

# 외곽선 기반 CCTV 영상 개인정보 비식별화 방법<sup>1</sup>

박소희 한국전자통신연구원 신인증/물리보안연구실 책임연구원  
김건우 한국전자통신연구원 신인증/물리보안연구실 실장

## 1. 머리말

AI 보급으로 영상을 활용한 다양한 연구 개발이 확대되고 있으며, 이러한 영상 데이터의 활용을 위해서는 수집된 영상 내 개인정보의 비식별화가 필수적이다. 개인정보 비식별화 서비스는 얼굴, 차량번호판처럼 개인을 식별할 수 있는 개인정보 영역을 육안이나 시스템으로 식별 불가능하게 영상을 변환하는 것이다. 이를 위해서는 CCTV 영상에서 개인정보 영역을 검출하여 식

별 불가능하게 변환하여야 하며, 영상의 가치를 보존하기 위해서는 비식별화된 영상을 필요한 경우 복원할 수 있어야 한다.

기존 개인정보 비식별화 서비스는 비식별화가 필요한 영역을 개인정보 영역과 배경이 포함된 사각형이나 원형의 영역으로 구성한다. 이러한 사각형이나 원형 형태의 개인정보 영역 구성 방법은 개인정보를 포함하지 않는 배경 영역까지 비식별화함으로써, 비식별화가 필요하지 않은 픽셀 정보까지 손실되어 영상의 가치를 저하시



[그림 1] 영상 개인정보 비식별화 서비스 예

<sup>1</sup> 본고는 “제23회 전자정보통신 학술대회(CEIC 2021)”에서 “외곽선 기반 프라이버시 마스킹 서비스를 위한 프라이버시 영역 정보 공유 방법”으로 발표된 바 있음.

킬 수 있다. 본고에서는 기존 사각형이나 원형 형태가 아니라 정확한 외곽선 기반의 개인정보 영역만 비식별화함으로써 기존 개인정보 비식별화 서비스의 불필요한 배경을 비식별화하는 문제를 해결하고 좀 더 차별화된 비식별화 서비스를 제공하는 방법을 제안한다.

## 2. 영상 개인정보 비식별화 서비스

영상에 개인정보 비식별화 서비스가 적용된 예는 [그림 1]과 같다.

영상 개인정보 비식별화 서비스는 CCTV를 통해 수집된 영상 내 개인정보를 보호하기 위해 개인정보 영역 검출 기술을 통해 영상 내 개인 프라이버시 영역을 검출한다. 비식별화 시스템은 개인의 정보가 포함된 영역을 암호학적 방식으로 식별 불가능하도록 변환하며, 이를 논리적·물

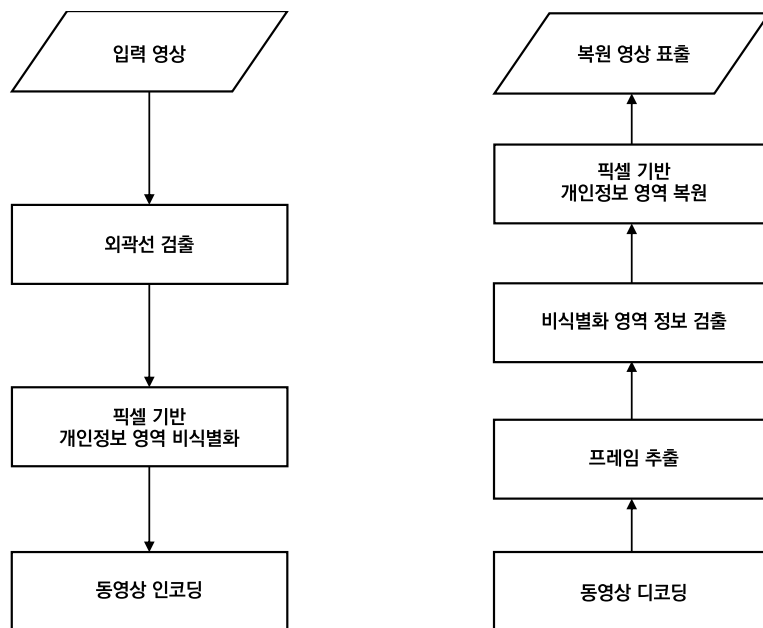
리적으로 분리된 복원 시스템으로 전달한다. 복원 시스템은 비식별화된 영상 내에 포함된 비식별 개인정보 영역을 비식별화 시스템과 동일한 암호학적 방식을 적용하여 식별 가능한 원영상으로 복원한다.

