

# 교차 참조 점을 이용한 정지영상의 워터마크 삽입기법

論 文

55D-4-5

## A Watermark Embedding Technique for Still Images Using Cross-Reference Points

李 恒 燦<sup>†</sup>  
(Hang-Chan Lee)

**Abstract** - In this paper we present a technique for detecting cross-reference points that allows improving watermark detect-ability. In general, Harris detector is commonly used for finding salient points. Harris detector is a kind of combined corner and edge detector which is based on neighboring image data distribution, therefore it has some limitation to find accurate salient points after watermark embedding or any kinds of digital attacks. The new method proposed in this paper used not data distribution but geometrical structure of a normalized image in order to avoid pointing error caused by the distortion of image data. After normalization, we constructed pre-specified number of virtual lines from top to bottom and left to right, and several of cross points were selected by a random key. These selected points specify almost same positions with the accuracy more than that of Harris detector after digital attacks. These points were arranged by a random key, and blocks centered in these points were formed. A reference watermark is formed by a block and embedded in the next block. Because same alteration is applied to the watermark generated and embedded blocks, the detect-ability of watermark is improved even after digital attacks.

**Key Words** : Watermark, Cross-Reference Points, Harris Point.

### 1. 서 론

멀티미디어 데이터에 육안으로 식별이 불가능한 정보를 삽입함으로써 데이터의 복사 및 변형을 방지 하고 저작권을 보호하는 워터마크에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 삽입된 워터마크는 제거하기 어려워야 하며 워터마크를 변형시키기 위한 시도 (attack)는 영상의 심각한 화질 저하를 초래 해야만 한다. 워터마크에 대한 변형은 기하학적인 변형과 잡음과 같은 신호를 첨가 하는 신호처리 영역의 변형으로 분류될 수 있다. 기하학적인 변형의 경우 워터마크의 검출 시 영상의 동기화(synchronization)를 고려해야 하기 때문에 문제는 더욱더 어려워진다. 기하학적인 변형을 해결하기 위한 방법들이 최근 연구되어 왔고 이는 invariant transform(IT) 영역 기반, Moment 기반, 특징 점 기반의 알고리즘으로 크게 나눌 수 있다.

IT 영역 기반은 기하학적인 변형(회전, 이동, 스케일링)후에도 동기화를 유지할 수 있도록 IT 영역에서 데이터를 처리 한다. 이러한 변환에서 가장 주목 받는 변환은 DFT의 log-polar mapping이다[1][2]. 그러나 이 변환은 아이디어의 이론적인 전개가 뛰어난 반면 영상에 대해 실제로 적용할 때 우수성은 입증되지 않고 있다.

영상 혹은 객체의 moment는 패턴인식 분야에서 널리 사용되고 있다. Moment 기반 워터마킹 시스템은 영상의 변형 전 후의 moment를 이용하여 변형 량을 추출하고 이를 역 변환 함으로써 올바른 워터마크를 검출하는 방법으로 일반적인 affine 변형에 강점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다 [3][4].

1세대 워터마크는 영상의 특징 점에 대한 고려 없이 삽입되었고, 이는 외부로부터의 변형에 취약한 단점을 가지고 있다. 이에 대한 대안으로 영상의 특징 점을 검출하여 이곳에 워터마크를 삽입하는 2세대 워터마크로 발전되어 왔다.

특징 점을 이용한 워터마크는 지역영역(local region)의 변형에 우수한 성능을 발휘한다. 특징 점들은 워터마크의 삽입과 검출을 위한 참조 점으로 사용 된다[5][6][7]. Harris 검출기는[8] 영상의 코너 및 에지 검출기로서, 특징 점 검출을 위하여 일반적으로 사용되고 있는 방법이다[9]. 그러나 Harris 검출기는 인접한 화소 값에 기반 하여 코너 및 에지를 검출함으로써, 워터마크의 삽입이나 외부로부터의 변형(attack)시 특징 점을 정확히 계산해 내지 못하는 단점을 가지고 있다. 또한 영상의 변형 후 워터마크 삽입 시와 동일한 수의 참조 점을 발견하기 위해서는 삽입 시와 다른 임계 값 처리가 필요하고, 이러한 과정은 워터마크 검출을 지연시키는 원인이 될 수 있다. 또한 동일한 수의 참조 점을 계산한다고 하더라도 워터마크 입력 시와 다른 위치의 참조 점이 발견될 수 있다.

본 논문에서는 영상의 데이터에 기반 하지 않고 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반 하여 참조 점을 검출함으로써, 영상의 변형 후 Harris 검출기 보다 높은 정확도로 참

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 漢城大學 멀티미디어 工學科 副教授 · 工博  
E-mail : lhangch@hansung.ac.kr

接受日字 : 2005年 11月 14日  
最終完了 : 2006年 2月 7日

조 점을 검출 할 수 있었다. 즉 영상을 정규화 시킨 다음 네 면(상, 하, 좌측, 우측)에 일정한 수(secret key1)의 정점을 설정하고 위에서 아래로, 그리고 왼쪽에서 오른쪽으로 영상의 면과 평행한 가상 선을 그은 후 선들의 교차점을 구한다. 구해진 교차점들 중 일정한 수를 랜덤 (secrete key 2)하게 선택한 후 선택된 정점들을 정해진 key(secret key 3)를 이용하여 정렬한다. 정렬된 참조 점들을 중심으로 정규화 된 영상과 같은 기하학적 형태를 갖는 block을 형성한다. 여기서 block의 크기는 정규화된 영상의 가로 세로 화소수에 대한, 정해진 비율(secret key 4)로 설정 된다. 영상의 외부로부터 생성된 워터마크는 영상의 변형 시 워터마크의 검출을 저해 하는 요인이 되므로 주어진 영상의 내부에서 워터마크를 생성하였다. 즉 정렬된 첫 번째 block의 데이터로부터 워터마크를 생성하고 이 워터마크는 두 번째 block에 삽입 되었다. 같은 방법으로 두 번째 block에서 워터마크를 생성하여 세 번째 block에 삽입 하였다. 이러한 방법으로 워터마크를 삽입하였을 때 외부로부터의 변형 시 워터마크를 생성하는 block과 삽입하는 block에 동일 한 변형이 적용됨으로써 워터마크의 검출 율을 높일 수 있었다.

