

# 교차참조점에 기반한 정지영상의 워터마크 생성 및 유사성 삽입 기법

論 文

56-8-23

## A Technique of Watermark Generation and Similarity Embedding for Still Images Based on Cross Reference Points

李 恒 燦<sup>†</sup>  
(Hang-Chan Lee)

**Abstract** - The Cross Reference Point(CRP) is a robust method for finding salient points in watermarking systems because it is based on the geometrical structure of a normalized image in order to avoid pointing error caused by digital attacks. After normalization of an image, the 100 CRPs are calculated. Next, the 100 blocks centered by CRPs are formed. These 100 blocks are arranged using a secrete key. Each boundary of 50 out of 100 blocks is surrounded by 8 blocks which are selected by the ordered number of a preceding block. This number is a seed of random number generator for selecting 8 out of 50 blocks. The search area of a center block is formed by a secrete key. The pixels of a center block are quantized to 10 levels by predefined thresholds. The watermarks are generated by the 50 quantized center blocks. These watermarks are embedded directly in the remaining 50 blocks. In other words, 50 out of 100 blocks are utilized to generate watermarks and the remaining 50 blocks are used to watermark embedding. Because the watermarks are generated in the given images, we can successfully detect watermarks after several digital attacks. The reason is that the blocks for the generation and detection of watermarks are equally affected by digital attacks except for the case of local distortion such as cropping.

**Key Words** : Watermark, Cross-Reference Points, Similarity

### 1. 서 론

디지털 정보는 가공 편집이 용이 하고 이식성이 뛰어나 21세기 첨단기술의 가장 중요한 축을 이루고 있다. 가공과 편집이 용이한 특성은 장점도 되지만 악의적으로 데이터를 변형할 경우 디지털 정보 생산자의 저작권을 침해할 수 있는 단점도 가지고 있다. 이러한 피해를 막기 위하여 눈에 보이지 않는 정보를 매체에 삽입함으로써 저작권을 보호하는 워터마킹 기술이 발전되고 있다.

1세대 워터마킹에서는 영상의 전 영역에 워터마크를 삽입하였으나 이는 영상의 기하학적 변형 시 워터마크의 검출이 어려워지므로, 영상의 절단 등 지역영역(local region)의 변형에 우수한 성능을 발휘하는 2세대 워터마크로 발전하였다. 2세대 워터마크는 특징 점들을 기반으로 하고 특징점은 워터마크의 삽입과 검출을 위한 참조 점으로 사용된다[1-3]. Harris 검출기는 영상의 특징 점을 발견하기 위해 널리 사용해 왔다. 그러나 이는 영상의 코너 및 에지 검출기로 인접한 화소 값에 기반 하여 코너 및 에지를 검출함으로써 외부로부터의 변형(attack)으로 인하여 데이터 값이 변화 되었을 때 특징 점을 정확히 계산해 내지 못하는 단점을 가지고 있다[4-5].

본 논문에서는 영상의 데이터 분포에 기반 하지 않고 정규화 된 영상의 기하학적 형태에 기반을 두어 참조 점을 검출하는 교차 참조 점(Cross - Reference -Point, CRP)[6]을 이용하여 워터마크를 삽입 하였다. 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반을 둔 CRP방식은 영상의 변형 후 Harris 검출기 보다 높은 정확도로 참조 점을 검출할 수 있다[6]. 즉 영상을 정규화 시킨 다음 데이터 부분영상의 네면(상, 하, 좌, 우)에 동일한 간격을 갖는 일정한 수(secret key1)의 정점을 설정하고 상에서 하로, 그리고 좌에서 우로 영상의 면과 평행한 가상 선을 그은 후 선들의 교차점을 구한다. 교차점을 중심으로 정규화된 영상과 같은 기하학적 형태를 가진 블록을 형성하고 형성된 블록을 secrete key3을 이용하여 일정한 순서로 정렬한다. 이때 블록의 크기는 정규화된 영상의 크기에 대한 비율(secrete key2)로 정해진다. 본 논문에서는 100개의 CRP와 이를 중심으로 형성된 100개의 블록을 사용 하였고 이들 블록이 정렬할 수 있는 방법은 100 factorial로 올바른 key 없이 블록을 같은 순서로 정렬 하기 위해서는 100 factorial 만큼의 시행착오가 요구된다. 100개의 블록들은 정렬된 순서에 따라 50개씩 A와 B 두 그룹으로 나뉘고 A그룹은 워터마크 생성을 위해서 그리고 B 그룹은 워터마크 삽입을 위하여 사용되었다. 워터마크 생성을 위해 A 그룹의 블록 각각에 대한 경계 영역을 선행 블록의 번호를 seed값으로 하여 선택된 8개의 블록으로 감싸고 중앙에 위치한 블록을 양자화 하였다. 블록의 양자화는 중앙에 위치한 블록의 각 화소를 중심으로 secrete key4에 의해 미리 정해진 영역의 화소 값을 임계값 처리함으로써 얻을 수 있었다. 이 양자화된 블록을 워터

