

영상처리의 기초

1. 강의소개
2. 영상 처리란 무엇인가?
3. 영상 처리 연산의 종류
4. 영상 처리 응용 분야
5. 컬러 모델
6. 영상 파일 형식



강의소개

- ※ 담당 교수 : 김 백 섭
- ※ 연구실 : A1201
- ※ 전 화 : 248-2313
- ※ 이메일 : bskim@hallym.ac.kr

- ※ 교재 : Python예제로 배우는 OpenCV 3, 정성환 역, 홍릉 과학, 2018
- ※ 언어 : 파이썬 + OpenCV
- ※ 실습 : Google Colab + Jupyter Notebook

- ※ 기말프로젝트 예정





영상 처리란 무엇인가?

※ 스캐너, 디지털 카메라 등의 장치를 통하여 획득되었거나 또는 컴퓨터로 생성된 영상 (디지털 영상)을 원하는 목적에 맞게 조작하는 것.

※ 영상 처리 예

- ◆ 영상의 화질 개선
- ◆ 기하학적 변환
- ◆ 영상 압축/복원 등
- ◆ 영상의 특징 추출
- ◆ 영상 해석





영상 품질 향상













의료 영상 : 초음파



의료영상 : X-ray

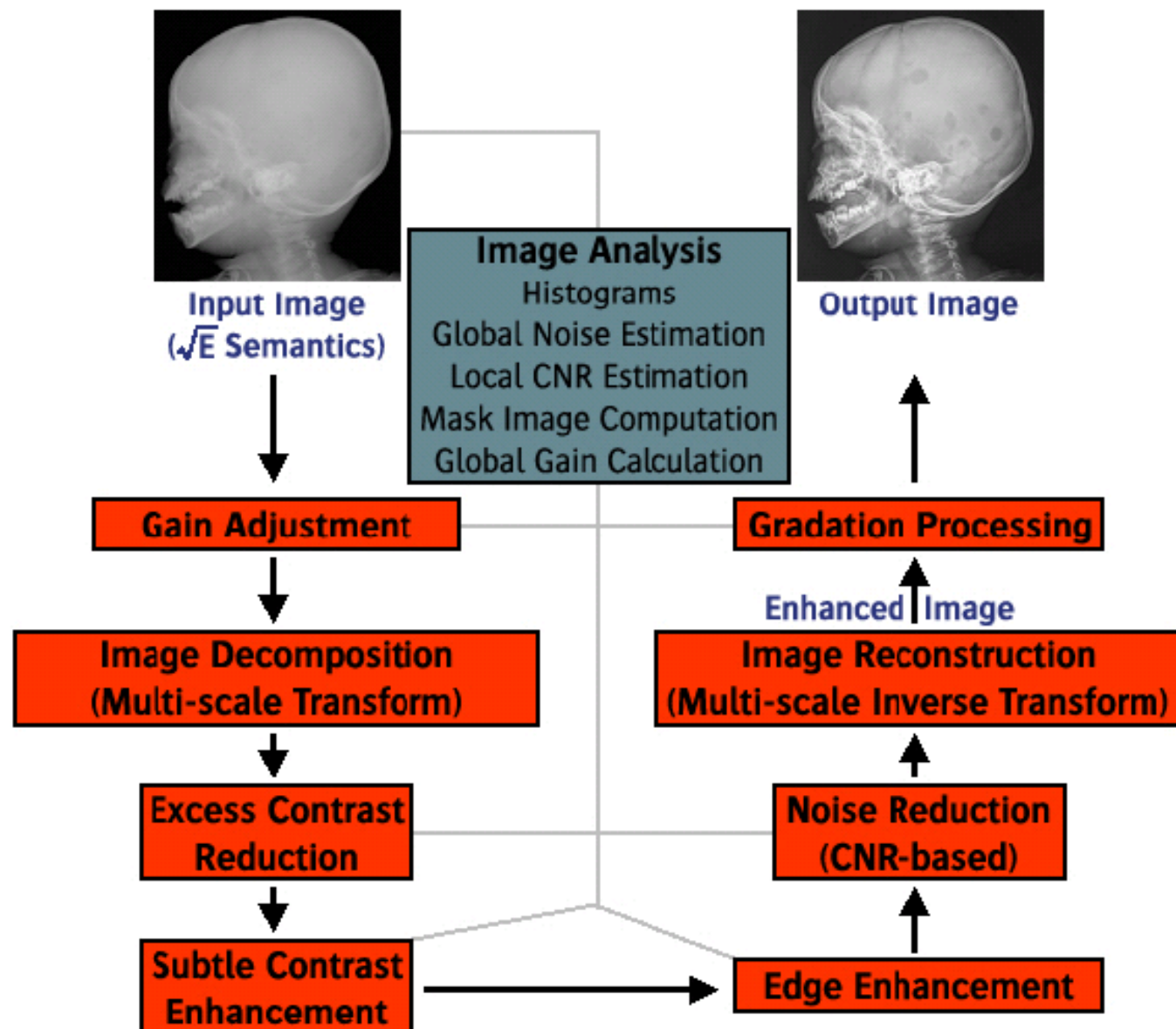


Figure 6. The MUSICA² flowchart. The input image goes through a number of distinct processing steps, guided by the information extracted by a sophisticated image analysis stage. See text for details.