본 논문의 2장은 영상의 정규화 과정과 교차 참조 점의 설정 방법에 대해 기술 하였고, 워터마크의 생성 및 삽입에 대한 논의는 3장에서 주어졌으며, 워터마크의 검출 방법과 여러 가지 외부로부터의 변형(attack)에 대한 실험 결과는 4장과 5장에서 각각 설명하였다.

## 2. 영상의 정규화 및 참조 점의 설정

### 2.1 영상의 정규화

패턴인식 분야에서 널리 사용되던 영상의 정규화는 영상의 변형 후에도 대부분의 경우에 동일 한, 혹은 유사한 영상을 얻을 수 있으므로 워터마크 분야에 응용 되어 왔다[4]. 일반적으로 정규화는 영상의 중심 (centroid)과 이로부터 계산되는 모멘트 (moment)에 기반 하여 이루어진다[10]. 영상  $I(x,y)$ 가 주어졌을 때  $(x,y) \in A$ 로 표현되는 영역을 가진 영상의 중심( $C_x, C_y$ )과 모멘트 ( $M_{uv}$ )는 [식 1]과 [식 2]로부터 계산 될 수 있다.

$$C_x = \int_A xf(x,y)dx dy, C_y = \int_A yf(x,y)dx dy \quad (1)$$

$$f(x,y) = \frac{I(x,y)}{\int_A I(x,y)dx dy} \quad (\text{where } I(x,y) : \text{Graylevel})$$

$$M_{uv} = \int_A (x - C_x)^u (y - C_y)^v f(x,y)dx dy \quad (2)$$

절단(cropping)과 같은 변형으로 변경된 영상에 대해 [식 1]과 [식 2]를 이용하여 전체 영상을 정규화 할 경우, 중심과 모멘트가 변경된다면 성공적으로 워터마크를 검출할 수 없으므로 지역(local) 영역에 대한 중심과 모멘트를 계산하는 방법이 제안 되었다 [11]. 즉 최초로 발견된 중심을 기준으로 반경 r의 원을 형성하고 원 내부의 면적에 대해서 중심을 계산한다. 발견된 중심을 기준으로 다시 반경 r의

원을 형성하고 다시 중심을 계산하는 방법을 되풀이 하여 중심이 더 이상 변하지 않는다면 최종의 중심을 이용하여 원의 면적에 대한 모멘트를 계산한다. 따라서 [식 2]는 지역 영역에 대해서 [식 3]과 같이 변경 될 수 있다. 여기서  $C_{xf}$ 와  $C_{yf}$ 는 final local centroid 이다.

$$M_{uv} = \int_{Local Area} (x - C_{xf})^u (y - C_{yf})^v f(x,y)dx dy \quad (3)$$

이러한 방식으로 중심을 계산할 경우 영상의 변형 후에도 근사한 위치의 중심을 유지 하는 것이 [참고 문헌 11]에 의해서 입증 되었다. 따라서 본 논문에서는 [참고 문헌 11]의 방법을 용하여 영상을 정규화 하였다. [그림 1]은 실험에 사용된 원본 영상과 정규화된 영상을 나타낸다.



그림 1. 실험 영상(좌측) 과 정규화 된 영상(우측)  
Fig 1. Test Image(left) and normalized Image(right).

### 2.2 교차 참조 점(Cross-Reference Points)의 설정

정규화 과정을 거친 후 영상은 일정한 방향(invariant direction)으로 정렬된다. 따라서 영상의 상단, 하단, 좌측, 그리고 우측의 면에 일정한 수(secret key 1)의 정점을 설정하고, 상단에서 하단으로, 좌측에서 우측으로 영상의 면과 평행한 가상 선을 설정한 후 선들의 교차점을 구한다. 외부로부터의 변형(attack)에 의해 정규화 영역에서 영상의 기하학적인 형태가 변경 되더라도 교차점은 항상 근사한 위치로 설정됨을 알 수 있다. 교차점을 구한 후 정해진 수의 교점을 secrete key 2를 이용하여 random 하게 선택 한다. 이 secrete key 는 워터마크의 검출 시 같은 위치의 교점이 선택되기 위한 난 수 발생기의 seed 이다.

[그림 2]는 주어진 영상을 정규화 하고 가로 세로에 9개의 정점을 설정한 다음 81개의 교점을 구한 경우의 예이다. 물론 이 정점의 수는 시스템에 따라 더 늘릴 수도 줄일 수도 있음을 밝혀 둔다. 구해진 모든 교점을 참조 점으로 하여 block을 형성한 후 워터마크를 삽입 한다면 불필요하게 계산 량을 증가시킬 수 있고, 또한 정점의 수를 secrete key 로 한다 하더라도 고정된 위치의 참조 점은 수차례의 try and error로 제 3자에 의해 검출될 수 있다. 따라서 제 3자에 의한 검출 확률을 줄이기 위해 secrete key 2를 이용하여 random 하게 일정한 수의 참조 점을 선택 하였다. [그림 2]의 경우는 20개의 참조 점을 선택한 경우이다. [그림 2]에서 상단은 각각 원본 영상, 30° 회전된 영상, 그리고 0.7로 스케일링한 영상을 정규화 한 후 구해진 81개의 교점을 보

여 주고 있고, 하단은 각각에 대해 random 하게 선택된 20개의 정점을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 영상의 변형 후에도 정규화 영역에서는 같은 위치의 정점들이 선택되어 점을 알 수 있다. 주어진 영상의 여러 가지 변형(attack) 후 발견된 교차점의 정확도는 2.4절에서 주어졌다.

