

컴퓨터비전(AI응용)

영상의 특징 검출

수업목표

01

경계(Edges)와 형태 특징 이해

영상 내 경계(Edges)와 형태 특징의 의미를 명확히 이해한다.



02

수학적 검출 기법 습득

직선 및 원 검출을 위한 수학적 알고리즘과 기법을 습득한다.



03

객체 연결 및 분할

연결된 객체와 외곽선을 탐지하여 물체를 효과적으로 분할할 수 있다.



04

형태의 수치적 표현

객체의 형태를 수치적으로 표현하고 분석하는 방법을 배운다.



차분(Differencing)

변화 지점을 찾아내는 영상 처리의 기초

"두 픽셀 값의 차이를 계산하여 변화를 감지하는 연산"



공간적 차분 (Spatial Difference)

인접한 픽셀 간의 차이 계산
같은 이미지 내의 위치 변화

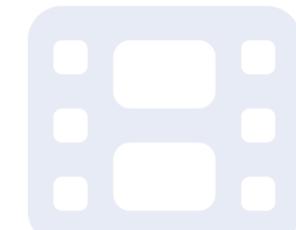


→ Edge(경계선) 검출



시간적 차분 (Temporal Difference)

연속된 프레임 간의 차이 계산
시간의 흐름에 따른 픽셀 변화



→ 움직임(Motion) 검출



Why Important?

특징(Feature)이란 다른 부분과 구별되는 **'변화 지점'**
변화를 수학적으로 표현하면 **차분**이 된다.

차분(Differencing)

- 공간 차분 (예: x방향 차분)

$$g(x, y) = f(x + 1, y) - f(x, y)$$

- 시간 차분 (프레임 차분)

$$D(x, y, t) = |I(x, y, t) - I(x, y, t - 1)|$$

- 차분이 중요한 이유 : 특징(feature)이란 영상에서 다른 부분과 구별되는 '변화 지점' 이기 때문
- 변화를 수학적으로 표현하면 -> 차분이 됨

영상의 특징 검출

| 데이터의 복잡도와 추상화 수준에 따른 특징의 종류

1. 저수준 특징



Low-Level Feature

- ✓ 색상 (Color)
- ✓ 밝기 및 강도 (Intensity)
- ✓ 엣지, 코너 (Edge, Corner)
- ✓ 블롭 (Blob)

2. 중간 수준 특징



Mid-Level Feature

- ✓ 윤곽선 (Contours)
- ✓ 형태 기술자 (Shape Descriptors)
- ✓ 질감 (Texture)

