

논문 2026-2-8 <http://dx.doi.org/10.29056/jsf.2026.06.08>

불법 스트리밍 환경에서의 영상 변형 유형 분석과 강인성 평가 기준 연구

박병찬*, 김영모*†

A Study on Video Transformation Type Analysis and Robustness Evaluation Criteria for Illegal Streaming Environments

Byeongchana Park*, Youngmo Kim*†

요 약

온라인 기반 영상 유통이 확대되면서 불법 OTT 사이트와 불법 도박 연계 스트리밍 사이트 등을 통한 영상 콘텐츠의 무단 제공 및 재송출 문제가 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 불법 스트리밍 환경에서 제공되는 영상은 원본 영상과 동일한 형태로 재생되기보다 자막 삽입, 로고 및 워터마크 중첩, 화면 크롭, 해상도 저하, 재인코딩, 화면녹화, 광고 배너, 플레이어 UI 노출, 경기 정보 및 배당 정보 중첩 등 다양한 변형 요소를 포함하는 경우가 많다. 이와 같은 변형은 원본 영상의 시각적 특징과 시간적 대응 관계를 약화시켜 영상 탐지 성능에 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 불법 스트리밍 환경에서 나타나는 영상 변형 유형을 분석하고, 이를 기반으로 영상 탐지 기술의 강인성을 검토하기 위한 평가 기준을 제안한다. 이를 위해 불법 스트리밍 영상의 변형 양상을 시각적 변형, 구조적 편집 변형, 서비스 인터페이스 중첩, 실시간 스트리밍 환경 변형, 획득·재전송 환경 변형, 복합 변형으로 구분하였다. 또한 각 변형 유형이 영상 탐지 과정에 미치는 영향을 검토하고, 평가 항목별 세부 파라미터와 변형 수준을 제시한다.

Abstract

As online video distribution continues to expand, unauthorized video provision and retransmission through illegal OTT sites and illegal betting-related streaming sites have become increasingly widespread. Videos provided in illegal streaming environments are often not reproduced in their original form. Instead, they frequently include various transformation factors such as subtitle insertion, logo and watermark overlays, screen cropping, resolution degradation, re-encoding, screen recording, advertisement banners, player UI exposure, and overlays of game and betting-related information. These transformations may weaken the visual characteristics and temporal correspondence of the original video, thereby affecting video detection performance. This paper analyzes video transformation types observed in illegal streaming environments and proposes robustness evaluation criteria for video detection. The transformation types are classified into visual transformations, structural editing transformations, service interface overlays, live-streaming environment transformations, acquisition and retransmission environment transformations, and composite transformations. In addition, the influence of each transformation type on video detection is examined, and detailed evaluation parameters and level-based criteria are presented.

한글키워드 : 불법 스트리밍 환경, 영상 변형 유형, 영상 탐지, 강인성 평가 기준, 불법 OTT, 불법 재송출
keywords : Illegal Streaming Environment, Video Transformation Types, Video Detection, Robustness Evaluation Criteria, Illegal OTT, Illegal Retransmission

* 숭실대학교 컴퓨터학과

접수일자: 2026.05.28. 심사완료: 2026.06.06.

† 교신저자: 김영모(email: ymkim828@ssu.ac.kr)

게재확정: 2026.06.20.

1. 서론

온라인 기반 영상 유통 환경이 확대되면서 OTT 서비스, 웹 기반 스트리밍, 실시간 스포츠 중계 등 다양한 형태의 영상 이용이 증가하고 있다. 이러한 변화는 합법적인 영상 이용 경로를 넓히는 긍정적인 효과가 있으나, 동시에 정식 유통 권한을 확보하지 않은 불법 스트리밍 영상의 확산 문제를 심화시키고 있다[1,2]. 특히 불법 OTT 사이트와 불법 도박 연계 스트리밍 사이트는 영화, 드라마, 예능, 스포츠 중계 등을 무단으로 제공하거나 재송출함으로써 저작권 침해와 불법 서비스 운영 문제를 함께 유발하고 있다[11-13].

불법 스트리밍 환경에서 제공되는 영상은 원본 영상과 동일한 형태로 재생되기보다 다양한 변형 요소가 적용되거나 중첩된 형태로 나타나는 경우가 많다. 대표적으로 자막 삽입, 사이트 로고 및 워터마크 중첩, 화면 크롭, 해상도 저하, 밝기 및 색상 변화, 재인코딩, 화면녹화 등이 있으며, 실제 재생 화면에서는 광고 배너, 플레이어 UI, 사이트 식별 정보 등이 함께 노출될 수 있다[7,9,10]. 또한 불법 도박 연계 스트리밍 환경에서는 경기 시간, 점수판, 팀 정보, 배당 정보, 베팅 버튼 등 영상 외부 정보가 화면 위에 중첩되는 특징을 보인다. 이러한 요소들은 원본 영상의 시각적 특징을 가리거나 왜곡하고, 원본 영상과 불법 재생 영상 간의 시간적·공간적 대응 관계를 약화시켜 영상 탐지 성능에 영향을 미칠 수 있다[4-10].

기존의 영상 식별 및 보호 관련 연구는 비디오 핑거프린팅, 콘텐츠 기반 복제 탐지, 유사 영상 검색, 디지털 워터마킹 등을 중심으로 진행되어 왔다[3-9]. 이들 연구에서는 주로 압축, 해상도 변화, 크롭, 밝기 변화, 프레임 삭제, 자막 및 로고 삽입 등 일반적인 영상 변형 조건에서 원본

영상과 복제 영상의 유사성을 판단하는 방법이 다루어졌다[4,6,7,9]. 그러나 실제 불법 스트리밍 환경에서는 영상 자체의 변형뿐 아니라 광고 배너, 플레이어 UI, 경기 및 배당 정보, 재송출 과정에서 발생하는 이중 중첩 요소 등이 함께 나타난다[11-13]. 따라서 기존의 일반적인 복제 탐지 평가 항목만으로는 불법 스트리밍 환경의 복잡한 변형 특성을 충분히 반영하기 어렵다[7,10].

