

## 제 4 장 형태학적 처리

### 학습목표

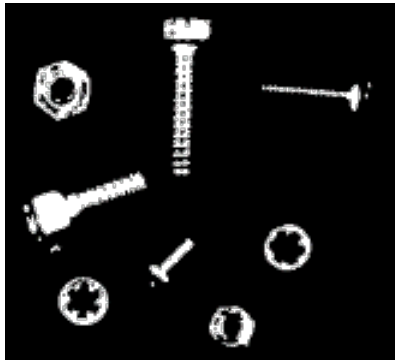
✦ 다음 형태학적 처리의 개념을 설명하고 프로그램으로 작성할 수 있다

- 침식 연산
- 팽창 연산
- 열림 연산
- 닫힘 연산

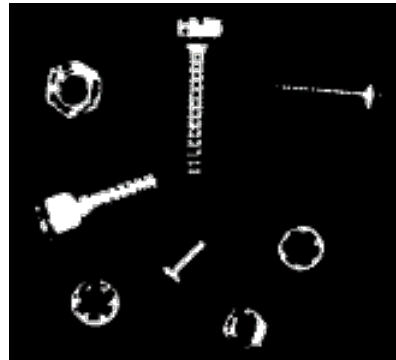
# 침식 연산

## 물체의 크기를 축소

예) 배경 = 0인 경우의 침식 연산 예



입력 영상



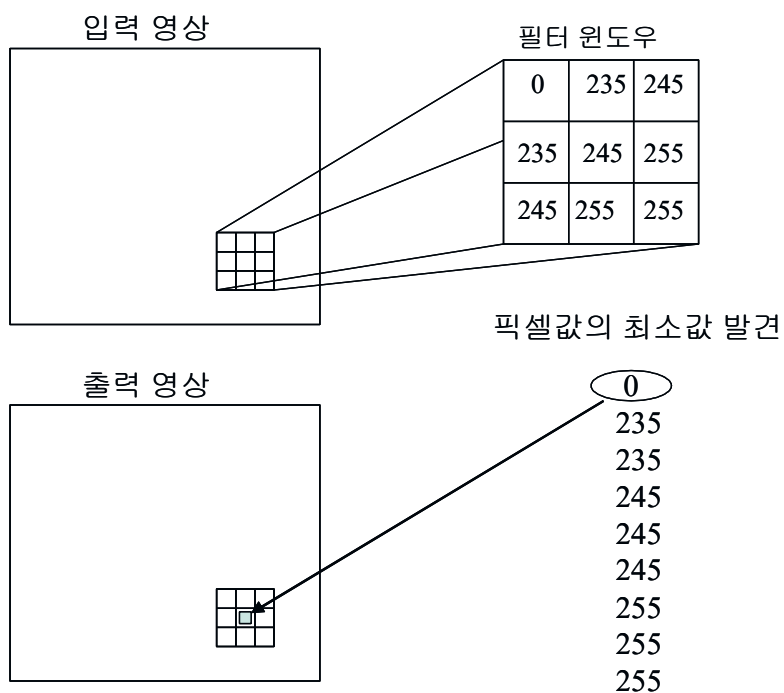
침식 연산

<bolts(이진).pgm>

2022. 12. 7.

3

## 침식 연산의 구현 - 최소값 필터



2022. 12. 7.

4

# 최소값 필터 예

|   |   |     |     |     |   |   |
|---|---|-----|-----|-----|---|---|
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

|  |  |   |  |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|--|
|  |  |   |  |  |  |  |
|  |  |   |  |  |  |  |
|  |  | 0 |  |  |  |  |
|  |  |   |  |  |  |  |
|  |  |   |  |  |  |  |
|  |  |   |  |  |  |  |
|  |  |   |  |  |  |  |

(a) 출력 영상

|   |   |     |     |     |   |   |
|---|---|-----|-----|-----|---|---|
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

(c)

|  |  |   |     |   |  |  |
|--|--|---|-----|---|--|--|
|  |  |   |     |   |  |  |
|  |  |   |     |   |  |  |
|  |  | 0 | 255 | 0 |  |  |
|  |  |   |     |   |  |  |
|  |  |   |     |   |  |  |
|  |  |   |     |   |  |  |
|  |  |   |     |   |  |  |

출력 영상

|   |   |     |     |     |   |   |
|---|---|-----|-----|-----|---|---|
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