3. 고수준 특징



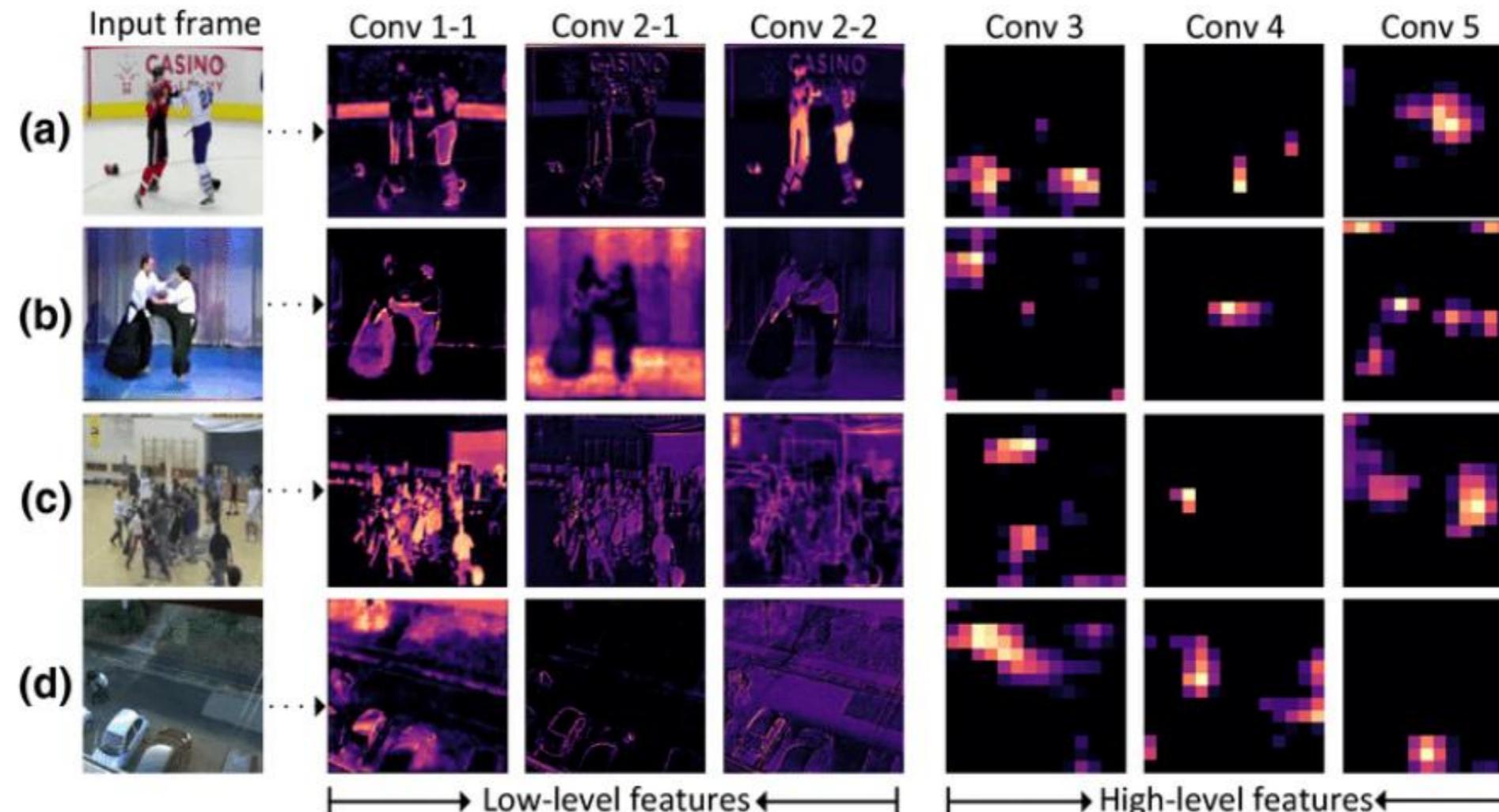
High-Level Feature

- ✓ 지역적 특징 (SIFT, SURF, ORB)
- ✓ 객체 인식 (Object Recognition)
- ✓ 딥러닝 기반 특징 (CNN Features)



특징(Feature)의 수준은 단순한 픽셀 정보(저수준)에서 의미 있는 형태(중간수준), 그리고 객체의 식별 정보(고수준)로 발전합니다.

영상의 특징 검출



필터를 활용한 엣지 검출

소벨 필터 엣지 검출 Sobel Filter & Edge Detection Basics

▣ 엣지(Edge)의 개념

정의

영상에서 픽셀의 밝기(Intensity)가 급격하게 변화하는 지점.
주로 객체의 윤곽선이나 경계에 해당함.

✓ 수학적 해석

- 기울기(Gradient):** 밝기 변화율이 가장 큰 지점
- 목표:** 1차 미분값이 극대값이 되는 위치 탐색

즉, 엣지 검출은 밝기의 변화율을 보고
값이 큰 곳을 찾아내는 문제

▣ 소벨 필터 (Sobel Filter)

미분 연산을 수행하면서 노이즈 영향을 줄이기 위해
고안된 필터 (근사화된 미분)

Core Advantage

-  **평활화 + 미분 결합**
Smoothing + Differentiation

단순 차분은 노이즈에 매우 민감하지만,
Sobel은 주변 픽셀을 고려하여 안정적임(미분 + 평활화 결합)

Gx (수평)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Gy (수직)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

필터를 활용한 엣지 검출

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$

G_x : x방향(수직 엣지) 검출

G_y : y방향(수평 엣지) 검출

100	100	200	200
100	100	200	200
100	100	200	200
100	100	200	200

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

$$\begin{aligned} &-100 \\ &-200 \\ &-100 \\ &200 \\ &400 \\ &\underline{+200} \\ &=400 \end{aligned}$$

Kernel Convolution: The bigger the value at the end, the more noticeable the edge will be.

