

논문 2024-4-10 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2024.12.10>

다양한 각도에서 워터마크 복원을 위한 특징점 추출 알고리즘의 성능 평가

이지은*, 신용태*†

Performance Evaluation of Feature Point Extraction Algorithms for Watermark Restoration at Various Angles

Ji-Eun Lee*, Yong-Tae Shin*†

요약

최근 몇 년간, OTT(Over The Top) 등을 통한 스트리밍 콘텐츠 서비스가 대중적인 미디어 소비 형태로 자리 잡았으며 계속해서 성장하고 있다. 그러나 이러한 스트리밍 서비스 확산은 다양한 저작권 보호 문제를 일으키고 있으며, 특히 불법 복제가 심각한 문제로 대두되고 있다. 불법 복제로부터 콘텐츠를 보호하기 위해 DRM과 워터마킹 기술이 사용되고 있지만, 불법 복제자들은 콘텐츠의 각도나 크기를 변형하여 업로드하는 방식을 통해 이를 회피하고 있다. 본 연구에서 기하학적 변형 중 회전된 이미지에서 워터마크 복원 성능을 평가하기 위해 특징점 추출 알고리즘인 HCD와 SIFT, ORB, AKAZE를 활용하였다. 이를 위해, 원본 이미지에 DWT를 적용하여 가장 낮은 에너지를 가진 주파수 성분을 선택하여 워터마크를 삽입한 후, 이미지 회전 각도(0, 10, 30, 60, 90도)에 따른 복원 성능을 비교하였다. 성능 평가 지표로는 SSIM, PSNR을 통해 이미지의 구조적 유사성 및 화질 손실량을 평가하였고, NC, BER 값을 통해 복원 정확도를 측정하였다. 실험 결과, AKAZE 알고리즘이 워터마크 삽입 및 복원 정확도가 가장 높았다. 본 연구는 콘텐츠 회전 변형에 대해 대응할 수 있는 방법을 제시하며, 실시간 스트리밍 서비스 및 콘텐츠 보호 기술에 실질적인 활용 가능성을 보여 준다.

Abstract

In recent years, streaming content services through OTT (Over The Top) platforms have become a popular form of media consumption and continue to grow. However, the widespread use of these services has led to various copyright protection issues, with illegal piracy becoming a serious problem. To protect content from illegal reproduction, DRM and watermarking technologies are used; however, illegal distributors evade these protections by altering the content's angle or size before uploading it. In this study, feature extraction algorithms such as HCD, SIFT, ORB, and AKAZE were applied to evaluate watermark restoration performance on geometrically transformed, rotated images. The watermark was inserted by selecting the frequency components with the lowest energy after applying DWT to the original image, and the restoration performance was compared at different rotation angles (0, 10, 30, 60, 90 degrees). Performance evaluation metrics, including SSIM and PSNR, were used to assess the structural similarity and image quality loss, while NC and BER values were used to measure restoration accuracy. The experimental results showed that the AKAZE algorithm achieved the highest watermark insertion and restoration accuracy. This study presents a method for addressing content rotation transformations and demonstrates practical applicability in real-time streaming services and content protection technologies.

한글키워드 : 디지털 워터마크, 특징점 추출 알고리즘, HCD, SIFT, ORB, AKAZE

keywords : Digital Watermark, Feature Point Extraction Algorithms, HCD, SIFT, ORB, AKAZE

* 숭실대학교 컴퓨터학과

접수일자: 2024.10.30. 심사완료: 2024.12.05.

** 숭실대학교 컴퓨터학부

게재확정: 2024.12.20.

† 교신저자: 신용태(email: shin@ssu.ac.kr)

1. 서론

최근 몇 년간, OTT(Over The Top) 등을 통한 스트리밍 콘텐츠 서비스가 대중적인 미디어 소비형태로 자리 잡았으며, 이러한 소비 시장은 코로나 19로 인한 비대면 소비 환경 변화에 힘입어 지속해서 성장하고 있다[1]. 그림 1과 같이 MezzoMedia의 OTT 분석에 따르면 2023년 기준 국내 OTT 시장 규모는 5.6조 원, 2027년은 7.2조 원 이상으로 추정하였다[2].

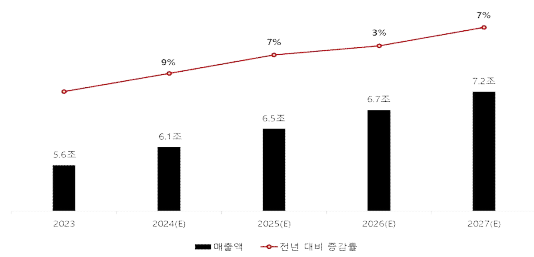


그림 1. 한국 OTT 시장 규모[2]

Fig. 1. Size of the Korean OTT Market

또한 글로벌 시장 조사 기관 글로벌인포메이션(Global Information, GI)에 따르면, 올해(2024년) OTT(Over The Top) 시장 규모는 5,800억 달러로 추정되고, 2024년부터 2029년까지 복합 연평균성장률(CAGR)은 28.19%를 유지하여 2029년에는 1조 9,900억 달러에 이를 것으로 예측했다[3].