이에 본 논문에서는 불법 스트리밍 환경에서 나타나는 영상 변형 유형을 분석하고, 이를 기반으로 영상 탐지 기술의 강인성을 검토하기 위한 평가 기준을 제안한다. 이를 위해 영상 변형 유형을 시각적 변형, 구조적 편집 변형, 서비스 인터페이스 중첩, 실시간 스트리밍 환경 변형, 획득·재전송 환경 변형, 복합 변형으로 구분한다. 또한 각 변형 유형이 영상 탐지 과정에 미치는 영향을 검토하고, 평가 항목별 세부 파라미터와 수준 구분 기준을 제시한다[7,9,10].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 불법 스트리밍 환경의 개념과 주요 특성, 영상 유통 구조를 살펴본다. 3장에서는 불법 스트리밍 환경에서 발생하는 영상 변형 유형을 분석한다. 4장에서는 영상 탐지를 위한 강인성 평가 기준과 세부 파라미터 및 수준 구분 기준을 제안한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 불법 스트리밍 환경의 특성 및 영상 유통 구조

2.1 불법 스트리밍 환경의 개념과 범위

불법 스트리밍 환경은 정식 유통 권한을 확보하지 않은 영상 콘텐츠가 온라인 사이트, 웹 기반 재생 페이지, 실시간 중계 페이지 등을 통해 제공되는 환경을 의미한다[1,2]. 이러한 환경에서는 영화, 드라마, 예능, OTT 오리지널 콘텐츠와

같은 주문형 영상뿐 아니라 스포츠 중계와 같은 실시간 영상도 무단으로 제공되거나 재송출될 수 있다[1,11].

본 논문에서는 불법 OTT 사이트와 불법 도박 연계 스트리밍 사이트를 주요 대상으로 한다. 불법 OTT 사이트는 주로 영화, 드라마, 예능 등의 콘텐츠를 무단 제공하는 형태가 많으며, 자막 삽입, 사이트 로고 추가, 광고 배너 노출, 해상도 변환, 재인코딩 등이 함께 나타날 수 있다[7,9,13]. 불법 도박 연계 스트리밍 사이트는 스포츠 중계 영상과 함께 점수판, 경기 시간, 팀명, 배당 정보, 베팅 버튼 등 서비스 화면 요소를 함께 노출하는 특징을 가진다[12,13].

따라서 불법 스트리밍 환경은 단순히 불법 복제 영상이 유통되는 공간이 아니라, 원본 영상 콘텐츠와 사이트 화면 요소, 광고 정보, 재송출 흔적 등이 결합되어 나타나는 재생 환경으로 볼 수 있다[11-13]. 본 논문은 이러한 환경에서 재생되는 영상이 원본 영상과 비교하여 어떤 변형 요소를 포함하며, 그 변형이 영상 탐지에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한다[4,7,9,10].

2.2 불법 스트리밍 환경의 주요 특성

불법 스트리밍 환경의 주요 특성은 원본 영상이 그대로 제공되기보다 다양한 변형 요소와 함께 재생된다는 점이다. 영상 자체에는 자막 삽입, 로고 및 워터마크 중첩, 화면 크롭, 해상도 저하, 밝기 및 색상 변화, 재인코딩 등이 적용될 수 있다[4,6,7,9]. 이러한 변형은 원본 영상의 시각적 특징을 일부 가리거나 왜곡하여 영상 탐지 정확도에 영향을 줄 수 있다[5,8,9].

또한 불법 스트리밍 환경에서는 영상 외부의 화면 요소가 함께 표시되는 경우가 많다. 대표적으로 플레이어 UI, 광고 배너, 팝업, 사이트 로고, 링크 버튼 등이 있으며, 불법 도박 연계 스트리밍 환경에서는 점수판, 경기 시간, 팀명, 배당 정

보, 베팅 버튼 등이 추가로 중첩될 수 있다[12,13]. 이러한 요소들은 원본 영상에는 존재하지 않지만 실제 탐지 대상 영상에는 포함되므로, 영상 특징 추출 과정에서 잡음 요소로 작용할 수 있다[7,9,10].

실시간 재송출 과정에서 발생하는 시간적 왜곡도 중요한 특성이다. 스포츠 중계와 같은 실시간 영상은 재송출 과정에서 프레임률 저하, 버퍼링, 재생 지연, 정지 프레임, 화면 끊김 등이 발생할 수 있다[7,10]. 또한 화면녹화나 재촬영을 통해 다시 유통되는 경우에는 플레이어 UI 포함, 흔들림, 반사광, 초점 흐림, 다중 재인코딩 등 추가적인 품질 열화가 나타날 수 있다[7,9].

이처럼 불법 스트리밍 환경에서의 영상 탐지는 영상 자체의 변형뿐 아니라 서비스 화면 요소의 중첩, 실시간 재생 왜곡, 획득 및 재전송 과정에서의 품질 열화를 함께 고려해야 한다[9-13].

2.3 불법 스트리밍 영상의 유통 구조

불법 스트리밍 영상의 유통 과정은 획득, 변형, 재생 및 재송출 단계로 구분할 수 있다. 먼저 획득 단계에서는 정식 OTT 서비스, 방송 서비스, 스포츠 중계, 온라인 플랫폼 등에서 제공되는 영상이 파일 복제, 스트림 캡처, 화면녹화, 재촬영 등의 방식으로 수집될 수 있다[1,2,11].

변형 단계에서는 획득된 영상에 자막 삽입, 사이트 로고 추가, 화면 크롭, 해상도 변환, 비트레이트 조정, 재인코딩 등이 적용될 수 있다[4,6,7,9]. 불법 OTT 환경에서는 자막, 로고, 광고 배너, 재인코딩과 같은 변형이 주로 나타날 수 있으며, 불법 도박 연계 스트리밍 환경에서는 경기 정보, 배당 정보, 베팅 버튼, 다중 화면 구성이 추가로 포함될 수 있다[12,13].

재생 및 재송출 단계에서는 변형된 영상이 웹 기반 재생 화면을 통해 제공된다. 이때 영상은 단순한 복제물이 아니라 여러 변형 요소가 누적

된 형태로 나타날 수 있다[7,9,10]. 예를 들어 화면녹화된 영상에 자막과 사이트 로고가 추가되고, 다시 광고 배너와 플레이어 UI가 중첩된 상태로 재생될 수 있다[12,13]. 스포츠 중계의 경우에는 프레임률 저하, 재생 지연, 정지 프레임, 점수판 및 배당 정보 중첩이 함께 발생할 수 있다[7,10].