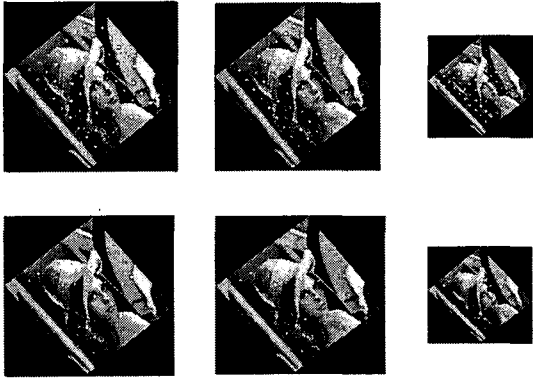


그림 2 여러 가지 변형된 영상의 정규화 영역에서의 교차점 (상단 : 좌측으로부터 원본영상, 30°회전된 영상, 0.7로 scaling 된 후 정규화된 영상의 교차점. 하단 : 좌측으로부터 원본영상, 30°회전된 영상, 0.7로 scaling 된 후 정규화된 영상의 선택된 교차점.)

Fig 2. Cross points of the normalized image after digital attacks( Top : cross points of normalized images of original, 30° rotated, and scaled with scaling factor 0.7 in the sequence of left to right, Bottom : Selected cross points of normalized images of original, 30° rotated, and scaled with scaling factor 0.7 in the sequence of left to right)

### 2.3 Harris Detector

Harris 검출기[8]는 local autocorrelation을 사용하는 corner와 edge 검출기로서 영상의 특징 점 검출을 위해 일반적으로 사용되는 방법이다. 특징 점 검출을 위한 마스크는 다음과 같이 정의 될 수 있다. 여기서  $G(x,y)$ 는 가우시안 윈도우를 나타낸다.

$$M = \begin{pmatrix} \frac{I(x,y)}{\partial x} \otimes G(x,y) & \frac{I(x,y)}{\partial x \partial y} \otimes G(x,y) \\ \frac{I(x,y)}{\partial x \partial y} \otimes G(x,y) & \frac{I(x,y)}{\partial y} \otimes G(x,y) \end{pmatrix} \quad (4)$$

[식 4]에 의해 정의된 마스크로 필터링을 한 후 특징 점을 선택하기 위해서 [식 5]에 의해 얻어진 결과를 임계 값 처리함으로써 원하는 특징 점들을 얻을 수 있다.

$$I_c = Det(M) - k Trace(M)^2 \quad (5)$$

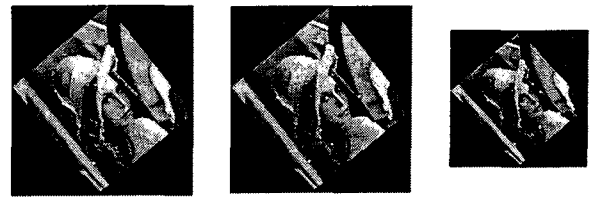


그림 3 Harris 검출기를 이용하여 검출된 특징 점들 (좌측으로부터 원본 영상, 30° 회전된 영상, 0.7로 scaling된 영상의 정규화 후 검출된 Harris Points).

Fig 3. Detected feature points using Harris Detector(Harris Points of normalized images of original, 30° rotated, and scaled with scaling factor 0.7 in the sequence of left to right)

[그림 3]은 좌측으로부터 원본영상, 30° 회전한 영상, 0.7로 스케일링 된 영상을 정규화 한 후 Harris 검출기를 이용하여 특징 점들을 구한 결과 이다. 그림에서 보는 바와 같이 영상의 변형 후 발견된 특징 점들의 수와 위치는 육안으로 확인할 정도로 원본 영상과 차이가 있음을 알 수 있다. 변형 후에도 일정한 수의 특징 점을 얻기 위해서 지역 최대값(local Maxima)을 사용 할 수 있으나 영상의 변형으로 인하여 지역 최대값도 변경 되므로 원래 영상과 항상 동일한 특징 점 검출을 보장할 수 없다.

### 2.4 교차 참조 점 과 Harris 검출기의 성능 비교

교차 참조 점과 Harris point와의 정확도를 비교하기 위해서, 영상의 변형 전후에 구해진 교차 참조 점 주변의 data를 비교하고, 또한 변형 전과 후의 Harris point 주변의 data를 비교 하였다.

JPEG 압축이나 median filtering 의 경우 기하학적 형태는 변화 되지 않고 데이터 값만 변경되므로 높은 정확도로 교차 참조 점을 발견할 수 있었다. 반면에 Harris 검출기와 같은 코너 에지 검출기는 외부로부터의 변형에 의해 데이터가 변하였을 때 원래의 위치를 정확히 검출해 내지 못했고, 특히 JPEG등 영상의 압축이나 filtering으로 인하여 고주파 성분의 일부가 제거 되었을 때 더욱더 큰 오차를 나타낸다.

영상의 회전이나 스케일링 등 기하학적 변형 후에도 인접 데이터 간의 interpolation에 의해 데이터가 변경되므로 정확한 Harris point를 검출할 수 없다. 교차 참조 점의 경우는 [그림 4.1~4.4]에서와 같이, Harris point 보다 높은 정확도로 워터마크가 삽입될 참조 점이 발견됨을 알 수 있다. [그림 4.1~4.5]에서 사각형(□)으로 표현된 데이터는 발견된 Harris point 중 변형전의 위치와 근접된 point만으로 correlation을 계산한 경우이고, 삼각형(△)으로 표현된 데이터는 발견된 모든 Harris point에 대한 평균 correlation 이다. 그림에서와 같이 변형전과 근접된 Harris point만으로 계산된 correlation도 교차 참조 점에 의해 계산된 결과보다 낮은 correlation을 보임으로써 교차 참조 점 방식의 정확도를 입증할 수 있다.