이러한 스트리밍 서비스의 확산은 다양한 저작권 보호 문제를 일으키고 있고, 이 중에서도 콘텐츠 불법 복제는 온라인 콘텐츠 서비스를 제공함에 있어 심각한 문제로 대두되고 있다. 디지털 콘텐츠 보호 솔루션 전문회사 PALLYCON에 따르면 전 세계 온라인 TV 및 영화 산업은 불법 복제로 인한 피해액은 2022년 약 516억 달러로 추정했으며, 매년 수십억 달러에 달하는 수익을 잃고 있다고 하였다[4]. 이러한 콘텐츠 저작권 문제를 방지하기 위해 스트리밍 서비스들은 디지털

저작권 관리(DRM)와 워터마크 기술을 통해 콘텐츠를 보호하고 있다. 그러나 불법 복제자들은 저작권 보호 시스템을 회피하기 위해 다양한 기술을 사용하고 있으며, 그중 하나는 콘텐츠를 변형하여 소셜 미디어에 업로드(Upload)하는 방식이다. 예를 들면, 영화나 TV 프로그램의 영상을 각도를 회전시켜 플랫폼에 업로드하거나 영상을 편집하여 업로드하는 방식이며, 다음 그림 2와 같다.

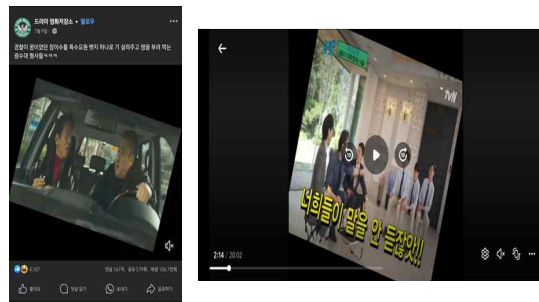


그림 2. 기하학적 변형을 통한 불법 복제물 예시

Fig. 2. Example of Pirated Content through

Geometric Transformation

<출처: 페이스북, 드라마 영화저장소>

이러한 방식은 이미지나 영상이 회전되거나 크기 조정 등과 같은 기하학적 변형을 겪었을 때 워터마크 복원이 어려워진다는 기존 워터마크 기술의 한계를 악용한 것이다.

본 연구에서는 특징점 추출 알고리즘(HCD와 SIFT, ORB, AKAZE)을 활용하여 기하학적 변형에 해당하는 회전된 이미지의 각도를 복원하고, 각도가 복원된 이미지에서 워터마크 복원 성능을 평가하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 디지털 워터마크(Digital Watermark)

디지털 워터마크는 이미지의 소유자를 식별하

고 소유권 문제를 해결하기 위하여 오디오 또는 이미지 데이터와 같은 noise-tolerant 신호에 몰래 내장된 일종의 마커(Marker)이다[5]. 기존 워터마크 기술은 이미지 또는 비디오(가시미디어)에 적용되었다면 디지털 워터마크는 이미지(사진) 또는 비디오, 오디오, 텍스트, 3D 모델 등 다양한 미디어에 적용된다. 이러한 워터마크 기술은 워터마크를 삽입하는 방식에 따라 작업 도메인(working domain)에 기반하여 다음과 같이 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

2.1.1 공간 영역 기반 기법

공간 영역 기반 삽입 기법은 이미지나 비디오 데이터의 픽셀 값을 직접 수정하여 워터마크를 삽입하는 방식이며, 대표적으로 LSB(Least Significant Bit), SSM(Spread Spectrum Modulation) 기법이 있다.

2.1.2 주파수 영역 기반 기법

주파수 영역 기반 삽입 기법은 이미지나 비디오를 주파수 영역으로 변환한 후 특정 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방식이며, 대표적으로 DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), DFT(Discrete Fourier Transform) 기법이 있다.

주파수 영역 워터마크 기법 중에서도 워터마크 신호가 공간 영역으로 변환됐을 때, 웨이블릿 변환(DWT)의 경우 영상의 고주파 성분이 많은 경계선 부근에 워터마크 신호의 에너지가 집중되어 분포하고 있어 주관적인 화질 평가에서는 웨이블릿 변환이 이산 변환 기반 방식(DCT, DFT)보다 우수하다고 평가된다[6]. 따라서 본 연구에서는 DWT를 활용하여 워터마크를 삽입한다.

