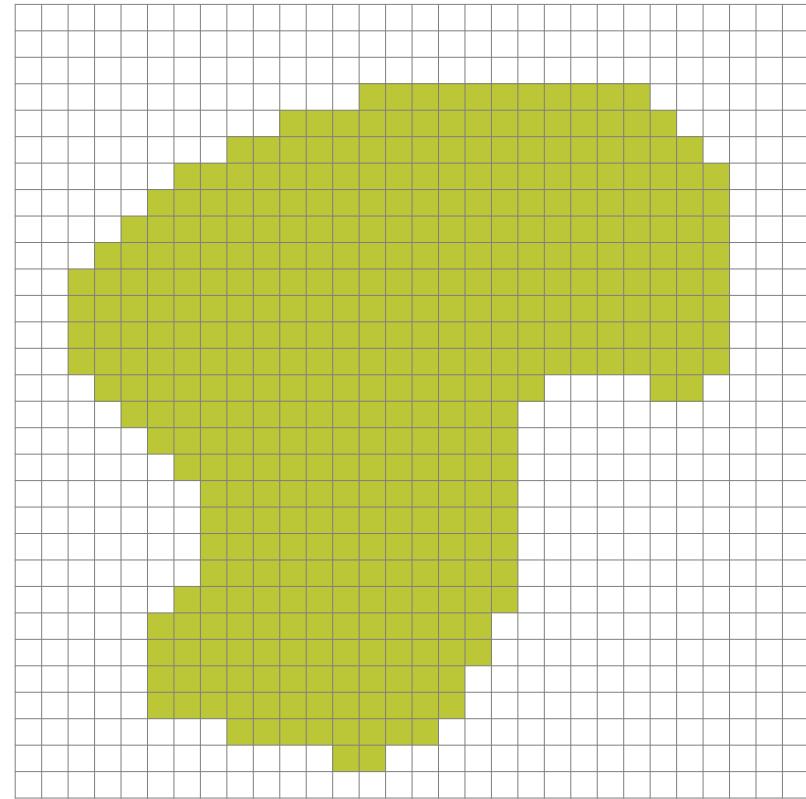
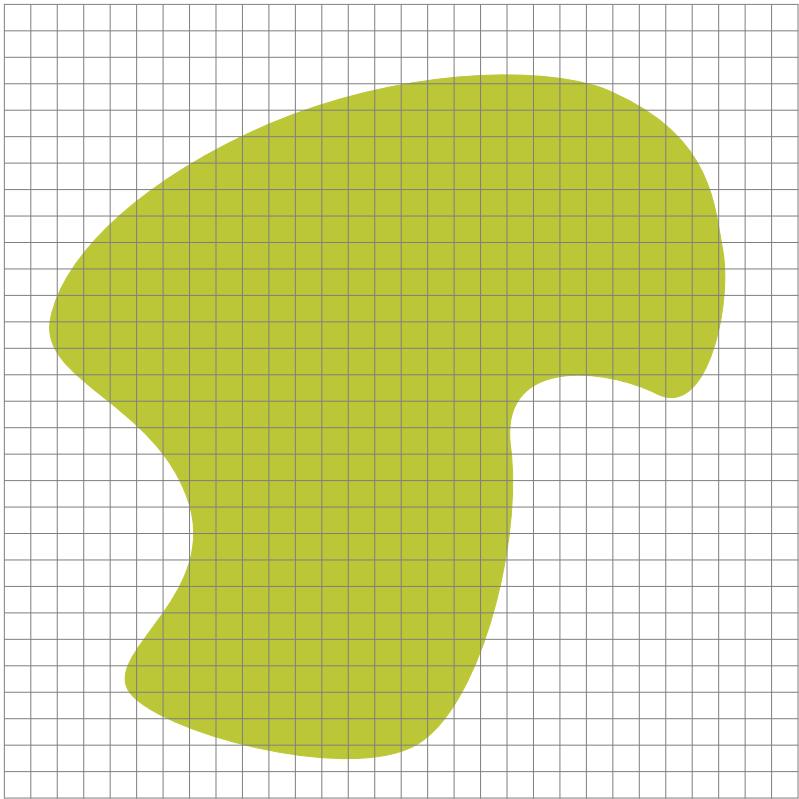
## 2차원 영상 신호에서의 부호화