2022. 12. 7.

|  |  |   |     |  |  |  |
|--|--|---|-----|--|--|--|
|  |  |   |     |  |  |  |
|  |  |   |     |  |  |  |
|  |  | 0 | 255 |  |  |  |
|  |  |   |     |  |  |  |
|  |  |   |     |  |  |  |
|  |  |   |     |  |  |  |
|  |  |   |     |  |  |  |

(b) 출력 영상

|   |   |     |     |     |   |   |
|---|---|-----|-----|-----|---|---|
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

(d)

|  |   |   |     |   |   |  |
|--|---|---|-----|---|---|--|
|  |   |   |     |   |   |  |
|  |   |   |     |   |   |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |

출력 영상

5

## ✦ 침식연산 적용 예

|   |   |     |     |     |   |   |
|---|---|-----|-----|-----|---|---|
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

|  |   |   |     |   |   |  |
|--|---|---|-----|---|---|--|
|  |   |   |     |   |   |  |
|  |   |   |     |   |   |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |
|  | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |  |

출력 영상

(a)

|   |     |     |     |     |     |   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |
| 0 | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 | 0 |

입력 영상

|  |   |     |     |     |   |  |
|--|---|-----|-----|-----|---|--|
|  |   |     |     |     |   |  |
|  |   |     |     |     |   |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |

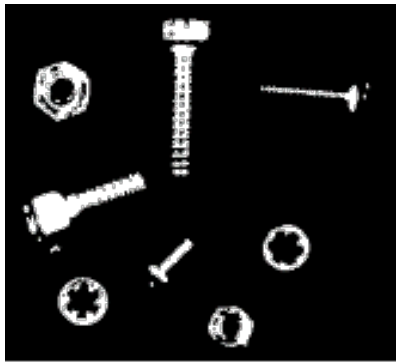
출력 영상

(b)

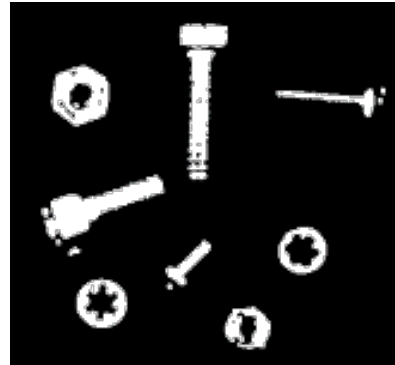
# 팽창 연산

## 물체의 크기를 확장

예) 배경 = 0인 경우의 팽창 연산 예



입력 영상



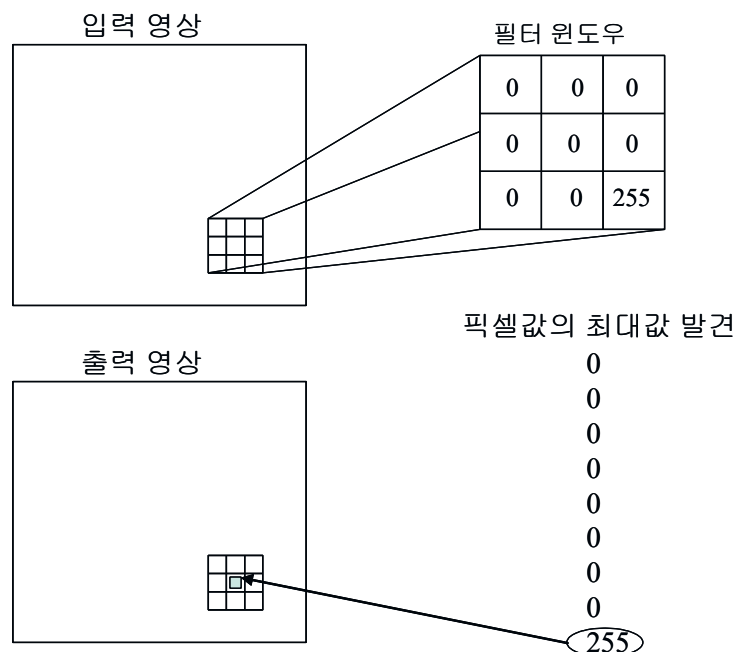
팽창 연산

<bolts(이진).pgm>

2022. 12. 7.

7

## 팽창 연산의 구현 – 최대값 필터



2022. 12. 7.