필터를 활용한 엣지 검출

캐니 엣지 검출 알고리즘 Canny Edge Detection Algorithm : 5 Steps

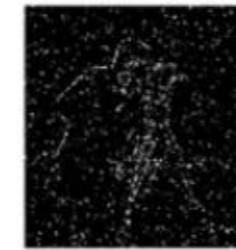


알고리즘 목표

노이즈 억제 + 정확한 엣지 검출 + 단일 엣지 응답(One pixel width)을 통해 최적의 엣지를 찾는다.



필터를 활용한 엣지 검출



(a) Original image

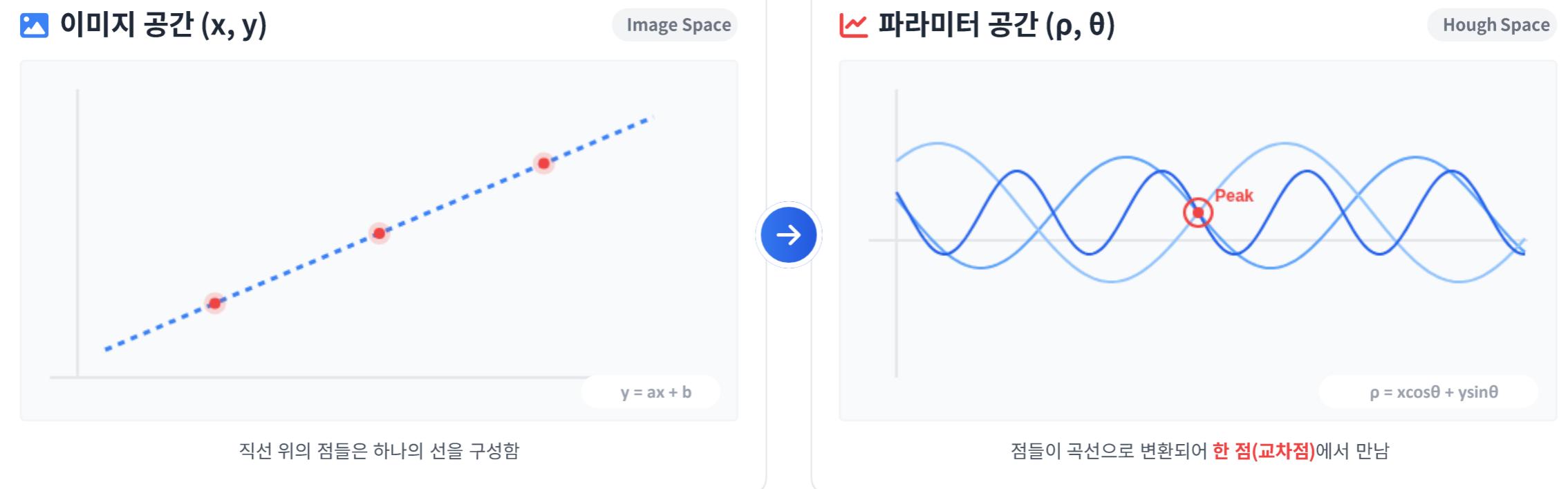
(b) Original algorithm



필터를 활용한 엣지 검출

Hough Transform 직선 및 원 검출을 위한 수학적 기법

영상 내의 엣지(Edge) 포인트들을 파라미터 공간(Parameter Space)으로 매핑하여, 누적(Voting)된 값이 최대인 지점을 찾아 도형을 검출하는 방법