이러한 유통 구조는 원본 영상과 불법 스트리밍 영상 간의 직접적인 대응 관계를 약화시킨다. 따라서 영상 탐지 기술의 강인성을 평가하기 위해서는 단일 변형뿐 아니라 실제 불법 스트리밍 환경에서 발생 가능한 복합 변형 조건을 함께 고려할 필요가 있다[7,9,10].

3. 불법 스트리밍 환경에서의 영상 변형 유형 분석

3.1 변형 유형 도출 기준

불법 스트리밍 환경에서 재생되는 영상은 원본 영상이 그대로 제공되기보다 다양한 변형 요소가 적용되거나 중첩된 형태로 나타나는 경우가 많다[11-13]. 이러한 변형은 영상 내용 자체에 직접 적용되기도 하고, 재생 화면이나 서비스 화면 요소가 영상 위에 추가되는 방식으로 나타나기도 한다. 또한 실시간 재송출, 화면녹화, 재촬영, 반복 인코딩 과정에서 시간적·공간적 왜곡과 품질 열화가 함께 발생할 수 있다[7,9,10].

본 논문에서는 불법 스트리밍 환경에서 발생하는 영상 변형을 변형 발생 위치와 탐지 영향에 따라 구분하였다. 영상의 색상, 밝기, 해상도, 자막, 로고 등 시각 정보가 변경되는 경우는 시각적 변형으로 분류하였다[4,6,7,9]. 영상의 시간적 또는 공간적 구성이 변경되는 경우는 구조적 편집 변형으로 구분하였다[8,10]. 원본 영상에는 존재하지 않는 광고, 플레이어 UI, 사이트 로고, 경기 및 배당 정보 등이 중첩되는 경우는 서비스

인터페이스 중첩으로 분류하였다[12,13].

또한 실시간 재송출 과정에서 발생하는 프레임률 저하, 버퍼링, 재생 지연, 정지 프레임 등은 실시간 스트리밍 환경 변형으로 구분하였다[7,9]. 화면녹화, 재촬영, 다중 재인코딩, 화질 열화 등 획득 및 재전송 과정에서 발생하는 왜곡은 획득·재전송 환경 변형으로 분류하였다[7,9,10]. 마지막으로 둘 이상의 변형이 동시에 적용되는 경우는 복합 변형으로 구분하였다[10].

특히 자막 삽입, 해상도 저하, 밝기 변화, 크롭과 같은 변형은 기존 영상 복제 탐지 연구에서도 주로 다루어진 일반적인 변형에 해당한다[4,6,7,9]. 반면 플레이어 UI, 광고 배너, 사이트 로고, 화면녹화 흔적, 재촬영 왜곡, 다중 재인코딩, 화질 열화 등은 실제 불법 스트리밍 재생 환경과 획득·재전송 과정에서 두드러지게 나타나는 요소이다[11-13]. 따라서 본 장에서는 이러한 불법 스트리밍 환경 특화 변형을 중심으로 대표 예시를 제시한다.

3.2 시각적 변형

시각적 변형은 영상의 장면 흐름은 유지되지만 화면 내 시각 정보가 변경되는 형태를 의미한다. 대표적으로 자막 삽입, 로고 및 워터마크 중첩, 밝기 및 색상 변화, 해상도 저하 등이 있다[3,4,6,9].

자막 삽입은 화면 하단이나 중앙에 텍스트가 추가되는 형태로 나타나며, 자막의 위치, 줄 수, 글자 크기, 배경 유무에 따라 원본 영상의 일부 영역을 가릴 수 있다[7,9]. 로고 및 워터마크 중첩은 사이트명, 도메인 주소, 서비스 식별 표시 등이 영상의 특정 위치에 삽입되는 경우이다[3,12,13]. 로고가 고정적으로 표시되거나 불투명하게 중첩될 경우 원본 영상의 특징 추출에 영향을 줄 수 있다[5,9].

밝기 및 색상 변화는 명암, 대비, 채도, 색조

등이 원본과 달라지는 경우이며, 해상도 저하는 세부 질감과 경계 정보의 손실을 유발할 수 있다[4,6,7]. 이러한 시각적 변형은 기존 영상 탐지 연구에서도 주로 고려되어 온 기본 변형으로, 프레임 단위 특징 추출과 원본 영상과의 유사도 판단에 영향을 미칠 수 있다[5,8,9].

3.3 구조적 편집 변형

구조적 편집 변형은 영상의 시간적 또는 공간적 구성이 변경되는 형태를 의미한다. 대표적으로 부분 편집, 장면 삭제, 하이라이트 편집, 화면 크롭 등이 이에 해당한다[4,7,8,10].

부분 편집은 전체 영상 중 일부 구간만 선택하여 제공하는 형태이며, 장면 삭제는 원본 영상의 특정 구간이 제거된 경우이다. 하이라이트 편집은 여러 장면을 발췌하여 짧은 영상으로 재구성하는 방식으로, 원본 영상의 시간 순서나 장면 간 연결성이 약화될 수 있다[8,10].

화면 크롭은 영상의 상·하·좌·우 또는 중앙 일부가 잘려 나가는 경우이다. 크롭 비율이 커질수록 원본 영상과 대응 가능한 공간 정보가 줄어들며, 주요 객체나 장면 정보가 손실될 가능성이 높아진다[7,9]. 이러한 구조적 편집 변형은 원본 영상과 불법 스트리밍 영상 간의 시간적·공간적 대응 관계를 약화시키므로 탐지 난도를 높이는 요인으로 작용한다[8,10].

3.4 서비스 인터페이스 중첩

서비스 인터페이스 중첩은 불법 스트리밍 사이트의 화면 구성 요소가 영상과 함께 표시되는 형태를 의미한다. 이는 원본 영상 자체에 포함된 정보가 아니라 불법 서비스 화면에서 추가로 노출되는 외부 요소이다. 대표적으로 플레이어 UI, 광고 배너, 팝업, 사이트 로고, 링크 버튼 등이 있으며, 불법 도박 연계 스트리밍 환경에서는 점수판, 경기 시간, 팀명, 배당 정보, 배팅 버튼 등이

함께 표시될 수 있다[12,13].