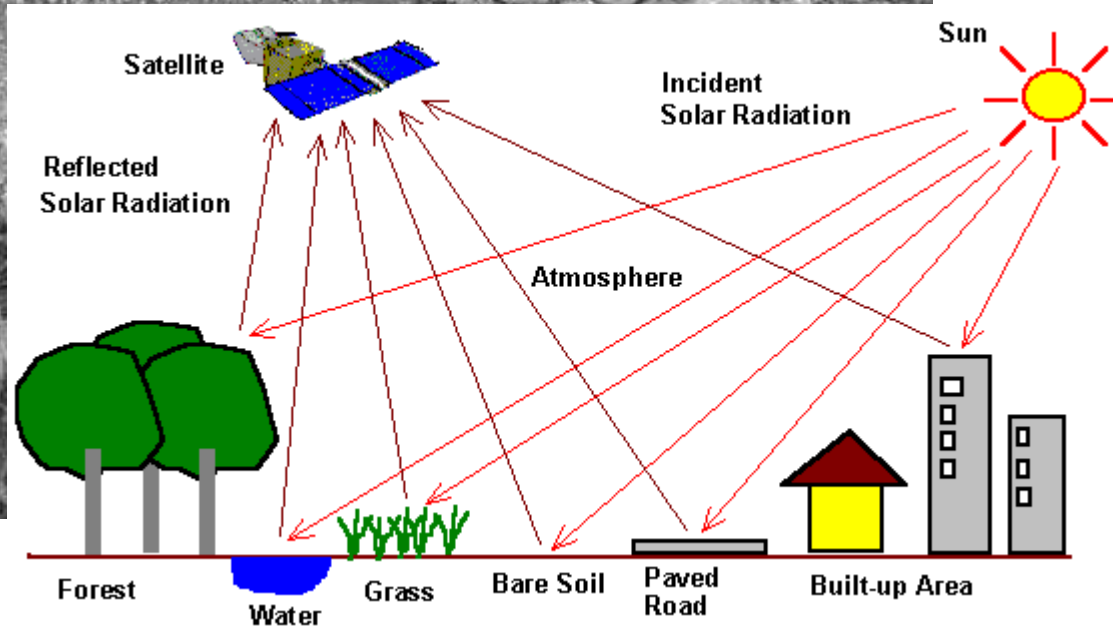
위성사진 처리



위성 사진

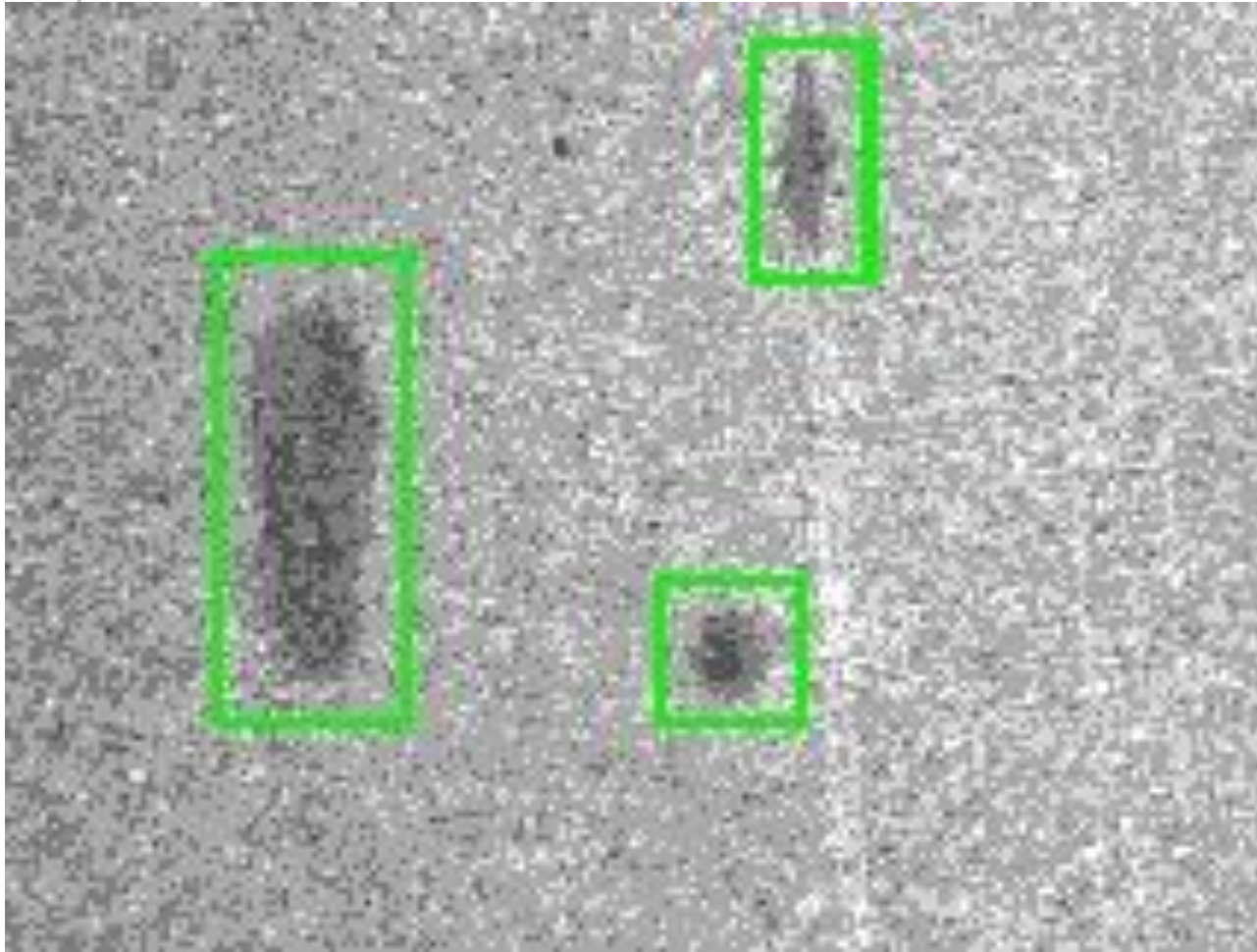
Remote Sensing

군사, 농업, 기상





FA(공장자동화) 영상 : 금속면 결함 검출



Machine Vision

부품 결함
부품 종류 인식
조립 위치 인식
마커 인식

반도체,
철강,
PCB





방송, 영화




크로마키
영상합성
위핑
모핑



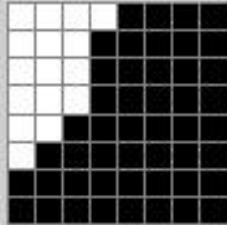


영상 압축

Original Quarter Image




DCT coefficients




1 64

16 Coefficients Selected

Reconstructed Image



Error Image



The MSE (with images normalized) is 0.000703

Apply

Select an Image:
Quarter

Info

Close





자동 인덱싱

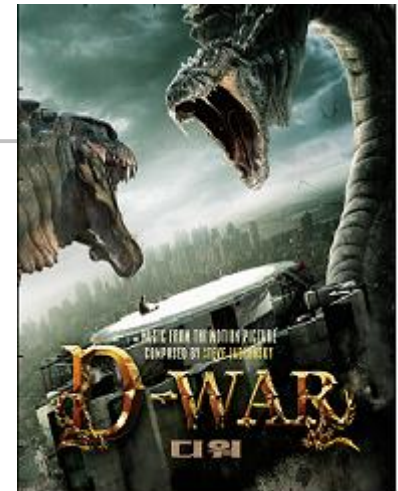
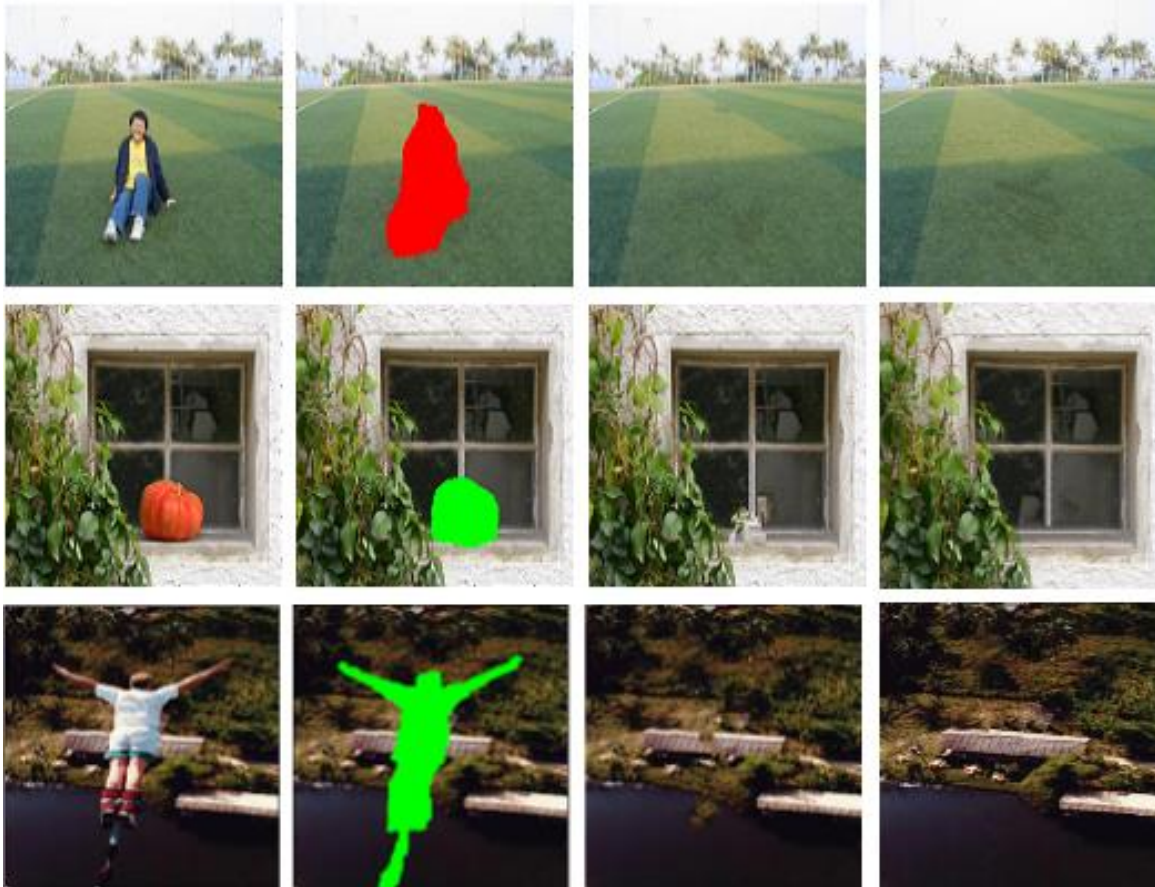


영상인덱싱(Image Indexing) : 인터넷에 있는 이미지/동영상을 찾아 검색자가 필요로 하는 정보를 포함한 영상을 자동으로 찾아 줌





인페인팅





사무자동화

현상이 생기지 않고 영상 신호를 변환 후, 주파수 영역
동시에 미용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 압축된 영
대역폭으로의 분할이 가능하고 영상 부호화를 위한 최적의
웨이브렛 계수를 부호화 하는 가장 고전적이고 효율
EZW 영상 부호화 방식이다[5]. 이 방식은 웨이브렛의
간의 상관성에 대해 zerotree 기법을 도입하여 부호화
다양한 응용 분야에서, 만족할만한 특성을 제공하고 있
따라 계층적 트리에 속하는 모든 계수값을 반복적으로
를 부호화 하는데 많은 연산을 수행하게 된다는 단점이
서 비트플레인 형태로 계수를 처리하는 SPIHT 방식도
에서는 EZW 보다는 좋은 결과를 나타내지만 각각의 계
를 정렬하여 부호화 하기 때문에 연산 횟수가 많게 된다
대상이 되는 단위가 하나의 웨이브렛 변환 계수이며 각
부가 정보가 큰 편이다.

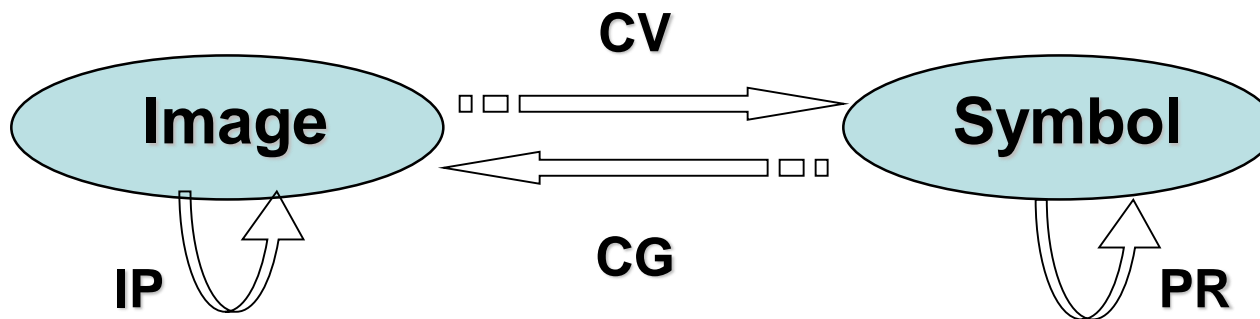




다른 분야와의 관계

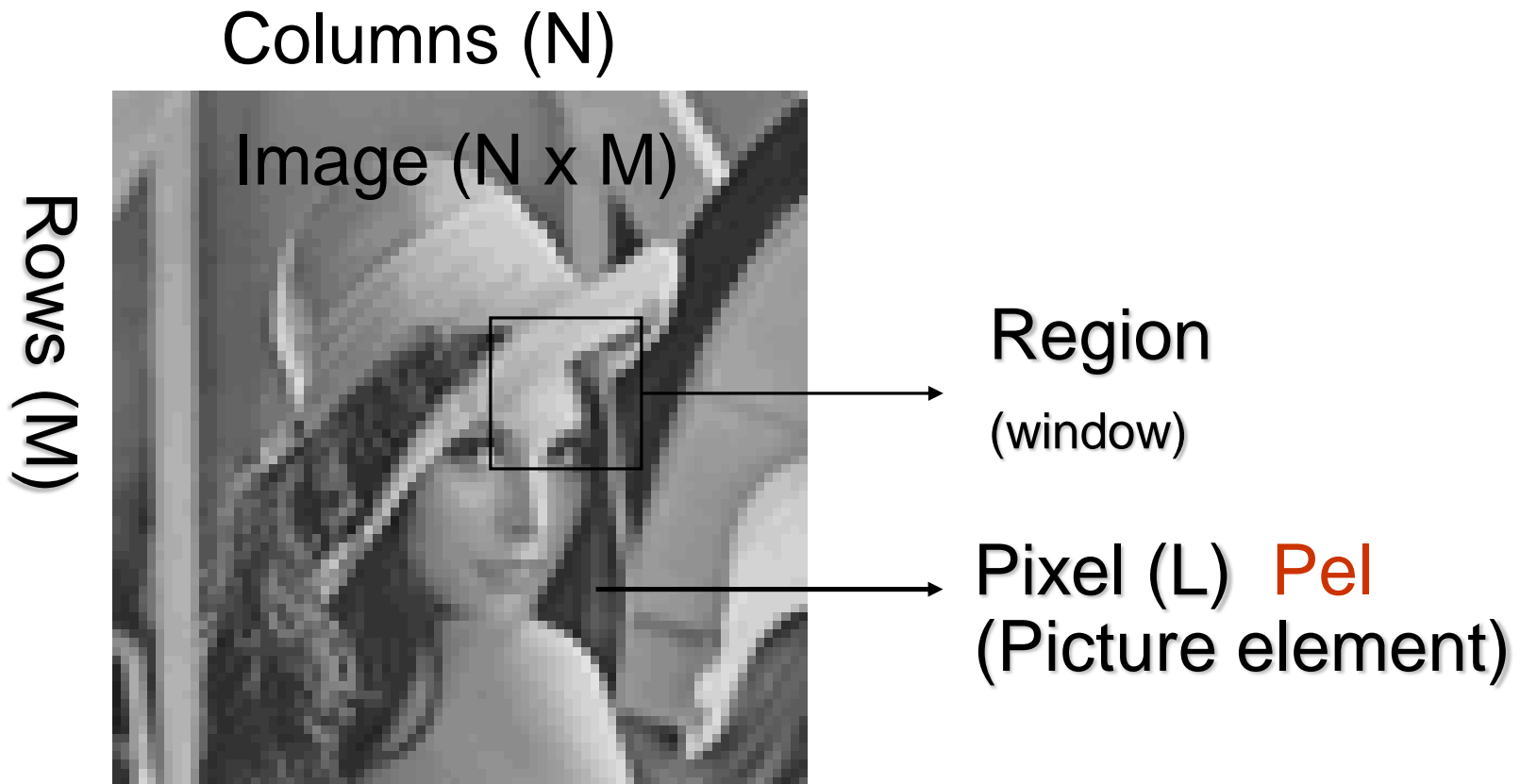
Artificial
Intelligence

- * CV : Computer Vision (Image Understanding)
- * PR : Pattern Recognition
- * IP : Image Processing
- * CG : Computer Graphics





