일반논문-09-14-6-01

통계적 분석 기반 불법 복제 비디오 영상 감식 방법

조 혜 정[a)‡], 김 지 은[a)], 손 채 봉[a)], 정 광 수[a),b)], 오 승 준[a),b)]

A Novel Video Copy Detection Method based on Statistical Analysis

Hye-Jeong Cho[a)‡], Ji-Eun Kim[a)], Chae-Bong Sohn[a)], Kwang-Sue Chung[a),b)], and Seoung-Jun Oh[a),b)]

요 약

인터넷과 멀티미디어 기술이 발달함에 따라 무분별한 불법 콘텐츠들의 유통으로 인한 저작권 침해가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있어, 불법 복제 영상을 검출하는 시스템의 개발이 시급하다. 본 논문에서는 공간영역 상에서 다양하게 변형된 복제 영상과 원본 영상간의 통계적 특성을 이용하여 그 유사도를 측정하고 복제 여부를 판단하는 계층적 구조의 불법 비디오 감식 방법을 제안한다. 영상의 대표적 특성인 휘도 성분에 따라 순위를 매김으로써 공간적 변형에 영향을 받지 않도록 하였으며, 데이터베이스에 저장된 방대한 양의 영상들에 대한 검색시간과 계산량을 줄이기 위해 순위 표본 프레임을 이용하여 유사한 후보 영상군을 추출한다. 이러한 후보 영상군을 대상으로 일반적인 불법 복제 비디오의 형태를 감안하여 각 프레임의 가장자리에 위치한 검은색 영역을 제외함과 동시에 영상의 중앙 영역을 포함하여 통계 검정을 이용함으로써 복제 여부를 판단한다. 실험 결과, 제안하는 방법은 이전 방법에 비해 순위 표본 프레임의 정확도가 유사하면서 선택된 순위 표본 프레임 수가 약 61% 가량 적게 추출하여 특징 정보에 저장되는 메모리 양을 절약할 수 있었다. 또한 영상의 화질 열화, 대비 변형, 확대 및 축소, 화면비 변환, 자막 삽입 등 다양한 공간적 변형에도 포괄적으로 복제 여부를 판단할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

Abstract

The carelessly and illegally copied contents are raising serious social problem as internet and multimedia technologies are advancing. Therefore, development of video copy detection system must be settled without delay. In this paper, we propose the hierarchical video copy detection method that estimates similarity using statistical characteristics between original video and manipulated(transformed) copy video. We rank according to luminance value of video to be robust to spacial transformation, and choose similar videos categorized as candidate segments in huge amount of database to reduce processing time and complexity. The copy videos generally insert black area in the edge of the image, so we remove rig black area and decide copy or not by using statistical characteristics of original video and copied video with center part of frame that contains important information of video. Experiment results show that the proposed method has similar keyframe accuracy to reference method, but we use less memory to save feature information than reference's, because the number of keyframes is less 61% than that of reference's. Also, the proposed method detects if the video is copied or not efficiently despite expansive spatial transformations such as blurring, contrast change, zoom in, zoom out, aspect ratio change, and caption insertion.

Keyword : Content-based video copy detection, Keyframe selection, Hypothesis test

---

a) 광운대학교 VIA-멀티미디어 센터
VIA-Multimedia Center at Kwangwoon University
b) 광운대학교 방송통신융합플랫폼 센터
BnC Convergence Platform Center at Kwangwoon University
‡ 교신저자 : 조혜정(hjcho@media.kw.ac.kr)
※본 연구는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술 평가관리원의 IT 원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구[과제관리번호: 2008-F-011, 과제명: 차세대 DTV 핵심기술 개발]와 지식경제부, 한국산업기술진흥원의 전략 기술인력양성사업으로 수행된 결과임.
· 접수일(2009년1월15일),수정일(1차:2009년5월4일,2차:10월30일),게재확정일(2009년11월2일)

Ⅰ. 서 론

최근 인터넷과 멀티미디어 기술의 급격한 발달로 우리는 다양한 콘텐츠를 손쉽게 접할 수 있게 되었다. 이에 따라 콘텐츠를 온오프라인 상에서 간단한 툴을 이용하여 재편집이 가능해졌으며 온라인 서비스를 통해 무분별하게 불법유통이 이루어져 저작권 침해가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있는 실정이다. 따라서 P2P나 웹하드 등의 불법유통이 행해지는 온라인 서비스 업체에 불법콘텐츠를 감식하는 기술을 적용할 필요성이 증가하고 있다.

기존의 불법콘텐츠를 감식하기 위한 대표적인 방법으로 텍스트(text) 기반의 검출 방식과 내용기반(content-based)의 검출 방식이 있다. 텍스트 기반의 검출 방법은 콘텐츠의 제목, 확장자를 기반으로 특정한 금칙어를 설정하여 검색을 저지하는 방식으로 현재 많은 인터넷 공유 사이트에서 사용하고 있지만 다양한 우회와 회피 방법이 가능하기 때문에 불법콘텐츠의 문제가 해결되지 않고 있다[1]. 반면, 내용기반 검출 방법은 콘텐츠 자체의 고유한 특징을 이용하여 검출을 적용함으로써 텍스트 기반의 방식보다 우수한 성능으로 불법콘텐츠를 감식할 수 있다. 이러한 내용기반의 검출 방법으로는 워터마킹(watermarking)과 같이 콘텐츠에 저작권 정보를 직접 삽입하는 방법과 콘텐츠 자체의 내용 분석을 통하여 특징정보를 생성하는 방법이 존재한다. 전자는 이미 배포된 콘텐츠의 경우 적용할 수 없고, 삽입한 정보가 콘텐츠의 변형에 취약한 단점이 있다. 따라서 최근에는 후자의 방법을 많이 이용하며 본 논문에서 다룰 검출 기술은 콘텐츠 자체의 특징을 이용함을 의미한다.

본 논문은 특히 일반적인 인터넷 공유 사이트의 형태를 기반으로 시스템을 구성하였다. 내용기반의 검출 수행 과정은, 우선 오프라인에서 저작권이 있는 비디오 영상(이하 원본 영상, query video)을 저장하고 있는 제 1데이터베이스(database)로부터 원본 영상의 특징정보를 추출하여 제 2데이터베이스에 저장해둔다. 이때 추출하는 특징정보는 내용기반의 순위 정합(ordinal measurement)을 사용하여 공간적인 변화에 강인한 방법을 제안한다. 원본 영상과 사용자가 올린 콘텐츠영상(이하 목표 영상 또는 복제 영상, target video or copy video)의 휘도 변화에 따라 순위 표본 프레임(keyframe)을 선택하고, 이를 기반으로 원본 영상과 목표 영상간의 상관관계를 측정함으로써 제 1데이터베이스 내의 수많은 비디오 영상들 중 유사한 영상(이하 후보 영상, candidate sequence)만을 추출하여 계산량을 줄이고 처리 속도를 향상시킨다. 또한 영상의 변형으로 쉽게 변질되는 휘도, 색차 등의 특성만을 사용하여 유사도를 판정하는데 한계가 있다는 점에서 영상 특징에 대해 통계적인 검정 방법을 적용하여 포괄적인 범위의 변형에도 복사 여부를 검출할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 내용기반의 복사 검출 알고리즘을 살펴보고, III장에서는 불법콘텐츠를 감식하는 시스템 구조와 구체적으로 제안하는 방법을 기술한다. IV장에서는 실험결과를 근거로 기존 방법들과의 성능 비교를 하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 기존의 내용기반 복사 검출 방법

비디오 검출 방법은 특징정보를 추출하는 방식에 따라 컬러(color)정보, 순위(ordinal)정보, 화면 내 특징점(local feature point)정보 등을 이용하는 다양한 방식이 존재한다.

