

HEVC 코덱에서 효율적인 관심영역 암호화

김덕한^{1,3}, 김유준^{2,3}, 김영갑^{4*}¹세종대학교 정보보호학과 석사과정²세종대학교 정보보호학과 석·박사통합과정³세종대학교 지능형드론융합전공⁴세종대학교 교수

lpsi4862@naver.com, awakening95@naver.com, alwaysgabi@sejong.ac.kr

Efficient ROI Encryption in HEVC

Deok-Han Kim¹, Yujun Kim¹, Young-Gab Kim^{1*}¹Dept. of Computer and Information Security, and Convergence Engineering
for Intelligent Drone, Sejong University

요 약

실생활에서 CCTV가 증가함에 따라 영상에서 개인정보 유출에 대한 관심도 증가하고 있다. CCTV로 녹화된 영상에서는 다양한 개인정보가 노출될 수 있기 때문에, 개인정보를 비식별화할 수 있는 영상 암호화 기술이 필요하다. 현재 다양한 영상녹화 장치에서 효율성을 위해 HEVC가 많이 사용되고 있으며, HEVC 영상에서 관심영역만을 암호화하는 실시간 관심영역 암호화 기술이 연구되고 있다. 기존의 HEVC 영상에서 관심영역 암호화 기법은 모든 프레임의 관심영역에 포함되는 타일을 암호화하므로 많은 연산자원을 필요로 한다. 본 논문에서는 선별된 일부 프레임에서 관심영역에 포함되는 타일을 선택적으로 암호화하여, 모든 프레임에서 관심영역의 비식별화를 유지하며 암호화 성능을 향상하는 방법을 제안한다. 결과적으로 제안한 방법을 사용함으로써 영상 암호화 시 전체 프레임에 대한 비식별화를 유지하면서 기존 방법보다 암호화에 걸리는 시간이 50.4% 감소하였다.

1. 서론

최근 CCTV는 방범, 감시 목적으로 설치할 뿐만 아니라, 재난재해, 교통상황 모니터링을 위해서 설치되며 반려동물, 영유아 모니터링을 위해 가정용으로도 설치되는 등 다양한 용도로 설치되고 있다. CCTV 영상에는 개인의 얼굴과 위치정보, 금융정보 등 다양한 개인정보가 노출될 수 있고, 이는 보안위협으로 이어질 수 있다. 따라서, 영상을 통해 노출되는 개인정보를 식별하는 기술과, 이를 비식별화할 수 있는 기술이 필요하다. 또한, 인가된 사용자는 비식별화된 정보를 볼 수 있도록 비식별화된 정보는 가역성을 가져야 한다. 이에 따라, 최근 다양한 연구에서 영상에 노출되는 개인정보를 식별하여 관심영역(ROI; Region of Interest)을 지정하고 이를 암호화하는 기술이 개발되고 있다.

최근 다양한 영상녹화 장치에서는 고화질의 영상 기록을 위해, 많은 연산이 필요하지만 영상 품질을 유지하면서 저장공간을 절약할 수 있는 동영상 부호화 기술인 HEVC(High Efficiency Video Coding)를

사용한다. 이에 따라, 최근의 CCTV도 저장공간, 네트워크 전송대역폭 비용절감을 위해 영상 코덱으로 HEVC를 많이 사용하는 추세이다.

기존의 영상 암호화 기법은 암호화할 때 많은 연산자원을 필요로 한다. 이는 컴퓨팅 성능이 낮은 CCTV와 같은 저성능 기기에서 부담이 될 수 있다. 따라서 컴퓨팅 성능이 낮은 기기에서의 HEVC 관심영역 암호화를 위해 효율적인 HEVC 암호화 기법의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 HEVC에서 관심영역 암호화 성능을 향상시키기 위한 방법으로 GOP의 계층적 구조에 따른 선택적인 프레임 암호화 기법을 제안한다.

2. 배경 지식 및 관련 연구

2.1. HEVC 영상 부호화

HEVC에서의 부호화는 영상 내의 공간적 중복성 및 시간적 중복성을 제거하여 압축하는 것을 뜻한다. 영상은 연속된 사진들의 모음이다. 하나의 사진 내의 인접한 화소 간에는 유사성이 존재하는데, 이것을 공간적 중복성이라고 하고, 연속된 사진 간에

* 교신저자

존재하는 유사성을 시간적 중복성이라고 한다.

HEVC에서는 비디오 압축을 위해 I(Intra coded), P(Predicted coded), B(Bidirectionally predicted coded) 프레임 등 크게 세 가지 종류의 프레임을 사용한다. I 프레임은 공간적 중복성을 제거하는 압축 방식으로 프레임 개별적으로 부호화를 진행한다. P 프레임은 앞서 부호화된 프레임을 참조하여 시간적 중복성을 제거하는 방식으로 부호화되고, B 프레임은 양방향의 프레임을 참조하여 시간적 중복성을 제거하는 방식으로 부호화를 진행한다.

