

# Morphology

김성영교수  
금오공과대학교  
컴퓨터공학과

# 학습 목표

---

- Morphology의 의미를 설명할 수 있다.
- Dilation과 Erosion 연산의 용도와 동작을 설명할 수 있다.  
**팽창연산**   **침식연산**
- Opening과 Closing 연산의 용도와 동작을 설명할 수 있다.  
**침식 -> 팽창**   **팽창 -> 침식**

# 모폴로지 Morphology 개요

---

- 모폴로지 (형태학)

- 생물학의 한 분야로 동물이나 식물의 모양이나 구조를 다루는 학문

- 수학적 모폴로지 mathematical morphology

- 관심 객체의 검출을 쉽게 처리할 수 있도록 영상 분할 결과를 단순화하는 방법으로 사용

- 객체 경계의 단순화, 작은 구멍을 채움, 작은 돌기의 제거 등

- Binary 영상과 Gray-scale 영상에 적용 가능

- 모폴로지 필터링 morphological filtering

- 구조적 요소 structuring element와 팽창 dilation 및 침식 erosion 연산 사용

# 기본 집합 이론 Basic Set Theory

---

Let  $A$  and  $B$  be sets in  $Z^2$

$a$  is an **element** of  $A$   $\rightarrow a \in A$

$a$  is **not an element** of  $A$   $\rightarrow a \notin A$

$A$  is a **subset** of  $B$   $\rightarrow A \subseteq B$

The **union** of  $A$  and  $B$

$$\rightarrow A \cup B = \{x \mid x \in A \text{ or } x \in B\}$$

The **intersection** of  $A$  and  $B$

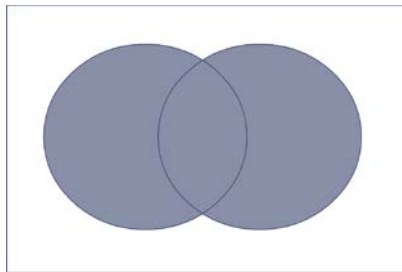
$$\rightarrow A \cap B = \{x \mid x \in A \text{ and } x \in B\}$$

The **complement** of  $A$

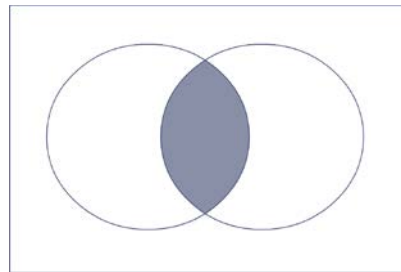
$$\rightarrow A^c = \{x \mid x \notin A\}$$

The **difference** of  $A$  and  $B$

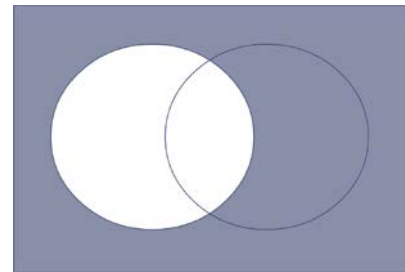
$$\rightarrow A - B = \{x \mid x \in A \text{ and } x \notin B\}$$



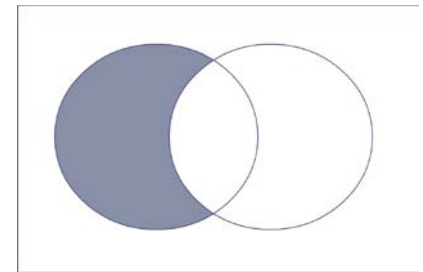
$A \cup B$



$A \cap B$



$A^c$



$A - B$

# 이진 영상에서의 팽창 연산Dilation operation

- 객체의 크기를 확장
  - 객체 내부의 작은 구멍을 채움
  - 근접한 위치의 두 객체를 연결

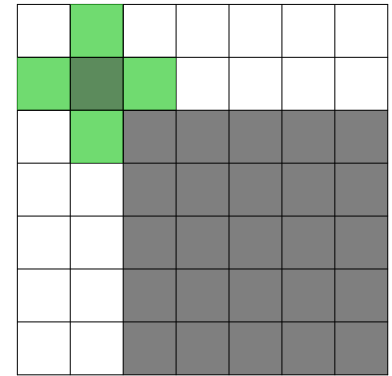
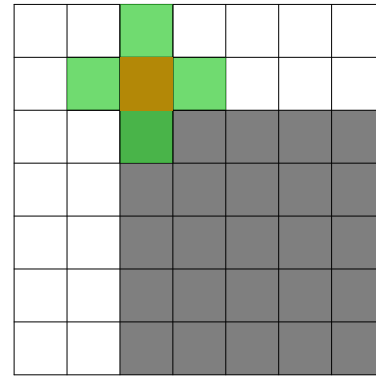
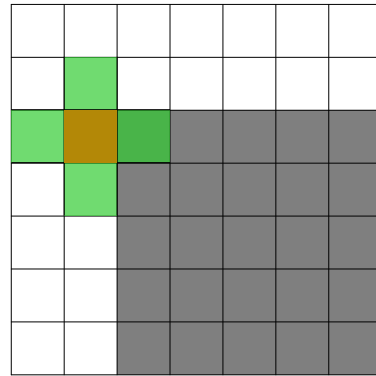
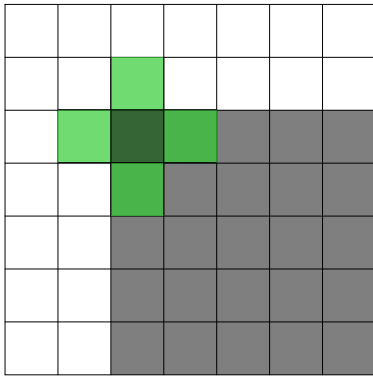
$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