Naphade와 Yeung은 DC 순서의 YUV에 대한 히스토그램을 추출하고 그 교차 부분을 유사도 측정에 사용하였으며 이러한 컬러정보는 각 프레임의 컬러 히스토그램(histogram)을 특징정보로 이용하지만 휘도 변화에 따른 변형에 민감하다[2]. 반면 Hampapur은 에지 특성을 사용하여 컬러 변환에 강인함을 강조하였으나 화면 전체가 아닌 일부분에 특징을 추출하기 때문에 화면의 확대 및 잘림 변환에 취약하다[3]. 이러한 단점을 보완하기 위해 Joly는 영상의 모서리 특징점을 추출하고 특징점 주변 영역을 분석하여 정보를 추출하는 방법을 제안하였다. 이러한 방법은 회전변환 등에 방향 성분이 크게 변할 수 있지만 모서리 정보는 영상에 대해 다양한 변형에 비교적 강인하다는 점을 이용하였다[4]. 그러나 화면의 대비 변형 등의 화소 변화로 인하여 정확한 위치의 특징점을 추출하지 못하는 경우 그 성능이 감소될 수 있다.

내용 기반의 복사 검출 방법 중 가장 널리 사용되는 방법은 순위 정보를 이용한 방법이다. 순위 정보는 프레임 내의 휘도 분포를 이용하는 방법으로 간단한 계산과 밝기 변화, 화면의 리사이징 등의 다양한 변형에 강인한 것이 장점이며 특징 정보를 표현하는 단위가 간단하여 정보의 저장공간 측면에서 효율이 뛰어나다. Bhat과 Nayar는 정지영상의 일치여부를 측정하기 위해 순위 정보를 처음 적용하였고[5], Mohan은 이를 변형하여 동영상에 적용하였으며 각 블록의 평균 휘도값을 통해 정해진 순위를 비교하여 유사도를 측정하는 방법을 제안하였다[6]. 또한, Kim과 Vasudev는 공간적인 순위정보와 시간적인 특징정보를 동시에 적용함으로써 기존의 순위 정보 기반의 방법보다 강인성을 향상시켰다[7].

위에서 언급한 기존의 내용기반 비디오 복사 검출 방법들은 프레임 단위로 복사 검출을 수행하기 때문에 방대한 양의 영상들이 데이터베이스에 존재하는 환경에서 검출 시간은 고려되지 않았다. Chiu와 Chen은 DOG(Difference of Gaussian)을 통해 순위 표본 프레임을 추출하여 이를 기반으로 후보 영상군을 선택하고, 선택된 영상군과 목표 영상 간의 순위 정합 방법 기반의 정합 그래프를 이용하여 복제 여부를 판단하는 방법을 제안하여 복사 검출 시간을 감소시켰다[8]. 그러나 다양한 변형에는 강인하지 못하다는 단점이 있다. 이렇듯 비디오는 많은 정보를 보유하고 있으므로, 식별성과 계산시간을 동시에 만족시키기 쉽지 않다. 식별성을 높이면 계산시간이 늘어나고 계산시간을 줄이면 식별성이 떨어지는 교환(trade-off) 관계에 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 다양한 형태로 변형된 영상에 대해 계산시간을 고려함과 동시에 정확하게 복제를 판단할 수 있도록 초점을 두었다.

III. 제안하는 시스템 구조 및 방법

본 장에서는 구체적인 방법에 대해 제안한다. 영상의 흐름상 급격한 휘도 변화가 나타나는 프레임을 기반으로 공간적 특징정보를 추출하고, 이를 이용한 유사도 및 복사 여부를 판단하는 방법을 자세히 설명한다.

1. 시스템 구조

일반적으로 불법콘텐츠를 접할 수 있는 온라인 사이트는 많은 양의 원본 영상을 보유하고 있기 때문에 하나의 목표 영상을 데이터베이스에 저장되어 있는 방대한 양의 모든 원본 영상과 비교하는 것은 시간의 소모가 매우 크다. 따라서 본 논문에서는 영상의 특징인 시간적 중복성을 이용하여 유사한 영상을 빠르게 추출하고 복사본 검출에서 계산시간과 검출의 정확도를 고려한다.

제안하는 시스템 구조는 그림 1과 같이 제 1데이터베이스에 저작권이 있는 원본 영상들이 저장되어 있고, 빠른 검출을 위해 오프라인 상에서 원본 영상들로부터 순위 표본 프레임을 추출하여 제 2데이터베이스에 따로 저장해 둔다. 이후 원본 영상을 복제한 목표 영상이 발생했을 때 두 영상의 통계적 특성을 이용하여 일치도를 측정한다.

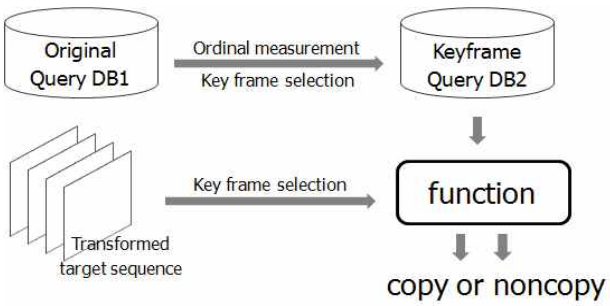


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. The system structure

제 1데이터베이스에 저장된 원본 영상($\boldsymbol{Q}$)과 복제된 목표 영상($\boldsymbol{T}$)을 식 (1)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{Q} &= \{\{Q_1^1,\cdots,Q_b^1\},\cdots,\{Q_1^a,\cdots,Q_b^a\}\} \\ \boldsymbol{T} &= \{T_1,\cdots,T_b\} \end{aligned} \tag{1}$$

본 논문에서는 $\boldsymbol{Q}$에 포함된 각각의 원본 영상을 Q^m으로 표기하고, m은 $1 \le m \le a$의 범위를 갖는다.

가장 먼저 $\boldsymbol{Q}$와 $\boldsymbol{T}$ 각 영상에 대해 순위 정합 방법에 따라 프레임마다 특징을 추출하고, 이 프레임들의 시간적 흐름에

서 스피어만의 순위 상관 계수(Spearman's Rank Correlation Coefficients, RCC)를 이용하여 변화가 일어난 것으로 판단되는 프레임을 표본 프레임으로 선택한다. 이렇게 추출된 표본 프레임을 기반으로 스피어만의 순위 상관 계수를 다시 한 번 이용하여 원본 영상과 목표 영상간의 상관도를 측정함으로써 제 1데이터베이스로부터 후보 영상군을 선택하게 된다. 이 후보 영상군과 목표 영상 사이의 일치도를 t-검정을 통해 판별하는데 계산시간을 고려하여 전체 프레임에 대한 검정이 아닌 목표 영상에서 추출된 표본 순위 프레임에 해당하는 원본 프레임과 그에 따른 원본 영상의 프레임과의 유사성을 검증한다. 이 때 영상의 중요한 정보를 담고 있는 중앙 영역에 대한 정보를 추가하여 t_0값을 계산한다. 계산된 t_0값을 t-검정표(t-table)를 참고하여 정해진 임계값과 비교하여 복제 여부를 최종적으로 판단하게 된다.