디지털 영상의 정의

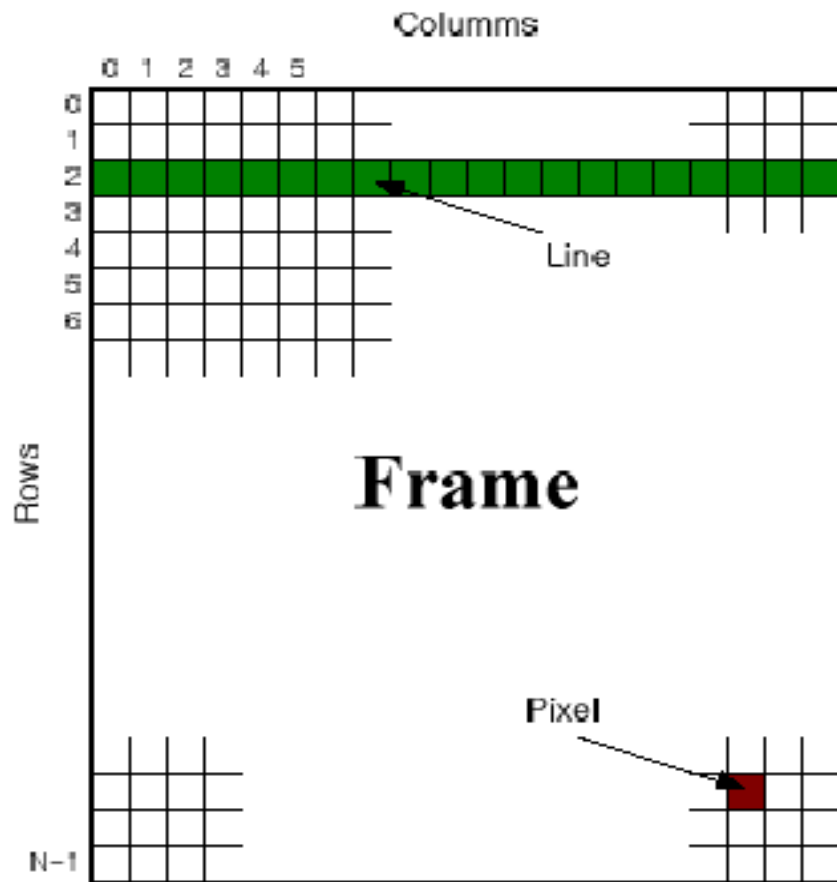


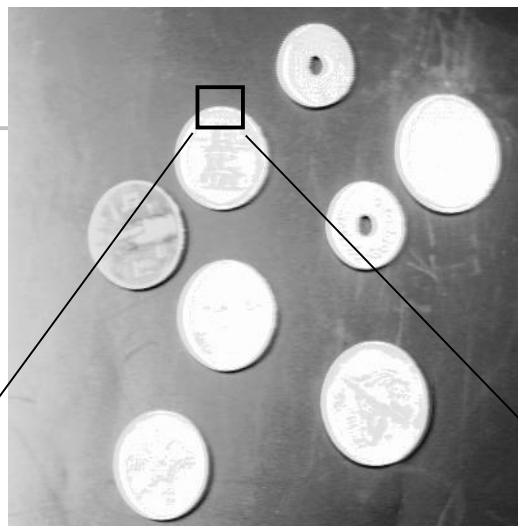
Ex) 640 x 480 x 8 bit image





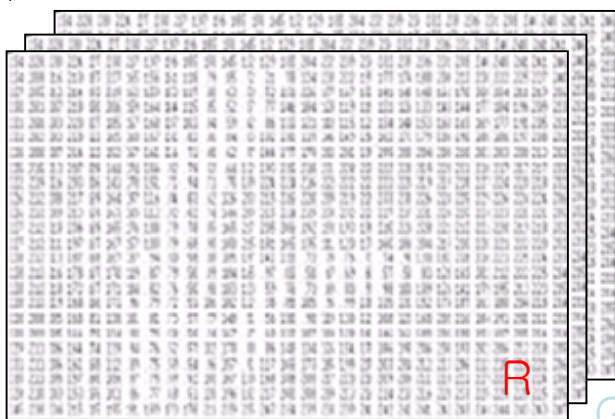
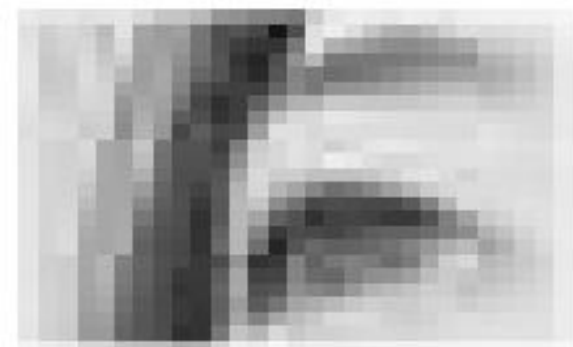
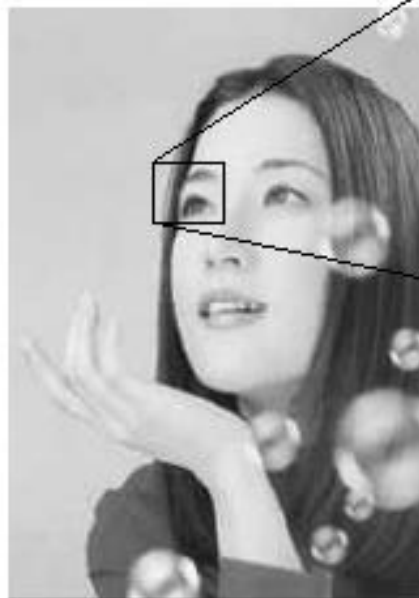
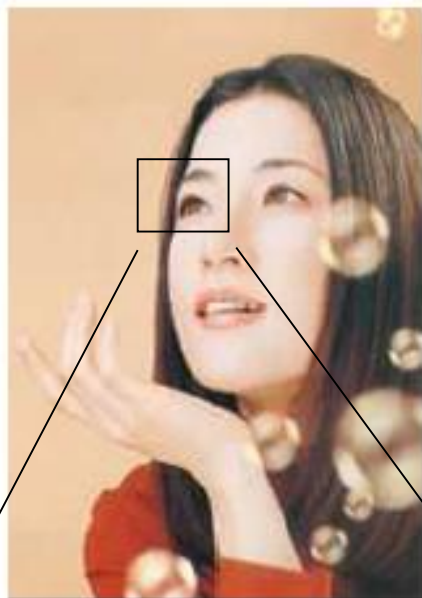
- 프레임 (Frame)
- 라인 (Line)
- 화소 (픽셀, Pixel)





138	138	141	138	138	138	138	138	138	138	131	131	127	127	127
141	141	138	138	138	138	138	138	131	131	138	138	131	131	127
138	138	138	138	141	141	138	138	138	138	131	131	138	138	131
138	138	141	138	138	138	138	138	138	138	138	138	131	131	131
138	138	141	141	141	141	138	138	131	131	127	131	127	138	138
141	141	141	144	141	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
141	141	144	144	141	138	141	138	138	138	138	138	138	138	138
148	148	148	148	148	144	144	144	141	141	141	141	141	141	141
150	150	150	152	154	157	157	159	157	154	152	150	150	150	148
174	191	204	214	223	224	225	225	224	224	223	215	207	195	177
225	227	229	253	253	253	253	253	235	235	235	253	253	235	227
253	254	254	253	253	253	235	235	253	253	235	253	253	253	253
253	229	227	226	226	226	227	227	227	227	228	229	231	235	235
227	227	228	228	229	231	231	235	235	235	235	235	235	235	235
229	231	231	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235





B

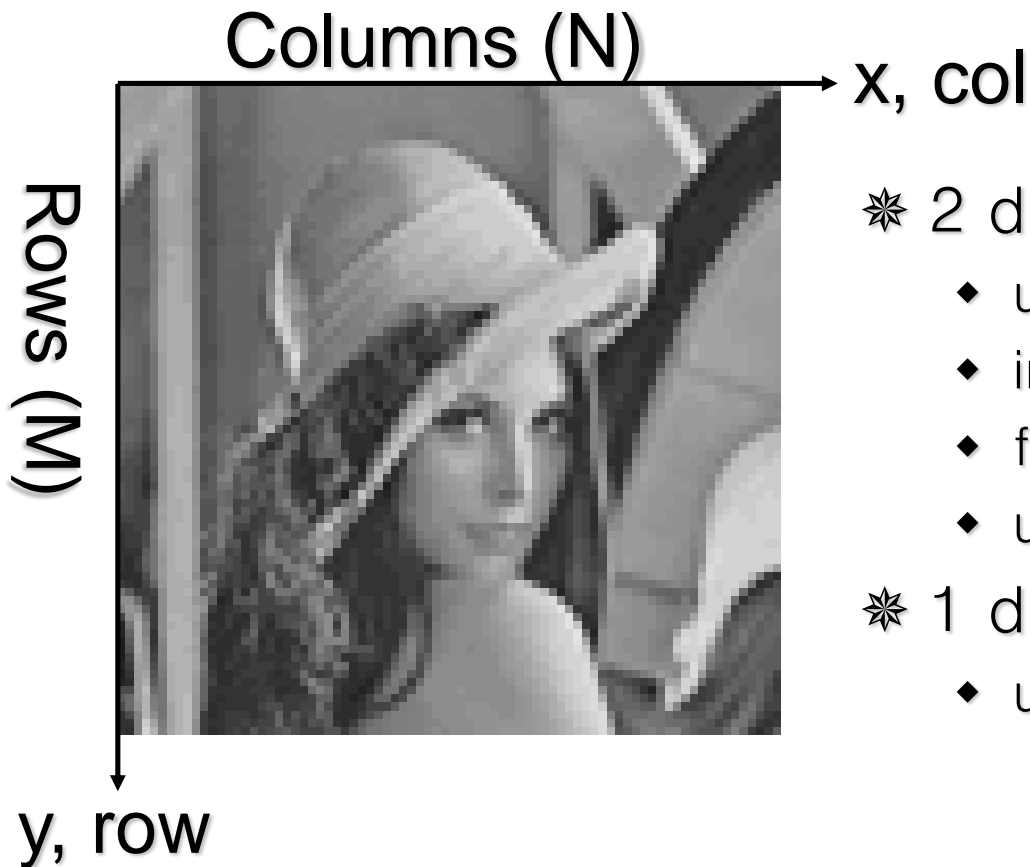
R

G





디지털 영상의 정의 (계속)



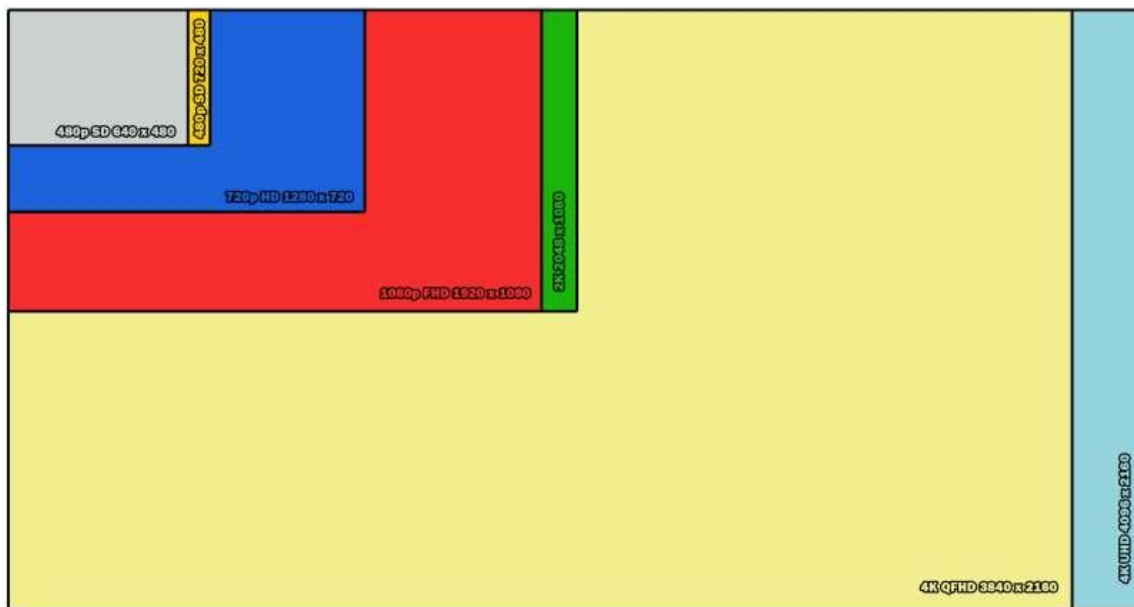
- * 2 dimensional array
 - ◆ unsigned char im[N][M]
 - ◆ int im[n][m]
 - ◆ float im[n][m]
 - ◆ unsigned char im[n][m][3]
- * 1 dimensional array
 - ◆ unsigned char im[N*M]





Standard Image Resolutions

- * 4K (4096 x 2160) Ultra High Definition (UHD)
- * 4K (3840 x 2160) Quad Full High Definition (QFHD) (also known as UHDTV/UHD-1, resolution of Ultra High Definition TV)
- * 2K (2048 x 1080)
- * 1080p (1920 x 1080) Full High Definition (FHD)
- * 720p (1280 x 720) High Definition (HD)
- * 480p (720 x 480) Standard Definition (SD) (resolution of DVD video)
- * 480p (640 x 480) Standard Definition (SD)





디지털 영상 생성

※ 디지털타이저

- ◆ 아날로그 영상인 자연 영상을 컴퓨터에서 처리하기 위해서는 디지털 영상으로 변환

※ 디지털타이저의 두 가지 기능

- ◆ 샘플링(sampling)
 - 하나의 영상을 표현하기 위하여 동등한 공간 크기로 데이터 포인트를 획득
- ◆ 양자화(quantization)
 - 샘플링된 데이터에 수치값을 할당