$A$ : image

$B$ : Structuring element

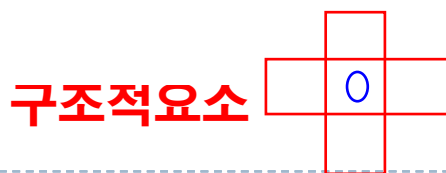
$$A \oplus B = B \oplus A$$

$$A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$$

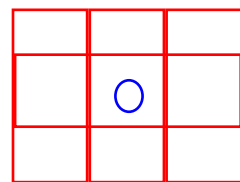


## 알고리즘

1. 구조적 요소의 중심이 영상의 '0'에 위치하면 다음 위치로 이동
2. 구조적 요소의 중심이 영상의 '1'에 위치하면 구조요소와 영상을 논리적 OR 연산 수행

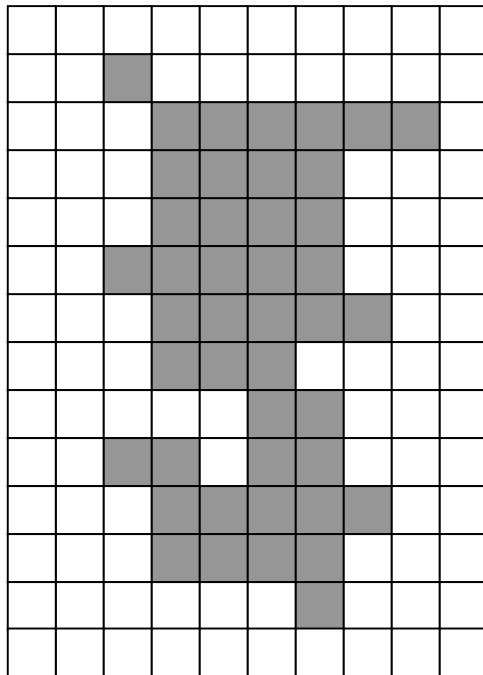
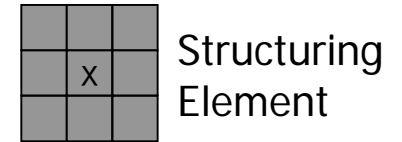


4연결성

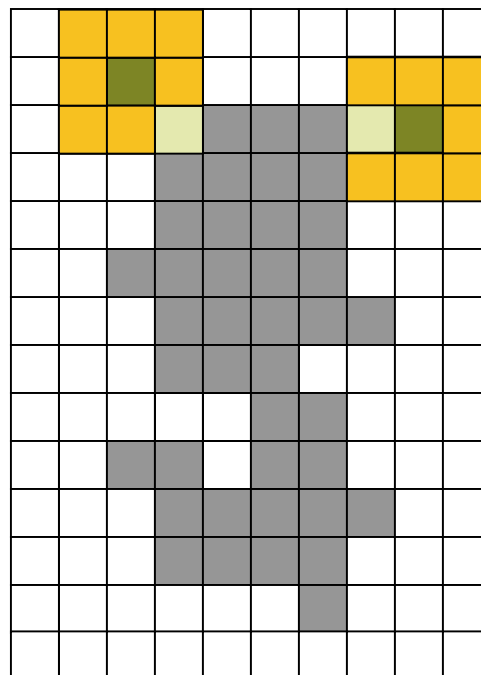


8연결성

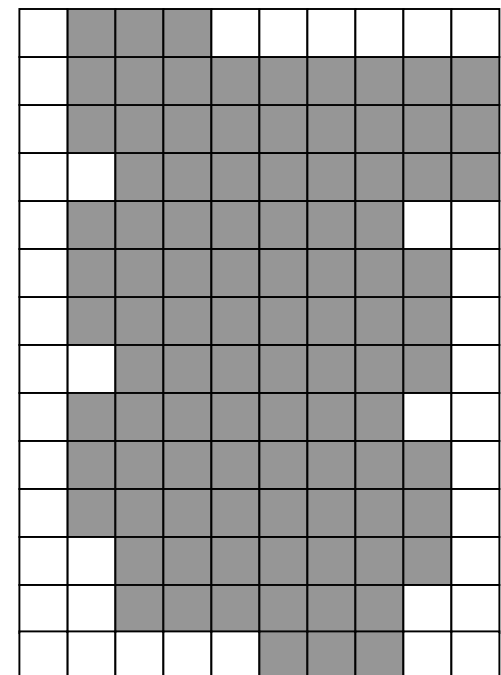
# example



Original Image



중간 결과



After Dilation



## Section 03 이진 영상에서의 형태학 처리

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

[그림 11-9] 이진 영상에서 팽창 처리 이해



Original image



Dilation with SE  
of rectangle (7x7)