플레이어 UI가 영상과 함께 노출되는 예시는 그림 1과 같다.



그림 1. 플레이어 UI 노출 예시
Fig. 1. Example of player UI exposure

플레이어 UI는 재생 바, 일시정지 표시, 볼륨 조절, 설정 아이콘 등으로 구성될 수 있으며, 주로 화면 하단이나 가장자리에 표시된다. 이러한 요소는 원본 영상에는 존재하지 않지만 실제 탐지 대상 영상에는 포함될 수 있으므로, 영상의 일부 영역을 가리거나 특징 추출 과정에서 잡음으로 작용할 수 있다[9,10,13].

광고 또는 배너가 영상 위에 중첩되는 예시는 그림 2와 같다.

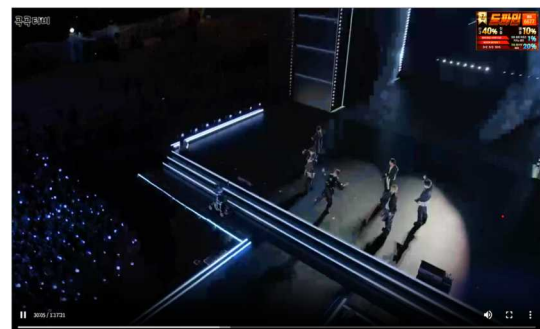


그림 2. 광고/배너 중첩 예시
Fig. 2. Example of advertisement and banner overlay

광고 배너는 화면 상단, 하단, 측면 또는 중앙에 표시될 수 있으며, 원본 영상에는 존재하지 않는 텍스트, 이미지, 그래픽 요소를 추가한다[12]. 특히 광고 영역이 클수록 영상 내 주요 객체나 장면 정보를 가릴 가능성이 높아지며, 탐지 과정에서 시각적 잡음을 증가시킬 수 있다[9,10].

사이트 로고가 영상 화면에 노출되는 예시는 그림 3과 같다.

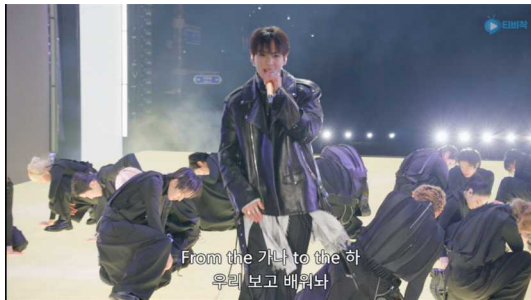


그림 3. 사이트 로고 노출 예시
Fig. 3. Example of site logo exposure

사이트 로고나 도메인 주소는 특정 위치에 고정적으로 표시되는 경우가 많다[12,13]. 로고의 크기, 투명도, 위치에 따라 원본 영상의 고유한 시각 특징과 중첩될 수 있으며, 동일한 위치에 지속적으로 나타날 경우 영상 탐지 과정에서 불필요한 고정 특징으로 작용할 수 있다[5,9].

이처럼 서비스 인터페이스 중첩은 기존의 일반적인 영상 복제 변형과 구별되는 불법 스트리밍 환경의 중요한 특성이다[11-13]. 특히 플레이어 UI, 광고 배너, 사이트 로고는 실제 불법 스트리밍 재생 화면에서 반복적으로 나타날 수 있으므로, 영상 탐지 강인성 평가에서 별도의 항목으로 고려할 필요가 있다[9,10,13].

3.5 실시간 스트리밍 환경 변형

실시간 스트리밍 환경 변형은 라이브 영상의 재생 또는 재송출 과정에서 발생하는 시간적·시

각적 왜곡을 의미한다. 대표적으로 프레임률 저하, 버퍼링, 재생 지연, 정지 프레임, 다중 화면 제공 등이 있다[7,9,10].

프레임률 저하는 원본보다 낮은 프레임률로 영상이 재생되는 경우이며, 움직임 정보의 손실이나 프레임 간 변화의 불규칙성을 유발할 수 있다[9]. 버퍼링과 재생 지연은 영상의 흐름을 끊거나 특정 구간의 시간적 대응 관계를 약화시킨다. 정지 프레임은 동일한 화면이 일정 시간 반복되거나 멈춘 상태로 유지되는 경우이다[7,10].

다중 화면 제공은 하나의 화면 안에 여러 영상이 동시에 표시되는 형태이다. 이 경우 주 화면과 부 화면의 크기, 위치, 정보 밀도에 따라 원본 영상과의 대응 관계가 약화될 수 있다. 이러한 변형은 특히 시간 기반 특징이나 연속 프레임 정보를 활용하는 영상 탐지 방식에 영향을 줄 수 있다[8-10].

3.6 획득·재전송 환경 변형

획득·재전송 환경 변형은 원본 영상이 불법적으로 획득되고 다시 유통되는 과정에서 발생하는 추가적인 왜곡을 의미한다. 대표적으로 화면녹화, 재촬영, 다중 재인코딩, 화질 열화 등이 있다[7,9,10]. 이러한 변형은 단순히 영상 파일이 복제되는 경우와 달리, 재생 화면의 상태나 획득 장치, 재전송 과정의 품질 변화가 함께 반영된다는 점에서 불법 스트리밍 환경의 중요한 특징으로 볼 수 있다[11-13].

화면녹화는 정식 서비스나 방송 화면을 소프트웨어로 캡처하여 다시 유통하는 방식이다. 화면녹화 과정에서 발생할 수 있는 변형 예시는 그림 4와 같다.

화면녹화 영상에는 원본 영상 외에도 플레이어 UI, 마우스 커서, 알람 창, 녹화 도구의 흔적 등이 함께 포함될 수 있다[9,13]. 또한 녹화 해상도, 프레임률, 압축 설정에 따라 원본 영상과 다

른 품질 특성이 나타날 수 있다[7,9].



그림 4. 화면녹화에 의한 변형 예시
Fig. 4. Example of transformation caused by screen recording

재촬영은 모니터, TV, 모바일 화면 등을 외부 기기로 다시 촬영하는 방식이다. 재촬영에 의한 변형 예시는 그림 5와 같다.