※ 디지털타이저의 예

- ◆ 스캐너, 디지털 카메라



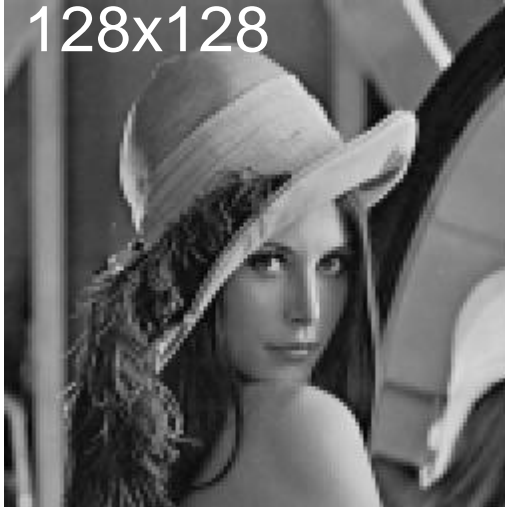


샘플링 크기에 따른 효과

256x256



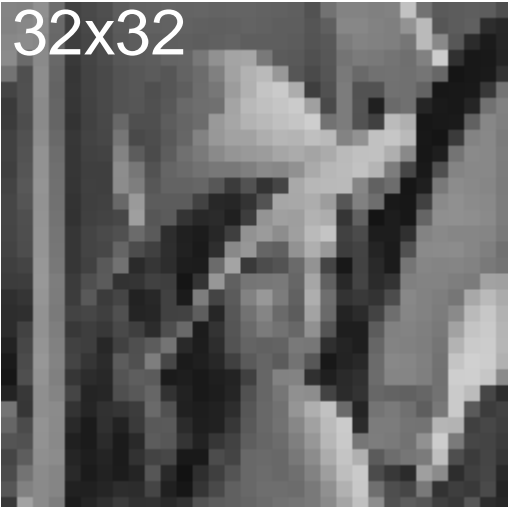
128x128



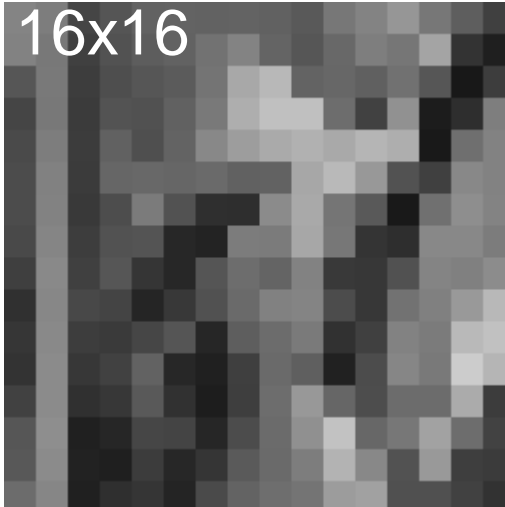
64x64



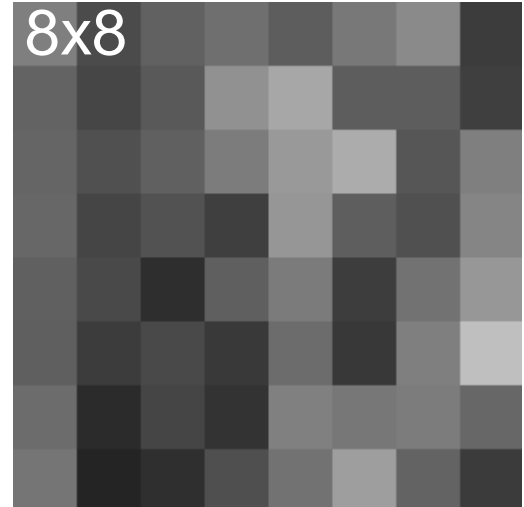
32x32



16x16



8x8



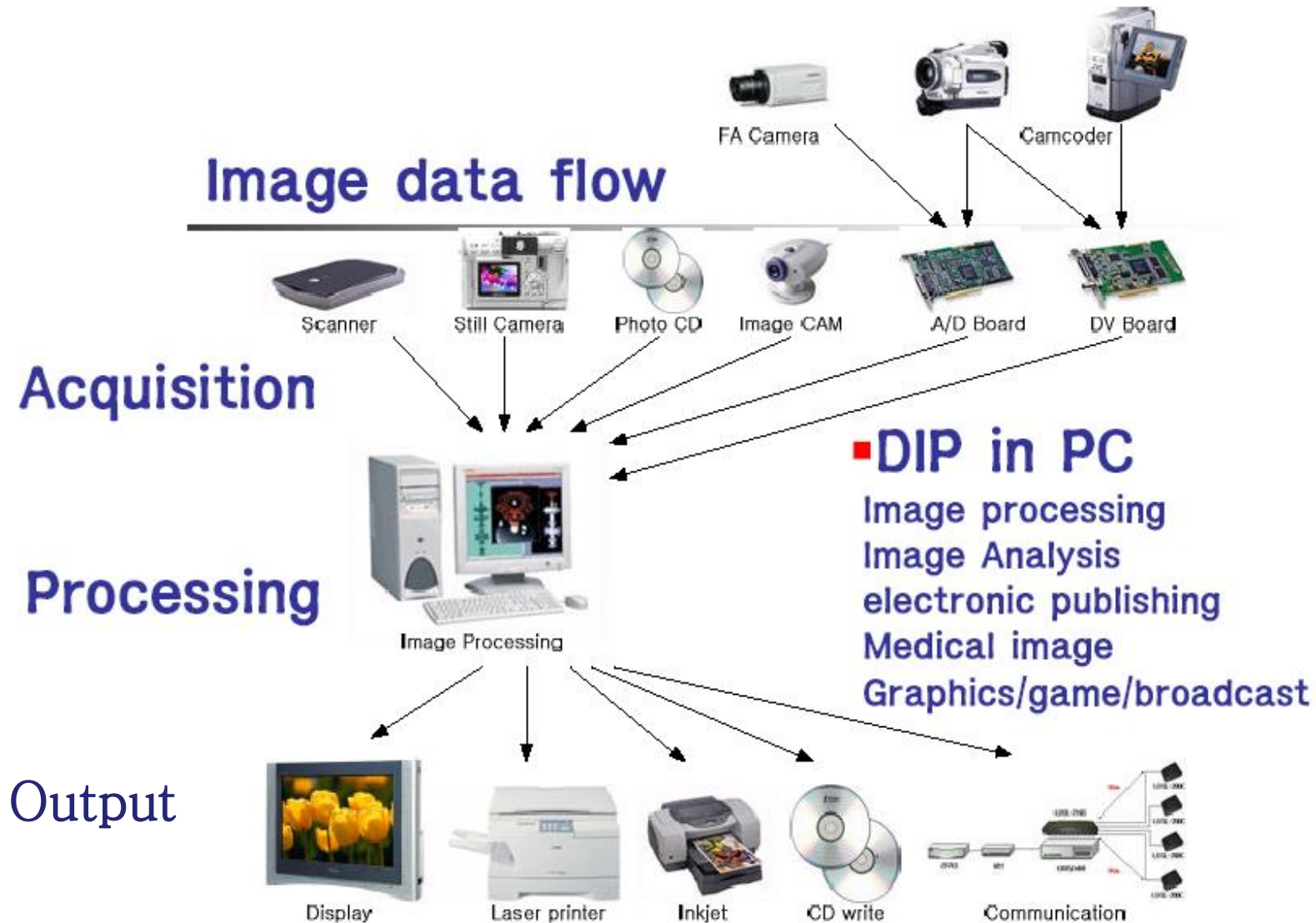


다양한 양자화 수준의 예





디지털 영상처리 시스템



영상 처리 기초

1. 강의 소개
2. 영상 처리란 무엇인가?
3. 영상 처리 연산의 종류
4. 영상 처리 응용 분야
5. 컬러 모델
6. 영상 파일 형식



연산의 종류 (Type of Operations)

※ 픽셀 기반 연산(Point Operations)

- ◆ 특정한 좌표계에서 결과 픽셀 값이 같은 좌표계에서 입력 픽셀 값에 대해서만 영향을 받는 연산
- ◆ 예) brightness control, contrast control

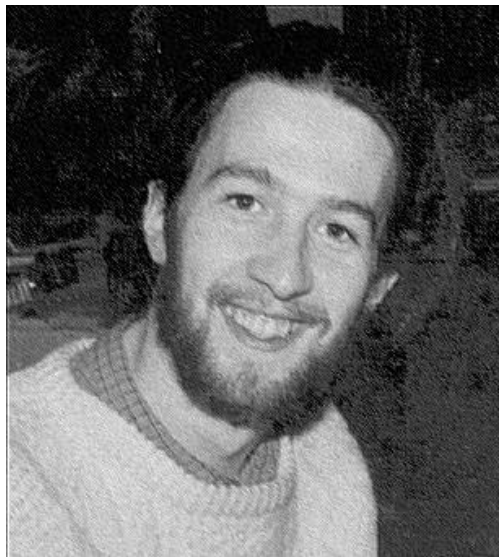




연산의 종류 (Type of Operations) (계속)

※ 영역 기반 연산(Region, Mask, Area Operation)

- ◆ 특정한 좌표계에서 결과 픽셀의 값이 같은 좌표계에서 입력 픽셀의 이웃 픽셀 값에 영향을 받는 연산
- ◆ 예) smoothing, sharpening, edge enhancement

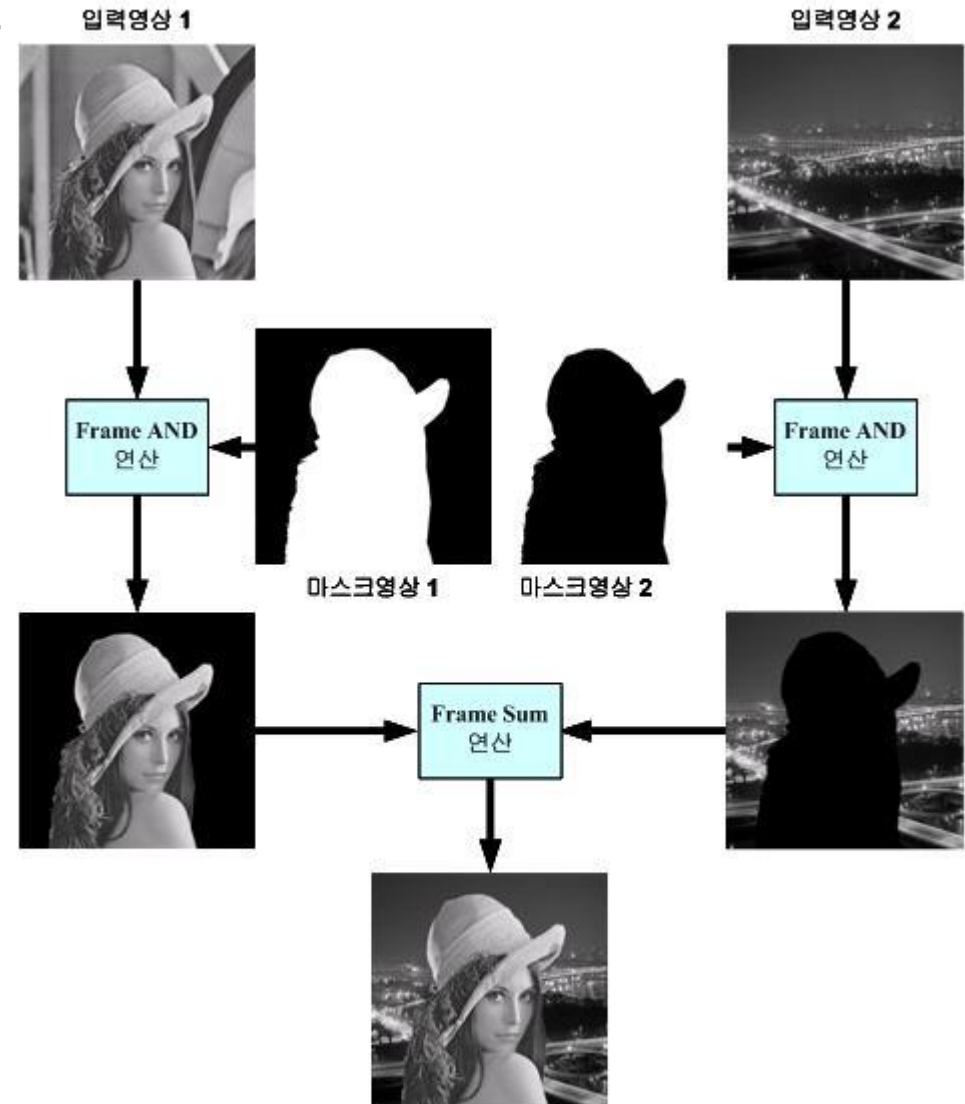




연산의 종류 (Type of Operations) (계속)