8

# 최대값 필터 예

|   |   |   |     |   |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |

입력 영상

|  |  |  |     |  |  |  |
|--|--|--|-----|--|--|--|
|  |  |  |     |  |  |  |
|  |  |  | 255 |  |  |  |
|  |  |  |     |  |  |  |
|  |  |  |     |  |  |  |
|  |  |  |     |  |  |  |
|  |  |  |     |  |  |  |
|  |  |  |     |  |  |  |

(a) 출력 영상

|   |   |   |     |   |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |

입력 영상

(c) 출력 영상

|  |  |  |     |     |     |  |
|--|--|--|-----|-----|-----|--|
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  |     |     |     |  |

|   |   |   |     |   |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |

입력 영상

2022. 12. 7.

|  |  |  |     |     |  |  |
|--|--|--|-----|-----|--|--|
|  |  |  |     |     |  |  |
|  |  |  | 255 | 255 |  |  |
|  |  |  |     |     |  |  |
|  |  |  |     |     |  |  |
|  |  |  |     |     |  |  |
|  |  |  |     |     |  |  |
|  |  |  |     |     |  |  |

(b) 출력 영상

|   |   |   |     |   |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |

입력 영상

(d) 출력 영상

|  |  |  |     |     |     |  |
|--|--|--|-----|-----|-----|--|
|  |  |  |     |     |     |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |
|  |  |  | 255 | 255 | 255 |  |

9

# 팽창 연산

## ✦ 팽창연산 적용 예

|   |   |   |     |   |   |   |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 | 0 |

입력 영상

|  |   |     |     |     |   |  |
|--|---|-----|-----|-----|---|--|
|  |   |     |     |     |   |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  | 0 | 255 | 255 | 255 | 0 |  |
|  |   |     |     |     |   |  |

출력 영상

(a)

|   |     |   |   |     |   |   |
|---|-----|---|---|-----|---|---|
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |
| 0 | 255 | 0 | 0 | 255 | 0 | 0 |

입력 영상

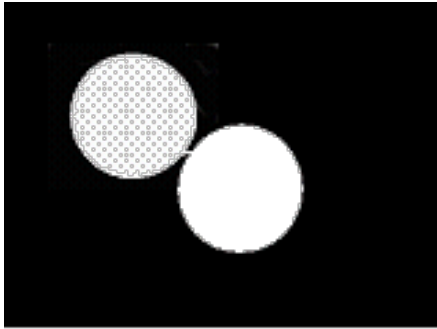
|  |     |     |     |     |     |  |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|  |     |     |     |     |     |  |
|  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |
|  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |
|  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |
|  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |
|  | 255 | 255 | 255 | 255 | 255 |  |
|  |     |     |     |     |     |  |

출력 영상

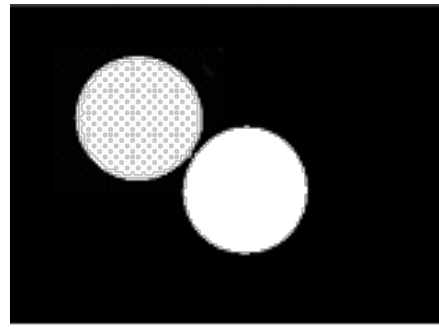
(b)

## 열림 연산

- # 침식 연산을 적용한 다음에 팽창 연산을 적용
  - 물체를 분리하는데 유용



입력 영상  
<twopills.pgm>



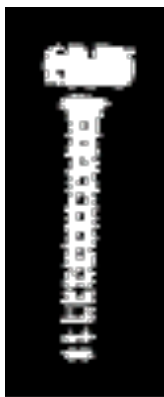
열림 연산 적용 결과

2022. 12. 7.