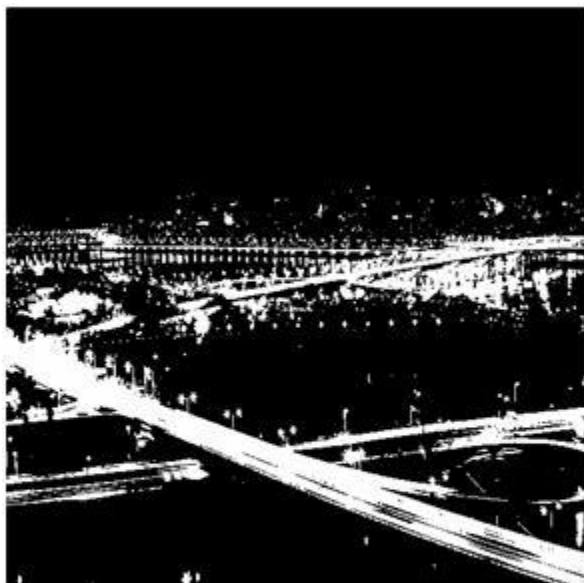


Dilation with SE  
of circle (7x7)

## [실습하기 11-2] 팽창 프로그램

### ⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 실제 이진 영상에서 팽창 처리를 수행한 결과 영상. 전체적으로 테두리의 흰색 화소가 증가하여 두꺼워짐.



(a) 원본 영상



(b) 팽창 영상

실제 이진 영상에서 팽창한 결과 영상

# 이진 영상에서의 침식 연산Erosion operation

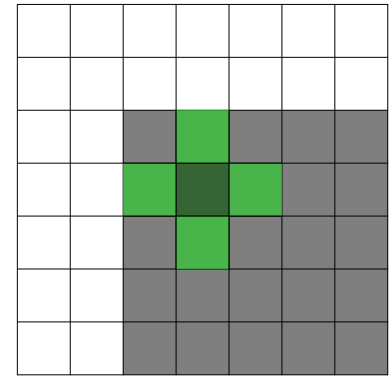
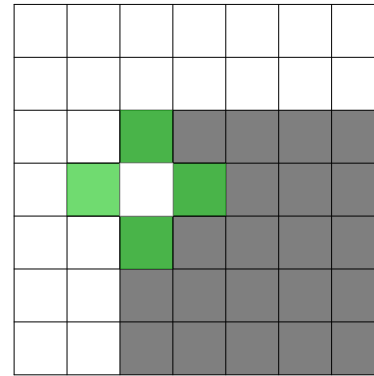
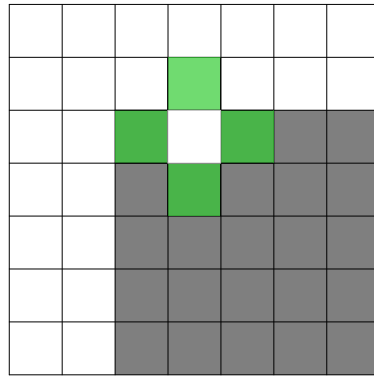
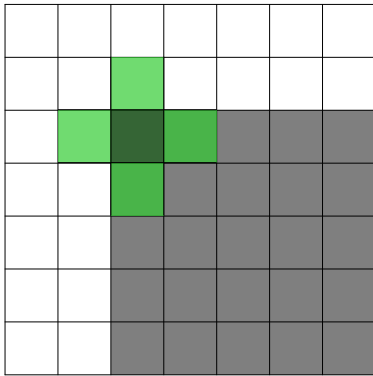
---

- 객체의 크기를 축소
  - 객체 경계를 침식
  - 작은 돌기를 제거

$$A \ominus B = \{z \mid B_z \subseteq A\}$$

$A$ : image

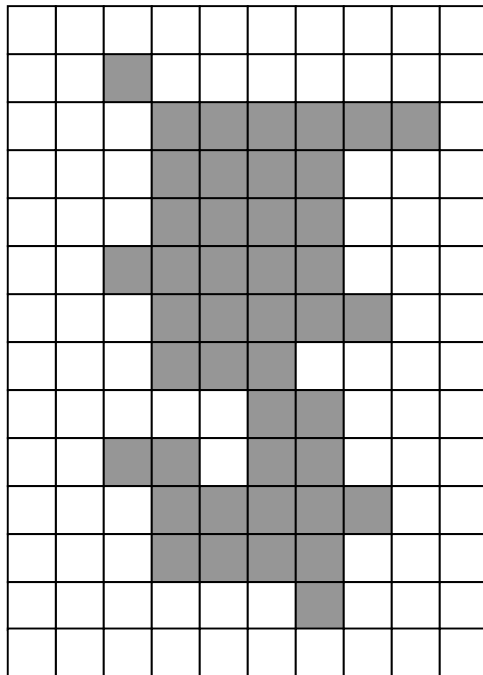
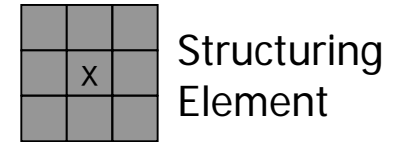
$B$ : Structuring element