※ 프레임 기반 연산

- ◆ 영상 전체 프레임에 대한 연산
- ◆ 예) 영상 블렌딩, 크로마키잉, 푸리에 변환



영상 처리 기초

1. 강의 소개
2. 영상 처리란 무엇인가?
3. 영상 처리 연산의 종류
4. 영상 처리 응용 분야
5. 컬러 모델
6. 영상 파일 형식



영상 처리 응용

※ 방송과 영화

- ◆ 특수 효과 : 워핑, 모핑

※ 의료

- ◆ X-선, 초음파, CT, MRI 영상의 처리
 - 정확한 진단을 위해 영상을 확대, 변형, 조작

※ 산업 현장

- ◆ 결함 상품의 자동 검사
- ◆ 산업용 로봇의 눈

※ 보안 및 감시

- ◆ 지문 인식, 얼굴 인식, 침입자 감지

※ 출판 및 문서 제작

- ◆ 사진에 여러 가지 효과를 주기 위한 처리

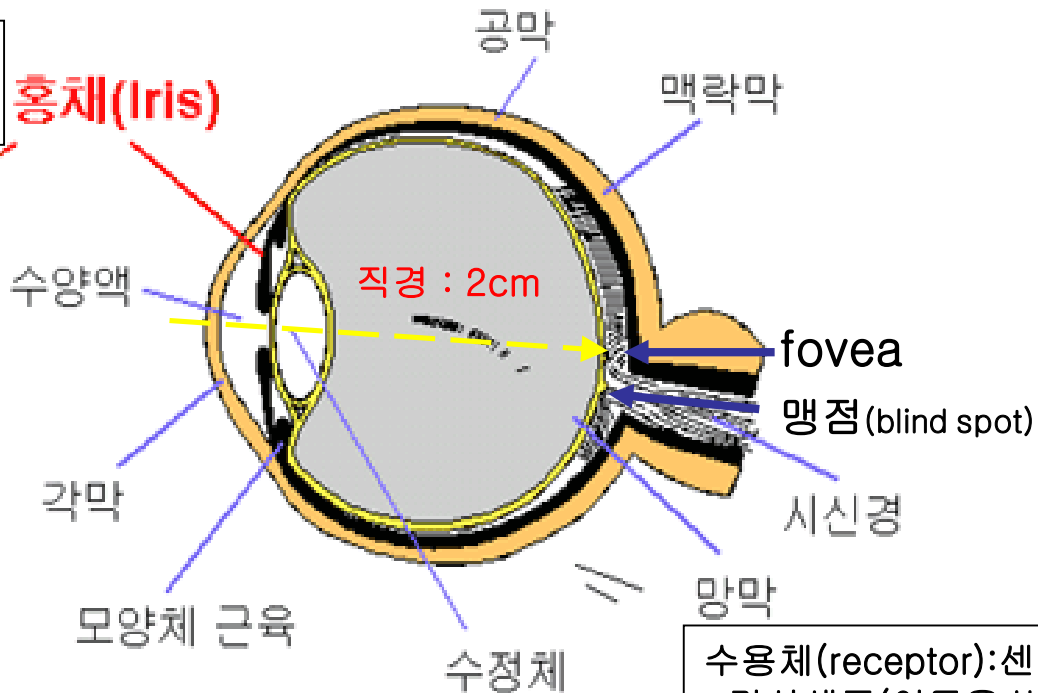


영상 처리 기초

1. 강의 소개
2. 영상 처리란 무엇인가?
3. 영상 처리 연산의 종류
4. 영상 처리 응용 분야
5. 컬러 모델
6. 영상 파일 형식

참고 : 사람의 눈

빛 양에 따라 크기 조절.
카메라 조리개에 해당



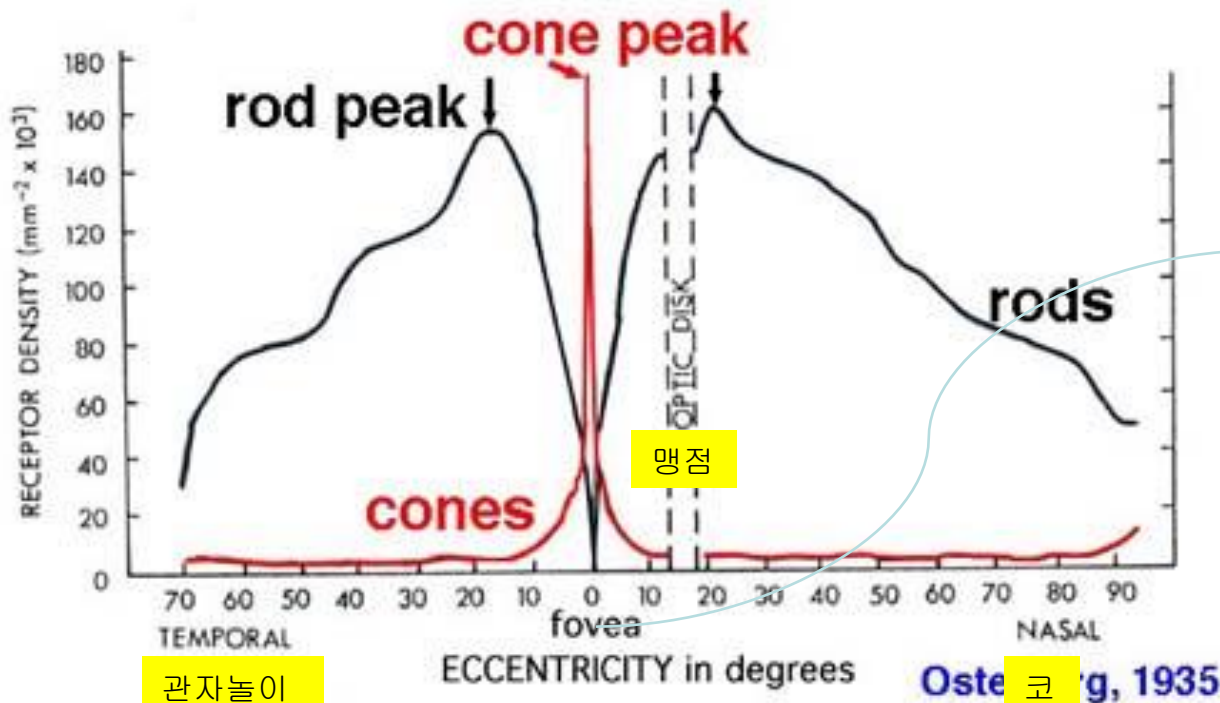
거리조절.
카메라 렌즈에 해당

수용체(receptor): 센서 종류
간상세포(어두운 빛)
원추세포(밝은 빛 + 색깔)

중심와(fovea) : 망막의 중심. (중심부에 가장 깊이 들어간 부분)
원추세포만 있음 (1도 범위에 120만개) → 2 μ m 간격



수용체(receptor) 밀도(분포)



Rod-free region
2° (570μm)

2.0μm spacing
between cells in
the most central
region

rod(간상세포) : 거의 180도에 분포. (전 영역에 골고루) : 1.2억개*

cone(원추세포) : 망막 중심(fovea) 에 밀집 : 600만개*

* [Dr. John Penn \(UAMS eye center\)](#)



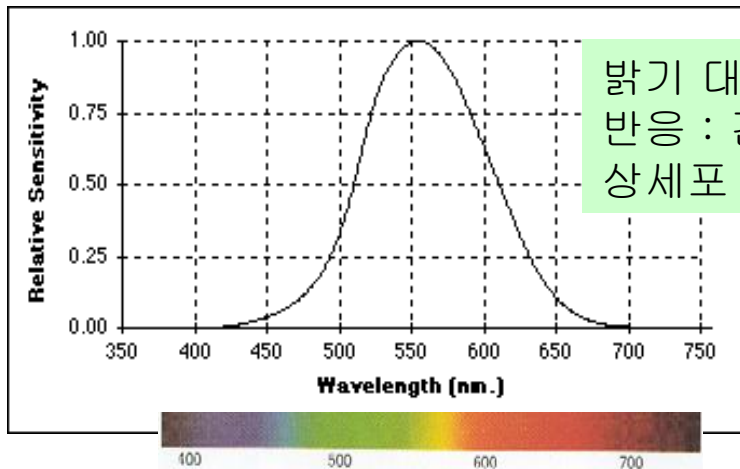
수용체의 반응

※ Rod(간상세포)

- 밝기(brightness)에 민감. 녹색(500nm)에 제일 민감.
- 망막 전 영역(180도)에 고루 분포 (약 120M개)
- 반응 느림(약 1/10초). 대신 어두운 빛에도 반응 (망막외곽의 움직임에는 약간 분포되어 있는 원추세포가 반응)

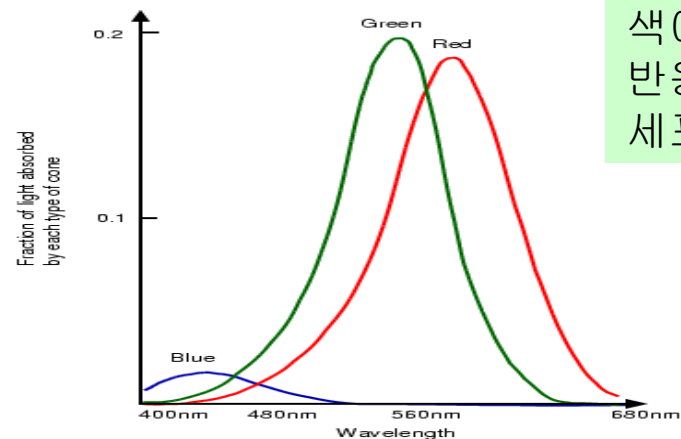
※ Cone(원추세포)

- 색(color)에 민감.
- fovea 주변 $\pm 10^\circ$ 에 주로 분포. 나머지 부분에도 약간이지만 고르게 분포 (약 6M개)
- 3가지 종류(blue, green, red)가 같은 수 있음 \rightarrow 2M 화소에 해당



밝기 대한
반응 : 간
상세포

가시광선 : 380~780 nm

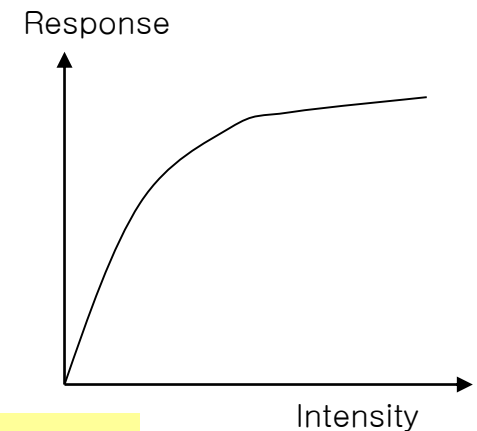
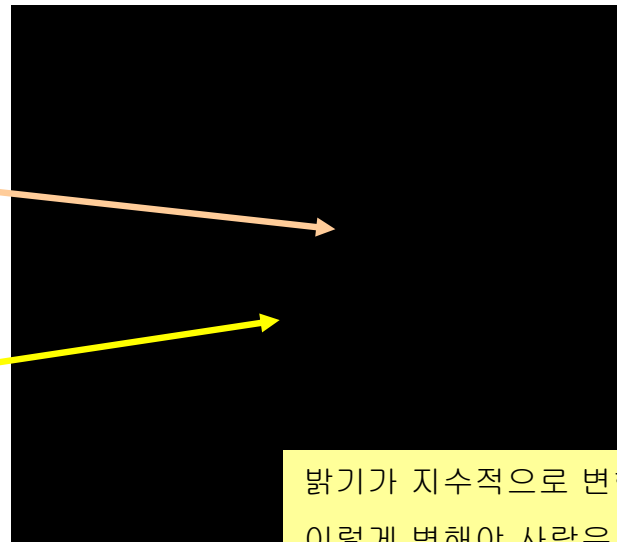
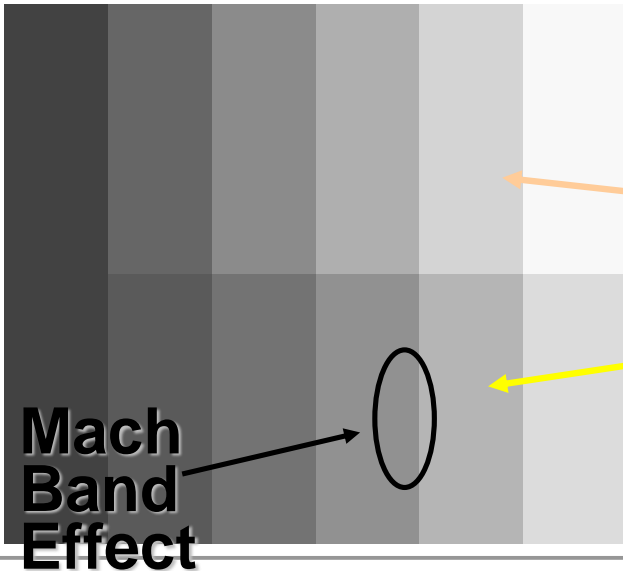
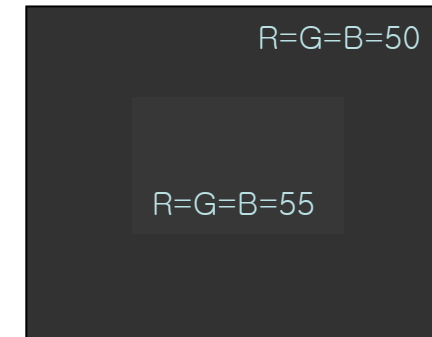


색에 대한
반응 : 원추
세포



Stimulus Sensitivity

- ※ 대비(contrast)에 민감 : 같은 빛의 세기(Intensity)라도 주관적으로 밝기(Brightness)를 다르게 느낀다 : (예)주변이 어두우면 대상을 밝게 느낌
- ※ Weber-Fechner law : 사람은 빛의 세기(intensity)에 log 형태로 반응한다. $R \propto \log(I)$
 - ♦ $\Delta I / I \propto d(\log I) = \text{상수}$ (=0.02 : 50개 정도 등급을 구별할 수 있다는 의미)
 - ♦ 사각형(I)안에 작은사각형(I+ ΔI)의 intensity를 증가하면서 얼마큼 증가해야 사람이 구별하는지 실험
 - ♦ intensity가 1에서 1.1로 바뀐 것이나 5에서 5.5로 바뀐 것이나 같은 정도 바뀐 것으로 인식한다.
- ※ Mach Band Effect : 경계부분에 민감하다.