2.2 DWT

DWT(Discrete Wavelet Transform)는 웨이블릿(Wavelet)이라는 짧고 진폭이 제한된 기저 함수(basis function)들의 집합을 이용하여 신호를 시간적, 공간적 특성에 따라 분해하는 방식이다. DWT는 푸리에 변환(Fourier Transform)이나 DCT와 달리 공간에 대한 지역적인 특성(Localization)을 가지고 있어 주파수 영역에서 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징까지도 분석이 가능하다[7]. 특히, DWT는 다해상도(Multi-Resolution) 및 다중 스케일(Multi-Scale) 분석을 통해 영상의 세부적인 변화를 고주파 영역에서 전반적인 구조를 각각 분석할 수 있으며, 이는 이미지 처리, 데이터 압축, 신호 분석, 디지털 워터마킹 등의 다양한 응용 분야에서 유용하게 사용되고 있다. DWT를 적용하면 원본 이미지는 네 가지 주파수 성분인 LL(저주파), LH, HL, HH(고주파)로 분해된다. 다음 그림 3은 원본 이미지에 DWT 적용한 결과를 보여준다.

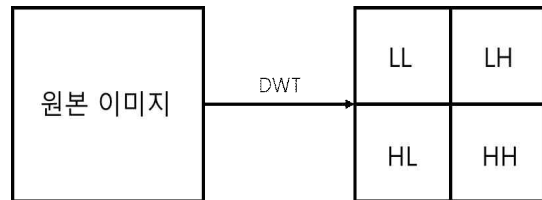


그림 3. DWT 적용 후 원본 이미지의 주파수 성분 분해

Fig. 3. Frequency component decomposition of the original image after applying DWT

2.3 특징점 추출 및 매칭 알고리즘

특징점 추출 알고리즘(Feature Point Extraction Algorithms)은 이미지에서 스케일, 회전, 밝기 등의 변화에 불변한 특징점(Keypoint)을 찾아내는 작업이며 객체 인식, 매칭, 이미지 복원 등에 필수적인 기술이다. 본 연구에서는 회전된 이미지의 각도 복원을 위해 HCD(Harris

Corner Detection)[8], SIFT(Scale-Invariant Feature Transform)[9], ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)[10], AKAZE(Accelerated KAZE)[11]를 활용한다.

2.3.1 HCD

1988년 Harris와 Stephens에 의해 제안된 알고리즘으로 이미지의 작은 영역에서 모든 방향으로 변화량이 큰 부분을 코너(Corner)로 검출한다[8]. 이는 그래디언트(Gradient) 기반 기법을 사용하여 픽셀의 밝기 변화 정보를 바탕으로 특징점을 추출한다. HCD는 노이즈(Nosie)에 강인하지만 스케일 변화에는 취약하다는 특징이 있다.

2.3.2 SIFT

기존의 HCD가 스케일 변화에 취약하다는 문제를 해결하기 위해 1999년 David Lowe가 제안한 알고리즘으로, 스케일 및 회전 불변성을 제공하는 가장 대표적인 특징점 추출 기법이다[9]. 이는 가우시안 커널(Gaussian Kernel)의 컨볼루션(Convolution) 연산을 통해 스케일 공간(Scale-space)을 생성한 후, DoG(Difference of Gaussian) 방식을 통해 특징점을 추출한다[12]. SIFT는 이미지가 크기나 회전에 대해 변화하더라도 안정적인 특징점을 추출할 수 있지만 속도가 느려 실시간에는 적합하지 않다는 특징이 있다.

2.3.3 ORB

2011년 Rublee et al.에 의해 개발된 알고리즘으로, FAST[13] 코너 검출과 BRIEF[14] 디스크립터(Discriptor)를 결합한 방식이며[14], 기존에 특징점 검출은 지원하지 않은 BRIEF에 방향과 회전을 고려하도록 개선한 알고리즘이다[15]. ORB 알고리즘은 FAST 알고리즘을 통해 코너를 검출하고, BRIEF 디스크립터를 생성한다. 이후,

특징점 주변의 그래디언트 방향을 계산하여 회전 불변성을 제공하며 이를 통해 이미지의 다양한 변형에 대해 비교적 강건하지만 복잡하고 세밀한 패턴이 많은 이미지에서는 성능이 저하된다는 특징이 있다.

2.3.4 AKAZE

AKAZE는 KAZE[16] 알고리즘의 성능을 보장하면서 고속화한 알고리즘으로 2013년 Alcantarilla et al.에 의해 제안되었다. AKAZE는 SIFT와 동일한 4단계 구조를 지니며, 이미지 스케일 공간을 만들기 위해 비선형 필터(non-linear filter)를 사용한다[16]. 그리고 비선형 디퓨전 필터(non-linear diffusion filter)를 사용해 이미지를 변환하고 이를 통해 다양한 스케일에서 특징점을 추출하는 기법이며, M-SURF(Modified SURF)와 M-LDB(Modified Local Difference Binary) 디스크립터를 사용하여 비교적 빠르게 디스크립터를 생성하여 스케일 불변성과 회전 불변성을 제공하면서도 빠른 속도와 높은 정확도를 제공한다.