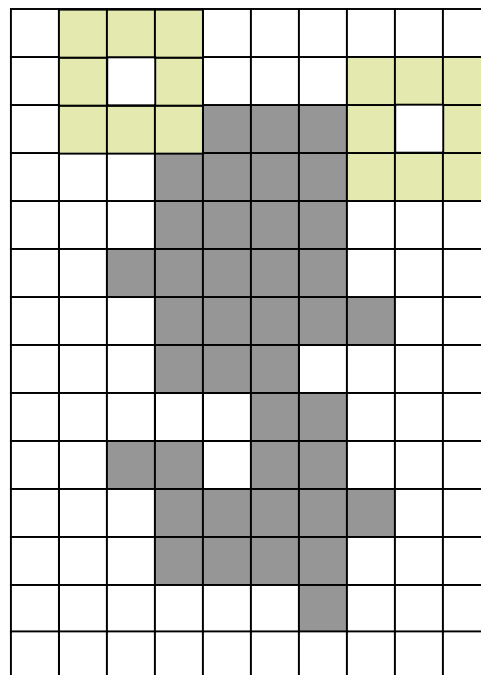
## 알고리즘

1. 구조적 요소의 중심이 영상의 '0'에 위치하면 다음 위치로 이동
2. 구조적 요소의 중심이 영상의 '1'에 위치하면 구조요소에서 '1' 위치가 하나라도 객체를 벗어나면 그 위치는 '0'으로 변경

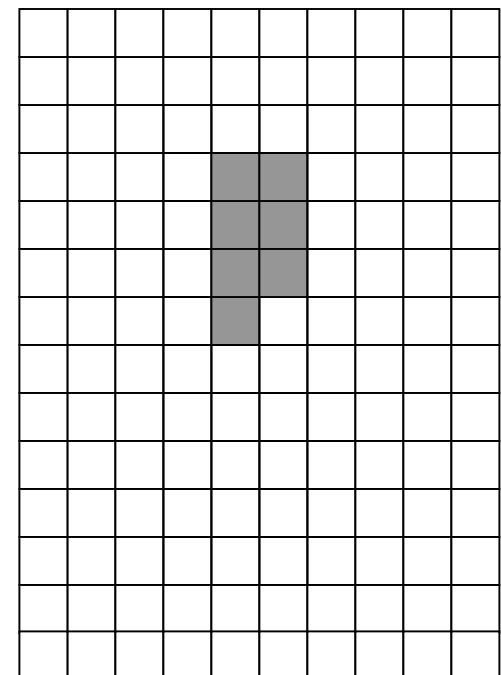
# example



Original Image



중간 결과



After Erosion

## 침식[계속]

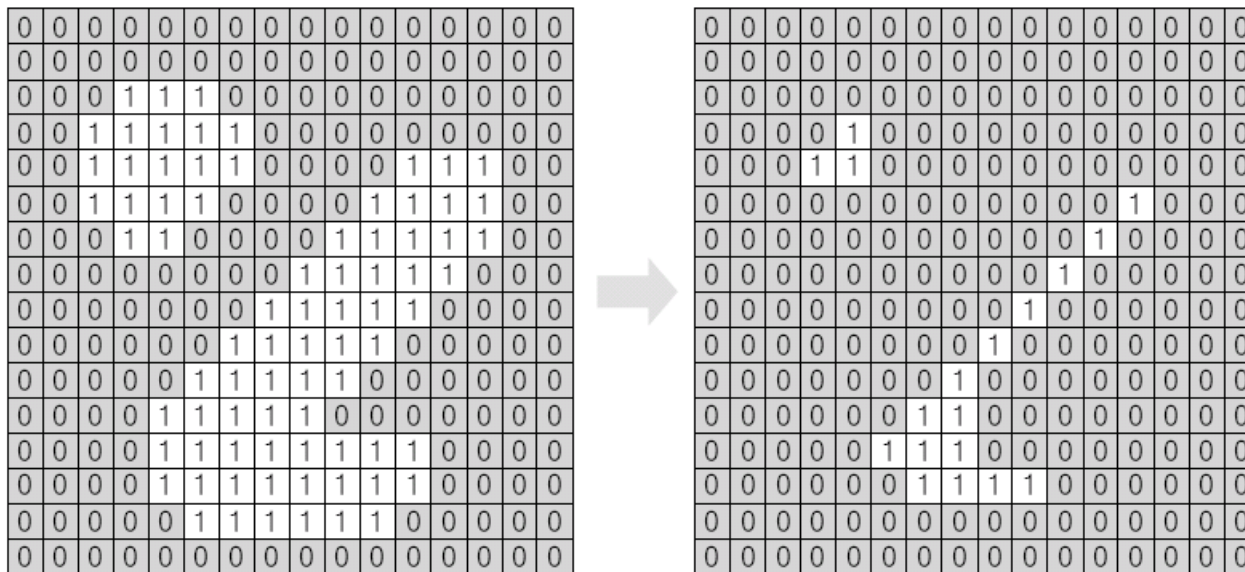
### 교환 법칙 성립

$$A \cdot B = B \cdot A$$

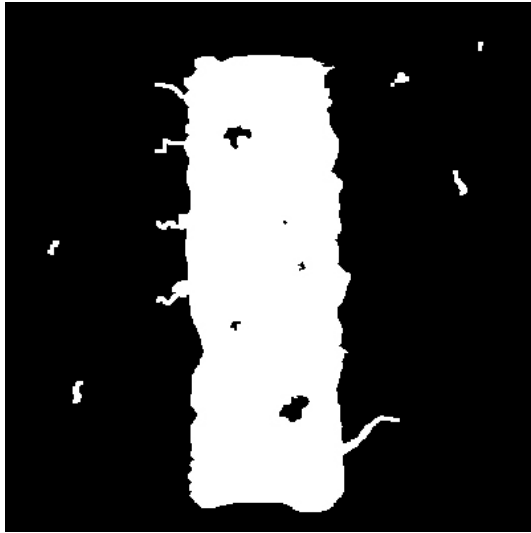
### 형태소의 크기에 따라 침식되는 정도가 결정됨

- 형태소의 크기가 작으면 침식의 정도도 작고, 크기가 크면 침식의 정도도 큼.