2. 순위 정합 방법

제안한 방법은 영상의 공간적 특징정보인 휘도 성분을 이용한 순위 정합 방법을 활용하는데 초점을 둔다. 제 II장에서 언급한 바와 같이 영상 내에 분포한 특징은 색상, 형태, 움직임, 객체 등 그 종류가 다양하다. 하지만, 대용량 비디오 영상의 데이터베이스를 대상으로 계산처리의 효율성과 강인성을 고려하여 휘도 정보를 활용한 순위 정합 방법을 이용한다. 우선, 동영상의 휘도값을 측정하기 위해 비디오의 프레임을 $N_x \times N_y$로 나누는데, 프레임을 나누는 크기는 강인성(robustness)과 식별성(discriminability)을 결정한다. 이 둘은 교환관계를 가지고 있기 때문에 시스템의 특성에 따라 프레임을 나누는 크기를 결정한다. 한 예로 그림 2와 같이 한 프레임을 나누는 크기에 따라 영향을 받는 블록의 개수가 다르기 때문에 순위 정보에 큰 변동이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 프레임의 나누어진 모든 영역(이하 블록, block)이 영상의 변형에 대한 영향을 동등하게 받게 하면서 계산을 효율적으로 하기 위해 2×2의 크기로 프레임을 나눈다. 2×2로 나누어진 각 블록은 평균 휘도값을 계산하고 이것을 기준으로 큰 값을 가지는 블록일수록 높은 순위를 갖도록 순위값을 할당한다. 이와 같이 영상의 각 프레임에 대한 순위 정합 방법을 이하 $Rank(\bullet)$로 표기한다.

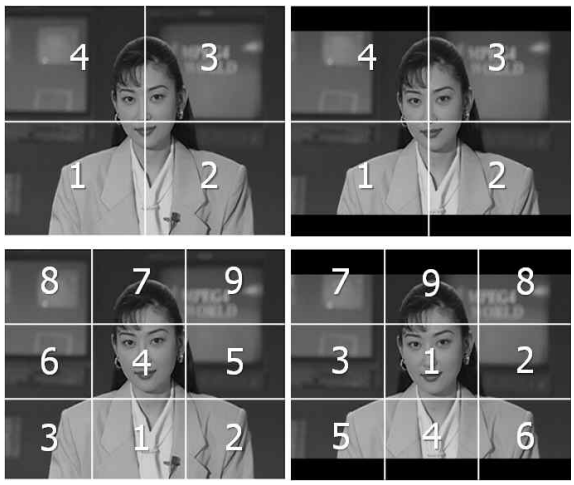


그림 2. 블록 크기에 따른 순위 정보
Fig. 2. Rank information according to block size

3. 순위 표본 프레임의 추출

복제된 불법 영상은 다양한 방법으로 변형되는 것이 일반적이다. 이러한 변형이 발생된 영상에서 대표적인 특징을 나타낼 수 있는 것이 휘도이지만, 이 휘도값도 대비 변화나 잡음 등에 의해 그 값이 변한다. 따라서 본 논문에서는 여러 가지 방법의 변형에도 영상을 특징화 할 수 있으면서 동시에 강인성을 제공하는 순위 정합 방법을 사용한다. $\boldsymbol{Q}$와 $\boldsymbol{T}$ 각 영상의 i번째 프레임의 순위 정합 방법, $Rank(\bullet)$를 이용해 얻어진 순위 프레임을 Q_i^m, T_i 로 표기한다. 그림 3은 한 영상 내에 순위 정합 방법을 통해 얻어진 순위를 라벨로 도시한 결과이다. 여기서 라벨링은 한 프레임내의 2×2의 순위로 나올 수 있는 경우의 수 0부터 25까지 총 26개의 조합을 의미한다. 그림에서 볼 수 있듯이 영상의 시간에 따른 순위 중복성이 뚜렷하기 때문에 순위의 변화가 발생하는 위치를 표본 프레임으로 추출함으로써 영상 전체를 비교하는 것 보다 처리시간을 크게 절약할 수 있다. 또한 변형된 영상에 대한 순위 변화가 원본 영상과

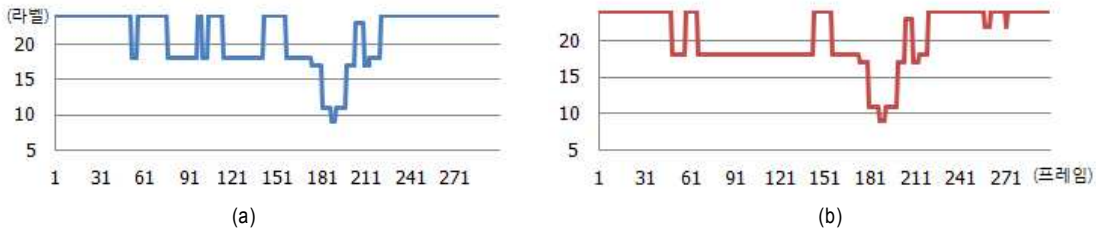


그림 3. 영상의 순위 정보의 시간적 변화 (a) 원본 Foreman 영상, (b) 상하단에 검은색 영역을 삽입한 Foreman영상
Fig. 3. Time variance of rank information (a) Original Foreman, (b) Transformed Foreman as Letterbox

차이가 크지 않기 때문에 두 영상간의 유사한 순위 표본 프레임 도출이 가능하다.

공간상에서 주어진 순위를 기반으로 프레임 간의 순위 변화에 대한 상관 관계를 분석하기 위해 상관 계수를 이용하여 순위 표본 프레임을 추출한다. 이 때 순위 간의 관련성을 분석하기 위해 상관 계수를 활용하는데, 대표적인 방법에는 스피어만의 순위 상관 계수와 켄달의 타우(Kendall's Tau)가 있다. 스피어만의 순위 상관 계수는 두 변수 관계의 강도를 측정하는 방법으로써 그 값이 -1에서 +1의 범위를 갖게 된다. 이 때 +1에 가까울수록 비교하는 두 대상의 상관도가 높은 것을 의미한다. 켄달의 타우 순위 상관 계수 또한 스피어만의 방법과 유사하나 상관 계수를 구하는데 있어서 스피어만 방법이 간단하기 때문에 본 논문에서는 스피어만 방법을 척도로 사용하였다. 스피어만의 순위 상관 계수인 RCC를 구하는 방법은 식 (2)와 같다.

$$RCC(U,V) = 1 - \frac{6 \times Diff(U,V)}{N \times (N^2 - 1)}$$
$$Diff(U,V) = \sum_{x=0}^{N_x - 1} \sum_{y=0}^{N_y - 1} (Rank(U_{x,y}) - Rank(V_{x,y}))^2 \quad (2)$$

식 (2)에서 N_x, N_y는 한 프레임을 나눈 크기로 각각 2의 값을 갖고, N은 블록의 총 개수로 본 논문에서는 4의 값을 갖는다. $Diff(U,V)$는 두 비교 요소인 U와 V의 한 프레임 내에서 (x,y)번째 블록의 순위 일치도를 의미한다. 위에서 언급한바와 같이 RCC값이 +1이 아닌 경우, 현재 프레임과 이전 프레임 사이에 변화가 있음을 의미하므로 변화가 있는 위치의 프레임을 순위 표본 프레임으로 선택한다. 따라서 식 (3)의 조건에 만족하는 순위 표본 프레임을 추출하고, 이를 $\hat{\boldsymbol{Q}}$와 $\hat{\boldsymbol{T}}$로 나타낸다.

$$\hat{\boldsymbol{Q}} = \left\{ \left\{ \hat{Q}_1^1, ..., \hat{Q}_{l_1}^1 \right\}, ..., \left\{ \hat{Q}_1^a, ..., \hat{Q}_{l_a}^a \right\} | RCC(Q_i^m, Q_{i+1}^m) < 1 \right\}$$
$$\hat{\boldsymbol{T}} = \left\{ \hat{T}_1, ..., \hat{T}_k | RCC(T_i, T_{i+1}) < 1 \right\} \quad (3)$$

여기서 식 (3)의 l_m과 k는 각각 Q^m와 $\boldsymbol{T}$에서 추출된 순위 표본 프레임의 수이다. 참고로 l_m은 데이터베이스에 저장되어 있는 각 영상마다 추출되는 표본 프레임의 수가 다름을 의미한다.