그림 5. 재촬영에 의한 변형 예시
Fig. 5. Example of transformation caused by camera re-recording

재촬영 영상은 촬영 거리, 각도, 흔들림, 반사광, 초점 흐림, 모아레 현상 등의 영향을 받을 수 있다[7,9]. 이 경우 영상의 기하학적 왜곡과 화질 저하가 동시에 발생하며, 원본 영상과의 공간적 대응 관계가 약화될 수 있다[9,10].

다중 재인코딩은 영상이 반복적으로 압축 및 변환되면서 품질이 저하되는 경우이다. 다중 재인코딩에 의한 변형 예시는 그림 6과 같다.



그림 6. 다중 재인코딩에 의한 변형 예시
Fig. 6. Example of transformation caused by multiple re-encoding

코덱 변경, 비트레이트 감소, 프레임률 변화 등이 반복되면 블록 노이즈, 블러, 색상 왜곡, 프레임 손실과 같은 손상이 발생할 수 있다. 이러한 손상은 프레임 단위 특징의 안정성을 낮추고, 원본 영상과의 유사도 판단을 어렵게 만들 수 있다.

불법 스트리밍 영상은 반복적인 압축, 재생, 녹화, 재전송 과정을 거치면서 전반적인 화질 열화가 발생할 수 있다[7,9,10]. 원본 대비 세부 정보가 손실되거나 화면 내 노이즈가 증가한 화질 열화 예시는 그림 7과 같다.



그림 7. 화질 열화 예시
Fig. 7. Example of video quality degradation

화질 열화가 발생하면 영상의 경계 정보, 질감 정보, 색상 정보가 약화될 수 있다. 특히 저해상도 변환, 반복 압축, 낮은 비트레이트 전송이 합

게 발생하는 경우 탐지에 필요한 시각적 단서가 감소할 수 있다[5,9,10].

이처럼 획득·재전송 환경 변형은 불법 스트리밍 영상이 단순한 복제물이 아니라 여러 획득 및 전송 단계를 거친 결과물임을 보여준다[11-13]. 특히 화면녹화, 재촬영, 다중 재인코딩, 화질 열화는 실제 불법 유통 과정에서 누적적으로 발생할 수 있으며, 서비스 인터페이스 중첩과 결합될 경우 탐지 난도를 더욱 높일 수 있다[9,10,13].

3.7 복합 변형

실제 불법 스트리밍 환경에서는 앞서 설명한 변형들이 단독으로 나타나기보다 둘 이상이 동시에 적용되는 경우가 많다[11-13]. 복합 변형은 시각적 변형, 구조적 편집 변형, 서비스 인터페이스 중첩, 실시간 스트리밍 환경 변형, 획득·재전송 환경 변형 중 두 가지 이상이 결합된 경우를 의미한다[7,9,10].

예를 들어 화면녹화된 영상에 자막과 사이트 로고가 함께 삽입되거나, 스포츠 중계 화면 위에 점수판, 광고 배너, 플레이어 UI가 동시에 표시될 수 있다[12,13]. 또한 재촬영된 영상이 다시 인코딩되고, 그 위에 새로운 로고나 광고가 추가되는 경우도 발생할 수 있다[7,9,10].

복합 변형은 시각 정보 가림, 시간적 불일치, 공간 정보 손실, 품질 저하, 외부 정보 중첩이 동시에 발생한다는 점에서 단일 변형보다 탐지 난도가 높다[9,10]. 따라서 불법 스트리밍 환경에서 영상 탐지 기술의 강인성을 평가하기 위해서는 개별 변형뿐 아니라 복합 변형 조건을 함께 고려할 필요가 있다[7,10].

앞서 분석한 변형 유형은 불법 스트리밍 환경에서 영상 탐지 성능에 영향을 미치는 주요 요인으로 볼 수 있다. 따라서 다음 장에서는 이러한 변형 유형을 기반으로 영상 탐지 강인성 평가 항목을 설정하고, 각 항목에 대한 세부 파라미터와

수준 구분 기준을 제시한다[7,9,10].

4. 불법 스트리밍 환경에서의 영상 탐지 강인성 평가 기준

4.1 강인성 평가 기준 설계 방향

불법 스트리밍 환경에서 재생되는 영상은 원본 영상과 동일한 형태로 제공되기보다 다양한 변형 요소가 적용되거나 중첩된 형태로 나타난다. 이러한 변형은 영상 자체의 화질이나 구조를 변화시키는 경우도 있고, 광고 배너, 플레이어 UI, 사이트 로고, 경기 정보, 배당 정보와 같은 외부 화면 요소가 추가되는 방식으로 나타나기도 한다. 또한 화면녹화, 재촬영, 다중 재인코딩과 같은 획득·재전송 과정에서 품질 열화가 누적될 수 있다.

따라서 불법 스트리밍 환경에서 영상 탐지 기술의 강인성을 검토하기 위해서는 단순히 탐지 성공 여부만을 확인하는 방식으로는 충분하지 않다. 변형 유형별로 평가 항목을 구분하고, 각 항목에 대해 변형 강도와 세부 파라미터를 설정할 필요가 있다. 이를 통해 탐지 기술이 어떤 변형 조건에서 안정적으로 동작하고, 어떤 조건에서 성능 저하가 발생하는지를 구체적으로 확인할 수 있다.

본 논문에서는 3장에서 분석한 변형 유형을 기반으로 강인성 평가 영역을 시각적 변형, 구조적 편집 변형, 서비스 인터페이스 중첩, 실시간 스트리밍 환경 변형, 획득·재전송 환경 변형, 복합 변형으로 구분하였다.

4.2 평가 항목 및 세부 파라미터

평가 항목은 불법 스트리밍 환경에서 발생 가능한 변형을 단일 항목으로 분리하여 검토할 수 있도록 구성한 것이다. 시각적 변형과 구조적 편집 변형은 기존 영상 복제 탐지 연구에서도 주로

고려되어온 항목이다. 반면 서비스 인터페이스 중첩, 경기 및 배당 정보 중첩, 화면녹화, 재촬영, 재송출 흔적은 실제 불법 스트리밍 재생 환경을 반영하기 위해 포함한 항목이다. 각 평가 영역별 세부 항목과 주요 파라미터는 표 1과 같다.