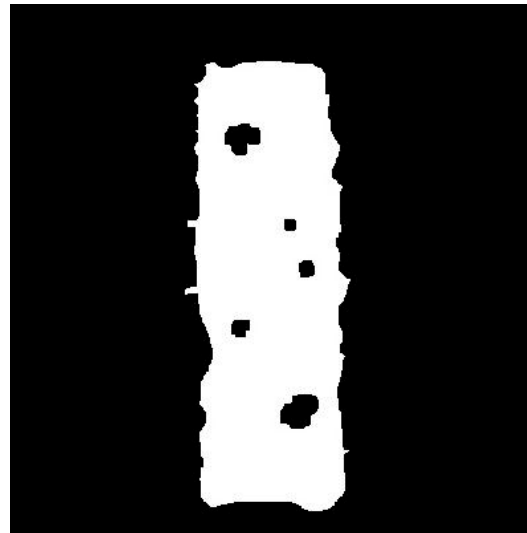
### 같은 형태소를 반복해서 적용하면 침식이 계속 일어나 객체를 완전하게 제거할 수 있음.



[그림 11-6] 이진 영상에서의 침식 처리 이해



Original image



Erosion with SE  
of rectangle (7x7)



Erosion with SE  
of circle (7x7)



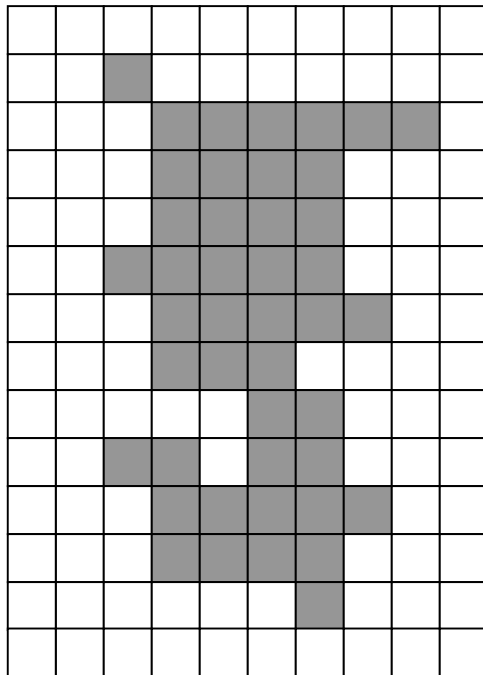
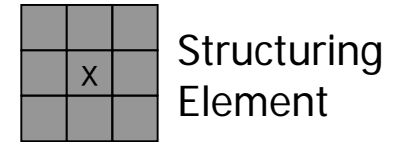
## 열림 연산 Opening operation

---

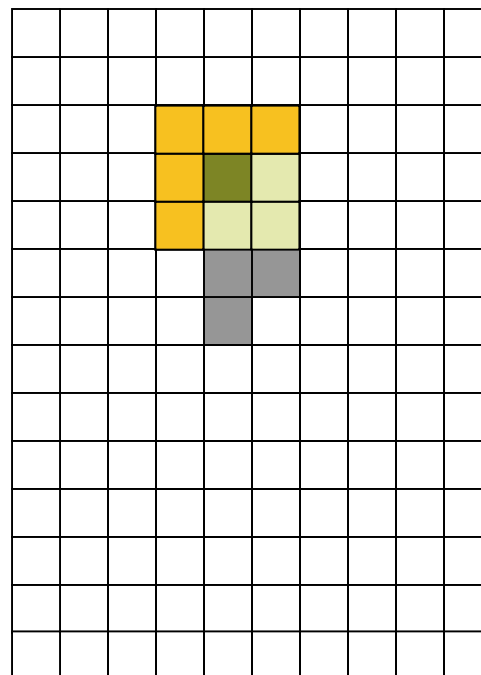
- 침식 Erosion 연산을 수행한 후 다시 팽창 Dilation 연산 적용
- 작은 크기의 객체에 포함되는 픽셀들을 제거