3. 이미지 품질 및 워터마크 복원 성능 평가

본 연구에서는 워터마크가 삽입된 이미지를 원본 이미지와 비교하여 SSIM(Structural Similarity Index Measure)과 PSNR(Peak-Signal-to-noise ratio)를 통해 이미지의 구조적 유사성 및 화질 손실량을 평가하고, 워터마크 복원 성능을 평가하는 지표인 NC(Normalized Correlation)와 BER(Bit Error Rate)를 통해 복원 정확도를 측정한다.

3.1 SSIM

주관적 이미지 품질 평가로 SSIM은 인간의 시각 시스템에 더 가깝게 이미지의 구조적 유사도를 측정하는 지표로 이미지의 휘도(Luminance), 대비(Contrast), 구조(Structure)를 비교하여 유사한지 평가한다. SSIM 수식은 (식 1)과 같으며, 이미지 x 와 y 에 대해 μ_x, μ_y 는 평균 휘도, σ_x^2, σ_y^2 는 명암 대비, σ_{xy} 는 상관관계를 나타내고, C_1, C_2 는 상수로서 매우 작은 값이다[17].

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (\text{식 1})$$

3.2 PSNR

객관적 이미지 품질 평가로 PSNR은 신호 대 잡음비를 기반으로 이미지의 화질 손실량을 평가한다. 원본 이미지와 왜곡된 이미지 간의 절대적인 픽셀 차이를 측정하며, MSE(Mean Squared Error)를 기반으로 계산된다. PSNR의 수식은 (식 2)와 같다[18].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (\text{식 2})$$

MSE의 수식은 (식 3)과 같으며, I_o, I_w 는 두 이미지(j, k)에 대한 픽셀 값이고, j, k 는 이미지의 각 픽셀의 좌표를 나타낸다. 최종적으로 두 이미지의 모든 픽셀에 대해 차이를 계산하는 합으로 나타낸다.

$$MSE = \frac{1}{j \times k} \sum_{j,k} (I_o[j,k] - I_w[j,k])^2 \quad (\text{식 3})$$

3.3 NC

원본 워터마크와 복원된 워터마크 간의 상관관계를 측정하는 지표이며 두 워터마크의 픽셀 값이 얼마나 유사한지를 나타낸다. NC의 수식은 (식 4)와 같으며 N 은 워터마크의 전체 픽셀 수를 나타내고, $W_o(i)$ 는 원본 워터마크의 i 번째 픽셀 값, $W_r(i)$ 는 복원된 워터마크의 i 번째 픽셀 값을 나타낸다[19].

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^N W_o(i) \times W_r(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N W_o(i)^2 \times \sum_{i=1}^N W_r(i)^2}} \quad (\text{식 4})$$

3.3 BER

원본 워터마크와 복원된 워터마크 간의 비트 오류율을 측정하며, 두 워터마크의 각 비트를 비교하여 오류가 발생한 비트의 비율을 나타낸다. BER의 수식은 다음 (식 5)와 같으며 N 은 워터마크의 전체 비트 수를 나타내고, $W_o(i)$ 는 원본 워터마크의 i 번째 비트, $W_r(i)$ 는 복원된 워터마크의 i 번째 비트를 나타낸다 [20].

$$BER = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |W_o(i) - W_r(i)| \quad (\text{식 5})$$

4. 성능 평가 및 결과

4.1 실험 절차

원본 이미지에 워터마크를 삽입하고, 회전된 이미지에서 워터마크 복원 성능을 평가하는 실험 절차는 다음 그림 4와 같다.