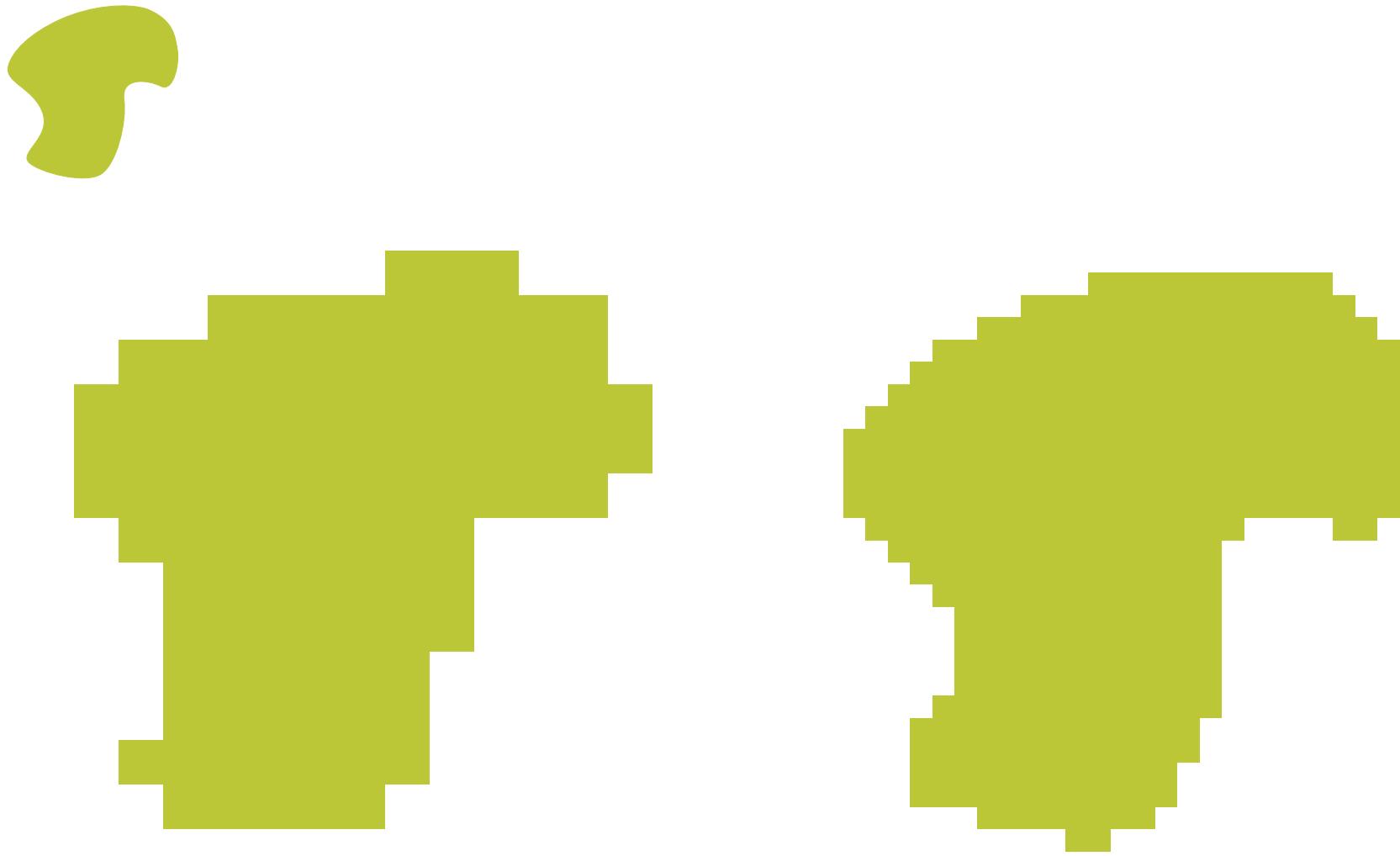
- 1차원 신호에서처럼 양자화된 화소의 밝기나 색 데이터를 이진수로 표현하는 과정
- 디지털 영상의 데이터 양은 굉장히 많으므로, 단순히 이진수로 변환하지 말고 압축 부호화를 수행해야 함.