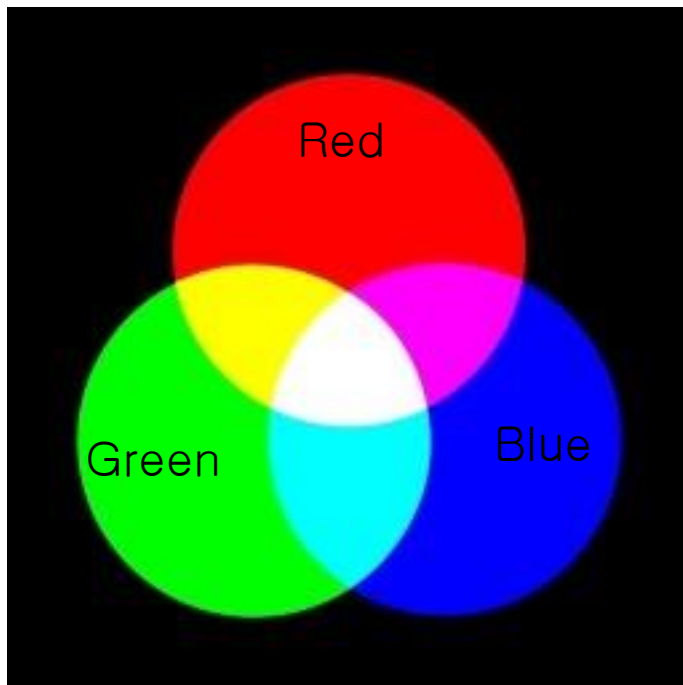
밝기가 지수적으로 변한 것.

이렇게 변해야 사람은 비례적(선형적으로 변한 것으로 느낀다)

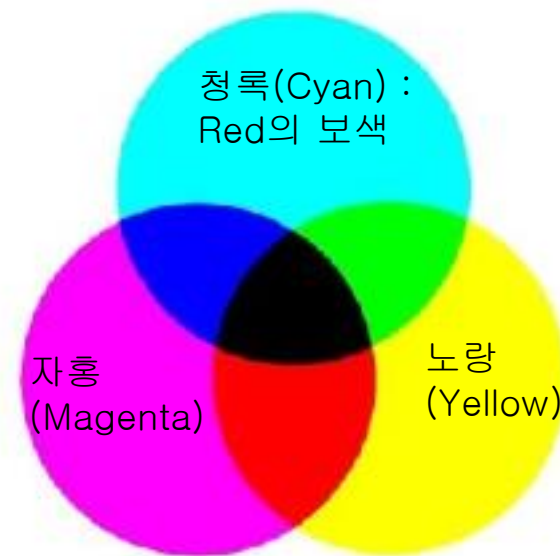


컬러 표현 방법

- ※ 삼원색(three primary colors)을 혼합해서 임의의 색을 만들 수 있다고 가정



빛의 삼원색(Additive Color)



색의 삼원색(Subtractive Color)



Color : Spectrum

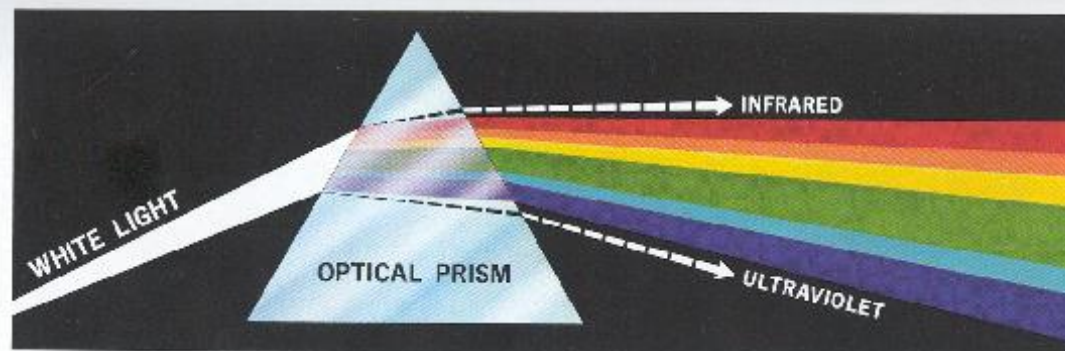


Plate I. Color spectrum seen by passing white light through a prism. (Courtesy of General Electric Co., Lamp Business Division.)

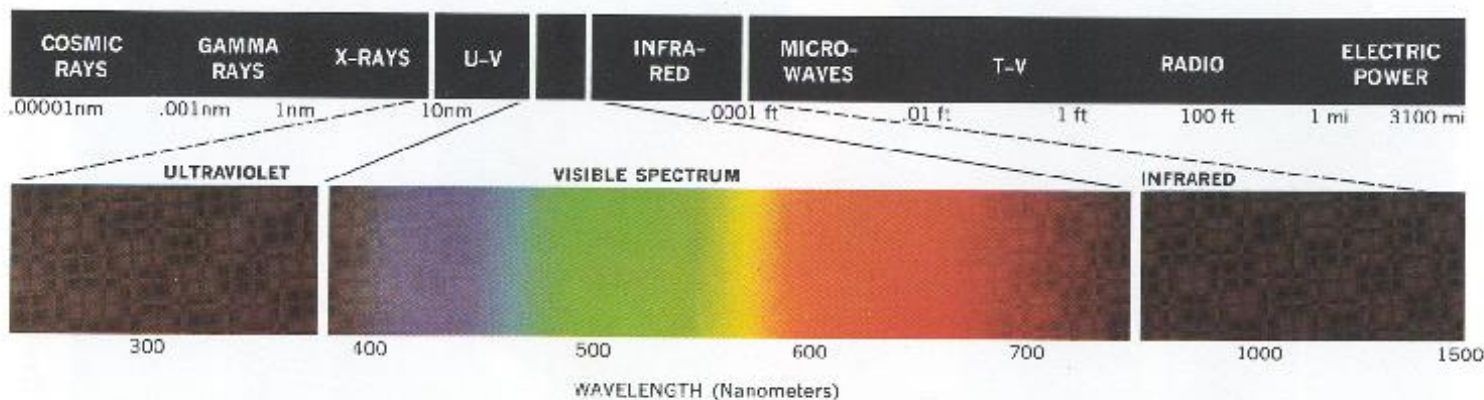


Plate II. A section of the electromagnetic energy spectrum showing the range of wavelengths comprising the visible spectrum. (Courtesy of General Electric Co., Lamp Business Division.)

가시광선(Visible) : 400~700 nano meter
(책에 따라 380~780) 400:자주, 700:빨강



컬러 표현 방법 (계속)

※ CIE : 1931년에 삼원색의 표준 정함

- ◆ $X(435.8\text{nm})$, $Y(546.1\text{nm})$, $Z(700\text{nm})$: 단색

※ 삼자극치 (Tristimulus value)

- ◆ $L=(a, b, c)$. 색을 CIE 삼원색의 가중치로 표현한 것
- ◆ (a : X의 양(amount), b : Y의 양, c : Z의 양)

※ 색도 좌표 (Chromaticity coordinate)

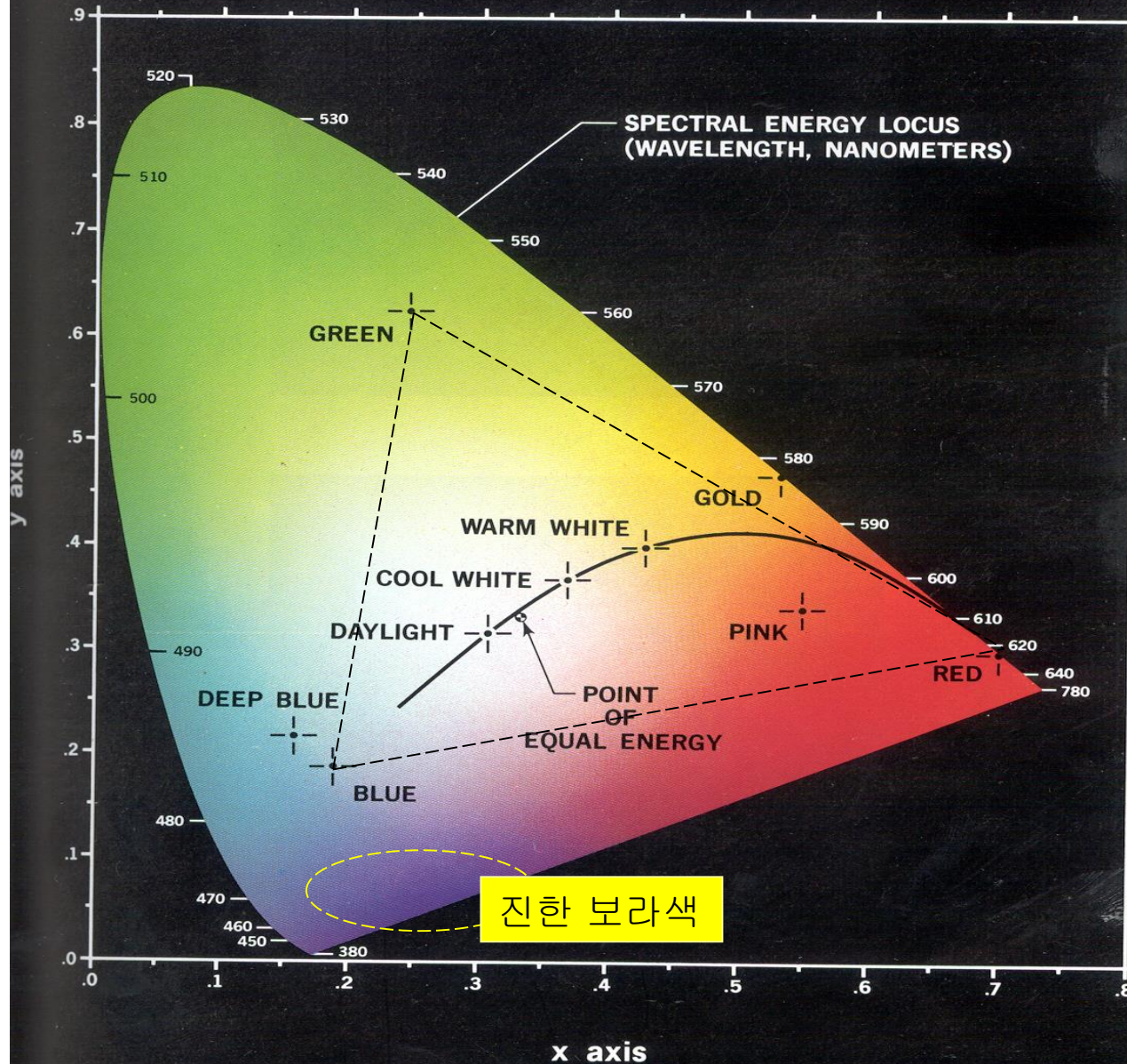
- ◆ 삼자극치를 정규화 한 것 : $(x, y, z) \rightarrow (x, y)$ 만 있으면 됨
- ◆ $x = a/(a+b+c)$, $y = b/(a+b+c)$, $z = 1-(x+y)$

※ 색도 도표 (Chromaticity diagram)

- ◆ 각각 색을 색도좌표로 바꾸어 평면에 표시한 것



(C. I. E. CHROMATICITY DIAGRAM)



색도 도표

Sun 6000°K : (0.32, 0.33)

형광등 : (0.35, 0.37)

Red 형광물질 : (0.68, 0.32)

Green 형광물질 : (0.28, 0.60)

Blue 형광물질 : (0.15, 0.007)

참고 : 광원의 색은 색온도로 표현. (색온도 : 어떤 온도의 흑체가 내는 색)