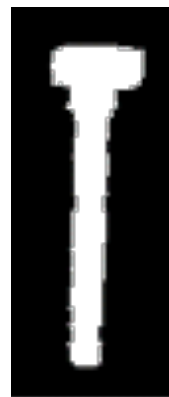
11

## 닫힘 연산

- # 팽창 연산을 적용한 다음에 침식 연산 적용
  - 분리된 물체를 결합하는데 유용



입력 영상  
<onebolt.pgm>



닫힘 연산 적용 결과

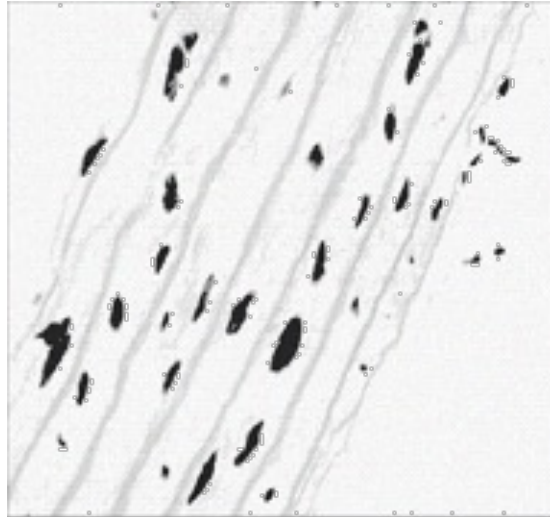
2022. 12. 7.

12

## 열림 연산 적용 예

### ✦ 세포의 개수 검사

- 크고 검은 영역이 세포를 나타냄



2022. 12. 7.

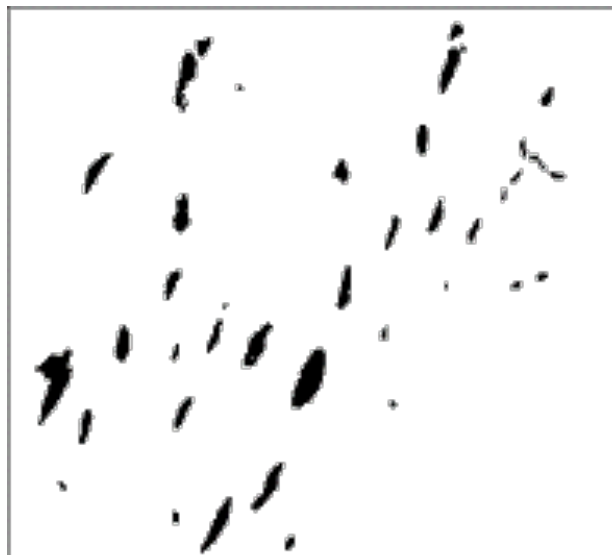
<세포.pgm>

13

## 열림 연산 적용 예

### ✦ 분석을 쉽게 하기 위해 이진 영상으로 변환

- 임계값을 이용한 이진화



2022. 12. 7.

14

## 열림 연산 적용 예

### # 크기가 작은 점들의 제거

- 열림 연산 사용(배경 = 255)



침식 연산을 3회 연속 수행한  
다음에 팽창연산을 3회 적용한  
결과

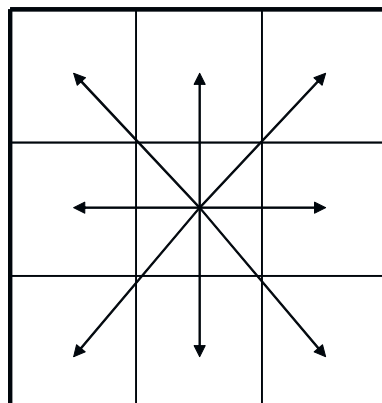
2022. 12. 7.

15

## 열림 연산 적용 예

### # 검은색 영역을 카운트

- 배경이 아닌 한 픽셀에서 시작하여 8 방향으로 연결된 영역 검출



2022. 12. 7.

16



## 침식 연산 실습

### 침식 연산

- # 메뉴막대에 [형태학적 처리]를 위한 메뉴 추가
  - 이름 : 형태학적 처리
- # [형태학적 처리] 메뉴에 침식 연산을 위한 submenu 추가
  - 이름 : 침식 연산
  - ID : ID\_EROSION

## 침식 연산

### # CImageProView 클래스에 이벤트처리기 OnErosion() 함수 추가

```
void CImageProView::OnErosion()
{
    CImageProDoc* pDoc = GetDocument();
    ASSERT_VALID(pDoc);

    if (pDoc->inputImg == NULL) return;
    pDoc->Erosion();
    viewMode = TWO_IMAGES;
    Invalidate(FALSE);
}
```

2022. 12. 7.

19

## 침식 연산

### # CImageProDoc 클래스에 Erosion() 함수 추가

- 반환 형식 : void
- 함수 이름 : Erosion

2022. 12. 7.