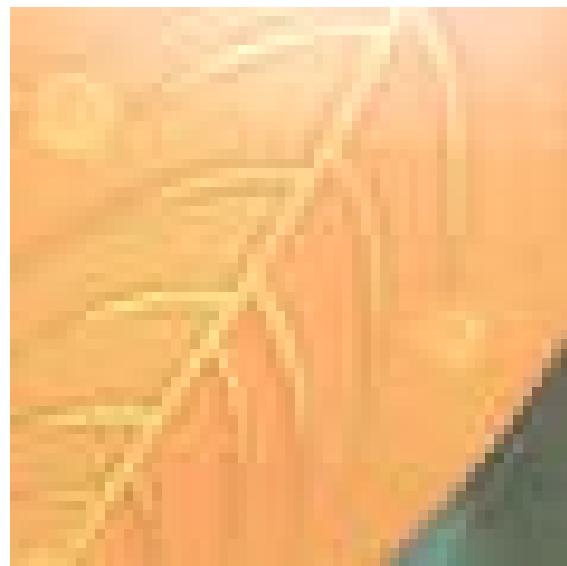


[그림 2-26] 디지털 영상에서 화소의 개념









(a) 100dpi 영상



(b) 300dpi 영상



(c) 600dpi 영상

## ▣ 개념

- 아날로그 영상 요소를 분해하여 디지털로 영상화해 주는 능력
- 디지털 영상의 화질을 결정하는데 사용하는 요소
- 공간 해상도(Spatial Resolution)와 밝기 해상도(Intensity Resolution 또는 Brightness Resolution)로 구분됨

## ▣ 공간 해상도(Spatial Resolution)

- 디지털 영상이 몇 개의 화소로 구성되었는지를 나타냄.

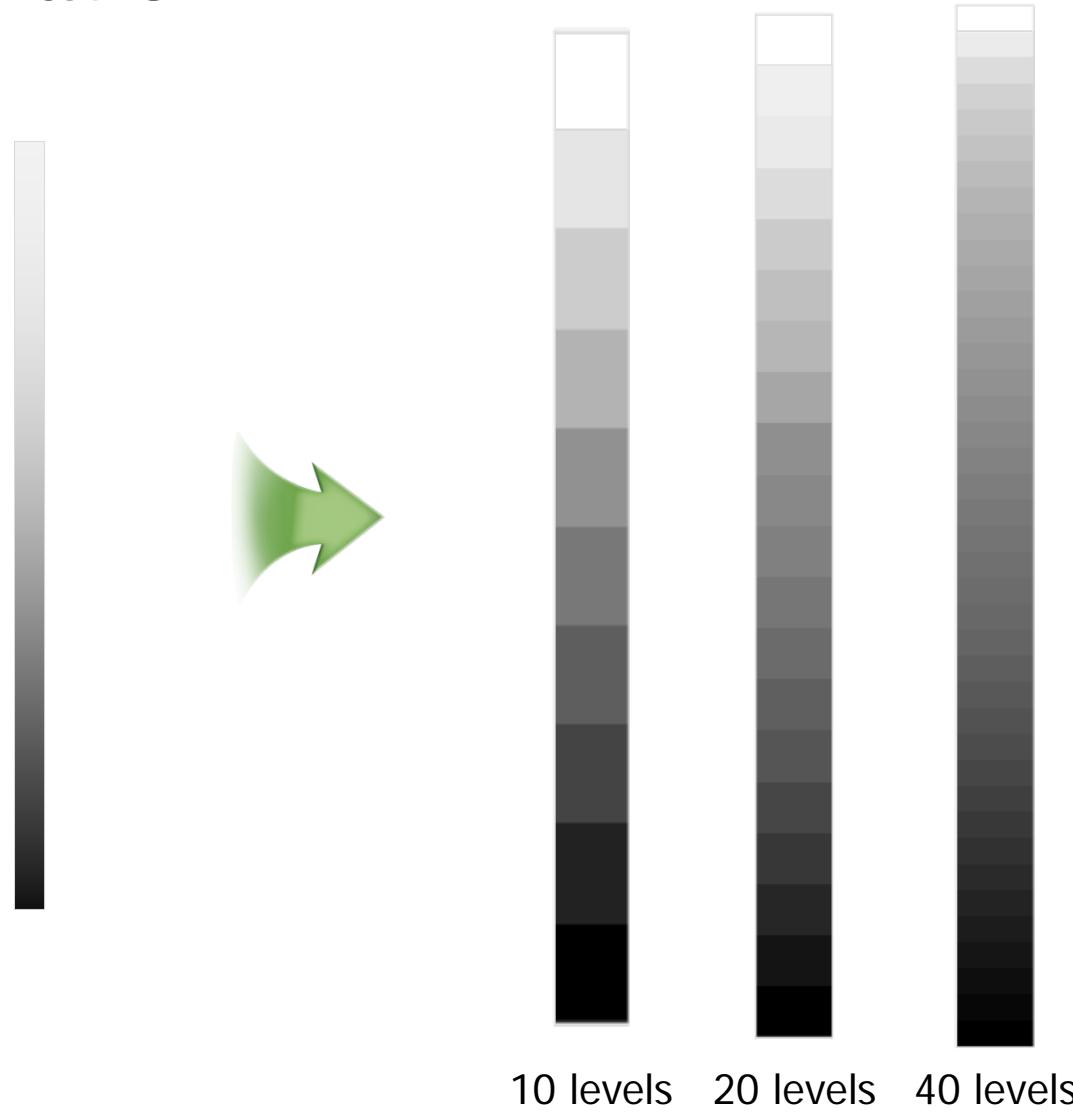
## ▣ 밝기 해상도(Intensity Resolution 또는 Brightness Resolution)