특히 서비스 인터페이스 중첩 항목은 원본 영상에는 존재하지 않지만 실제 탐지 대상 영상에는 포함될 수 있는 외부 화면 요소를 평가 대상으로 한다. 광고 배너, 플레이어 UI, 사이트 로고, 경기 정보, 배당 정보 등은 영상 내 주요 영역을 가리거나 특징 추출 과정에서 잡음으로 작용할 수 있다. 또한 획득·재전송 환경 변형은 영상이 단순히 복제되는 것이 아니라 녹화, 재촬영, 압축, 재전송 과정을 거치며 품질 저하와 왜곡이 누적될 수 있다는 점을 반영한다.

4.3 평가 항목별 수준 구분

강인성 평가에서는 변형의 존재 여부뿐 아니라 변형 강도를 함께 고려해야 한다. 동일한 유형의 변형이라도 적용 강도에 따라 영상 탐지 성능에 미치는 영향이 달라질 수 있기 때문이다. 예를 들어 자막이 화면 하단에 작게 표시되는 경우와 화면 중앙까지 넓게 표시되는 경우는 원본 영상의 가림 정도가 다르다. 광고 배너나 사이트 로고 역시 화면 점유율, 위치, 지속 시간에 따라 탐지 난도에 미치는 영향이 달라질 수 있다.

이에 본 논문에서는 주요 평가 항목에 대해 변형 강도를 Level 1, Level 2, Level 3으로 구분한다. Level 1은 원본 영상의 주요 특징이 대부분 유지되는 경미한 변형 수준, Level 2는 일부 특징이 손상되거나 중첩되는 중간 수준, Level 3은 원본 영상과의 대응 관계가 크게 약화될 수 있는 심한 변형 수준으로 정의한다. 주요 항목의 수준 구분 예시는 표 2와 같다.

수준 구분은 변형 강도를 상대적으로 비교하기 위한 기준이다. 실제 평가에서는 콘텐츠 유형,

영상 길이, 해상도, 탐지 기술의 특성에 따라 세부 임계값을 조정할 수 있다. 예를 들어 스포츠 중계 영상에서는 경기 정보와 배당 정보의 화면 점유율이 중요한 기준이 될 수 있으며, 드라마나 영화 영상에서는 자막, 로고, 광고 배너, 재인코딩에 따른 품질 저하가 더 중요한 기준이 될 수 있다.

4.4 평가 기준 적용 절차

제안한 평가 기준은 원본 영상과 변형 영상을 쌍으로 구성된 뒤, 변형 유형과 수준에 따라 탐지 결과를 비교하는 방식으로 적용할 수 있다. 평가 절차는 다음과 같이 구성할 수 있다.

첫째, 원본 영상을 선정한다. 원본 영상은 영화, 드라마, 예능, 스포츠 중계 등 평가 목적에 맞는 콘텐츠 유형으로 구성할 수 있다.

둘째, 원본 영상을 기준으로 단일 변형 영상을 생성한다. 예를 들어 자막 삽입, 로고 중첩, 광고 배너 중첩, 화면 크롭, 프레임률 저하, 화면녹화, 재인코딩 등의 조건을 각각 적용한다.

셋째, 실제 불법 스트리밍 환경을 반영하기 위해 둘 이상의 변형을 결합한 복합 변형 영상을 구성한다. 예를 들어 화면녹화 영상에 사이트 로고와 광고 배너를 중첩하거나, 스포츠 중계 영상에 점수판, 배당 정보, 플레이어 UI를 동시에 중첩할 수 있다.

넷째, 각 변형 조건에 대해 영상 탐지를 수행하고 탐지 성공 여부, 오탐률, 미탐률, Precision, Recall, F1-score, 평균 탐지 시간 등을 측정한다.

다섯째, 원본 영상 조건에서의 탐지 성능과 변형 영상 조건에서의 탐지 성능을 비교하여 변형 유형별 성능 저하 정도를 분석한다. 부분 편집이나 하이라이트 편집과 같이 전체 영상이 아닌 일부 구간만 제공되는 경우에는 영상 전체 단위의 탐지 여부뿐 아니라 구간 단위 탐지 여부도 함께 확인할 필요가 있다.

표 1. 불법 스트리밍 환경에서의 영상 탐지를 위한 강인성 평가 항목 및 세부 파라미터
Table 1. Robustness evaluation items and detailed parameters for video detection in illegal streaming environments