20

## 침식 연산

```
void CImageProDoc::Erosion()
{
    int x, y, min, i, j;

    for (y = 1; y < imageHeight - 1; y++)
        for (x = 1; x < imageWidth - 1; x++) {
            min = 255;
            if (inputImg[y-1][x-1] < min) min = inputImg[y-1][x-1];
            if (inputImg[y-1][x] < min) min = inputImg[y-1][x];
            if (inputImg[y-1][x+1] < min) min = inputImg[y-1][x+1];
            if (inputImg[y][x-1] < min) min = inputImg[y][x-1];
            if (inputImg[y][x] < min) min = inputImg[y][x];
            if (inputImg[y][x+1] < min) min = inputImg[y][x+1];
            if (inputImg[y+1][x-1] < min) min = inputImg[y+1][x-1];
            if (inputImg[y+1][x] < min) min = inputImg[y+1][x];
            if (inputImg[y+1][x+1] < min) min = inputImg[y+1][x+1];

            resultImg[y][x] = min; // 최소값을 결과 영상에 저장
        }
}
```

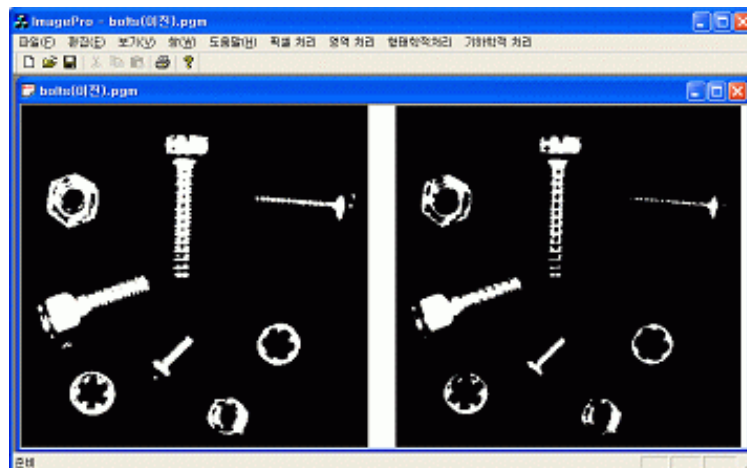
2022. 12. 7.

21

## 침식 연산

### 컴파일하고 프로그램을 실행

- “bolts(이진).pgm” 영상을 불러들인 다음에 침식 연산을 적용



2022. 12. 7.

22

## 팽창 연산 실습



### 팽창 연산

✦ [형태학적 처리] 메뉴 아래에 팽창 연산을 위한 부메뉴를 추가

- 이름 : 팽창 연산
- ID : ID\_DILATION

## 팽창 연산

- # CImageProView 클래스에 OnDilation() 함수를 추가

```
void CImageProView::OnDilation()
{
    CImageProDoc* pDoc = GetDocument();
    ASSERT_VALID(pDoc);

    if (pDoc->inputImg == NULL) return;
    pDoc->Dilation();
    viewMode = TWO_IMAGES;
    Invalidate(FALSE);
}
```

2022. 12. 7.

25

## 팽창 연산

- # CImageProDoc 클래스에 Dilation() 함수 추가

- 반환 형식 : void
- 함수 이름 : Dilation

2022. 12. 7.

26

## 팽창 연산

```
void CImageProDoc::Dilation()
{
    int x, y, max, i, j;

    for (y = 1; y < imageHeight - 1; y++)
        for (x = 1; x < imageWidth - 1; x++) {
            max = 0;
            if (inputImg[y-1][x-1] > max) max = inputImg[y-1][x-1];
            if (inputImg[y-1][x] > max) max = inputImg[y-1][x];
            if (inputImg[y-1][x+1] > max) max = inputImg[y-1][x+1];
            if (inputImg[y][x-1] > max) max = inputImg[y][x-1];
            if (inputImg[y][x] > max) max = inputImg[y][x];
            if (inputImg[y][x+1] > max) max = inputImg[y][x+1];
            if (inputImg[y+1][x-1] > max) max = inputImg[y+1][x-1];
            if (inputImg[y+1][x] > max) max = inputImg[y+1][x];
            if (inputImg[y+1][x+1] > max) max = inputImg[y+1][x+1];

            resultImg[y][x] = max; // 최대값을 결과 영상에 저장
        }
}
```