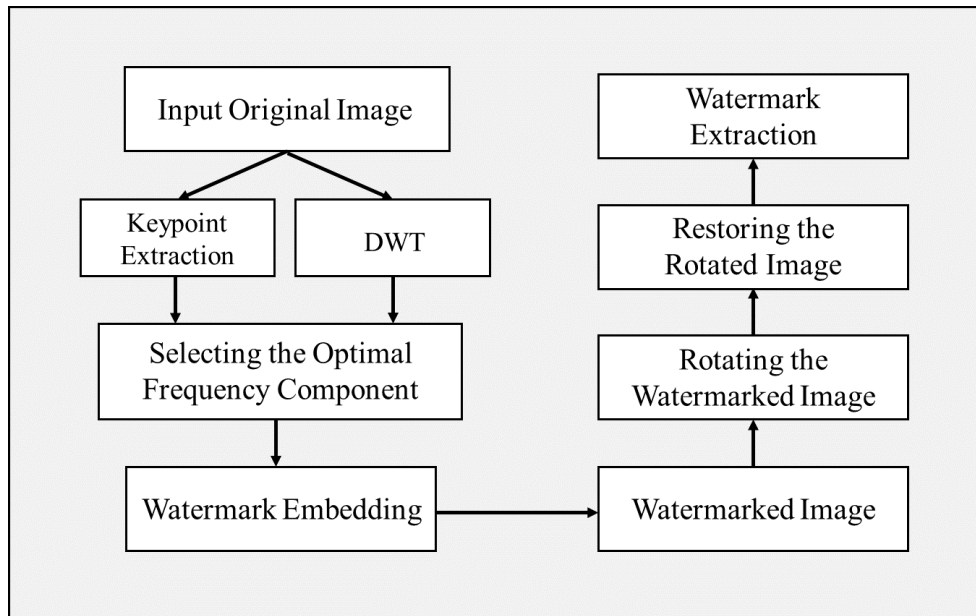


그림 4. 워터마크 삽입 및 복원 실험 절차

Fig. 4. Watermark Embedding and Restoration Experimental Procedure

원본 이미지에서 각 알고리즘을 활용하여 특징점을 추출하고, DWT를 적용하여 가장 낮은 에너지를 가진 주파수 성분을 선택해 워터마크를 삽입한다. 실험에서 사용한 원본 이미지와 워터마크는 다음 그림 5와 같다.

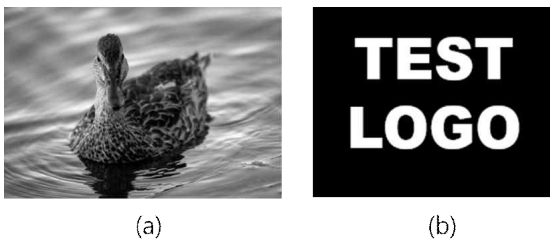


그림 5. 실험 이미지: (a) 원본 이미지, (b) 워터마크
Fig. 5. Experimental images: (a) Original image, (b) Watermark

워터마크가 삽입된 이미지를 저장한 후, 원본

이미지와 구조적 유사성 및 화질 손실량 평가를 위해 원본 이미지와 비교하여 SSIM과 PSNR을 계산한다. 이후, 워터마크가 삽입된 이미지를 다양한 각도로 회전시킨다. 본 연구에서는 0, 10, 30, 60, 90도를 회전시켜 실험을 진행하였다. 회전된 이미지는 각 알고리즘에 해당하는 매칭 방식을 통해 원본 이미지와 비교하여 변환 행렬을 계산하고, 이를 바탕으로 원본 이미지의 각도로 복원한다. 그 후, DWT를 적용하여 삽입된 주파수 성분에서 해당 주파수의 변화를 분석하여 워터마크를 복원한다. 이렇게 복원된 워터마크는 원본 워터마크와 비교하여 NC와 BER을 계산한다.

4.2 워터마크 이미지 회전 및 매칭 과정

워터마크가 삽입된 이미지를 회전시킨 결과는 다음 그림 6과 같다.

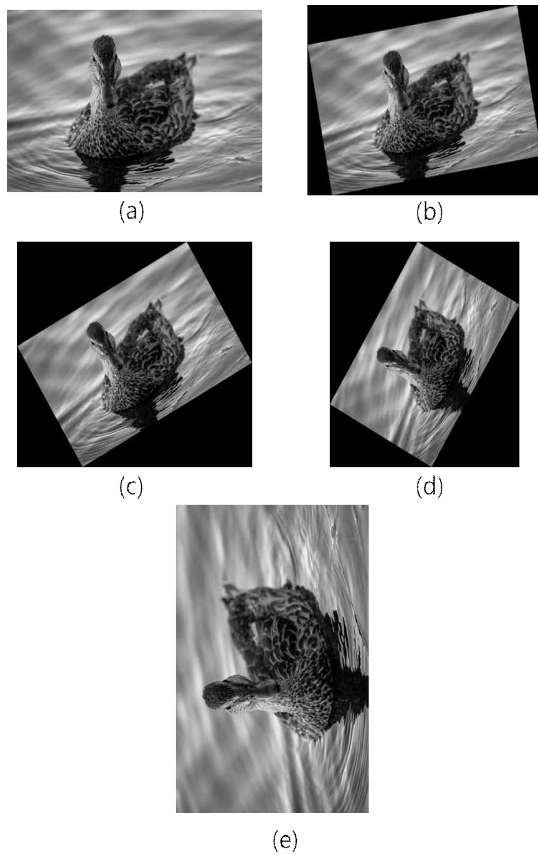


그림 6. 워터마크가 삽입된 이미지 회전: (a) 0도, (b) 10도, (c) 30도, (d) 60도, (e) 90도
 Fig. 6. Rotation of watermarked images: (a) 0°, (b) 10°, (c) 30°, (d) 60°, (e) 90°

다음 그림 7은 각 알고리즘에서 각도가 변형된 이미지를 복원하는 과정이며, 각도에 따른 원본 이미지와의 매칭 결과이다. 이때 HCD는 자체 매칭 알고리즘이 없어 그림 7 (b) 매칭 알고리즘을 활용하였다.