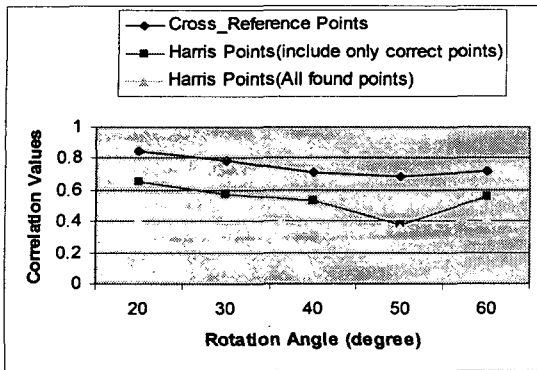


그림 4.1 교차 참조 점과 Harris Point 의 정확도 비교.  
(Harris Points(include only correct points) : 발견된 Harris points중 변형전과 근접된 points만으로 계산된 평균 correlation ; Harris Points(all found points) : 발견된 모든 Harris points에 대한 평균 correlation)  
Fig 4.1 Accuracy comparison between cross-reference and Harris Points.

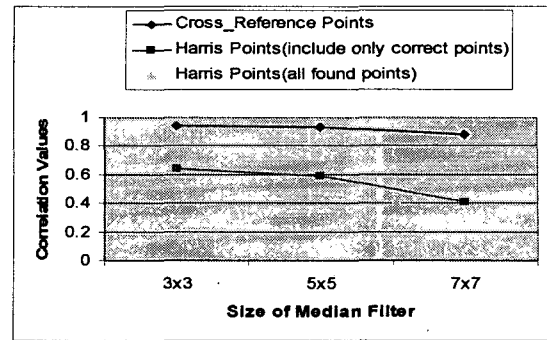


그림 4.4 교차 참조 점과 Harris Point 의 정확도 비교.  
Fig 4.4 Accuracy comparison between cross-reference and Harris Points.

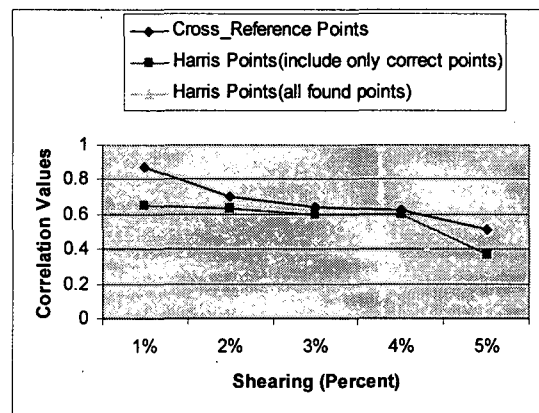


그림 4.5 교차 참조 점과 Harris Point 의 정확도 비교.  
Fig 4.5 Accuracy comparison between cross-reference and Harris Points.

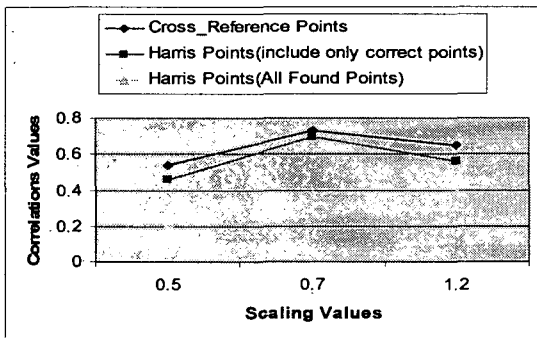


그림 4.2 교차 참조 점과 Harris Point 의 정확도 비교.  
Fig 4.2 Accuracy comparison between cross-reference and Harris Points.

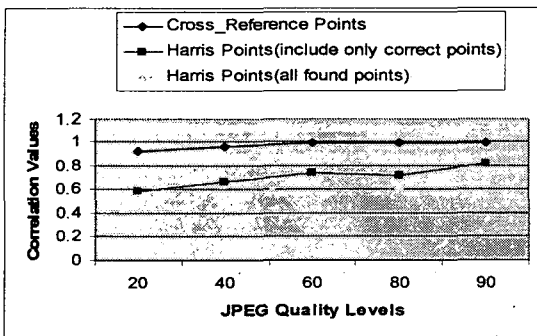


그림 4.3 교차 참조 점과 Harris Point 의 정확도 비교.  
Fig 4.3 Accuracy comparison between cross-reference and Harris Points.

### 3. 워터마크의 생성과 삽입

일반적으로 삽입된 워터마크는 영상에 대한 기하학적인 변형이나 압축 등으로 인하여 손실을 입기 쉬우나, 참조 워터마크와 삽입된 워터마크에 동일한 변형이 가해진다면 변형이 가해진 후에도 워터마크의 검출 율에 심각한 손실을 주지 않을 것이다. 따라서 영상 데이터와 상이한 워터마크를 삽입하기 보다는 영상 데이터에 기반하여 워터마크를 생성하고 삽입함으로써 외부로부터의 변형(attack)에 대한 강인성을 향상시킬 수 있다. 주어진 영상에 기반하여 워터마크를 생성하고 삽입하는 방법은 유사성(similarity)의 삽입으로 Bas [9]에 의해 제안되었다. 영상의 변형 후 정규화된 영상의 기하학적인 형태는 변형에 따라 다를 수 있으므로 본 논문에서는 정규화된 영상의 기하학적인 형태에 기반하여 교차 참조 점을 중심으로 하는 block을 형성하였다. 즉 정규화된 영상과 동일한 기하학적 형태를 갖고, 가로 세로의 화소 수에 대한 미리 정해진 비율(secret key 4)로 block을 형성하였다. [그림 5]는 영상의 정규화 후 워터마크를 삽입하기 위해 형성된 block의 형태와 위치를 보여주고 있다. [그림 5]의 예시는 정규화된 영상의 가

로 세로 화소 수의 1/20을 block의 가로 세로의 크기로 정한 경우 이다.