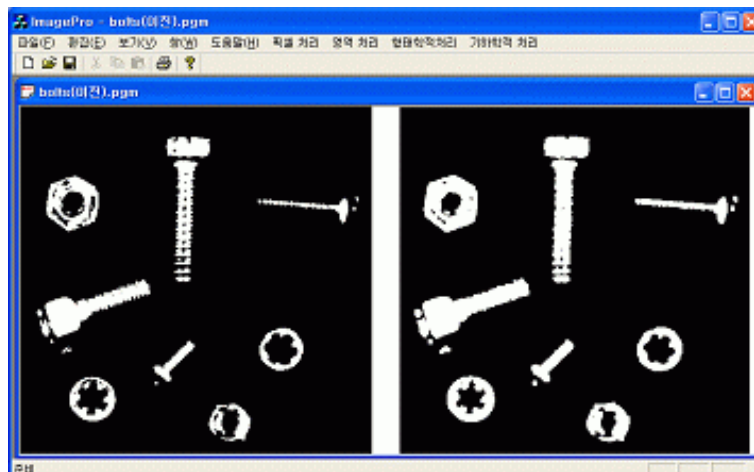
2022. 12. 7.

27

## 팽창 연산

### 컴파일하고 프로그램을 실행

- “bolts(이진).pgm” 영상을 불러들인 다음에 팽창 연산을 적용



2022. 12. 7.

28

## 열림 연산 실습

### 열림 연산

✦ [형태학적 처리] 메뉴 아래에 열림 연산을 위한 부메뉴 추가

- 이름 : 열림 연산
- ID : ID\_OPENING

## 열림 연산

### # CImageProView 클래스에 OnOpening() 함수 추가

```
void CImageProView::OnOpening()
{
    CImageProDoc* pDoc = GetDocument();
    ASSERT_VALID(pDoc);

    if (pDoc->inputImg == NULL) return;
    pDoc->Opening();
    viewMode = TWO_IMAGES;
    Invalidate(FALSE);
}
```

2022. 12. 7.

31

## 열림 연산

### # CImageProDoc 클래스에 Opening() 함수 추가

- 반환 형식 : void
- 함수 이름 : Opening

```
void CImageProDoc::Opening()
{
    Erosion();
    CopyResultToInput();
    Erosion();
    CopyResultToInput();
    Erosion();
    CopyResultToInput();
    Dilation();
    CopyResultToInput();
    Dilation();
    CopyResultToInput();
    Dilation();
}
```

2022. 12. 7.

32



## 열림 연산

### ✦ CImageProDoc 클래스에 CopyResultToInput() 함수추가

- 반환 형식 : void
- 함수 이름: CopyResultToInput

```
void CImageProDoc::CopyResultToInput()
{
    int x, y;

    for (y = 0; y < imageHeight; y++)
        for (x = 0; x < imageWidth; x++)
            inputImg[y][x] = resultImg[y][x];
}
```

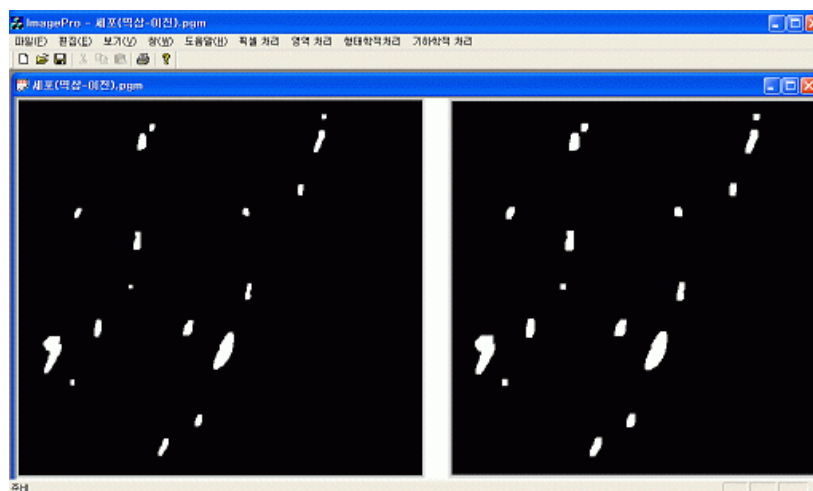
2022. 12. 7.

33

## 열림 연산

### ✦ 프로그램을 컴파일하고 실행

- “세포(역상-이진).pgm” 파일을 열은 다음에 열림 연산 적용



2022. 12. 7.

34

# 열림 연산

# “twopills.pgm” 파일을 열은 다음에 열림 연산 실행