4.3 워터마크 복원

각 알고리즘에 해당하는 이미지 매칭 결과를 통해 각도가 복원된 이미지에서 워터마크를 복원한 결과는 다음 표 1과 같다.

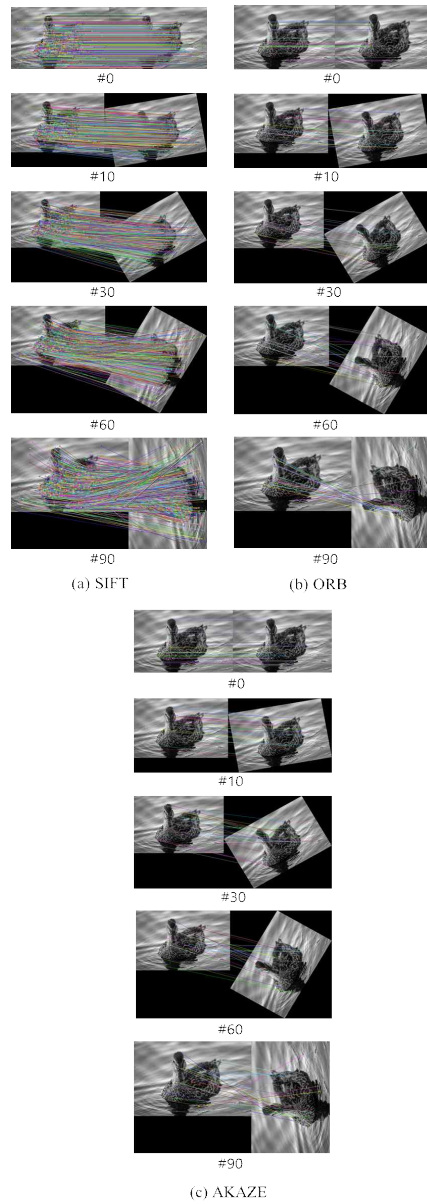


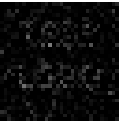



















그림 7. 각도에 따른 이미지 매칭 결과
 Fig. 7. Images matching Results by Rotation angle

표 1. 각 알고리즘을 통해 복원한 워터마크 결과
Table 1. Watermark restoration results obtained through each algorithm

	0°	10°	30°	60°	90°
HCD					
SIFT					
ORB					
AKAZE					

4.4 성능 평가 지표

원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지의 SSIM과 PSNR, 원본 워터마크와 복원된 워터마크의 NC와 BER을 계산한 결과이다. SSIM 값은 1에 가까울수록, PSNR은 일반적으로 30dB 이상이면 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지가 매우 유사하다는 것을 의미한다. NC 값은 1에 가까울수록, BER 값은 0에 가까울수록 원본 워터마크와 복원된 워터마크가 매우 유사하다는 것을 의미한다.

다음 표 2는 SSIM과 PSNR의 값을 소수점 둘째 자리까지 반올림하여 나타낸 결과 지표이다.

SSIM 값은 4개의 알고리즘 모두 값이 동일하게 나왔지만, PSNR 값은 AKAZE가 워터마크가 삽입된 이미지와 원본 이미지를 비교하였을 때, 화질 손실이 가장 적은 것으로 나타났다. 이는

AKAZE 알고리즘이 워터마크 삽입 시 원본 이미지의 화질을 더 잘 유지하는 경향이 있음을 알 수 있다.

표 2. 각 알고리즘에 따른 SSIM과 PSNR 값
Table 2. SSIM and PSNR Values for Each Algorithm

	HCD	SIFT	ORB	AKAZE
SSIM	0.92	0.92	0.92	0.92
PSNR	27.81dB	27.79dB	27.81dB	27.84dB

다음 표 3과 그림 8, 표 4와 그림 9는 각 알고리즘들의 회전 각도에 따른 NC, BER 값을 나타낸 결과 지표 및 그래프이며, 소수점 셋째 자리까지 반올림하여 나타냈다.