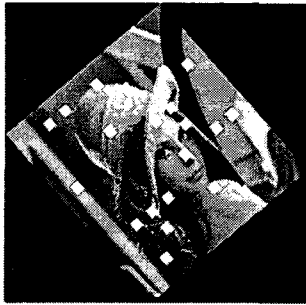


그림 5 워터마크가 삽입 될 block(white area)  
Fig 5. Blocks watermark will be embedded (white area).

형성된 block은 secrete key 3을 이용하여 random 하게 순서를 정렬 한다. 정렬 후 첫 번째 block의 gray level을 스케일링하여 양자화된 두 번째 block에 삽입하고, 두 번째 block에서 형성된 워터마크는 다시 양자화된 세 번째 block에 삽입된다. [그림 6]은 워터마크의 삽입과정을 보여주고 있다. 본 연구에서는 실험 영상(8 bit gray scale)에 대한 양자화 스텝으로 15.5를 사용하였다. 워터마크의 스케일링 값( $\alpha$ )에 따라 워터마크의 가시성(visibility)과 검출율은 변동된다. 즉 스케일링 값이 크면 검출율은 증가하는 반면 가시성 또한 증가함으로써 최적의 스케일링 값을 정하기 위한 여러 가지 시도를 문헌을 통해 찾아 볼 수 있다 [10]. 본 연구에서는 스케일링 값으로 0.05부터 0.01까지 사용하였고 모든 실험은 spatial domain에서 실행되었다.

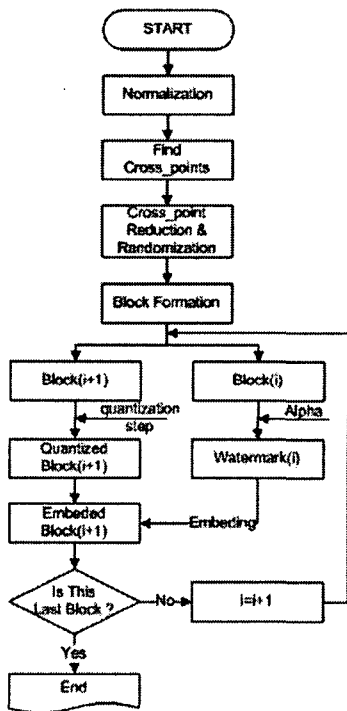


그림 6. 워터마크의 삽입 과정.  
Fig 6. Flow Chart of watermark embedding.

#### 4. 워터마크의 검출

워터마크는 삽입과 같은 방법으로 검출 할 수 있다. 즉 영상을 정규화한 후 교차 참조 점을 구하고, 교차 참조 점을 중심으로 하는 block을 형성한다. 여기서 block의 크기와 모양은 정규화 된 영상의 가로세로 화소 수와 기하학적 형태에 따라 결정 된다. block이 설정 된 후 secrete key 3을 이용하여 block의 순서를 정렬하고 삽입의 역순으로 워터마크를 검출 한다. 즉 워터마크가 삽입된 block을 양자화 한 후 워터마크를 검출하고, 이전 순서의 block을 주어진  $\alpha$  값으로 스케일링하여 참조 워터마크를 생성한다. 참조 워터마크와 검출된 워터마크의 유사도(correlation)를 구함으로써 워터마크의 존재 여부를 알 수 있다. 워터마크 검출의 정확도를 나타내기 위한 척도로써 false-alarm 확률( $P_{fa}$ )을 사용하였고  $P_{fa}$ 을 계산 한 후 워터마크 검출에 대한 최종 결정은 [식 7]에 따라 수행 되었다. 즉 검출된 N 개의 참조 점을 중심으로 형성된 block에 대해 계산된 correlation의 평균값(C)이 계산된 임계 값보다 클 경우 워터마크가 검출된 것으로 판단하였다. False-alarm 확률( $P_{fa}$ )에 대한 자세한 설명은 참고문헌 [12]에서 볼 수 있다.

$$C = \frac{1}{N} \sum_{i=1, \dots, N} correlation_i(W_i, W_i^*) \quad (6)$$

$$C \geq \frac{\eta(P_{fa})}{\sqrt{N}} \quad (7)$$

#### 5. 외부로부터의 변형 (Attack) 및 실험 결과

상기와 같이 구성된 워터마크를 실험 영상(Lenna)에 삽입하였고, 기하학적인 변형(회전, 스케일링, Cropping, Shearing)과 비 기하학적 변형 (JPEG 압축, Median Filtering)이 가해진 후 워터마크의 검출율에 대한 실험을 하였다. JPEG의 압축 Level은 [식 8]과 같이 주어진다.

$$S = \begin{cases} 5000/Level, & \text{if } Level < 50 \\ 200 - Level \times 2, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

$$Quantization Step = (Basic Quantization Matrix \times S + 50) / 100 \quad (9)$$

본 논문에서 Alpha( $\alpha$ )는 워터마크의 강도를 나타내며 0.05에서 0.01까지 변화시키며 워터마크를 삽입 하였다.  $\alpha$ 값은 클수록 검출 확률이 높아지지만 가시성(invisibility)과 워터마크의 강인성(robustness)을 고려하여 선택되어야 한다. [그림 7]은 워터마크의 강도에 따른 가시성을 나타내고 있다. 워터마크가 삽입된 후 [그림 1]의 원본 영상과 비교해 볼 때  $\alpha$  값으로 0.05를 사용 하였을 때는 육안으로 워터마크의 삽입 여부를 확인 할 수 있었다. 0.01에서 0.03까지는 육안으로 거의 식별 되지 않았고, [그림 7]의 하단에 표기된 차이 영상으로부터 삽입 여부를 확인 할 수 있었다. 차이 영상은 육안으로 식별이 불가능하여 최대 그레이 레벨의 20%를 보강하여 그림에 나타냈음을 밝혀둔다. [그림 8]

은 워터마크가 삽입된 후 20° 회전된 Lenna 영상에 대해 100 개의 서로 다른 key를 가지고 워터마크의 검출에 대한 실험 결과 이다. 그림에서와 같이 정해진 secret key에서 correlation의 peak를 관찰 할 수 있었다.