4. 후보 영상군 선택

선택된 $\hat{\boldsymbol{Q}}$와 $\hat{\boldsymbol{T}}$를 기반으로 이 둘 사이의 유사도를 측정하고 이들 중 우선순위를 고려하여 제 1데이터베이스 내에 저장되어 있는 $\boldsymbol{Q}$ 중 후보 영상군을 선택한다. 먼저 후보 영상을 선택하기 위해서 식 (2)에서 정의하는 $RCC(U,V)$를 이용한다. 이러한 RCC값이 β 이상을 갖는 $F_{RCC}(U,V)$를 통해 $\hat{T}_i$를 $\hat{Q}_i^m$에 1:1로 차례로 비교하여 R^m을 식 (4)와 같이 계산한다.

$$F_{RCC}(U,V) = \begin{cases} 1, & RCC(U,V) \geq \beta \\ 0, & otherwise \end{cases}$$
$$R^m = \sum_{i=1}^{k} F_{RCC}(\hat{Q}_i^m, \hat{T}_i) \quad (4)$$

여기서 계산된 R^m은 식 (4)의 조건을 만족하는 $\hat{Q}^m$의 총 프레임 수를 의미하며, m은 $1 \leq m \leq a$의 범위를 갖기

때문에 이를 식 (5)와 같이 집합 $\boldsymbol{R}$로 정의한다. $\hat{\boldsymbol{Q}}$과 $\hat{\boldsymbol{T}}$ 간의 유사도 측정을 통해 나온 $\boldsymbol{R}$을 내림차순으로 정렬하기 위해 $Sort$함수를 이용하고 이를 $\boldsymbol{R}'$로 정의한다. 즉, R'^1은 집합 $\boldsymbol{R}$에서 가장 큰 값을 가지는 원소이다. 데이터베이스에 저장된 원본 영상 중 후보 영상을 선택하기 위해 $\boldsymbol{R}'$ 중 h개만큼을 채택한다. 이렇게 선택된 h개의 해당 후보 영상들을 제 1 데이터베이스로부터 가져와 모든 프레임을 이용하여 최종 복사 여부를 검출한다.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{R} &= \{R^1, \cdots, R^a\} \\ \boldsymbol{R}' &= Sort(\boldsymbol{R}) = \{R'^1, \cdots, R'^a\} \\ \boldsymbol{H}_{CS} &= \{R'^x | 1 \le x \le h\} \end{aligned} \tag{5}$$

식 (4)에서 사용되는 임계값 β는 원본 영상과 변형된 복제 영상의 RCC값을 구하고, 이들의 분포에 대해 95% 신뢰구간을 갖는 χ^2-검증에 대한 실험을 수행하여 결정하였다[12]. 그 결과 RCC값이 0.8이상인 경우 두 영상이 유사하다고 판단할 수 있었다. 표 1은 자유도 1, 신뢰도 95%에서 χ^2-검증을 수행한 결과이다. RCC값이 0.8 이상인 경우와 0.8 이하인 경우의 분포가 9:1이라는 가설을 세우고, 이를 검증하기 위한 임계값은 χ^2-검증표를 참고하여 3.84로 정하였다. 아래의 표와 같이 결과 값이 모두 임계값 보다 작은 값을 가지므로, 가설이 참인 것으로 결론을 짓는다. 한편 α는 실험적인 값으로서 RCC값이 0.8 이상인 프레임의 수를 세어본 결과, 크게는 $\hat{Q}^m$의 총 프레임 수인 l_m의 개수와 100%같거나 작게는 l_m의 51%였다. 그러나 영상의 변화가 거의 없어 1개의 $\hat{\boldsymbol{T}}$프레임이 추출된 경우, 필요 이상의 후보 영상군이 선택되기 때문에 유사도 판정에 있어서 좀 더 엄격한 수치인 0.8을 적용한다. 이외에 $\hat{\boldsymbol{T}}$이 2개 이상의 프레임으로 이루어진 경우에는 실험으로 도출된 값인 0.5를 적용하였다.

5. 특정 변형에 대한 유형 판단 및 통계적 특성을 이용한 복사본 복제 검출 방법

일반적으로 통계학에서 두 모집단의 데이터 유사성을 검

표 1. β값에 대한 χ^2-검증 결과
Table 1. χ^2-test of β

변형유형	항목	$RCC < 0.8$ 경우	$RCC \ge 0.8$ 경우	χ^2-검증 결과
화질 열화	관찰도수비율	0	10	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	1	0.1	1.1
대비 변형 (-50%)	관찰도수비율	0	10	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	1	0.1	1.1
대비 변형 (+50%)	관찰도수비율	0	10	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	1	0.1	1.1
상하단 검은 테두리 삽입	관찰도수비율	0	10	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	0.3	0.0	0.3
확대	관찰도수비율	1	9	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	0.0	0.0	0.0
축소	관찰도수비율	0	10	
	기대도수비율	1	9	
	χ^2	1	0.1	1.1

정하기 위한 방법으로 평균을 이용한 가설검증(hypothesis test) 기법을 사용하고 있다. 본 논문에서는 이러한 가설검증을 이용하여 최종적으로 두 영상 간의 복제 여부를 판정한다. 두 영상간의 최종 검출 수행시간을 고려하여 전체 프레임의 검증을 적용하는 대신 식 (3)에서 목표 영상을 기준으로 추출된 프레임 번호에 해당하는 i번째 프레임과 원본 영상의 i번째 프레임을 검증 대상으로 선택한다. 데이터의 유사성을 정확하게 검증하기 위해 화소 기반의 검증 기법은 영상의 검은 테두리를 삽입하거나 축소된 영상과 같이 가장자리 부분을 검은색으로 처리하는 변형은 화소의 평균값에 많은 영향을 준다. 따라서 휘도 평균값에 대한 가설검증을 위해 영상의 가장자리에 인위적으로 삽입된 검은색 영역이 있는지 판단하고, 이를 다음과 같이 처리한다.