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

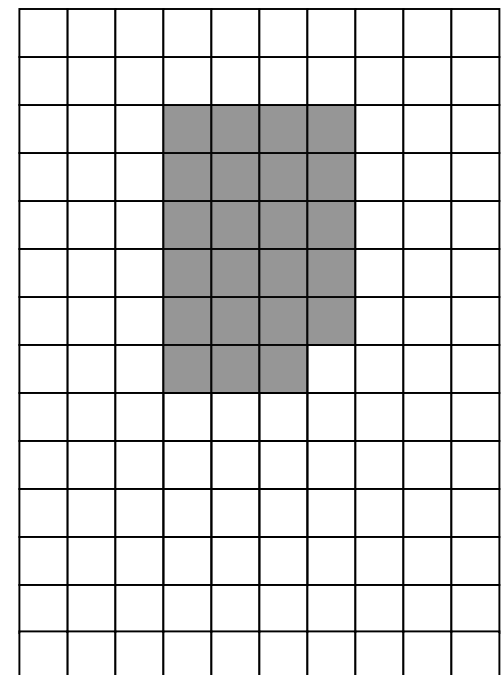
# example



Original Image



After Erosion



After Opening

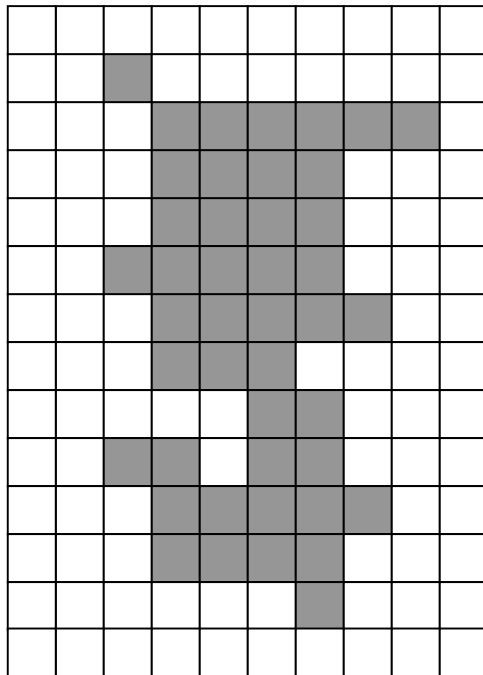
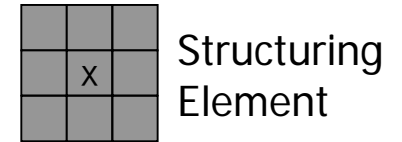
## 닫힘 연산 Closing operation

---

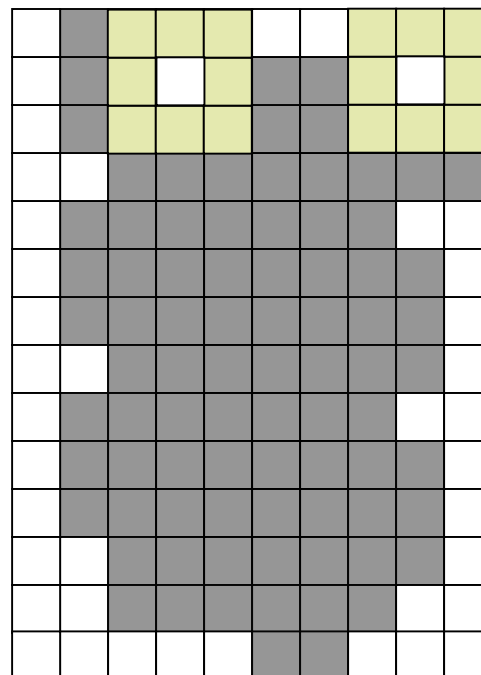
- 팽창Dilation 연산을 수행한 후 다시 침식Erosion 연산 적용
- 객체 내부의 작은 구멍hole이나 간격gap을 채움