2.2. GOP 구조

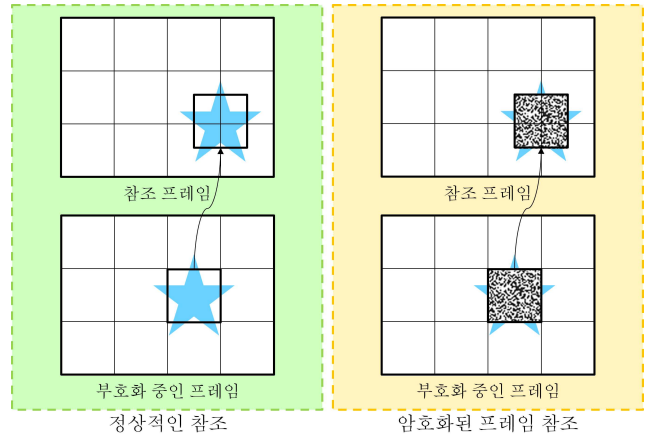
GOP(Group of Pictures)은 부호화된 I, P, B 프레임을 묶어서 하나로 구성된 프레임의 모음이다. HEVC에서 임의접근 모드는 GOP 단위에서 계층적인 구조로 부호화를 수행한다. 먼저 I 프레임이 부호화된 후, P 프레임은 I 프레임을 참조하여 부호화된다. 이후 사이에 있는 B 프레임들은 양쪽의 프레임을 참조하여 계층적으로 부호화된다.

2.3. 관련 연구 및 문제 정의

기존의 HEVC에서의 관심영역 암호화[1]는 비디오 프레임을 직사각형 영역으로 분할하는 HEVC의 타일 개념을 이용한다.

HEVC에서는 인코딩 시 병렬 처리를 통한 효율적인 인코딩을 위해 큰 화면의 비디오를 여러 개의 작은 타일로 나누어서 인코딩하는 기술인 타일링 기술을 사용한다. 나누어진 타일은 개별적으로 인코딩할 수 있기 때문에 병렬 처리를 통한 빠른 인코딩이 가능하다.

기존 연구에서는 인물의 얼굴 등 개인정보를 식별하여 관심영역을 지정하고, 인코딩 시 관심영역에



(그림 1) 암호화된 프레임 참조 예시

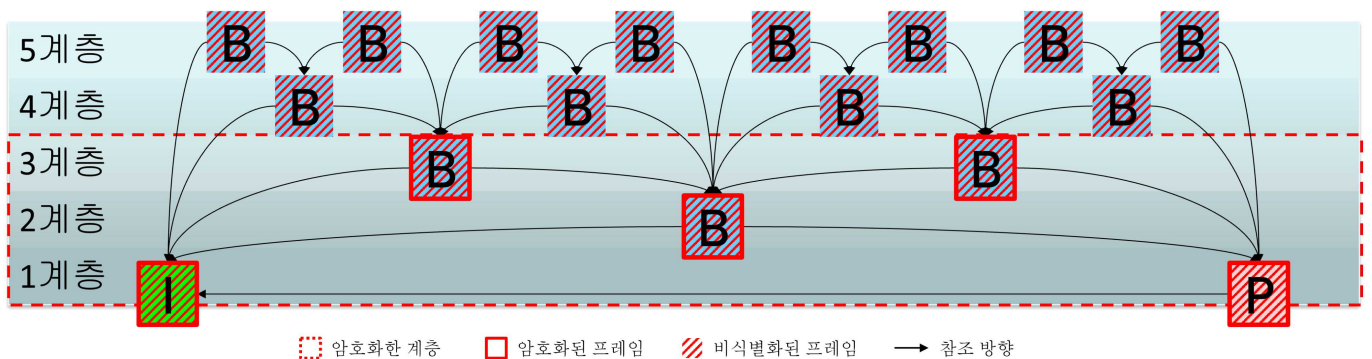
포함되는 타일을 프레임 종류와 관계없이 암호화하여 개인정보를 암호화하는 타일 기반 관심영역 암호화 방식이 연구되었다.

기존의 타일 기반 관심영역 암호화 방식은 영상의 모든 프레임에서 관심영역에 포함되는 타일을 암호화하기 때문에 영상의 비식별화를 위해 많은 연산이 필요하다. 이는 컴퓨팅 성능이 낮은 영상처리기에는 부담이 될 수 있기 때문에, 저가형 CCTV 등의 기기를 위한 효율적인 암호화 기법이 필요하다.

3. 제안 방법

P, B 프레임은 인코딩 시 다른 프레임에서 유사도가 높은 부분을 참조하여 부호화를 진행한다. 그림 1과 같이 시간적 중복성을 제거하는 방식으로 부호화 중일 때, 참조 프레임이 암호화되어 있고, 부호화 중인 프레임이 참조 프레임의 암호화되어 있는 부분을 참조하게 되면 별도의 암호화 처리를 하지 않아도 비식별화된다.