영상에서 검은색은 10~16 이하의 값으로 정의하고 있는 사실에 기반을 두어[15], 값이 1로 이루어진 3×3 윈도우(window)를 이용해 영상을 탐지하여 검은색 영역을 판단한다. 영상의 상하단을 검사하기 위해 윈도우를 영상의 좌측 위쪽부터 탐지하고, 윈도우가 지나고 있는 9개 픽셀에 대한 평균 픽셀값을 구하면서 동시에 라인 수를 카운트한다. 이때 평균 픽셀값이 16 이하일 경우만 검은색 영역으로 판단하는데, 만약 윈도우의 평균 픽셀값이 16 이상으로 변할 경우 검은색을 중단하고 앞서 구한 수평축의 라인 수에 포함된 픽셀들을 원본 영상과 목표 영상에서 제외한 후 검출을 수행한다. 다만, 원본 영상 자체가 검은색 영역일 경우를 대비하여 검은색 영역으로 정의된 라인 수가 영상의 높이의 1/4 이상인 경우, 원본 영상 자체가 검은색이 배경인 것으로 가정한다.

검은색 영역이라 판단된 테두리를 제외한 뒤, 한 프레임을 5개의 블록으로 나누어 각 블록의 평균 휘도값을 이용하여 복제 여부를 판단한다. 변형된 복제 영상의 편집 위치는 대부분 화면 중앙을 제외한 모서리나 상하단 영역이다. 이는 영상에서 전달하고자 하는 중요한 정보를 가장 많이 담고 있는 가운데 영역을 훼손하지 않기 위해서이다. 이러한 복제 영상의 편집 특성을 고려하여 제안한 방법은 그림 5와 같이 영상의 중앙 영역에 대한 블록을 추가하여 검증에 사용한다.

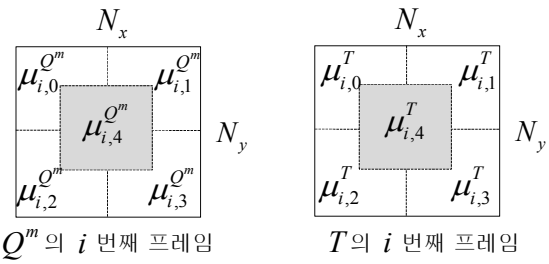


그림 5. 가설검증에 사용되는 영역
Fig. 5. Regions used in hypothesis test

앞서 선택된 후보 영상은 이후 원본 영상인 Q^m으로 표기한다. Q^m의 i번째 프레임의 j블록과 $\boldsymbol{T}$의 i번째 프레임의 j블록의 평균 휘도값을 각각 $\mu_{i,j}^{Q^m}$, $\mu_{i,j}^{T}$라 하고, 두 영상간의 검증 수행시간을 고려하여 식 (3)에서 목표 영상을 기준으로 추출된 프레임 번호에 해당하는 i번째 프레임과 원본 영상의 i번째 프레임을 검증 대상으로 선택한다. 유사성을

그림 4. 검은색 영역의 판단
Fig. 4. Judgment of the black area

검증하기 위한 가설을 아래와 같이 정의한다.

$$H_0: \mu_{i,j}^{Q^m} = \mu_{i,j}^{T}$$
$$H_1: \mu_{i,j}^{Q^m} \neq \mu_{i,j}^{T} \quad (6)$$

여기서 H_0을 귀무가설(null hypothesis), H_1을 대립가설(alternative hypothesis)이라고 하며, 이 두 가설을 통해 두 블록의 표본 화소 그룹이 같은 모집단으로부터 온 것인지를 판단한다. 만일 설정된 귀무가설이 받아들여지면, 비교하는 두 블록의 평균 휘도값이 매우 유사한 것으로 결론짓는다. $\overline{X}_{Q_{i,j}^m}, \overline{X}_{T_{i,j}}, S_{Q_{i,j}^m}^2, S_{T_{i,j}}^2$을 각각 검증을 수행할 $Q_{i,j}^m$과 $T_{i,j}$ 의 블록 내 화소의 표본 평균과 표본 분산이라 하고, 식 (6)에 대해 가설검증을 실시한다. 앞서 구해놓은 각 블록의 평균 휘도값에 대하여 귀무가설을 검증하기 위해 식 (7)을 이용해 자유도 $v = n_Q + n_T - 2$을 가진 검증통계량(test statistics) t를 사용한다.

$$t_0 = \frac{\overline{X}_{Q_{i,j}^m} - \overline{X}_{T_{i,j}}}{\sqrt{S_P^2(\frac{1}{n_Q} + \frac{1}{n_T})}} \quad (7)$$

여기서 n_Q와 n_T는 각각 가설검증을 하고자 하는 현재 후보 영상의 블록과 목표 영상의 블록의 표본의 수를 나타낸다. 따라서 통계적 가설검증을 수행하기 위해 사용된 표본의 수는 충분히 큰 표본의 수를 가지기 때문에 평균 검증을 하기 위한 t-분포를 이용하는데 아무런 문제가 없다. 식 (7)에서 S_P^2는 두 개의 표본 집단을 대표하는 분산으로 공분산이라고 하며, 식 (8)과 같이 정의한다.

$$S_P^2 = \frac{(n_Q - 1)S_{Q_{i,j}^m}^2 + (n_T - 1)S_{T_{i,j}}^2}{n_Q + n_T - 2} \quad (8)$$

식 (7)을 통해 t-검증 통계량이 계산되면 γ을 갖는 신뢰구간(confidence interval) $-t_{\gamma/2,v} \leq t_0 \leq t_{\gamma/2,v}$을 설정하여, 신뢰구간 내에 t-검증 통계량 값이 존재하면, 귀무가설을 받아들이고 그렇지 않은 경우는 기각한다. 본 논문에서는 자유도 v에서 95%의 신뢰구간을 갖도록 t-분포표를 참고하여 $t_{\gamma,v}$을 1.96($t_{2/\gamma,v}$를 0.98)으로 정의하고 실험하였다.

최종 검출 여부는 식 (10)에 따라 결정되는데, 식 (9)에서 검증을 수행한 전체 프레임의 수 b에 대해 귀무가설이 받아들여진 블록의 개수, D_m을 이용한다.

$$F_{Detect}(U, V) = \begin{cases} 1, & t_{\gamma,v} < 1.96 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$
$$D^m = \sum_{i=0}^{b} \sum_{j=0}^{4} F_{Detect}(Q_{i,j}^m, T_{i,j}) \quad (9)$$

h개의 후보영상들에서 계산된 D_m을 정렬하고 가장 높은 순으로 영상간의 유사도가 높다고 판단한다. 따라서 n개를 채택하여 해당하는 원본 영상을 최종 복제 영상으로 판정한다. 여기서 n은 제안 방법의 편집된 영상 형태에 관계없이 불법 복제 영상을 식별하는 정도이며 n이 1일 때, D_m이 가장 높은 값을 가지는 영상 하나만을 복제 영상으로 판정한다. 만약 복사 검출의 강인성을 높이기 위해 두 개 이상의 우선순위를 통해 복제를 판단하는 경우에는 두 번째 우선순위에 해당하는 영상의 D'^2값과 첫 번째 우선순위에 해당하는 D'^1값과의 차이가 큰 경우에도 복제 영상으로 판정되기 때문에 이는 정확성이 떨어지게 된다. 따라서 식 (10)과 같이 D'^1과 D'^2의 차이가 τ 범위 내의 관계를 가지는 값만이 복제 영상으로 판정하도록 한다.

$$\boldsymbol{D} = \{D^1, \cdots, D^h\}$$
$$\boldsymbol{D'} = Sort(\boldsymbol{D}) = \{D'^1, \cdots, D'^h\} \quad (10)$$
$$\boldsymbol{H_{Detect}} = \{D'^x | 1 \leq x \leq n, \text{if } n > 1 \ is \ D'^{x+1} - D'^x > \tau\}$$