평가 영역	세부 평가 항목	세부 파라미터	주요 내용
시각적 변형	자막 삽입	위치(상/중/하), 언어, 줄 수, 글자 크기, 색상, 배경 유무	화면 내 자막이 중첩되는 경우
	로고/워터마크 중첩	위치, 크기, 투명도, 고정/이동 여부	사이트명, 로고, 워터마크 등이 삽입되는 경우
	밝기/색상 변화	밝기 증가/감소, 대비 변화, 채도 변화, 색조 왜곡, 흑백 변환 여부	원본 대비 색감 및 명암 정보가 달라지는 경우
	해상도 저하	1080p→720p, 720p→480p, 480p 이하, 비트레이트 감소 여부	저화질 변환으로 세부 정보가 손실되는 경우
구조적 편집	부분 편집	전체 길이 대비 사용 비율, 시작/중간/종료 구간, 연속/비연속 여부	전체가 아닌 일부 구간만 제공되는 경우
	장면 삭제	삭제 위치, 삭제 길이, 단일/복수 구간 삭제	특정 장면 또는 구간이 제거되는 경우
	하이라이트 편집	발췌 길이, 장면 수, 연속/비연속 편집 여부	발췌·요약 형태로 재구성된 경우
	화면 크롭	상/하/좌/우/중앙 크롭, 크롭 비율	화면 일부가 잘려 제공되는 경우
서비스 인터페이스	플레이어 UI 노출	재생 바, 설정 아이콘, 전체화면 버튼, 일시정지 표시, 노출 지속 시간	플레이어 제어 요소가 함께 나타나는 경우
	광고/배너 중첩	위치, 크기, 정적/동적 여부, 노출 시간	광고 또는 배너가 중첩되는 경우
	사이트 로고 노출	위치, 크기, 지속 시간, 반투명 여부	사이트 식별 요소가 화면에 노출되는 경우
	경기/배당 정보 중첩	점수판, 경기 시간, 팀명, 배당 정보, 베팅 버튼, 점유율	실시간 경기 관련 정보가 함께 표시되는 경우
실시간 스트리밍 환경	프레임률 저하	60fps, 30fps, 15fps, 프레임 손실 빈도	영상 움직임의 연속성이 약화되는 경우
	버퍼링/재생 지연	로딩 빈도, 지연 지속 시간, 정지 구간 발생 여부	재생 흐름이 끊기거나 지연되는 경우
	정지 프레임	동일 프레임 반복 구간, 지속 시간	특정 장면이 멈춘 상태로 유지되는 경우
	다중 화면 제공	분할 화면 수, 주/부화면 비율, 정보 밀도	여러 영상이 동시에 제공되는 경우
획득·재전송 환경	화면녹화	PC/모바일 녹화, 캡처 해상도, 프레임률, UI 포함 여부	재생 화면을 직접 녹화한 경우
	재촬영	촬영 기기 종류, 거리, 각도, 흔들림, 반사광 여부	디스플레이를 다시 촬영한 경우
	다중 재인코딩	인코딩 횟수, 코덱 종류, 비트레이트 수준, 프레임률 변화	반복 압축 및 변환이 적용된 경우
	재송출 흔적	이중 로고, 이중 UI, 이중 정보 중첩 여부	다시 송출되면서 추가 중첩이 발생한 경우
	화질 열화	노이즈 증가, 블러, 블록 노이즈, 색상 왜곡, 세부 정보 손실	반복 압축, 녹화, 재전송 과정에서 전반적인 품질이 저하되는 경우
복합 변형	다중 변형 중첩	결합된 변형 종류, 변형 개수, 적용 순서, 중첩 강도	둘 이상의 변형이 동시에 적용된 경우

표 2. 주요 강인성 평가 항목의 수준(Level)

Table 2. Level-based classification of major robustness evaluation items

평가 항목	Level 1	Level 2	Level 3
자막 삽입	1줄, 하단	2줄, 하단	3줄 이상, 하단/중앙
로고/워터마크 중첩	화면 5% 이하	화면 10% 내외	화면 20% 이상
해상도 저하	1080p→720p	720p→480p	480p 이하
부분 편집	전체의 75% 유지	전체의 50% 유지	전체의 25% 이하 유지
화면 크롭	10% 미만	10~20%	20% 이상
광고/배너 중첩	소형 1개	중형 2개	대형 다수
경기/배당 정보 중첩	점수판 수준	점수판+일부 정보	점수판+배당+버튼+배너
프레임률 저하	60→30fps	30→24fps	24fps 이하
버퍼링/재생 지연	짧은 로딩	반복 로딩	장시간 정지/지연
화면녹화	고해상도 녹화	중간 해상도 녹화	저해상도+UI 포함
다중 재인코딩	1회	2회	3회 이상
재촬영	정면 촬영, 흔들림 적음	각도 왜곡 또는 약한 흔들림	큰 각도 왜곡, 반사광, 초점 흐림 동시 발생
화질 열화	경미한 노이즈 또는 블러	블록 노이즈, 색상 왜곡 일부 발생	세부 정보 손실, 심한 블러, 저비트레이트 흔적 동시 발생
복합 변형	2개 변형 결합	3개 변형 결합	4개 이상 결합

이와 같은 절차를 통해 영상 탐지 기술이 특정 변형에 대해 어느 정도 강인한지 확인할 수 있다. 또한 단일 변형 조건과 복합 변형 조건을 비교함으로써 실제 불법 스트리밍 환경에서 탐지 성능이 저하되는 주요 원인을 파악할 수 있다.

4.5 평가 기준의 활용 방향

제안한 평가 기준은 불법 스트리밍 환경에서 영상 탐지 기술의 성능을 검토하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있다. 특히 기존 영상 복제 탐지 평가에서 주로 다루어진 압축, 해상도 변화, 크롭, 자막 삽입 등의 항목에 더해, 불법 스트리밍 재생 화면에서 나타나는 플레이어 UI, 광고 배너, 사이트 로고, 경기 및 배당 정보, 재송출 흔적을 평가 대상으로 포함한다는 점에서 차별성을 가진다.

또한 본 평가 기준은 콘텐츠 유형에 따라 선택적으로 적용될 수 있다. 불법 OTT 환경에서는

자막, 로고, 광고, 해상도 저하, 재인코딩 항목을 중심으로 평가할 수 있으며, 불법 도박 연계 스트리밍 환경에서는 점수판, 경기 시간, 배당 정보, 베팅 버튼, 실시간 지연, 다중 화면 제공 등을 중점적으로 평가할 수 있다.

따라서 제안한 평가 기준은 불법 콘텐츠 탐지, 저작권 보호, 불법 재송출 모니터링 기술의 성능 검토에 활용될 수 있으며, 향후 실제 영상 데이터 기반의 정량 평가로 확장될 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 불법 스트리밍 환경에서 재생되는 영상의 변형 유형을 분석하고, 영상 탐지 기술의 강인성을 검토하기 위한 평가 기준을 제안하였다. 불법 스트리밍 환경에서는 원본 영상이 그대로 제공되기보다 자막 삽입, 로고 및 워터마크 중첩, 화면 크롭, 광고 배너, 플레이어 UI,

경기 및 배당 정보, 화면녹화, 재촬영, 다중 재인 코딩, 화질 열화 등 다양한 변형 요소가 함께 나타날 수 있다.

이를 바탕으로 본 논문에서는 영상 변형 유형을 시각적 변형, 구조적 편집 변형, 서비스 인터페이스 중첩, 실시간 스트리밍 환경 변형, 획득·재전송 환경 변형, 복합 변형으로 구분하였다. 또한 각 유형별 세부 평가 항목과 파라미터를 정리하고, 주요 항목에 대해 Level 1, Level 2, Level 3의 수준 구분 기준을 제시하였다.