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

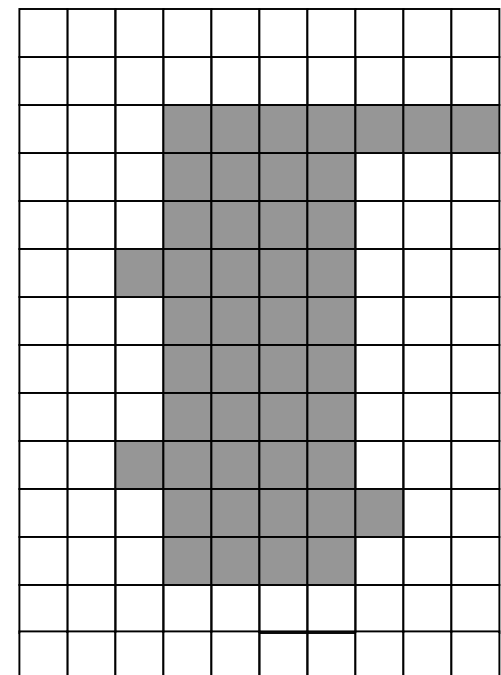
# example



Original Image



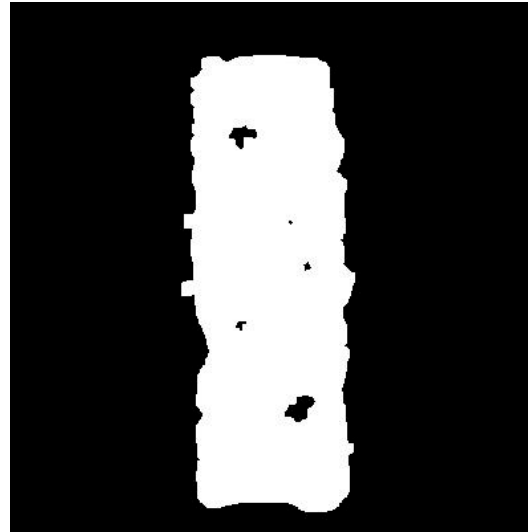
After Dilation



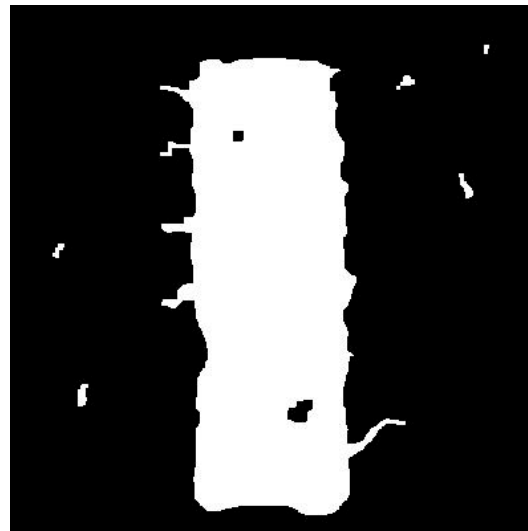
After Closing



Original image



Opening with SE  
of rectangle (7x7)



Closing with SE  
of rectangle (7x7)



dilation



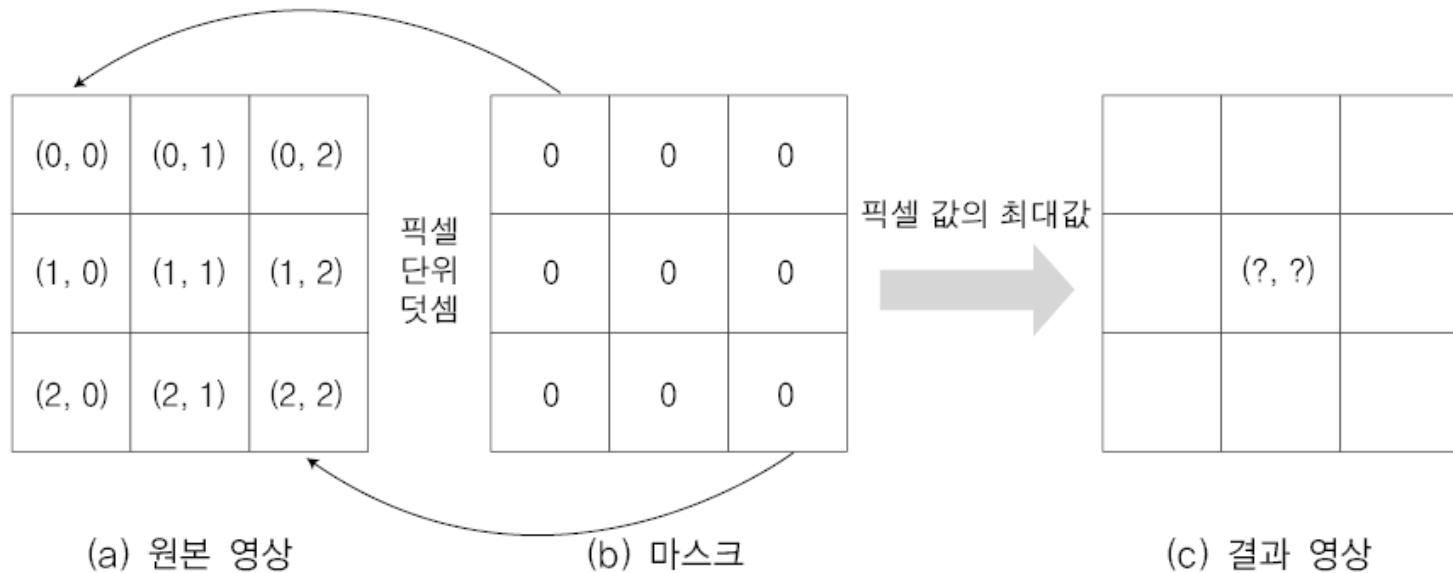
erosion



gradient

## 그레이 영상의 팽창연산

- ❶ 그레이 영상에서 객체를 더 밝게 하여 객체를 크게 보이게 하는 효과
- ❷ 침식처럼 밝기가 균일하지 않은 영역에서 효과적으로 동작
- ❸ 사용되는 형태소 마스크의 특징은 모든 화소를 0~255까지의 범위로 변화시킬 수 있도록 구성할 수 있음.
- ❹ 팽창연산의 결과로 화소 값이 255에 가까운 값이 되도록 형태소 마스크를 구성하면 더욱 분명한 팽창 효과를 얻을 수 있음.