## 3. 외곽선 기반 CCTV 영상 개인정보 비식별화 방법

### 3.1 전체 구조

외곽선 기반 CCTV 영상 개인정보 비식별화 방법의 전체 구조는 [그림 2]와 같다.

비식별화 시스템에서는 먼저 CCTV 입력 영상에서 객체 외곽선 검출 기술을 통해 개인정보 영역의 외곽선을 검출한다. 검출된 외곽선 정보를 기반으로 픽셀 기반의 비식별화 영역을 설정한다. 전체 입력 프레임 중 비식별화 영역으로 설정



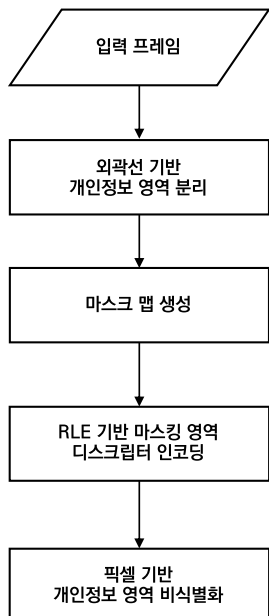
[그림 2] 외곽선 기반 영상 개인정보 비식별화 방법의 전체 구조

된 부분만 비식별화 처리한 후, 전체 입력 영상을 인코딩하여 전송한다. 복원 시스템은 수신된 동영상을 디코딩하여 프레임을 추출한 후, 각 프레임 단위로 어떠한 픽셀이 비식별화된 픽셀인지 비식별화 영역 정보를 검출한다. 검출된 비식별화 픽셀을 복원하여 전체 프레임을 원영상으로 복원한 후 표출한다.

### 3.2 외곽선 기반 개인정보 영역 비식별화 방법

외곽선 기반의 개인정보 영역을 비식별화하는 방법은 [그림 3]과 같다.

입력된 영상 프레임에서 외곽선 검출 기술을 통하여 개인정보가 포함된 객체의 외곽선을 검출한다. 검출된 외곽선을 기반으로 비식별화가 필요한 개인정보 영역과 비식별화가 필요하지 않은 배경 영역으로 분리하고, 분리된 정보를 이용하여 입력 프레임과 같은 크기의 마스크 맵을 생성한다. 생성된 마스크 맵에서 비식별화가 필요한 개인정보 영역의 픽셀값은 1로 설정하고, 이를 제외한 나



[그림 3] 외곽선 기반 개인정보 영역 비식별화 방법

머지 픽셀은 0으로 설정한다. 생성된 마스크 맵은 비식별화 시스템에서 복원 시스템으로 전달되어야 하는데, 입력 프레임과 동일한 크기의 마스크 맵을 그대로 전달하는 것은 속도 및 메모리 측면에서 비효율적이므로, 이를 데이터 비손실 압축 방법으로 축약하여 마스크 영역 디스크립터로 인코딩한다. 본 표준에서는 간단한 비손실 압축 방법인 RLE(Run-Length Encoding) 알고리즘을 이용하여 마스크 맵을 압축한 후 마스크 영역 디스크립터로 인코딩한다.

[그림 4]는 마스크 영역 디스크립터를 생성하기 위한 RLE 기반 인코딩 알고리즘의 의사 코드를 보여준다. RLE 알고리즘은 매우 간단한 비손실 압축 방법으로, 데이터에서 같은 값이 연속해서 나타나는 것을 반복되는 값과 그 개수만으로 표현하는 것이다. 이 방법은 간단한 이미지와 같이 연속된 값이 많이 있는 데이터에 효과적인데, 프레임 안에 크기가 작은 객체가 아주 많지 않은 경우라면 마스크 맵의 특성상 마스크 영역 디스크립터 생성에 매우 적합하다.

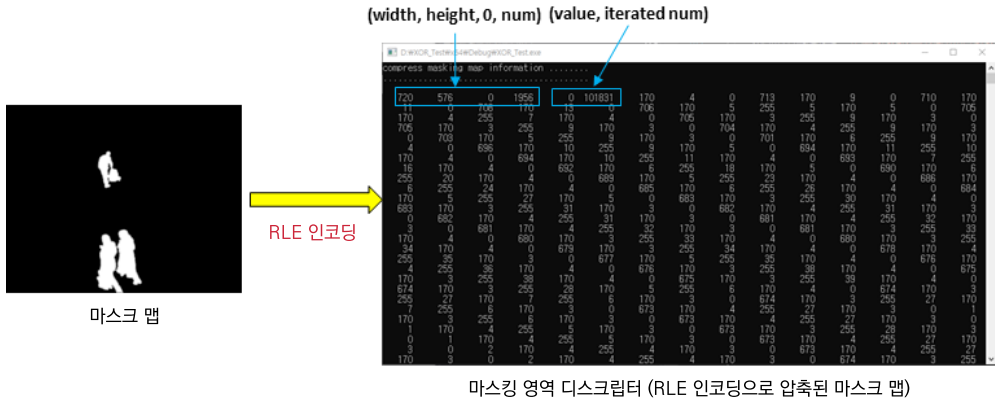
이를 실제 마스크 맵에 적용하여 마스크 영역 디스크립터를 생성한 예는 [그림 5]와 같다.