IV. 실험 및 결과

1. 실험환경

본 논문의 실험에 사용된 원본 영상의 데이터베이스는 드라마, 뉴스, 다큐, 강의의 총 4가지 장르로서 50편의 영상

표 2. 실험 영상
Table 2. Test sequences

변형유형	실험영상 편수	비고	
화질 열화	40		640x352, 640x480, 640x360, 624x352, 480x360, 352x288
대비 변형(-50%)	40	대비 변형 75	
대비 변형(+50%)	40	대비 변형 128	
확대	40	1.2배 확대	
축소	40	0.8배 축소	
자막삽입	15	화면비변환 (4:3→16:9)	
상하잘림	15		
상하잘림 및 자막삽입	15		
좌우 검은 테두리 삽입	15		
좌우 검은 테두리 삽입 및 자막삽입	15		
자막삽입	15	화면비변환 (16:9→4:3)	
좌우잘림	15		
좌우잘림 및 자막삽입	15		
좌우잘림 및 자막삽입	15		
상하 검은 테두리 삽입 및 자막삽입	15		

으로 구성되어 있다. 각각의 영상은 5분 단위의 길이로 편집하였으며 그 해상도는 표 2와 같이 다양한 사이즈로 구성된다. 또한 복제물로 판정되는 목표 영상은 원본 영상을 이용하여 15가지의 단일 및 복합 변형을 통해 알고리즘의 강인성을 확인하였다.

그림 6과 7의 화면비 변형 유형은 인터넷에 유통되는 방

그림 6. 화면비 변환(16:9→4:3) 및 자막삽입 (a) 원본 영상, (b) 좌우 잘림, (c) 상하 테두리 삽입, (d) 자막 삽입, (e) 좌우 잘림 및 자막 삽입, (f) 상하 테두리 삽입 및 자막 삽입
Fig. 6. The aspect ratio conversion(16:9→4:3) and caption insertion (a) Original, (b) Left/Right clipping, (c) Letterbox, (d) Caption insertion, (e) Left/Right clipping and caption insertion, (f) Letterbox and caption insertion

그림 7. 화면비 변환(4:3→16:9) 및 자막삽입 (a) 원본 영상, (b) 자막 삽입, (c) 좌우 테두리 삽입, (d) 좌우 테두리 삽입 및 자막 삽입, (e) 상하 잘림, (f) 상하 잘림 및 자막삽입

Fig. 7. The aspect ratio conversion(4:3→16:9) and caption insertion (a) Original, (b) Caption insertion, (c) Pillarbox, (d) Pillarbox and caption insertion, (e) Up/Down clipping, (f) Up/Down clipping and caption insertion

송영상 또는 영화저작물에 가장 보편적으로 적용되는 편집 유형으로 크게 16:9와 4:3 변형비율로 나뉘어진다. 이러한 SDTV의 표준적인 화면비인 4:3비율과 HDTV의 16:9 비율이 혼용되어 사용됨에 따라 서로 다른 화면비의 영상이 각 TV의 화면에 맞게 변환되는 방식이 적용되며 그 방법 또한 다양하다. 16:9의 화면비의 영상을 4:3 화면비로 변환하는 방법은 그림 6(b)와 같이 화면 너비의 좌우 남는 영역을 잘라서 맞추는 방법과 그림 6(c)와 같이 화면 너비에 맞게 일정한 비율로 줄여주는 방식을 통해 화면의 상하 검은색 테두리가 발생되는 방법이 가장 널리 쓰인다. 또한 4:3 화면비에서 16:9 화면비로 변환하는 방법에는 그림 7(c)와 같이 화면의 높이를 그대로 유지함으로써 좌우 검은색 테두리가 발생되는 방법과 그림 7(e)와 같이 너비의 화면비율에 따른 상하 영역이 잘리는 방법이 존재한다. 이러한 화면비 변환을 통해 영상 화면의 일부 잘림과 검은색 테두리 영역을 삽입함에 따라 본 논문에서 제안하는 방법의 강인성을 평가하였으며 동시에 자막삽입을 통한 복합 변형과 동영상의 편집과정에서 변형될 수 있는 화질 열화, 대비 변형, 확대 및 축소 변형에 따른 강인성 평가도 실험하였다.

2. 성능비교

본 논문에서의 성능비교는 복사본 검출율에 대한 성능으로 식 (11)의 R(이하 강인성, Recall) 및 P(이하 식별성, Precision)값을 측정하여 하나의 값을 표현해주는 $F_1-measure$(이하 F_1 측정)로 판단한다. 강인성은 복제를 검출함에 있어서 변형에 영향을 받지 않는 정도를 나타내고, 식별성은 실제 불법 복제 영상을 복제로 정확하게 판단하는 것을 말한다. 이 둘은 서로 교환관계에 있어서 두 값이 모두 좋은 값을 나타내기 어렵기 때문에 실험 환경과 임계값에 대한 변수를 두어 성능을 조절하게 된다.

$$\begin{aligned} P &= TP/(TP+FP) \\ R &= TP/(TP+FN) \\ F_1(R,P) &= \frac{2RP}{R+P} \end{aligned} \tag{11}$$

식 (11)에서 TP(True Positive)는 실제 복제 영상을 복제로 검출하는 것, FP(False Positive)는 비 복제 영상을 복제

표 3. 변형유형에 따른 순위 표본 프레임 수
Table 3. The number of keyframes according to transformed type

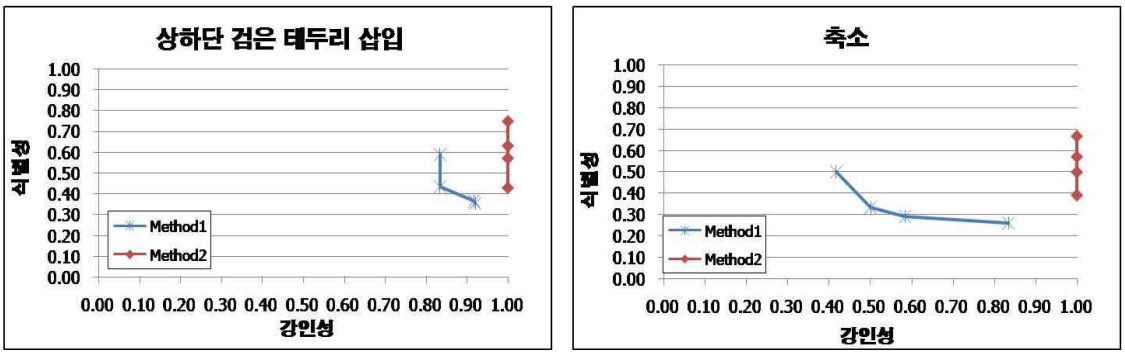
	화질 열화	대비 변형 (-50%)	대비 변형 (+50%)	상하단 검은 테두리 삽입	확대	축소	평균
제안방법	1863개	1881개	1884개	1745개	2052개	1401개	1804.8개
Chiu와 Chen방법	3075개	3052개	3092개	2822개	3334개	2302개	2946.7개

로 검출하는 것, 그리고 FN(False Negative)는 복제 영상을 비 복제 영상으로 판단하는 것이다. 따라서 FP와 FN 값이 0이 되어 식별성과 강인성이 1로 가까워지는 것이 좋은 성능을 나타낸다.