표 3. 회전 각도에 따른 복원된 워터마크 NC 값
Table 3. NC values of watermarks restored under rotation angles

	HCD	SIFT	ORB	AKAZE
0	0.95	0.947	0.95	0.947
10	0.762	0.752	0.762	0.752
30	0.639	0.875	0.639	0.856
60	0.369	0.775	0.369	0.864
90	0.943	0.685	0.943	0.946

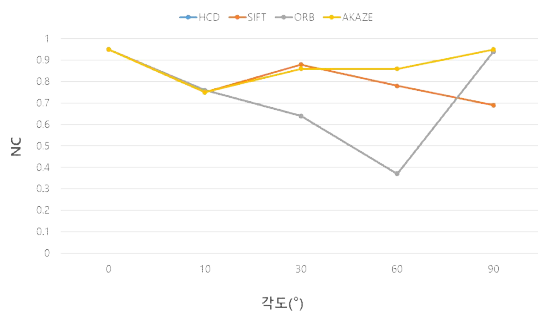


그림 8. 회전 각도에 따른 복원된 워터마크의 NC 값 그래프

Fig. 8. Graph of NC values of watermarks restored under rotation angles

표 3의 0도와 10도에서 HCD와 ORB의 NC 값은 0.95, 0.762로 동일하였으며, 30도에서는 SIFT가 0.875, 60도와 90도에서는 AKAZE가 0.864, 0.946으로 가장 높은 NC 값을 보였다.

표 4에서 0도에서의 BER 값은 AKAZE가 0.002, 10도에서는 HCD, ORB, AKAZE가 0.145, 30도에서는 SIFT가 0.168, 60도에서는 모든 알고리즘이 0.169로 동일하였고, 90도에서는 AKAZE가 0.004로 가장 낮은 BER 값을 보였다.

5. 결론

최근 코로나 19로 인한 비대면 소비 환경 변화

표 4. 회전 각도에 따른 복원된 워터마크 BER 값
Table 4. BER values of watermarks restored under rotation angles

	HCD	SIFT	ORB	AKAZE
0	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.145	0.155	0.145	0.145
30	0.169	0.168	0.169	0.169
60	0.169	0.169	0.169	0.169
90	0.088	0.169	0.088	0.004

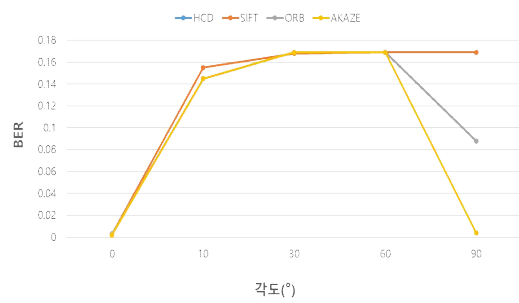


그림 9. 회전 각도에 따른 복원된 워터마크의 BER 값 그래프

Fig. 9. Graph of BER Values of Watermarks restored under rotation angles

에 힘입어 OTT 등을 통한 스트리밍 콘텐츠 서비스가 확산되면서 다양한 저작권 보호 문제가 발생하고 있으며, 그 중에서도 콘텐츠 불법 복제로 인한 피해는 심각한 문제로 대두되고 있다. 본 연구에서는 저작권 보호 시스템을 회피하기 위해 콘텐츠의 각도를 변형하여 소셜 미디어에 업로드하는 방식에서 워터마크를 복원하기 위한 방법으로 특징점 알고리즘을 활용한 워터마크 복원 성능을 평가하였다. 워터마크가 삽입된 이미지를 SSIM과 PSNR을 통해 원본 이미지와 비교하여 워터마크의 구조적 유사성 및 화질 손실량을 평가하고, NC와 BER 값을 통해 복원된 워터마크의 정확도를 평가하였다. 실험 결과를 종합적으로 분석한 결과, AKAZE 알고리즘이 다른

알고리즘들에 비해 워터마크의 삽입 및 복원 정확도가 가장 높았으며, 다양한 각도에서의 이미지 회전에서도 일관된 성능을 보여주었다. 향후 연구에서는 다양한 기하학적 변형에 대한 알고리즘의 성능을 평가하고, 여러 알고리즘을 결합한 앙상블 기법을 통해 워터마크 복원 성능을 향상시키는 방안을 연구할 것이다.

이 논문은 2024년도 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 재원으로 SW저작권기술(+법) 융합인재양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(과제명 : OTT 콘텐츠 저작권 보호 기술개발 및 적용을 위한 저작권기술 융합인재양성, 과제번호 : RS-2023-00225267)