제안한 평가 기준은 기존 영상 복제 탐지에서 주로 다루어진 일반적인 변형뿐 아니라, 실제 불법 스트리밍 재생 화면에서 나타나는 광고 배너, 플레이어 UI, 사이트 로고, 경기 및 배당 정보, 재송출 흔적 등을 함께 고려한다는 점에서 의의가 있다. 이를 통해 불법 콘텐츠 탐지, 저작권 보호, 불법 재송출 모니터링 기술의 성능 검토에 활용될 수 있다.

향후 연구에서는 제안한 평가 기준을 기반으로 실제 또는 재현 영상 데이터를 구성하고, 변형 유형과 수준별 탐지 성능을 정량적으로 분석할 필요가 있다. 또한 불법 OTT 환경과 불법 도박 연계 스트리밍 환경의 차이를 반영한 세부 평가 조건을 마련하고, 복합 변형 조건에서의 탐지 성능 변화를 추가로 검토할 필요가 있다.

본 연구는 문화체육관광부 및 문화기술기획평가원의 2026년도 소프트웨어 저작권 사업으로 수행되었음(과제명 : OTT 콘텐츠 저작권 보호기술개발 및 적용을 위한 저작권기술(+법) 융합인재양성, 과제번호 : RS-2023-00225267, 기여율: 100%)

참 고 문 헌

- [1] European Union Intellectual Property Office, "Online Copyright Infringement in the European Union: Films, Music, Publications, Software and TV, 2017-2023", EUIPO, Nov. 2024, URL : https://euipo.europa.eu/tunnel-web/secure/webdav/guest/document_library/observatory/documents/reports/2024_online_copyright_infringement/2024_online_copyright_infringement_in_the_EU_FullR_en.pdf
- [2] YouTube, "YouTube Copyright Transparency Report", Google Transparency Report, URL : <https://transparencyreport.google.com/youtube-copyright/balanced-ecosystem>
- [3] Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, Jessica Fridrich, Ton Kalker, "Digital Watermarking and Steganography", 2nd Edition, Morgan Kaufmann, 2008, ISBN : 978-0-12-372585-1
- [4] Julien Law-To, Li Chen, Alexis Joly, Ivan Laptev, Olivier Buisson, Valerie Gouet-Brunet, Nozha Boujemaa, Fred Stentiford, "Video Copy Detection: A Comparative Study", Proceedings of the 6th ACM International Conference on Image and Video Retrieval, pp.371-378, July 2007, DOI : 10.1145/1282280.1282336
- [5] Sunil Lee, Choong D. Yoo, "Robust Video Fingerprinting for Content-Based Video Identification", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 18(7), pp.983-988, July 2008, DOI : 10.1109/TCSVT.2008.920739
- [6] Shiguo Lian, Nikolaos Nikolaidis, Husrev Taha Sencar, "Content-Based Video Copy Detection: A Survey", Intelligent Multimedia Analysis for Security Applications, Studies in Computational Intelligence, Vol.282, pp.253-273, 2010, DOI : 10.1007/978-3-642-11756-5_12
- [7] George Awad, Paul Over, Wessel Kraaij, "Content-Based Video Copy Detection Benchmarking at TRECVID", ACM Transactions on Information Systems,

- 32(3), June 2014, DOI : 10.1145/2629531
- [8] Jiajun Liu, Zi Huang, Hongyun Cai, Heng Tao Shen, Chong-Wah Ngo, Wei Wang, "Near-Duplicate Video Retrieval: Current Research and Future Trends", ACM Computing Surveys, 45(4), Article 44, Aug. 2013, DOI : 10.1145/2501654.2501658
- [9] Mohamed Allouche, Mihai Mitrea, "Video Fingerprinting: Past, Present, and Future", Frontiers in Signal Processing, Vol.2, Article 984169, Sep. 2022, DOI : 10.3389/frsip.2022.984169
- [10] Sifeng He, Xudong Yang, Chen Jiang, Gang Liang, Wei Zhang, Tan Pan, Qing Wang, Furong Xu, Chunguang Li, Jingxiong Liu, Hui Xu, Kaiming Huang, Yuan Cheng, Feng Qian, Xiaobo Zhang, Lei Yang, "A Large-scale Comprehensive Dataset and Copy-overlap Aware Evaluation Protocol for Segment-level Video Copy Detection", Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.21054-21063, 2022, https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2022/papers/He_A_Large-Scale_Comprehensive_Dataset_and_Copy-Overlap_Aware_Evaluation_Protocol_for_CVPR_2022_paper.pdf
- [11] Injae Yoo, Jae Chung Lee, Seyoung Jang, Byeongchan Park, Seok-Yoon Kim, Youngmo Kim, "An Illegal Distribution Platform Tracking Method Using IP Port Scanning", Journal of Software Forensics, 19(4), pp.115-122, Dec. 2023, DOI : 10.29056/jsav.2023.12.12
- [12] Sang-Won Oh, Myung-Chan Park, Young-Mo Kim, "Utilizing Advertiser Unique Identification Numbers for Illegal Copyright Infringement Site Feature Information Collection Strategy", Journal of Software Forensics, 20(3), pp.43-52, Sep. 2024, DOI : 10.29056/jsav.2024.09.05
- [13] Seung-Hyeon Park, In-Jae Yoo,

Se-Young Jang, Byeong-Chan Park, Sun-Hee Shin, Seok-Yoon Kim, Youngmo Kim, "An Illegal Streaming Site Structure Analysis Method Based on Text Numericalization", Journal of Software Forensics, 20(4), pp.193-201, Dec. 2024, DOI : 10.29056/jsav.2024.12.20

저 자 소 개



박병찬(Byeongchan Park)

2015.2 학점은행 컴퓨터공학과 학사
2018.2 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 석사
2023.8 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 박사
2023.9-현재 숭실대학교 컴퓨터학부 초빙교수
<주관심분야> 저작권 보호 및 이용 활성화 기술



김영모(Youngmo Kim)

2003.2 대전대학교 컴퓨터공학과 학사
2005.2 대전대학교 컴퓨터공학과 석사
2011.2 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
2012-현재 : 숭실대학교 교수
<주관심분야> 저작권 보호 및 이용 활성화 기술