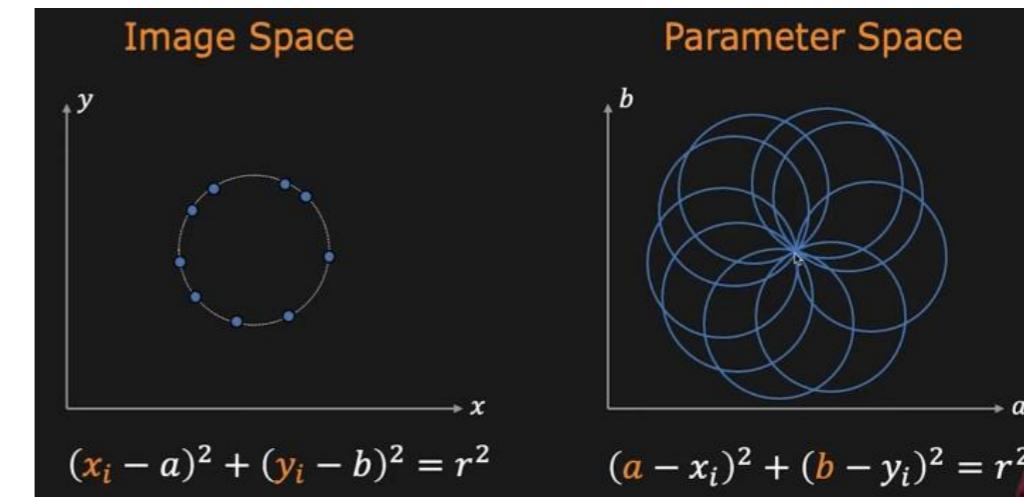
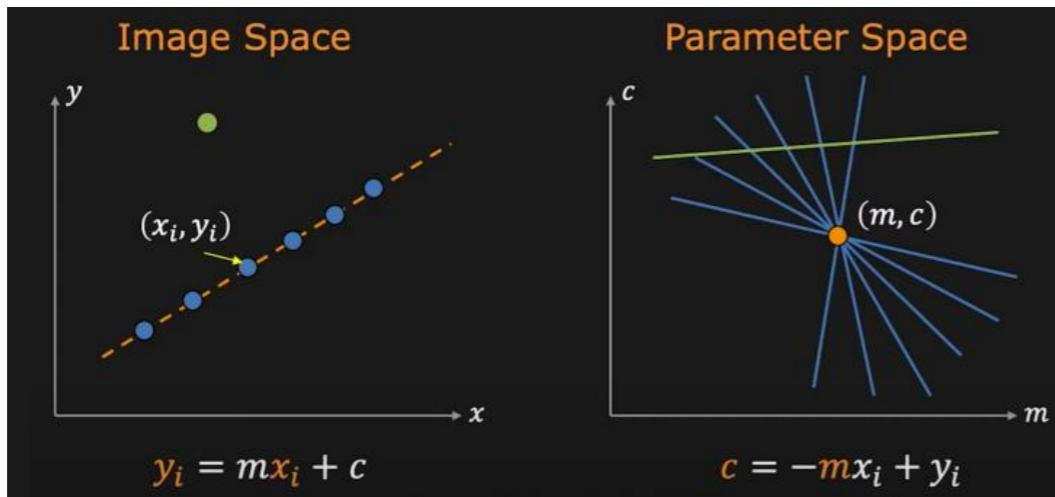
✓ ROBUSTNESS (강건함)

직선이 끊어져 있거나 노이즈가 있어도, **교차점의 누적 값(Accumulator)**이 가장 큰 곳을 찾으므로 검출 성능이 우수함



필터를 활용한 엣지 검출

- 영상의 엣지 정보를 이용해 기하학적 도형(직선, 원 등)을 수학적으로 탐지하는 방법
- Hough Transform**
 - 아이디어 : 직선이나 원 등의 도형은 방정식으로 표현이 가능한 객체임
 - 이미지 공간(image space)에서 **파라미터 공간(parameter Space)으로** 변환함
 - 파라미터 공간을 통해 특정 도형을 정의하는 '수학적 변수'들을 찾아내어 도형이 존재함을 알아낼 수 있음



영상의 객체 검출

"영상에서 관심 있는 객체의 위치와 종류를 판별하는 기술"

엣지 기반 기하학적 검출

윤곽선 정보를 활용한 형태 추론
기하학적 도형(직선, 원 등)은 방정식으로 표현 가능

- ✓ 형태적 특징으로 객체 식별



Hough Transform 연결

이미지 공간 → 파라미터 공간 변환
특정 도형을 정의하는 '수학적 변수'를 탐색



- ✓ 수학적 누적을 통한 존재 판정

Detection Process Flow



1. 엣지 추출

Canny / Sobel



2. 공간 변환

Image Space → Parameter Space



3. 변수 탐색

Accumulator Voting



4. 객체 판정

도형 존재 확인