<sup>†</sup> 교신저자, 正 會 員 : 漢城大學校 멀티미디어 工學科 副教授 · 工博

E-mail : lhangch@hansung.ac.kr

接受日字 : 2007年 3月 31日

最終完了 : 2007年 5月 30日

마크로 사용하기 위해  $\alpha$  값으로 스케일링한 후 B 그룹의 블록에 삽입 하였다. 영상의 외부변형(Attack) 시 워터마크를 생성하기 위해 사용된 A 그룹 블록과 B 그룹 블록은 절단 등으로 인해 부분 영역이 변형되는 경우를 제외하고는 동일한 변형을 받으므로 성공적으로 워터마크를 검출할 수 있었다.

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

## 2. 영상의 정규화 및 참조 점의 설정

주어진 영상에 여러 가지 변형을 가 한 후에도 영상에 변환(transform)을 취했을 때 일정한 방향으로 영상이 정렬 될 수 있다면 워터마크의 삽입 및 검출에 중요한 요소를 제공할 수 있다. 이러한 변환의 방법으로 패턴인식 분야에서 널리 사용되던 영상의 정규화가 워터마크 분야에 응용 되어 왔다[7]. 정규화는 영상의 중심과 모멘트로부터 구해 질 수 있고  $(x,y) \in A$  로 표현 되는  $M \times N$  영상 의 중심  $(C_x, C_y)$ 과 모멘트( $M_{pq}$ ) 는 [식 1]과 [식 2]로부터 각각 계산 될 수 있다[8].

$$C_x = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N xA(x,y), \quad C_y = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N yA(x,y) \quad (1)$$

$$A(x,y) = \frac{G(x,y)}{\sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N G(x,y)} \quad (\text{where } G(x,y): \text{Gray Level})$$

$$M_{pq} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (x - C_x)^p (y - C_y)^q A(x,y) \quad (2)$$

$$M_{pq,local} = \sum_x \sum_y (x - C_{xl})^p (y - C_{yl})^q B(x,y) \quad (3)$$

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 계산 하는 방법이 제안 되었다[9]. 즉 최초로 발견된 중심을 기준으로 반경  $r$ 의 원을 형성하고 원 내부의 면적에 대해서 중심을 계산한다. 발견된 중심을 기준으로 다시 반경  $r$ 의 원을 형성하고 다시 중심을 계산하는 방법을 되풀이 하여 중심의 변화가 주어진 임계값을 초과하지 않는다면 이때의 중심을 이용하여 원의 면적에 대한 모멘트를 계산한다. 따라서 [식 2]는 지역 영역에 대해서 [식 3]과 같이 변경 될 수 있다. 여기서  $C_{xl}$ 와  $C_{yl}$ 는 local centroid 이고  $B(x,y)$ 는 지역영역을 나타내며  $(u,v) \in B$ 의 관계에 있다. 이러한 방식으로 중심을 계산할 경우 영상의 변형 후에도 근사한 위치의 중심을 유지 할 수 있다.  $C_{xl}$ 과  $C_{yl}$ 을 이용한 정규화 과정은 부록에 주어졌고 [그림 1]은 실험에 사용된 원본 영상과 정규화된 영상을 나타낸다.