맑고 푸른 하늘 : 10000°K

흐린 하늘 : 7000°K

TV의 흰색 : 6500°K

사진기 플래시 : 6000°K

여름 낮 : 5500°K

오전, 오후 : 4000~5000°K

해 뜰 때, 질 때 : 2000~3000

백열등 : 3200°K

형광등 : 3000~6500°K

사람은 어떤 광원에서나 흰 종이는 흰색으로 느낀다. → 색조정 필요 (White Balance)



컬러 모델

※ 응용분야에 따라 각기 다른 컬러모델을 사용

- ◆ CMY
 - 컬러로 된 그림을 출판하는 시스템
- ◆ RGB
 - 컬러 모니터와 컴퓨터 그래픽스 시스템
- ◆ HSI
 - 색상, 채도, 명도를 다루어야 하는 시스템
- ◆ YCbCr
 - JPEG 압축에 사용
- ◆ YUV
 - PAL 컬러 TV 방송에서 사용
 - 디지털 비디오에서 사용
- ◆ YIQ
 - NTSC 컬러 TV 방송에서 사용





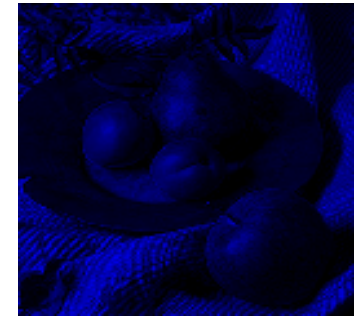
RGB 컬러 모델



R



G



B

※ 몇몇 영상처리 알고리즘에는 RGB 색 모형이 부적합

- ◆ 예) 밝기 조절 : 명암도 만 필요, 색깔은 불변
→ HIS 혹은 $YCbCr$ 컬러 모형이 적합

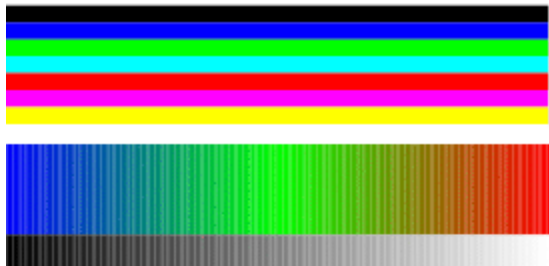
※ 명암도(I : Intensity)

- ◆ $I = (R + G + B) / 3$
- ◆ $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$
→ $L = (R+2G+B)/4$: 간단한 계산. 디지털카메라에서 사용

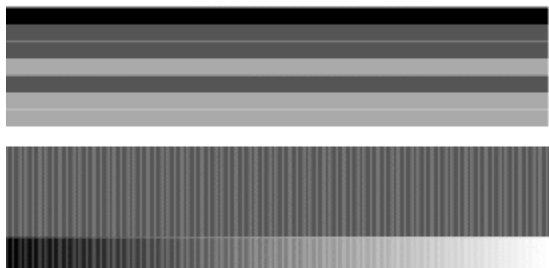




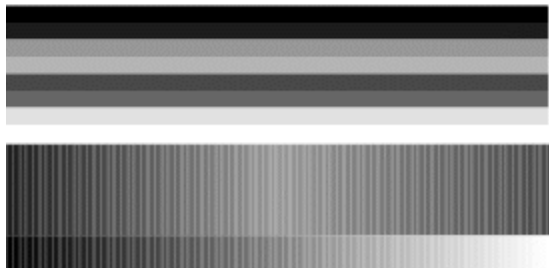
RGB 컬러 → 흑백 변환 예



(a) Colour Image



(b) Intensity Image



(c) Luminance Image

※ $(R+G+B)/3$

- ◆ 초록색이 어둡게 나옴

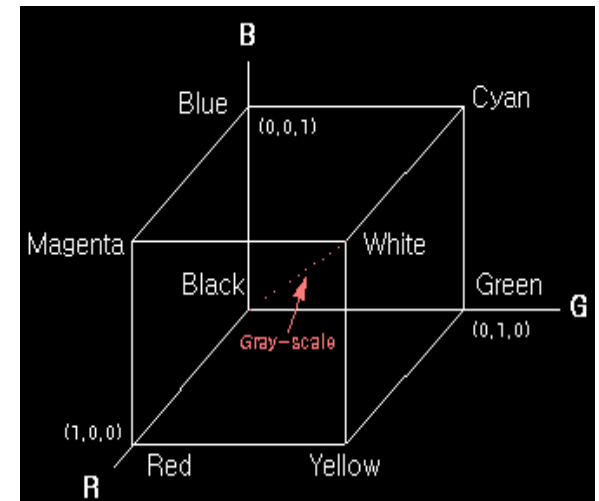
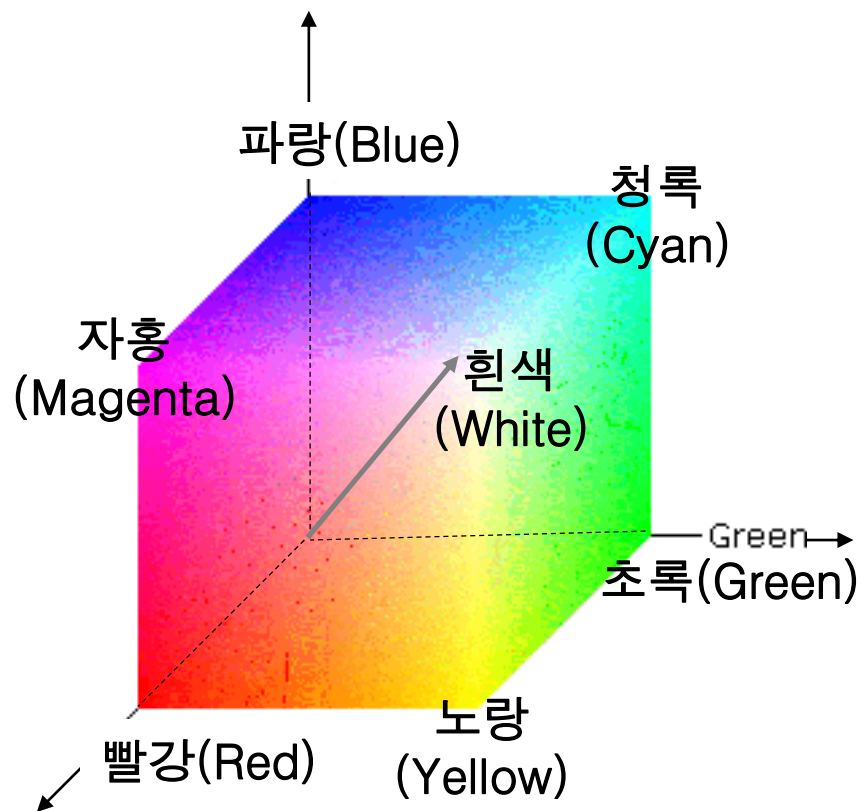
※ $0.299R + 0.587G + 0.114B$

- ◆ 초록색이 밝게 나옴



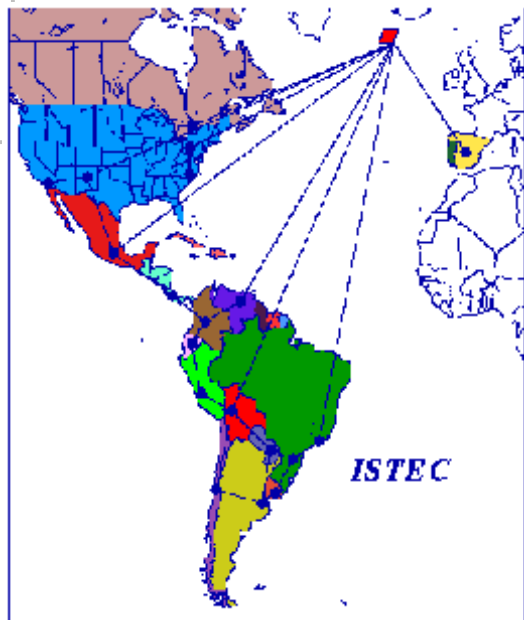


RGB 컬러 입방체



명암도
 $I = (R + G + B) / 3$



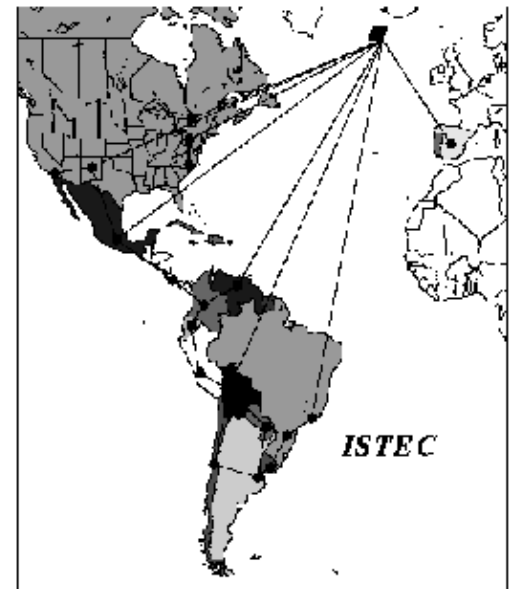
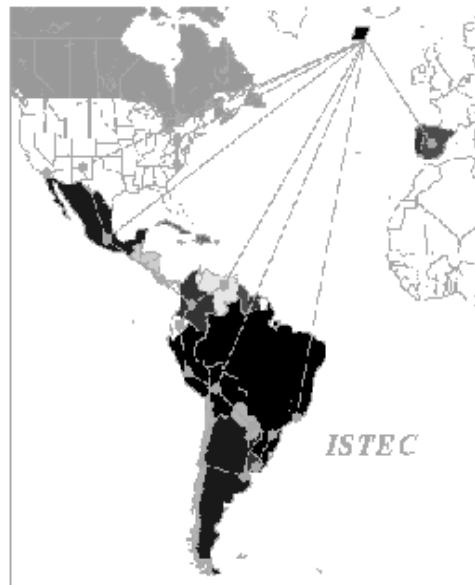
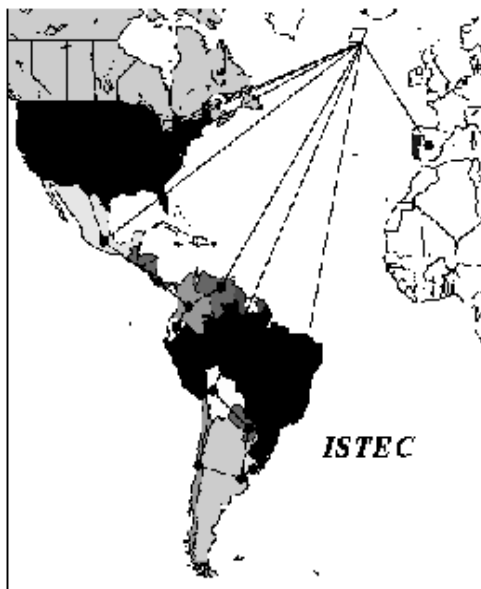


R, G, B 채널 예

Original image

below : R, G, B images

What is R ? What is G ?