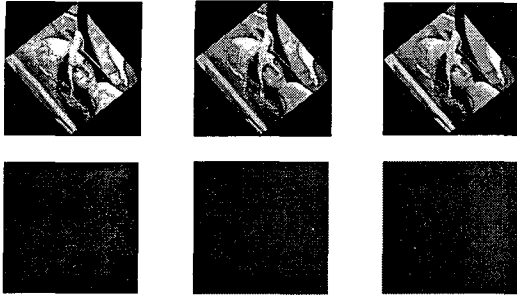


그림 7 워터마크가 삽입된 영상 및 원본 영상과의 차이 (상단 : 워터마크가 삽입된 영상, 하단 : 원본영상과의 차이(가시성을 위해 최대 그레이 레벨의 20 %를 보상), 좌측으로부터  $\alpha = 0.01, 0.03, 0.05$ )

Fig 7. Difference between watermark embedded and original images(Top : Watermark embedded image, Bottom : Difference ( $\alpha = 0.01, 0.03, 0.05$  from left to right).

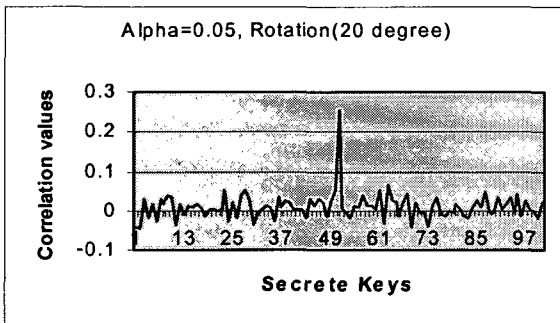


그림 8 100개의 secret key에 대한 Correlation.  
Fig 8. Correlation for 100 different keys.

[그림 9~12]는 기하학적인 변형으로써 각각 회전, 스케일링, cropping, 그리고 Shearing 후 검출된 워터마크의 유사도(correlation)를 나타내고 있다. 그래프에 나타난 correlation은 19개 block에서 검출된 워터마크의 평균 correlation을 나타낸다. [그림 9]와 [그림 10]에 보여준 회전과 스케일링의 변형에서는 변형에 의해 영상의 가로 세로 크기와 데이터 값은 변화 되지만 실제 영상의 데이터가 차지하는 영역의 가로 세로 비율과 중심 모멘트가 유지 되므로 회전이나 스케일링의 강도에 따른 교차 참조 점의 이동이 거의 없었다. 따라서 변형의 강도에 따른 correlation의 커다란 저하가 관찰 되지 않았다. 스케일링의 경우 0.5 이하에서 관찰되는 correlation의 저하는 교차 참조 점에 대한 오차라기보다는 영상의 축소에 의한 영상 데이터와 워터마크의 손실에 기인한다. [그림 11]의 cropping의 경우는 영상의 일부가 삭제됨

으로써 변형에 의해 영상의 폭과 높이의 비율이 변경될 수 있고 이로 인하여 10%(pixel percents) 이상의 데이터 손실 시 워터마크의 검출율이 저하됨을 관찰할 수 있었다. 그러나 10 % 이상의 데이터 손실(attack)은 육안으로도 관찰이 가능하여 영상에 대한 저작권을 주장할 수 없으므로 10 % 이내의 데이터 손실에서는 교차 참조 점 방식이 cropping attack에서도 강인성을 보인다고 할 수 있다. [그림 13]과 [그림 14]는 JPEG 압축과 median attack 후의 워터마크 검출 결과를 보여 주고 있다. JPEG압축과 median filtering은 기하학적 변형이 아니므로 정확한 교차 참조 점을 구해 낼 수 있고 결과로서 성공적으로 워터마크를 검출할 수 있었다. 압축률의 증가와 median mask의 크기 증가에 따라 correlation이 감소되고 있으나 이는 고주파 성분의 손실에 따른 워터마크의 손실에 의한 결과이다.

False-alarm Probability  $\eta(10^{-5})$ 을 사용하였고 워터마크의 강도( $\alpha$ )로써 0.03을 사용 하였을 때의 검출 결과는 [표 1]에서 보여주고 있다. 10% 이상의 cropping attack의 경우를 제외 하고는 대부분의 변형에서 워터마크를 성공적으로 검출 할 수 있었다.

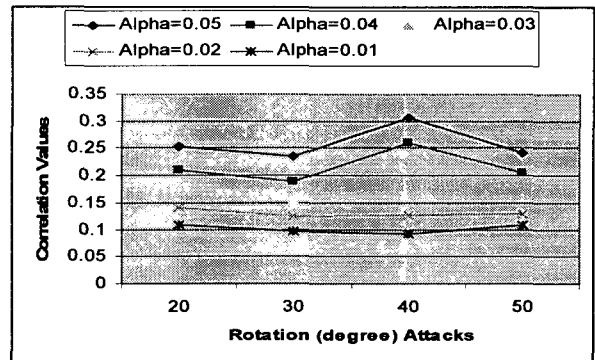


그림 9 회전변형 후 검출된 워터마크의 Correlation.  
Fig 9. Correlation of detected watermark after rotation attack.