- 디지털 영상 화소의 밝기나 색 값이 얼마나 정확하게 원 영상의 명암(Intensity)을 표현할 수 있느냐를 나타냄.
- 양자화할 때 비트 수를 어느 정도까지 사용하느냐로 결정됨
- 양자화 비트 수는 밝기 해상도를 나타냄.

### ▣ 컬러 해상도

- 컬러 영상에서도 표본화, 양자화, 공간 및 명도 해상도 개념이 똑같이 사용됨.
- 표본화와 양자화로 결정하는 해상도도 이 컬러 요소 세 개의 명도 값에 따라 달라짐.
- 컬러 영상의 공간 해상도와 컬러 영상의 밝기 해상도는 이 컬러 요소 세 개가 적용되어 각각 세 개씩 있음.
- 컬러 요소 세 개의 공간과 밝기 해상도는 서로 다를 수 있음.

# Quantization



## 2차원 영상신호에서 양자화

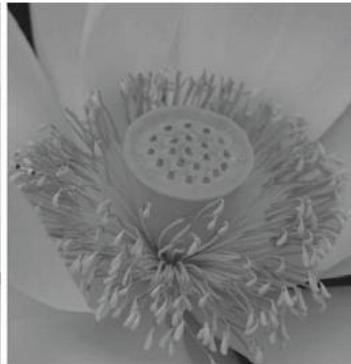
- 표본화된 각 화소의 밝기나 색을 정해진 몇 단계의 값으로 근사화시키는 과정
- 각 화소의 밝기나 색이 숫자로 표현되어 화소에 양자화된 표본 값이 생기게 됨