먼저 이전 방법 중 Chiu와 Chen이 제안한 알고리즘과 비교하여 우선 순위 표본 프레임의 추출되는 수의 성능을 비교하고 목표 영상의 검은색 영역에 대한 검출 방법을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우에 대해 성능을 평가하였다. 표 3은 순위 표본 프레임을 추출하는데 사용하는 Chiu와 Chen의 DOG 방법과 본 논문에서 제안하는 RCC 방법을 이용하여 변형유형에 따른 복제 영상에서의 순위 표본 프레임을 추출한 결과이다. Chiu와 Chen의 DOG 방법은 프레임에 가우시안 연산에 분산값을 서로 달리 적용하여 그 차를 구하는 것으로써 3×3으로 이루어진 순위 프레임간의 변화를 계산하여 순위 표본 프레임을 검출한다. 9000 프레임을 기준으로 제안하는 방법의 순위 표본 프레임의 수가 Chiu와 Chen 방법에 비해 약 61% 적게 추출되는 것으로 나타났다. 결과적으로 제안한 방법은 Chiu와 Chen의 DOG 방법과 비교하여 2×2의 RCC 방법을 적용한 간단한 연산을 통해 데이터베이스에 특징 정보의 저장에 요구되는 메모리량을 절약할 수 있다.

검은색 영역 검출 방법에 대한 성능 비교는 상하단 또는 좌우에 검은 테두리를 삽입한 영상과 축소된 영상에 대해 제안하는 방법에 검은색 영역 검출 방법을 적용하지 않은 경우와(이하 Method1) 적용한 경우(이하 Method2)를 PR 곡선을 통해 성능을 측정했다. 그림 8의 PR 곡선은 Method2가 Method1에 비해 강인성과 식별성이 모두 높은 값을 나타냈으며 강인성과 식별성이 각각 상하단에 검은 테두리를 삽입한 경우는 평균 15%와 15%, 축소된 영상에서는 평균 42%와 19%의 성능 향상을 보였다. 또한 제안하는 방법의 소요시간에서 Method1를 적용한 경우와 Method2를 적용한 경우 0.8배의 속도차이를 보였으나 이는 검출의 정확성을 높이는데 고려해야하는 소요시간이다.

또한 표 4에서는 각각의 변형유형에 대하여 제안하는 방법의 최종적인 복사 검출율을 총 6가지의 임계값에 따른 유형으로 나뉘어 실험하였다. 후보 영상군을 채택하기 위



(a) (b)

그림 8. 검은색 영역 검출 방법의 성능 비교 : (a) 상하단 검은 테두리 삽입,(b) 축소
Fig. 8. Measurement of black area detection method : (a) Letterbox, (b) Zoom out

표 4. 영상의 변형 종류에 따른 R과 P 성능 비교
Table 4. Performance comparison of different transformation

변형 유형	(5,1)		(5,2)		(4,1)		(4,2)		(3,1)		(3,2)	
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
화질 열화	1.00	0.97	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	0.94	1.00	0.97	1.00	0.94
대비 변형 (-50%)	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.92
대비 변형 (+50%)	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.92
확대 변형	0.91	0.91	0.91	0.83	0.81	0.81	0.79	0.63	0.81	0.81	0.79	0.63
축소 변형	0.96	0.84	0.97	0.86	0.97	0.90	0.97	0.91	0.97	0.90	0.97	0.91
자막 삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
상하 잘림	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
상하 잘림 및 자막 삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
좌우 검은 테두리 삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
좌우 검은 테두리 삽입 및 자막 삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
좌우 잘림	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00
좌우 잘림 및 자막 삽입	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
상하 검은 테두리 삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
상하 검은 테두리 삽입 및 자막삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

해 사용된 식 (5)의 h와 검출 판정여부를 결정하는 식 (10)의 n개는 각각 (5,2), (5,1), (4,1), (4,2), (3,1), (3,2)의 유형별로 성능을 비교하였으며 h와 n은 최종 복사여부를 검출하는 시간적인 측면과 복사 검출의 정확성에 따라 그 값의 조정이 가능하다.

제안하는 방법은 2×2 블록으로 나누기 때문에 화면의 검은색 테두리를 삽입하여도 각 블록의 평균값은 감소하지만 휘도 평균의 크기 순서는 크게 바뀌지 않았으며 화질 열화나 대비 변형에 따라 휘도 성분에 영향을 끼치는 변형에도 높은 검출 성능을 보였다. 특히, 화면비 변환에 따른 변형에 우수한 검출 성능을 보였으며 이는 복사본 최종 검출 단계에 화면의 중앙 영역을 고려함으로써 자막삽입, 상하 잘림 또는 좌우 잘림 변형에 강인성을 확인할 수 있었다. 그러나 확대 변형을 통해 상하좌우의 동시 잘림에 대한 변형은 영상의 중앙 영역을 고려하였음에도 불구하고 상대적으로 성능이 저하되는 경우가 있었다. 이는 영상을 확대하는 과정에서 보간 필터링 기법에 의한 휘도 변화와 동시에 상하좌우의 화면 잘림으로 인하여 원본영상과 비교하여 휘도 변화의 급격한 차이에 따른 영향을 주었기 때문이다.

표 5에서 각 변형된 유형에 따른 제안한 방법과 기존 방법들의 성능 비교를 위하여 강인성 및 식별성의 수치를 제시하며 강인성과 식별성이 고려된 F_1 측정값으로 최종 성능을 비교 평가하였다. 본 성능을 비교하기 위해 각 알고리즘에서 임계치별로 실험하여 F_1 측정값을 기준으로 최고의 검출 성능을 나타낸 임계치를 기준으로 성능 비교 실험의 결과를 제시하였다. 제안하는 방법에서 변형 유형 중 확대와 축소 변형에 가장 낮은 검출율을 보였음에도 불구하고 기존 방법들과 비교하여 F_1 측정율을 강인성과 식별성을 고려해 평균 98% 이상의 우수한 검출율을 나타냈다.

복사본 검출 처리 속도 측면에서 각 방법을 비교하면 제

표 5. 기존 방법들과의 성능 비교
Table 5. Performance comparison with reference methods

변형 유형	Kim 방법			Chiu와 Chen 방법			제안한 방법		
	R	P	F_1	R	P	F_1	R	P	F_1
화질 열화	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.67	1.00	0.97	0.98
대비 변형 (-50%)	0.88	1.00	0.93	1.00	0.50	0.67	1.00	1.00	1.00
대비 변형 (+50%)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.55	0.71	1.00	1.00	1.00
확대 변형	0.19	1.00	0.32	1.00	0.50	0.67	0.91	0.91	0.91
축소 변형	1.00	0.94	0.97	0.67	0.44	0.53	0.96	0.84	0.90
자막 삽입	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	1.00
상하 잘림	1.00	0.60	0.75	0.70	0.78	0.74	1.00	1.00	1.00
상하 잘림 및 자막삽입	1.00	0.60	0.75	0.80	0.80	0.80	1.00	1.00	1.00
좌우 검은 테두리 삽입	1.00	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	1.00	1.00	1.00
좌우 검은 테두리 삽입 및 자막 삽입	1.00	1.00	1.00	0.60	0.40	0.48	1.00	1.00	1.00
좌우 잘림	1.00	0.60	0.75	1.00	0.48	0.65	1.00	1.00	1.00
좌우 잘림 및 자막 삽입	1.00	0.60	0.67	1.00	0.37	0.54	0.93	0.93	0.93
상하 검은 테두리 삽입	1.00	1.00	1.00	0.90	0.53	0.67	1.00	1.00	1.00
상하 검은 테두리 삽입 및 자막삽입	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.80	1.00	1.00	1.00