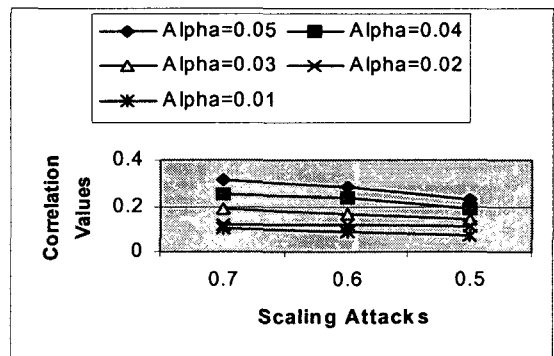


그림 10 스케일 변형 후 검출된 워터마크의 Correlation.  
Fig 10. Correlation of detected watermark after scaling attack.

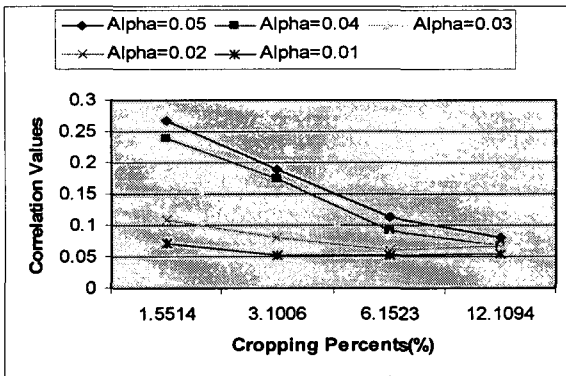


그림 11 Cropping 후 검출된 워터마크의 Correlation.  
 Fig 11. Correlation of detected watermark after Cropping attack.

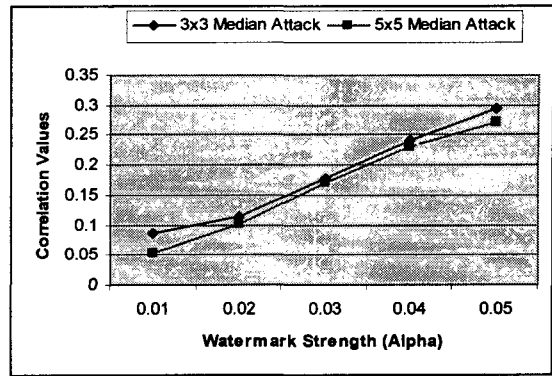


그림 14 Median Filter 후 검출된 워터마크의 Correlation  
 Fig 14. Correlation of detected watermark after Median attack.

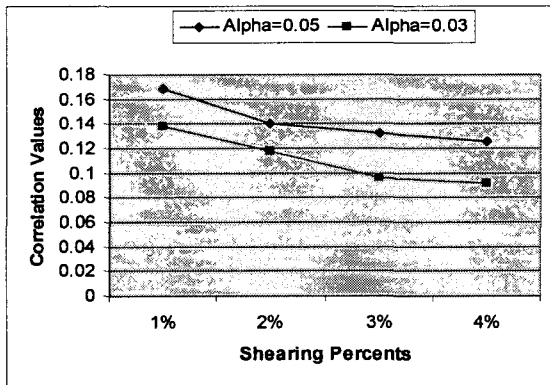


그림 12 Shearing 후 검출된 워터마크의 Correlation.  
 Fig 12. Correlation of detected watermark after Shearing attack.

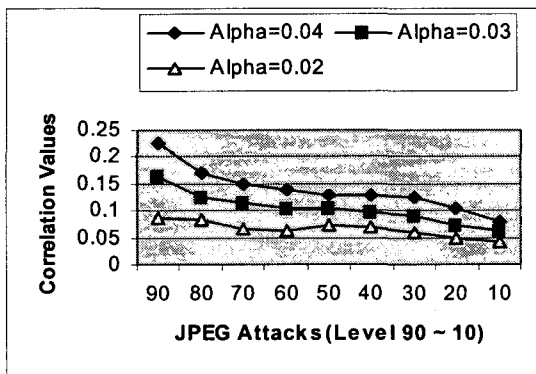


그림 13 JPEG 압축 후 검출된 워터마크의 Correlation.  
 Fig 13. Correlation of detected watermark after JPEG compression attack.

표 1 여러 가지 변형(attack) 후 워터마크 검출결과 (Lenna)  
 Table 1. Detection results of watermark after different attacks (Lenna)

| Lenna                          |           | Detected / Embedded | Global Decision                  |
|--------------------------------|-----------|---------------------|----------------------------------|
| False-alarm Probability        |           | $\eta(10^{-5})$     | $\frac{\eta(10^{-5})}{\sqrt{N}}$ |
| Scale                          | 0.5       | 12/19               | Detected                         |
|                                | 0.6       | 15/19               | Detected                         |
|                                | 0.7       | 18/19               | Detected                         |
| Rotation                       | 20°       | 14/19               | Detected                         |
|                                | 30°       | 13/19               | Detected                         |
|                                | 40°       | 13/19               | Detected                         |
|                                | 50°       | 12/19               | Detected                         |
| JPEG                           | 50        | 13/19               | Detected                         |
|                                | 70        | 16/19               | Detected                         |
|                                | 90        | 18/19               | Detected                         |
| Jpeg70 +scale0.9 +Rotation 30° |           | 9/19                | Detected                         |
| Jpeg70+Rotation 30°            |           | 9/19                | Detected                         |
| Cropping                       | 1.5564 %  | 14/19               | Detected                         |
|                                | 3.1006 %  | 13/19               | Detected                         |
|                                | 6.1523 %  | 12/19               | Detected                         |
|                                | 12.1094 % | 9/19                | Undetected                       |
| Median Filtering               | 3 x 3     | 15/19               | Detected                         |
|                                | 5 x 5     | 14/19               | Detected                         |
| Shearing                       | 1 %       | 13/19               | Detected                         |
|                                | 2 %       | 12/19               | Detected                         |
|                                | 3 %       | 11/19               | Detected                         |