마지막으로 68쪽의 수식과 같이 생성된 마스크 맵에서 1로 설정된 개인정보 영역 픽셀만이 픽셀 기반 개인정보 영역 비식별화 알고리즘을 이용하여 비식별화된다.

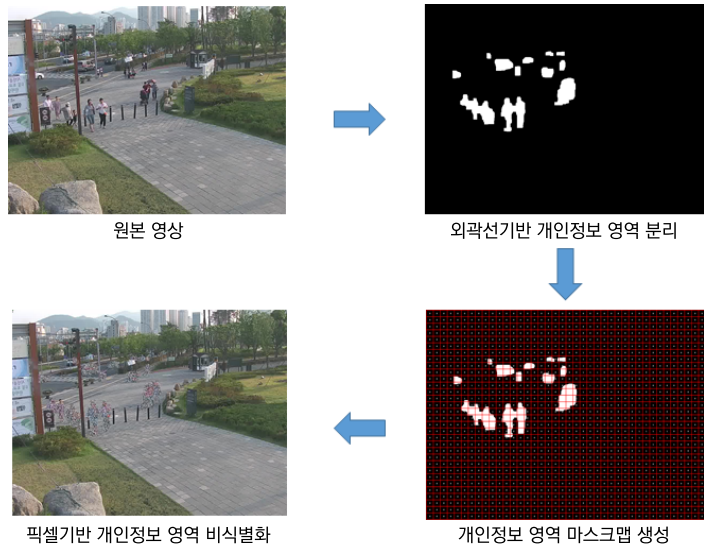
```

Loop: count = 0
  REPEAT
    get next value
    count = count + 1
  UNTIL (value unequal to next one)
    output value
  IF count > 1
    output count
  GOTO Loop
  
```

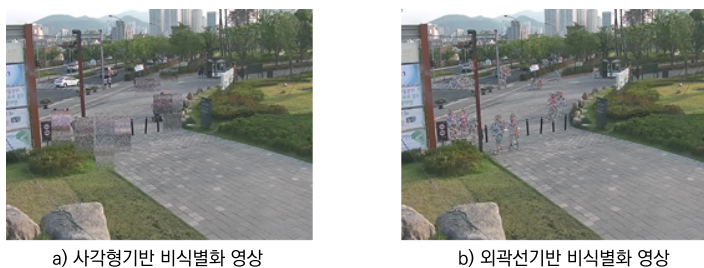
[그림 4] RLE 기반 인코딩 알고리즘의 의사 코드



[그림 5] RLE 인코딩 알고리즘을 이용하여 생성한 마스크 영역 디스크립터 예시



[그림 6] 외곽선 기반의 개인정보 영역 비식별화 과정 예시



[그림 7] 사각형 기반 비식별화와 외곽선 기반 비식별화 비교

$$D(i,j) = \begin{cases} I(i,j) \oplus K(i,j), & \text{if } M(i,j) = 1 \\ I(i,j), & \text{otherwise} \end{cases}$$

$I(i,j)$ 는 입력 영상 내의 x축으로  $i$ 번째, y축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타내며,  $K(i,j)$ 는 픽셀 기반 비식별화 알고리즘에서 사용되는 키(Key) 영상의 x축으로  $i$ 번째, y축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타낸다. 키(Key) 영상은 입력 영상과 동일한 크기를 가지는 랜덤 영상이다.  $M(i,j)$ 는 생성된 마스크 맵 영상 내의 x축으로  $i$ 번째, y축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타내며,  $D(i,j)$ 는 비식별화된 영상 내의 x축으로  $i$ 번째, y축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타낸다.  $M(i,j)$ 가 1인 픽셀의 경우는 입력 영상  $I(i,j)$ 와 키(Key) 영상  $K(i,j)$ 를 이용하여 비식별화를 수행하여  $D(i,j)$ 를 생성하고, 그렇지 않은 픽셀은 비식별화를 수행하지 않아 입력 영상  $I(i,j)$ 가 그대로  $D(i,j)$ 가 된다.