안하는 방법은 목표 영상의 순위 프레임과 데이터베이스의 원본 영상간의 전체 순위 프레임의 비교를 통한 검출 방법인 Kim 방법에 비해 추출 시간은 빠르나 Chiu와 Chen 방법의 순위 표본 프레임 기반의 추출 시간보다는 다소 시간이 소요된다. 이는 순위 표본 프레임 추출 후 후보 영상간의 비교에 있어서 Chiu와 Chen 방법은 순위 프레임를 이용해 최종 검출 여부를 따지는 반면 제안하는 방법은 원본 프레임을 화소 기반의 검증 방법을 이용하기 때문이다. 그러나 원본 프레임 전체를 이용한 검증이 아닌 추출된 순위 표본 프레임 수에 따른 해당 프레임만을 검증하여 전체 영상 중 평균 10%만을 비교함으로써 처리 속도를 고려한 정확한 복사본 검출이 가능하다.

V. 결 론

본 논문은 불법 복제 영상의 성행으로 인한 저작권 침해 등의 사회적 문제를 기반으로 복제 영상을 기존의 방법에 비해 보다 효과적으로 검출하는 방법을 제안하였다. 불법 영상을 접할 수 있는 인터넷 사이트의 형태로부터 시스템 구조를 정의하고, 불법 복제 영상의 검출 시간을 고려하여 보편적인 형태의 변형방법에 대해 강인성을 평가하였다.

제안하는 방법은 비디오 영상의 특징인 시간적 중복성을 이용하여 순위 표본 프레임을 추출하고 RCC를 기반으로 유사한 영상을 빠르게 검색한다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 변형되지 않은 원본 영상과 다양한 방법으로 변형된 영상 각각의 순위 표본 프레임이 일치하는 정확도가 기존 방법과 유사하면서도 순위 표본 프레임의 수가 기존 방법에 비해 약 61% 정도 적어 특징 정보에 저장되는 메모리 양의 절약이 가능하다. 또한 비디오 영상의 종류나 원본 영상을 편집하는 형태가 다양함을 고려하여 영상의 휘도값을 이용한 통계적인 특성을 추출하고, 이를 기반으로 가설검증을 하는 것이 복제 영상을 검출하는데 있어 식별성을 향상시킴을 실험을 통해 알 수 있었다. 또한 성능 결과에서 기존

방법과 비교하여 포괄적으로 변형된 목표 영상에 대해서 평균 98% 이상의 검출율을 보였다. 더불어 축소와 같이 인위적으로 검은색 영역을 삽입한 영상에 대해서 복사 검출 이전에 검은색 영역을 검사하고, 제거시킴으로써 강인성과 식별성이 상하단 검은 영역을 삽입한 영상에서는 평균 15%, 축소 영상에서는 평균 42%와 19%의 개선 효과를 보였다.

참 고 문 헌

[1] 김주섭, 남제호, "DTV 방송프로그램의 온라인 불법전송 차단을 위한 비디오 복사본 검출 알고리즘," 방송공학회논문지, 제13권, 제5호, pp. 662-676, 2008년 9월.

[2] M. R. Naphade and M. M. Yeung, "A novel scheme for fast and efficient video sequence matching using compact signatures," in Proc. SPIE Conf. Storage and Retrieval for Media Databases, vol. 3972, pp. 564-572, Jan. 2000.

[3] A. Hampapur and R. Bolle, "Comparison of sequence matching techniques for video copy detection," in Proc. SPIE Conf. Storage and Retrieval for Media Databases, vol. 4676, pp. 194-201, Jan. 2002.

[4] A. Joly, O. Buisson, and C Frelicot, "Content-based copy retrieval using distortion-based probabilistic similarity search," IEEE Trans. Multimedia, vol. 9, no. 2, Feb. 2007.

[5] D. N. Bhat and S. K. Nayer, "Ordinal measure for image correspondence," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 20, no. 4, pp. 414-423, Apr. 1998.

[6] R. Mohan, "Video sequence matching," in Proc. IEEE Conf. Acoustics, Speech and Signal, vol. 6, pp. 3697-3700, May 1998.

[7] C. Kim and B. Vasudev, "Spatiotemporal sequence matching for efficient video copy detection," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 15, no. 1, pp. 127-132, Jan. 2005.

[8] C. Y. Chiu and C. S. Chen, "A framework for handling spatio-temporal variations in video copy detection," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, vol. 18, no. 3, pp. 412-417, Mar. 2008.

[9] Julien Law-to Olivier Buisson, "Robust voting algorithm based on labels of behavior for video copy detection," in Proc. ACM Conf. Multimedia, pp. 835-844, Oct. 2006.

[10] C. Harris and M. Stevens, "A combined corner and edge detector," in 4-th Alvey Vision Conference, pp. 153-158, 1988.

[11] C. Schmid and R. Mohr, "Local grayvalue invariants for image retrieval," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 19, no. 5, pp. 530-535, May 1997.

[12] 김홍준, 기초통계학, 인터비젼, pp 499-587, 2006년.

[13] C. Harris and M. Stevens, "A combined corner and edge detector," in 4-th Alvey Vision Conference, pp. 153-158, 1988.

[14] J. Law-To and L. Chen, "Video copy detection: a comparative study," in CIVR 2007, vol. 31, pp. 371-378, July 2007.

[15] http://en.wikipedia.org/wiki/YCbCr.

저 자 소 개

조 혜 정

- 2005년 2월 : 한양여자대학 컴퓨터공학부 졸업(학사)
- 2005년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 석박통합과정
- 주관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠 보호, 영상처리, 비디오 코덱 시스템

김 지 은

- 2007년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2009년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : LG전자 연구원
- 주관심분야 : 멀티미디어 콘텐츠 보호, 영상처리

저 자 소 개

손 채 봉

- 1993년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1995년 2월 : 광운대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 2006년 2월 : 광운대학교 전자공학과 대학원 졸업(박사)
- 1991년 8월 ~ 1993년 2월 : 삼성전자 소프트웨어 멤버십 1기
- 2000년 3월 ~ 2006년 2월 : 한양여자대학 인터넷정보과 조교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 주식회사 손랩 대표이사
- 2006년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자통신공학과 조교수
- 주관심분야 : HDTV, UDTV, IPTV, DMB, DVB-H System

정 광 수

- 1981년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1983년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사)
- 1991년 5월 : 미국 University of Florida 전기공학과 졸업(박사)
- 1983년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1991년 8월 ~ 1992년 6월 : 한국과학기술원 대우 교수
- 1993년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 인터넷 QoS, 멀티미디어 스트리밍, 센서네트워크

오 승 준

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 1988년 5월 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1982년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무(멀티미디어연구실 실장)
- 1986년 7월 ~ 1986년 8월 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 5월 ~ 1988년 5월 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 3월 ~ 1992년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학부 겸임교수
- 1992년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수 (VIA-Multimedia Center 멀티미디어연구실)
- 2002년 3월 ~ 현재 : SC29-Korea 의장 및 MPEG Forum 부의장
- 주관심분야 : 비디오 데이터 처리, 비디오 코덱 시스템, 비디오 및 영상압축, 멀티미디어시스템