5. 결 론

본 논문에서는 워터마크의 삽입을 위한 참조 점으로 일반적으로 사용되는 Harris point에 대한 대안으로, 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반하여 교차 참조 점 (cross-reference points)을 구하였다. 이 참조 점은 영상의 기하학적인 형태에 기반 함으로써 영상의 절단(cropping) 등으로 인하여 10% (pixel percent) 이상의 데이터 손실이 있는 경우를 제외하고는 변형 후에도 Harris point보다 높은 정확도로 참조 점을 구할 수 있었다. 정확한 참조 점의 검출은 참조 점에 기반한 워터마크 검출에 필수적인 요소이다.

검출된 참조 점은 random key에 의해 정렬되고 이 순서에 따라 chain의 형태로 인접한 block에 워터마크를 삽입하였다. 여기서 참조 워터마크는 주어진 영상의 block 내에서 생성되므로, 영상의 변형 후에도 생성된 참조 워터마크와 검출된 워터마크에는 동일한 변형이 적용됨으로써 워터마크의 검출율을 높일 수 있었다. 워터마크의 생성 및 삽입을 위한 block의 모양은 정규화된 영상의 기하학적인 형태에 기반하고, 크기는 정규화된 영상의 가로 세로 화소 수에 대해 정해진 비율로 설정함으로써 워터마크의 보안성과 정교성을 높였다. 본 논문에서는 4개의 서로 다른 secret key를 이용하여 워터마크 삽입 및 검출에 대한 시스템을 구성하였다. 즉 정규화된 영상의 가로와 세로를 일정한 수(secret key 1)로 분할하여 초기 교차점을 설정하였다. 초기 교차점 중 일정한 수가 random key(secret key 2)에 의해 선택되었고, 선택된 교차점은 다시 secret key3에 의해서 순서가 정렬되었다. 정렬된 순서에 따라 참조 점을 중심으로, 정규화된 영상의 가로 세로 화소 수에 비례(secret key 4)하는 block을 형성하였다. 이 4개의 서로 다른 key에 의해 시스템을 구성했을 때 워터마크의 보안성은 향상되지만, 시스템의 간결성(compact-ability)을 위해 key를 중복 사용할 수도 있음을 밝혀둔다. 워터마크가 삽입된 후 스케일링, 회전, JPEG 압축, cropping, shearing, median filtering, 여러 가지 변형의 혼합 등으로 영상에 변형을 가한 후 워터마크를 검출했을 때  $\eta(10^{-5})$ 의 false-alarm probability에서 워터마크를 성공적으로 검출할 수 있었다.

**감사의 글**

본 결과물은 교육인적자원부와 산업자원부의 출연금 및 보조금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

**참 고 문 헌**

[1] S. Bhattacharjee and M. Kutter, "Compression tolerant image authentication", IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 1, pp. 435-349, 1998.  
 [2] C. Y. Lin and M. Wu et al., "Rotation, Scale and translation resilient public watermarking for images," In and Watermarking of Multimedia Contents II, Proceedings of SPIE, Vol. 3971, 2000.  
 [3] S. Pereira, J.K. Oruanaidh and F. Deguillaume," Template based recovery of Fourier-based watermarks using polar and log-log maps," IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, Vol. 1, pp. 870-874, 1999.  
 [4] M. Gruber and K.Y. Hsu,"Moment-based image normalization with high noise-tolerance," IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine Intelligence, Vol. 19, no.2, February, 1997.

[5] M. Alghoniemy and A. H. Tewfik, "Image watermarking by moment invariants", IEEE International conference on Image Processings Vol. 2, pp. 73-76, Jan. 2001.  
 [6] A. Nikolaidis and I. Pitas, "Robust watermarking of facial images based on salient geometric pattern matching", IEEE Transactions on Multimedia, Vol.2, no.3, Sept. 2000.  
 [7] P. Bas, J-M. Chassery and B. Macq, "Robust Watermarking based on the warping of pre-defined triangular patterns", In Security and Watermarking of Multimedia Contents II, Proceedings of SPIE, Vol. 3971, 2000.  
 [8] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector", in 4th Alvey Vision Conf, pp. 147-151, 1988.  
 [9] P. Bas, J-M. Chassery and F. Davoine, "A Geometrical Frequential WatermarkingScheme Using Similarities ", Part of the IS&T/SPIE Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents, SPIE Vol. 3657, pp 264- 272, San Jose, California, Jan. 1999.  
 [10] M. Alghoniemy and A. H. Twfik, "Geometric Dostortion Correction through image Normalization", IEEE Regional Conference on Multimedia and Expo, Vol. 3, pp. 1291-1294, 2000.  
 [11] Bum-Soo Kim, Jae-Gark Choi, and Kil-Houm Park, "Image Normalization Using Invariant Centroid for RST Invariant Digital Image Watermarking", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2613, pp. 202-211, 2003.  
 [12] P. Bas, J-M. Chassery, and B. Macq,"Geometrically Invariant Watermarking Using Feature Points", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 11, pp. 1014-1028, 2002.

**저 자 소 개**



**이 항 찬 (李 恒 燦)**

1963년 3월 11일생. 1986년 인하대학교 전기공학과 졸업. 1997년 미 오클라호마 주립대학교 졸업(공박) 1998 청운대학교 전임강사. 1999~2003 한성대학교 조교수. 2003~현재 한성대학교 부교수.  
 Tel : 02-760-4307  
 Fax : 02-760-4488  
 E-mail : lhangch@hansung.ac.kr