인코딩할 때, 특정 계층 이하의 프레임에서 관심영역에 포함되는 타일을 암호화하면 그보다 높은 계



(그림 2) HEVC의 계층적 GOP 구조에서 선택적 프레임 암호화 방법 예시. 3계층 이하의 프레임에서 관심영역에 포함되는 타일을 암호화하여 4계층 이상의 프레임에서 관심영역에 대해 별도의 암호화 처리를 하지 않아도 비식별화가 되는 것을 나타낸다.

층의 프레임의 관심영역에 포함되는 타일은 암호화된 프레임의 관심영역을 참조하기 때문에 관심영역에 대한 별도의 암호화 처리를 하지 않아도 관심영역에서 비식별화가 이루어지게 된다. 그림 2는 계층적 GOP 구조에서 특정 계층 이하의 프레임만을 암호화하여, 그보다 높은 계층의 프레임을 비식별화하는 예시로, 3계층 이하의 프레임의 관심영역을 암호화하여 4계층 이상의 프레임의 관심영역을 별도의 암호화 처리 없이 비식별화하는 것을 보여준다. 이러한 특정 수준 이하 계층의 프레임에서 관심영역에 포함된 타일만을 암호화하는 기법을 이용하면 더 적은 수의 타일을 암호화할 수 있기 때문에 영상의 관심영역 암호화에 걸리는 시간을 줄일 수 있다.

4. 실험 및 결과

4.1. 실험 방법

본 논문에서는 오픈소스 HEVC 인코더인 kvazaar를 사용하여 인코딩 및 암호화를 진행한다. 실험을 위한 데이터세트는 Xiph.org에서 제공하는 Derf's Collection[2]에서 vidyo1, vidyo3, vidyo4 3가지 영상을 사용하였고, YOLOv4를 사용하여 얼굴을 식별하고 관심영역을 지정했다.

본 실험에서는 기존의 모든 프레임의 관심영역에 대해 암호화를 진행한 경우와 계층 수준에 따라 선별된 일부 프레임의 관심영역에 대해 암호화를 진행한 경우의 암호화에 걸리는 시간을 측정했다.

4.2. 실험 결과

표 1은 영상 인코딩 시 계층 수준에 따라 선별된 일부 프레임의 관심영역을 암호화할 때 걸리는 시간을 측정한 결과이다. 모든 프레임에서 관심영역을 암호화할 때와 비교하여, 2계층 이하의 일부 프레임에서 관심영역을 암호화할 때 걸리는 시간이 평균적으로 50.4% 감소하였다. 그림 3은 5계층의 프레임 중 하나로, 암호화된 계층에 따른 비식별화 정도를 나타낸다. 5계층의 프레임에 대해 별도의 암호화 처리를 하지 않았음에도 암호화했을 때와 비교하여 비



(그림 3) 암호화된 계층에 따른 5계층 프레임의 비식별화 정도 비교

식별화의 정도가 크게 차이 나지 않는 모습을 보여준다. 실험 결과는 모든 프레임이 아닌 일부 프레임의 관심영역에 포함된 타일만을 암호화하여도 비식별화가 유지되며, 암호화에 걸리는 시간이 감소되는 것을 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 HEVC에서 타일 기반 관심영역 암호화 성능을 향상시키기 위한 방법으로 GOP의 계층적 구조에 따른 선택적인 프레임의 타일 기반 관심영역 암호화를 제안하였다. 실험을 통해 Derf's Collection 데이터세트의 3개 영상에 대해서 2계층 이하의 프레임만을 암호화하는 방식이 전체 계층을 암호화하는 방식과 비교하여 모든 프레임의 관심영역에 대해 비식별화를 유지하면서, 암호화에 걸리는 시간을 평균 50.4% 감소시켰음을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-00231, 공공 인프라 안전을 위한 인공지능 기반 영상보안 기술 및 시스템 개발)

참고문헌

[1] M. Farajallah, W. Hamidouche, O. Deforges and S. El Assad "ROI encryption for the HEVC coded video contents," in Proc. IEEE Conf. In 2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2015, pp. 3096-3100
 [2] C. Montgomery "Xiph.org Video Test Media (Derf's Collection)," the Xiph Open Source Community, 1994, <https://media.xiph.org/video/derf>

<표 1> 암호화된 계층 수준 별 프레임 당 평균 관심영역 암호화에 걸리는 시간(단위: ms)

	암호화된 계층 수준			
	2 이하	3 이하	4 이하	전체 계층
vidyo 1	7.317	9.455	11.460	12.808
vidyo 3	2.413	3.298	4.590	5.170
vidyo 4	4.838	6.627	8.915	10.732