참 고 문 헌

- [1] C. S. Kim. Copyright Infringement Issue Report (Status of YouTube Fast Movie Channels and Copyright Infringement). (2023). KOREA COPYRIGHT PROTECTION AGENCY. <https://www.kcopa.or.kr/download.do?uuid=ade036e0-7fd4-40c1-a73b-9d6b90f34a6a.pdf>
- [2] 2024 OTT Industry Analysis Report. Mezzomedia Industry Analysis Report No. 6. (2024). Mezzomedia. https://www.mezzomedia.co.kr/data/insight_m_file/insight_m_file_1674.pdf
- [3] Mordor Intelligence. Over The Top (OTT) - Market Share Analysis, Industry Trends & Statistics, Growth Forecasts (2024 - 2029). (2024). Mordor Intelligence. <https://www.giikorea.co.kr/report/moi1433838-over-top-ott-market-share-analysis-industry-trends.html>
- [4] Daniel Kim. Current State of Illegal Copying and Prevention Methods that OTT Providers Must Know. (2024). PallyCon. <https://pallycon.com/ko/blog/%EB%B6%88%EB%B2%95-%EB%B3%B5%EC%A0%9C%EB%A5%BC-%EB%B0%A9%EC%A7%80%ED%95%98%EB%8A%94-%EB%B0%A9%EB%B2%95/>
- [5] Kirti, V. N. A review on digital watermarking and its techniques. IJCSMC, 3(6), 686-690. (2014).
- [6] K. J. Lim & T. Y. Choi. Performance Comparison of Frequency-Based Watermarking Methods. Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea-CI, 38(5). 65-76. (2001).
- [7] S. Y. Choi, Y. H. Seo, J. S. Yoo, D. K. Kim & D. W. Kim. Real-time watermarking algorithm using statistical properties of multi-resolution in DWT-based image compression. Journal of the Korean Institute of Information Security and Cryptology, 13(6), 33-43. (2003). DOI:10.13089/JKIISC.2003.13.6.33.
- [8] Harris, C., & Stephens, M.. A combined corner and edge detector. Alvey Vision Conference, 15(50), 147-151. (1988). DOI: 10.5244/C.2.23
- [9] Lowe, D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 60(2), 91-110. (2004). DOI: 10.1023/B:VISI.0000029664.99615.94
- [10] Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., & Bradski, G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. 2011 International Conference on Computer Vision, 2564-2571. (2011). DOI: 10.1109/ICCV.2011.6126544
- [11] Sharma, S. K., & Jain, K. Image stitching using AKAZE features. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 48(10), 1389-1401. (2020). DOI: 10.1007/s12524-020-01163-y

[12] A. An. SIFT(Scale Invariant Feature Transform). (2021). Tistory blog. <https://alex-an0207.tistory.com/164>

[13] Rosten, E., & Drummond, T. Machine learning for high-speed corner detection. Computer Vision - ECCV 2006: 9th European Conference on Computer Vision, 430-443. (2006). DOI: 10.1007/11744023_34

[14] Calonder, M., Lepetit, V., Strecha, C., & Fua, P. Brief: Binary Robust Independent Elementary Features. Computer Vision - ECCV 2010: 11th European Conference on Computer Vision, 778-792. (2010). DOI: 10.1007/978-3-642-15561-1_56

[15] B. K. Shin. OpenCV-27: Feature Descriptor Detectors(SIFT, SURF, ORB). (2020). Tistory blog. <https://bkshin.tistory.com/entry/OpenCV-27-%ED%8A%B9%EC%A7%95-%EB%94%94%EC%8A%A4%ED%81%AC%EB%A6%BD%ED%84%B0-%EA%B2%80%EC%B6%9C%EA%B8%B0-SIFT-SURF-ORB>

[16] Alcantarilla, P. F., Bartoli, A., & Davison, A. J. KAZE Features. European Conference on Computer Vision, 214-227. (2012). DOI: 10.1007/978-3-642-33783-3_16

[17] Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. Simoncelli. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing, 13(4), 600-612. (2004). DOI: 10.1109/TIP.2003.819861

[18] Khalifa, O. O., binti Yusof, Y., & Olanrewaju, R. F. Performance evaluations of digital watermarking systems. 2012 8th International Conference on Information Science and Digital Content Technology (ICIDT2012), 3, 533-536. (2012). DOI: 978-8-9886-7870-1

[19] Zhang, Z., Sun, H., Gao, S., & Jin, S. Self-recovery reversible image watermarking algorithm. PLOS ONE, 13(6), e0199143. (2018). DOI: 10.1371/journal.pone.0199143

[20] Evsutin, O., & Dzhanashia, K. Watermarking schemes for digital images: Robustness overview. Signal Processing: Image Communication, 100, 116523. (2022). DOI: 10.1016/j.image.2021.116523

저 자 소 개



이지은(Ji-Eun Lee)

2023.2 경운대학교 항공정보통신학과 졸업
 2023.3-현재 : 숭실대학교 컴퓨터학과 석박
 통합과정
 <주관심분야> 컴퓨터네트워크, 인공지능,
 클라우드, 정보보안



신용태(Yong-Tae Shin)

1985.2 한양대학교 산업공학과 졸업
 1990.12 Univ. of Iowa, Computer Science 석사
 1994.2 Univ. of Iowa, Computer Science 박사
 1995.3-현재 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
 <주관심분야> 컴퓨터네트워크, 분산 컴퓨
 팅, 인터넷프로토콜, 전자상거래 기술