CMY 컬러 모델



C



M



Y

- ※ 색의 3원색 : 청록(Cyan), 자홍(Magenta), 노랑(Yellow)
- ※ 인쇄(프린터)에 주로 사용
- ※ RGB to CMY conversion :
 - ◆ $C=255-R$, $M=255-G$, $Y=255-B$
- ※ CMYK : CMY + K (black)
- ※ CMY to CMYK conversion
 - ◆ $K = \min(C, M, Y)$, $C = C-K$, $M = M-K$, $Y = Y-K$





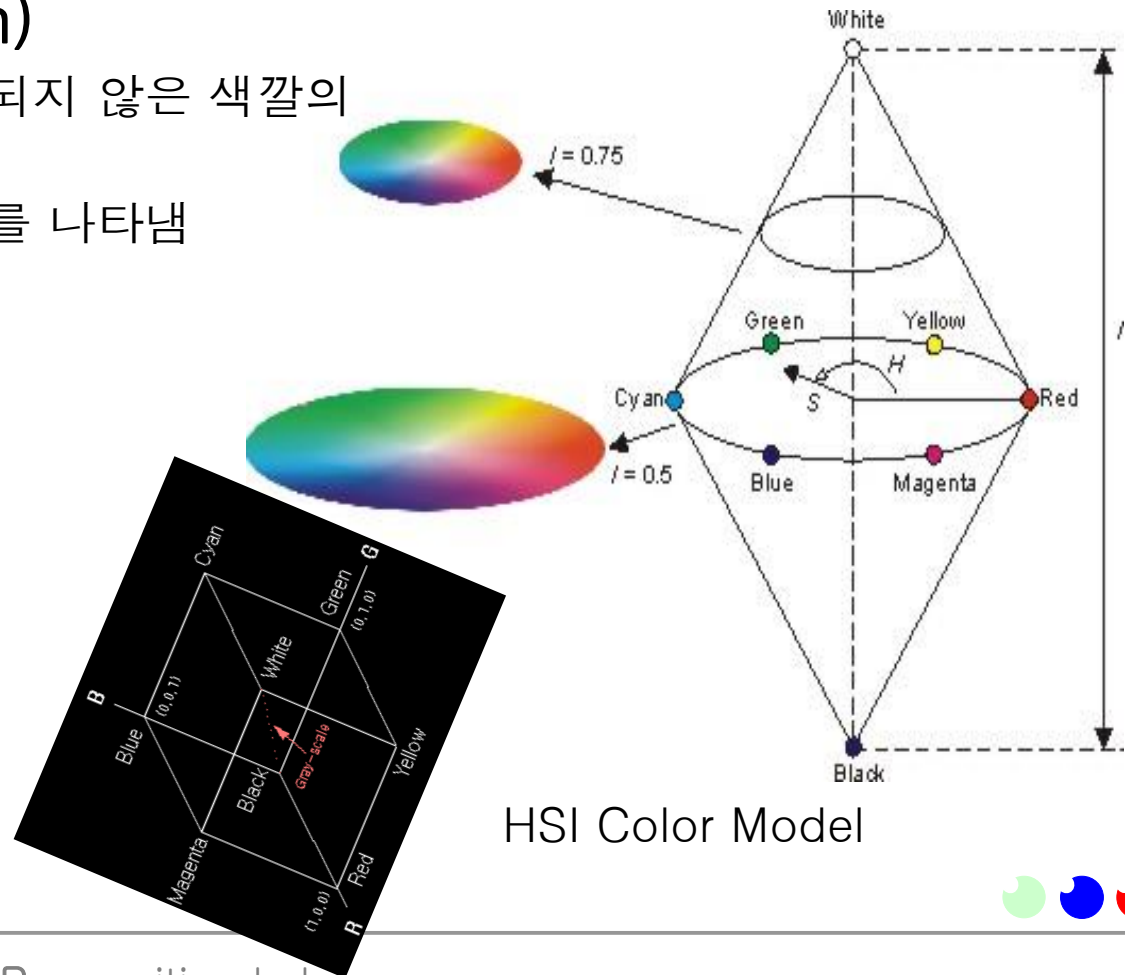
HSI 컬러 모델

※ 색상(Hue)

※ 채도(Saturation)

- ◆ 흰색으로 희석되지 않은 색깔의 정도를 나타냄
- ◆ 색깔의 **순수도**를 나타냄

※ 명도(Intensity)



HSI Color Model





HSI 컬러 모델 (계속)

- ※ 많은 영상처리 어플리케이션이 HSI 모델 사용
- ※ RGB 모델 → HSI 모델 변환 (비선형)

$$H = \cos^{-1} \left(\frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{(R + G + B)}{3}$$





HSI 컬러 모델 (계속)

※ HSI 모델 → RGB 모델 변환

$0^\circ < H \leq 120^\circ$	$120^\circ < H \leq 240^\circ$	$240^\circ < H \leq 360^\circ$
$R = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right)$ $G = 1 - (R + B)$ $B = \frac{1}{3} (1 - S)$	$H = H - 120$ $R = \frac{1}{3} (1 - S)$ $G = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right)$ $B = 1 - (R + G)$	$H = H - 240$ $R = 1 - (G + B)$ $G = \frac{1}{3} (1 - S)$ $B = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{S \cos(H)}{\cos(60^\circ - H)} \right)$





YC_bC_r 컬러 모델

※ 컬러 정보로부터 광도를 분리하는 컬러 모델

- ◆ Y : 광도, C_b : 푸른 정도, C_r : 붉은 정도
- ◆ HIS에 비해 변환 속도가 빠름 (선형 변환)
- ◆ JPEG에 사용

※ RGB → YC_bC_r 변환 (선형)

- ◆
$$Y = 0.29900R + 0.58700G + 0.11400B$$
$$C_b = -0.16874R - 0.33126G + 0.50000B$$
$$C_r = 0.50000R - 0.41869G - 0.08131B$$

※ YC_bC_r → RGB 변환

- ◆
$$R = 1.00000Y + 1.40200C_r$$
$$G = 1.00000Y - 0.34414C_b - 0.71414C_r$$
$$B = 1.00000Y + 1.77200C_b$$





컬러 공간들의 비교

컬러 공간들의 비교				
	RGB	CMY	HSI	YCbCr
Red(빨강)	1, 0, 0	0, 1, 1	0°, 1, 0.33	0.299, -0.16874, 0.5
Green(초록)	0, 1, 0	1, 0, 1	120°, 1, 0.33	0.587, -0.33126, -0.41869
Blue(파랑)	0, 0, 1	1, 1, 0	240°, 1, 0.33	0.114, 0.5, -0.08131
Cyan(청록)	0, 1, 1	1, 0, 0	180°, 1, 0.66	0.701, 0.1687, -0.5
Magenta(자홍)	1, 0, 1	0, 1, 0	300°, 1, 0.66	0.413, 0.3313, 0.41869
Yellow(노랑)	1, 1, 0	0, 0, 1	60°, 1, 0.66	0.886, 0.5, 0.08131



영상 처리 기초

1. 강의 소개
2. 영상 처리란 무엇인가?
3. 영상 처리 연산의 종류
4. 영상 처리 응용 분야
5. 컬러 모델
6. 영상 파일 형식



디지털 영상의 종류

* Gray Image (Intensity Image)

- ♦ range of a pixel : $[0, 255]$. 1 byte

* Binary Image

- ♦ range of a pixel : $\{0, 1\}$ or $\{0, 255\}$.
- ♦ 1 bit or 1 byte

* Color Image

- ♦ 3 gray images. 3 bytes (or 3 float numbers)

* Complex Image

- ♦ result of Fourier transform. 2 float numbers/pixel

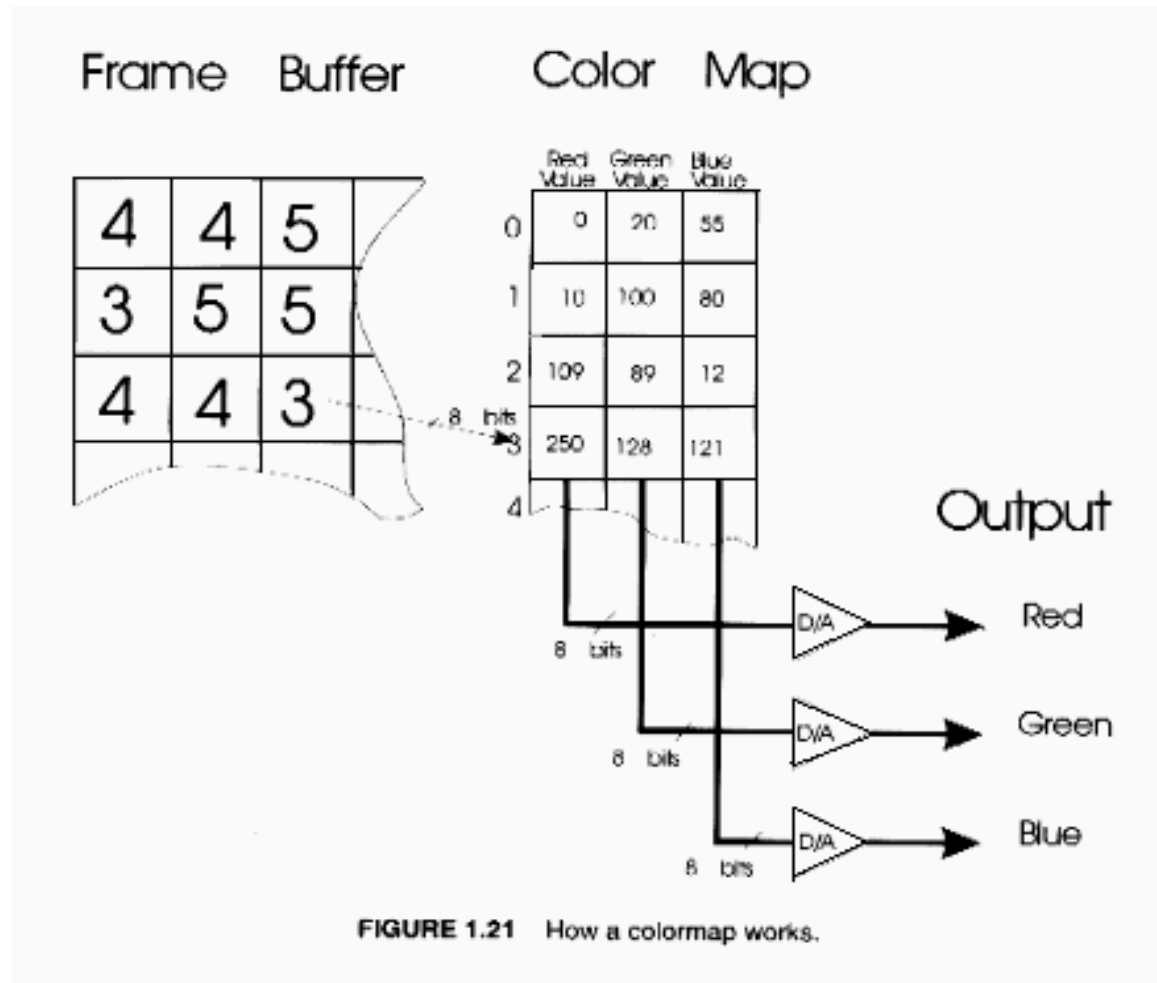
* Indexed Image

- ♦ for indexed color. (next slide) 1 byte/pixel





Indexed Image 의 예





영상 파일 형식

* BMP (Bitmap)

- ◆ for Windows 3.00이후, DIB format

* TIFF (Tagged Image File Format)

- ◆ Adobe + Silicon Graphics, tag+data field

* GIF (Graphics Interchange Format)

- ◆ CompuServe. LZW Compressed

* JPEG (Joint Photographic Experts Group)

- ◆ ITU. High compression rate

* PCX

- ◆ Paintbrush.

* RAW, PBM, PGM, PPM 등





프로그래밍 툴

- * OpenCV : Open Souce Computer Vision Library (Intel)
- * matlab
- * user written programs (Cimg , IPP, ...)
- * source codes
<http://www.cs.cmu.edu/~cil/v-source.html>
- * xv, cvip, aphelion, khorus





OpenCV Overview: > 500 functions

opencv.willowgarage.com

Robot support



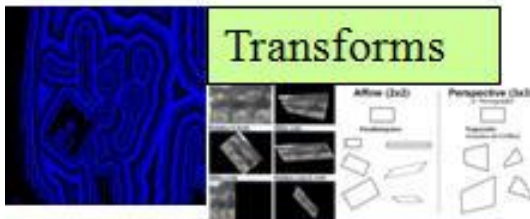
General Image Processing Functions



Segmentation



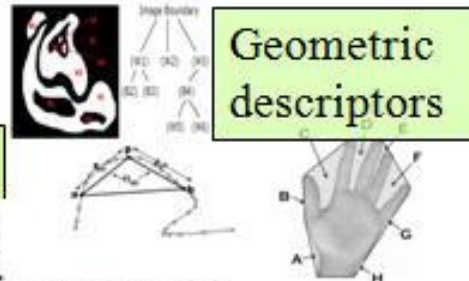
Transforms



Machine Learning: • Detection, • Recognition



Geometric descriptors



Features



Tracking



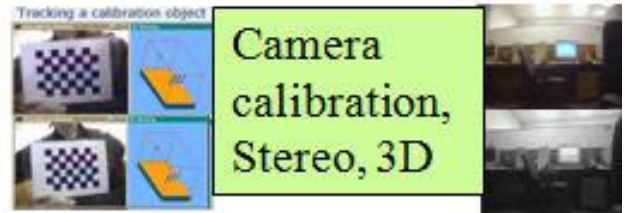
Matrix Math



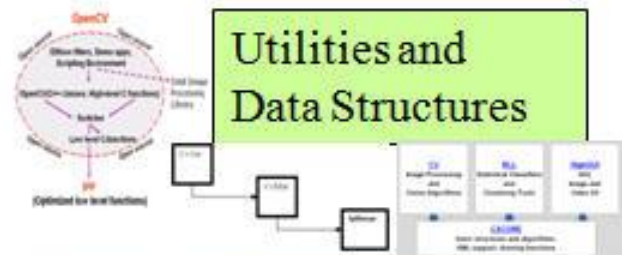
Image Pyramids



Camera calibration, Stereo, 3D



Utilities and Data Structures



Fitting