[그림 6]은 외곽선 기반의 개인정보 영역 비식별화 과정의 예를 보여준다.

[그림 7]은 사각형 기반의 개인정보 영역을 비식별화한 경우와 외곽선 기반의 개인정보 영역

을 비식별화한 경우를 비교한 것이다.

### 3.3 외곽선 기반 개인정보 영역 비식별화 영상 복원 방법

비식별화된 영상에서 외곽선 기반의 개인정보 영역을 복원하는 방법은 [그림 8]과 같다.

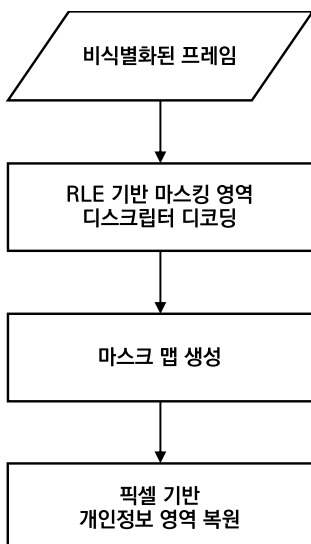
비식별화된 프레임과 함께 수신된 마스킹 영역 디스크립터를 RLE 알고리즘을 이용하여 디코딩하며, 디코딩된 정보를 이용하여 마스크 맵을 생성한다. [그림 9]는 비식별화 시스템에서 인코딩한 마스킹 영역 디스크립터를 디코딩하기 위한 RLE 기반 디코딩 알고리즘의 의사 코드이다.

이를 실제 마스킹 영역 디스크립터에 적용하여 마스크 맵을 복원한 예는 [그림 10]과 같다.

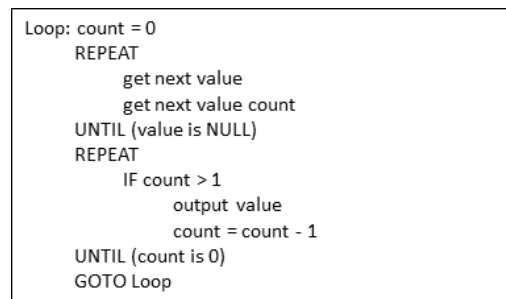
마지막으로, 아래 수식과 같이 복원된 마스크 맵에서 1로 설정된 개인정보 영역 픽셀만이 픽셀 기반 개인정보 영역 복원 알고리즘을 이용하여 복원된다.

$$R(i,j) = \begin{cases} D(i,j) \oplus K(i,j), & \text{if } M(i,j) = 1 \\ D(i,j), & \text{otherwise} \end{cases}$$