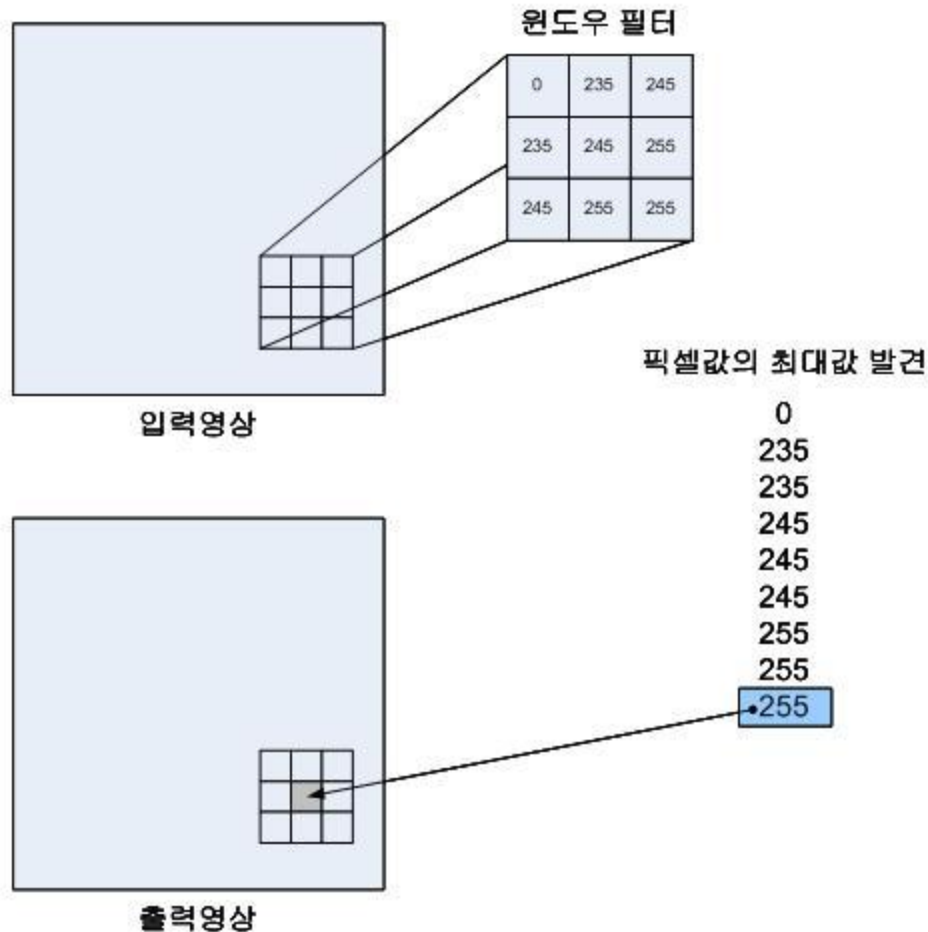


[그림 11-22] 그레이 영상에서 팽창 수행 과정

## 그레이 영상의 팽창연산[계속]

결과 화소가 결정되는 것은 다음과 같이 표현 가능

$$O(x, y) = \max\{\text{입력 화소 밝기와 마스크 화소의 각 합}\}$$



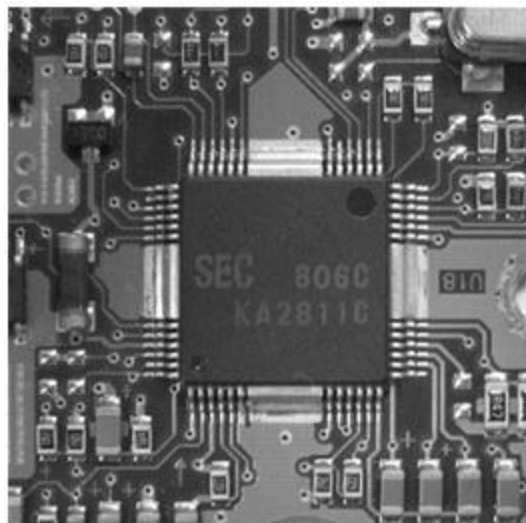
[그림 11-23] 그레이 영상에서 발견한 최대값으로 팽창 수행



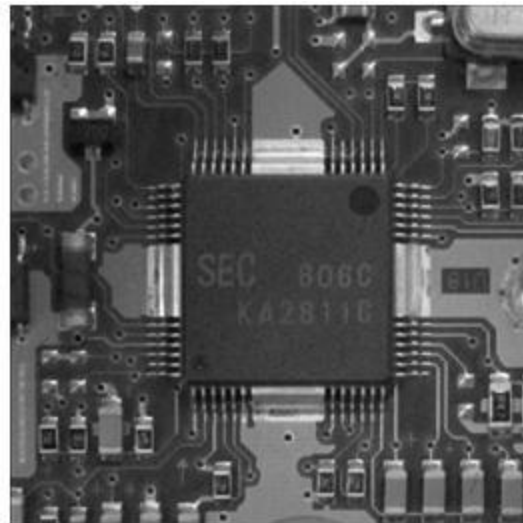
## [실습하기 11-3] 그레이 영상의 침식 연산 프로그램

### ⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 각 객체의 밝은 색이 줄어들어 축소된 효과



(a) 입력 영상



(b) 결과 영상

실제 그레이 영상에서 침식을 수행한 결과 영상

## [실습하기 11-4] 그레이 영상의 팽창 연산 프로그램

### ⑤ 프로그램 실행 결과 영상

- 입력 영상보다 객체의 밝기가 밝아져 팽창된 결과



(a) 입력 영상



(b) 결과 영상

실제 그레이 영상에서 팽창을 수행한 결과 영상



dilation



erosion

## 그레이 영상의 열림과 닫힘연산

- 이진 영상에서 열림과 닫힘연산은 침식과 팽창으로 얻음.
- 그레이 영상도 그레이 영상의 침식과 닫힘연산을 이용하해 그레이 영상에서 열림과 닫힘연산을 수행
- 이진 영상의 결과처럼 경계선이 부드러워진 효과



(a) 입력 영상



(b) 열림연산 결과 영상



(c) 닫힘연산 결과 영상

[그림 11-24] 실제 그레이 영상에서 열림과 닫힘연산을 수행한 결과 영상



**Thank you**

---