(a) 256레벨



(b) 128레벨



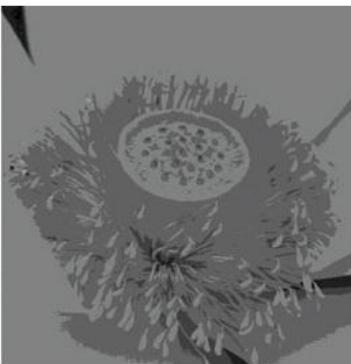
(c) 64레벨



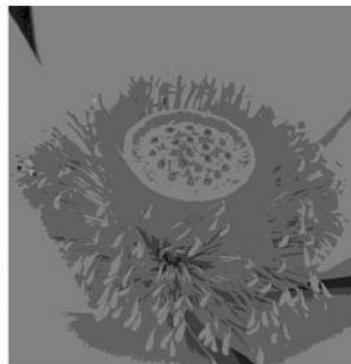
(d) 32레벨



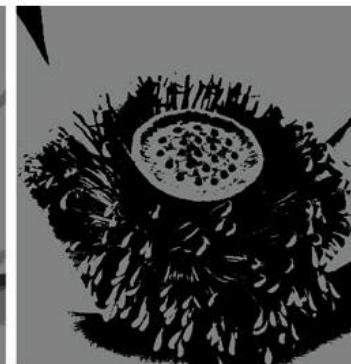
(e) 16레벨



(f) 8레벨

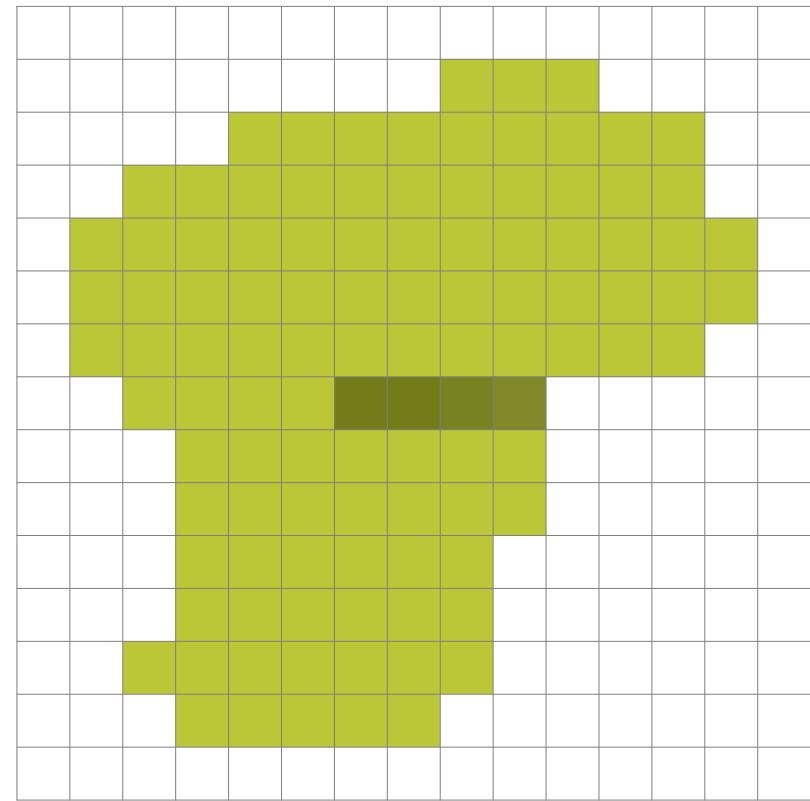
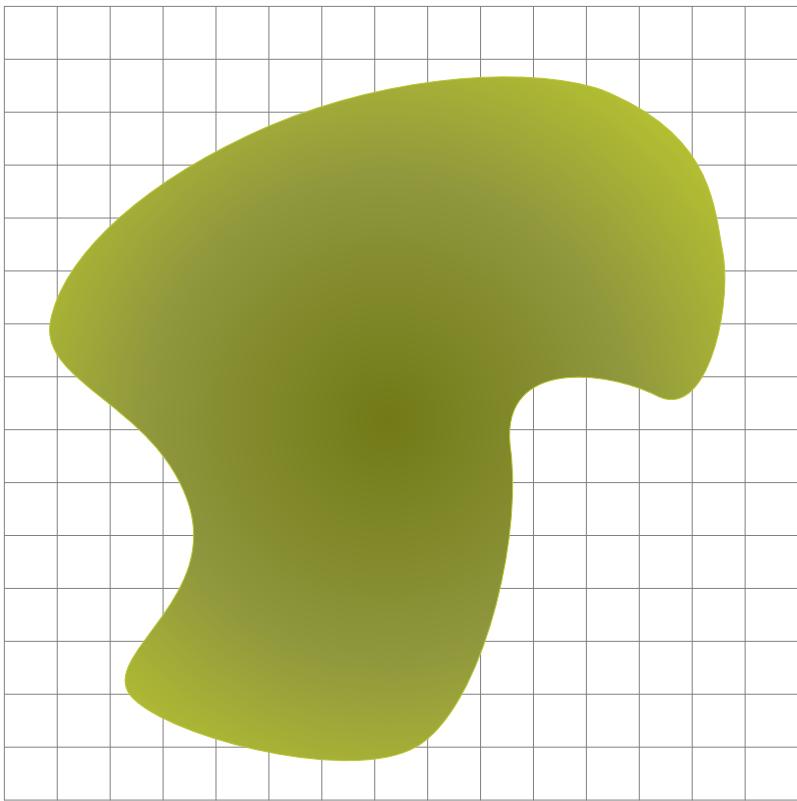