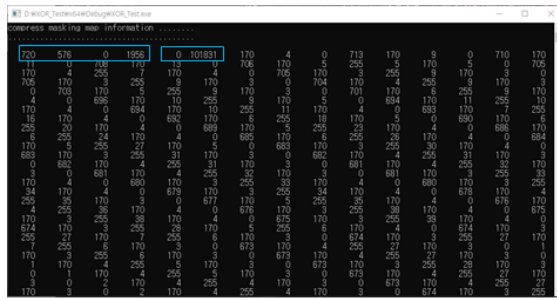
$D(i,j)$ 는 비식별화된 영상 내의 x축으로  $i$ 번째



[그림 8] 사각형 기반 비식별화와 외곽선 기반 비식별화 비교



[그림 9] 사각형 기반 비식별화와 외곽선 기반 비식별화 비교



마스킹 영역 디스크립터

## RLE 디코딩



RLE 디코딩으로 복원된 마스크 맵 정보

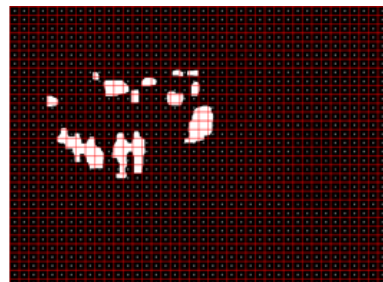


복원된 마스크 맵

**[그림 10]** 사각형 기반 비식별화와 외곽선 기반 비식별화 비교



비식별화된 프레임



개인정보 영역 마스크 맵 복원



픽셀기반개인정보영역복원

**[그림 11]** 외곽선 기반의 개인정보 영역 복원 과정 예시

째,  $y$ 축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타내며,  $K(i,j)$ 는 픽셀 기반 비식별화 알고리즘에서 사용되는 키(Key) 영상의  $x$ 축으로  $i$ 번째,  $y$ 축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타낸다. 키(Key) 영상은 입력 영상과 동일한 크기를 가지는 랜덤 영상이다.  $M(i,j)$ 는 생성된 마스크 맵 영상 내의  $x$ 축으로  $i$ 번째,  $y$ 축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타내며,  $R(i,j)$ 는 복원된 영상 내의  $x$ 축으로  $i$ 번째,  $y$ 축으로  $j$ 번째 픽셀을 나타낸다.  $M(i,j)$ 가 1인 픽셀의 경우는 비식별화된 영상  $D(i,j)$ 와 키(Key) 영상  $K(i,j)$ 를 이용하여 복원을 수행하여  $R(i,j)$ 를 생성하고, 그렇지 않은 픽셀은 복원을 수행하지 않아 비식별화된 영상  $D(i,j)$ 가 그대로  $R(i,j)$ 로 된다.

[그림 11]은 외곽선 기반의 개인정보 영역 복원 과정의 예를 보여준다.

#### 4. 맺음말

AI 보급으로 영상을 활용한 다양한 연구 개발

이 확대되고 있어, 영상의 이용 및 그 가치는 날이 증가하고 있다. 이러한 영상 데이터의 활용은 CCTV, 스마트폰, 차량용 블랙박스, 드론 등의 다양한 영상 기기를 통한 대규모 영상 데이터의 수집을 전제로 하고 있으며, 영상 데이터의 활용 목적에 따라 광범위하게 수집된 영상 데이터 내에는 개인의 식별 정보가 포함되는 경우가 다수 존재한다.

본고에서는 이러한 영상 내 개인정보를 보호하기 위해 기존 사각형이나 원형 형태의 개인정보 영역에 기반한 영상 비식별화 서비스가 아니라 정확한 외곽선 기반의 개인정보 영역을 이용한 차별화된 영상 비식별화 서비스를 제시하였다. 본고에서 제시하는 표준화 방안을 통하여 비식별화가 필요하지 않은 픽셀 정보의 손실을 방지하여 영상의 가치를 저하하지 않는 영상 비식별화 서비스를 제공하고, 더불어 개인정보 유출에 대한 불안감을 해소하여 영상 데이터 활용의 활성화에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다. TTA

---

## 주요 용어 풀이

- **개인정보 비식별화** (Personal Information De-identification): 이미지나 영상 등에서 다른 공개된 정보와 결합되어 개인을 식별하는 데 도움이 될 수 있는 개인 민감 데이터(예: 식별자)를 보이지 않도록 처리하여 식별할 수 없도록 하는 것
- **비식별화 시스템** (Privacy Masking System): 영상 내 비식별화가 필요한 개인정보가 포함된 개인정보 영역을 다양한 암호학적 방식을 통하여 사람의 육안으로 식별할 수 없도록 처리하는 시스템
- **복원 시스템** (Privacy Unmasking System): 비식별화 시스템에 의하여 비식별화된 영상 내의 개인정보 영역에 대해 비식별화 시스템과 동일한 암호학적 방식을 통하여 원영상을 복원하여 사람이 육안이나 시스템을 통해서 식별할 수 있도록 처리하는 시스템

---

## 참고문헌

- [1] Cate, F. H. and Dockery, R. "Artificial intelligence and data protection: observations on a growing conflict," Jour. of Law & Econ. Regul., pp. 107-130, Nov. 2018.
- [2] 황기진, 박재표, 양승민, "지능형 IP 카메라를 이용한 CCTV 시스템에서의 실시간 개인 영상정보 보호," 한국산학기술학회논문지, 제17권, 제9호, pp. 120-125, 2016년 9월.
- [3] 이경률, 임강빈, 이선영, "영상보안시스템에서의 형태보존암호를 활용한 효율적인 프라이버시 마스킹 기술 연구," 한국통신학회 학술대회 논문집, pp.813-814, 2018년 6월.
- [4] Robinson, A. H. and Cherry, C. "Results of a prototype television bandwidth compression scheme," Proc. of the IEEE, vol.55, pp.356-364, Mar. 1967.
- [5] TTA.KO-10.1010, 압축방식에 독립적인 영상 프라이버시 마스킹/언마스킹 방법, 2017.12.
- [6] TTA.KO-10.1180, 영상 개인정보 비식별화 영역 정보 검출 방법, 2019.12.