(g) 4레벨



(h) 2레벨

[그림 2-25] 양자화 단계 수에 따른 디지털 영상





(a) 2 levels



(b) 4 levels

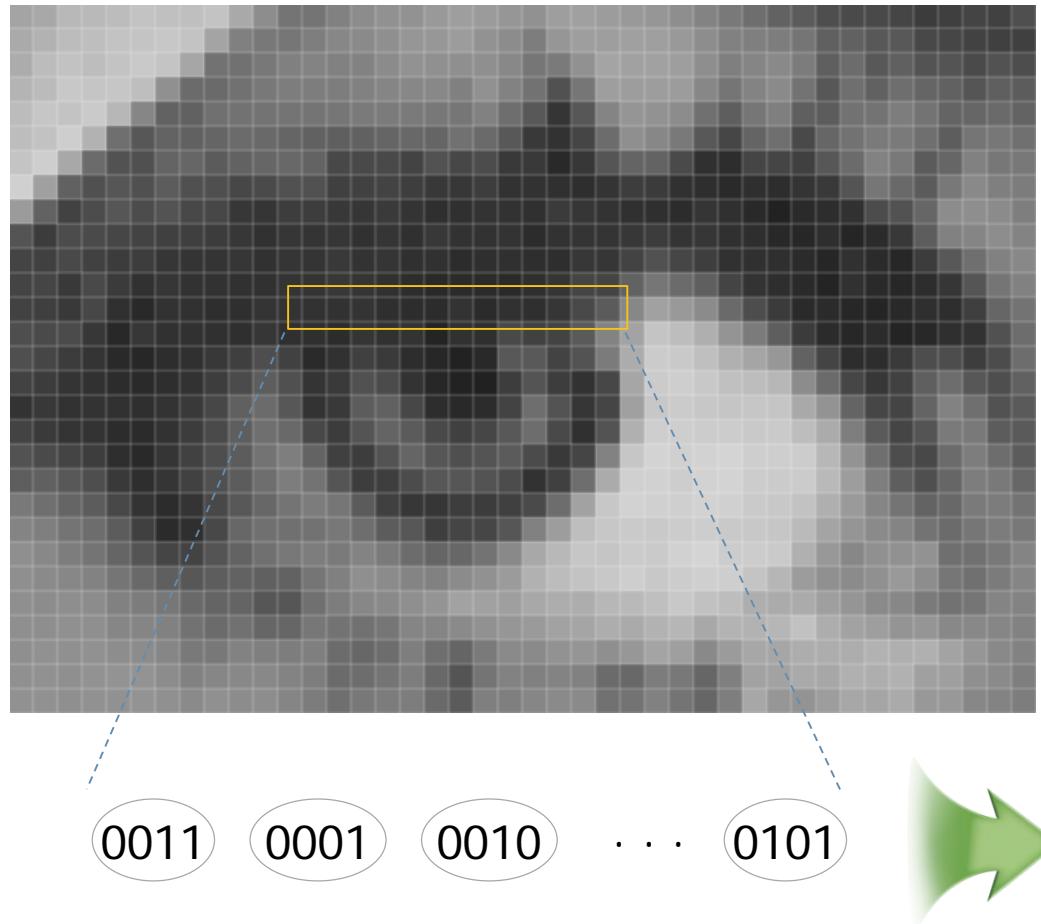


(c) 16 levels



(d) 256 levels

# Coding



# 요약

---

- 영상 신호의 디지털화 과정
  - Sampling ⇒ Quantization ⇒ Coding

# Reference

---

- R. Gonzalez, R. Woods, **Digital Image Processing (2nd Edition)**, Prentice Hall, 2002
- Scott E Umbaugh, **Computer Imaging**, CRC Press, 2005



Thank you