정규화 과정을 거친 후 영상은 일정한 방향(invariant direction)으로 정렬된다. 정규화된 영상 중 실제 데이터 부

분의 영상 상단에 평행한 정해진 수의 가상 선을 좌에서 우로 설정한다. 이어서 실제 데이터 부분의 영상 좌측에 평행한 가상 선을 상단에서 하단으로 그을 때 이 선들의 교점을 구할 수 있다. 이 교점들은 워터마크를 생성 및 검출하는 기준점이 된다. [그림 2]는 영상의 정규화 후 설정된 교차 참조 점(CRP)들을 나타내고 있다. 영상의 변형에 의해 기하학적 형태가 변하였을 때도 이 교점은 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반을 두고 있으므로 같은 위치의 교점이 선택되어짐을 알 수 있다[6].



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

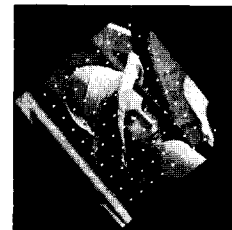


그림 2. 교차 참조 점  
Fig. 2. Cross Reference Points(CRP).

[그림 3]은 각각 원본 영상, 30° 회전된 영상, 그리고 0.7로 스케일링한 영상을 정규화 한 후 구해진 교차 참조 점을 보여 주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 영상의 변형 후에도 정규화 영역에서는 동일한 위치의 정점들이 선택되어 짐을 알 수 있다.

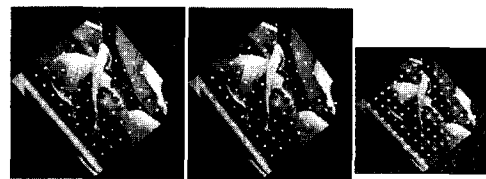


그림 3. 여러 가지 변형된 영상의 정규화 영역에서의 교차 점(좌측으로부터 원본영상, 30°회전된 영상, 0.7로 scaling 된 후 정규화된 영상의 교차점).  
Fig 3. CRPs of in normalized domain after several attacks.

워터마크 삽입을 위한 참조 점으로 일반적으로 사용 되는 방법은 Harris point를 이용하는 방법이다[4-5]. Harris point는 지역 autocorrelation을 이용하는 corner 및 edge 검출기로서 인접한 영상데이터의 분포에 따라서 특징 점이 결정된다. 이 방법은 영상에 변형이 없을 때는 항상 같은 위치 혹은 근사한 위치의 화소를 검출 할 수 있지만 워터마

크 삽입으로 인하여 영상 데이터는 변경 될 수 있고, 또한 제 3자에 의한 고의 적인 변형(attack)이 있다면 같은 위치의 특징 점을 찾아내는데 많은 제한을 가지고 있다. 반면 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반을 둔 CRP 방식은 영상의 데이터 분포에 기반을 둔 Harris Point에 비해 여러 가지 변형(attack) 후에도 높은 정확도로 참조 점을 구할 수 있고 이로 인하여 워터마크의 검출율을 높일 수 있다[10].

Harris Point에 비해 CRP의 또 다른 장점은 알고리즘의 간결성에 있다[10]. Harris Point를 검출하기 위해서는 2차원의 Harris Mask를 이용하여 영상을 filtering 하여야 하고 일정한 수의 교점을 얻기 위해서는 filtering 된 결과를 임계 값 처리 하여야 한다. 이때 적절한 임계값이 설정되지 못하면 시스템은 발산할 수 있으므로 알고리즘의 시간 복잡도가 단순한 선형 시스템의 계산을 포함하는 CRP의 그것보다 큼을 예측할 수 있다. 즉 Harris Point를 구하기 위해서는 차수  $n^2$ 의 계산이 필요한 반면 CRP는 차수  $n$ 의 계산으로 구할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 교차 참조점(CRP)을 이용하여 워터마크를 생산 및 검출 하였고 워터마크 생성 및 삽입에 대한 자세한 설명은 3장에 주어졌다.

### 3. 워터마크의 생성과 삽입 및 검출

영상의 정규화는 여러 가지 디지털 변형 후에도 일정한 방향으로 영상을 정렬시키고 올바른 영상의 정렬은 정확한 교차 참조점(CRP)의 설정을 가능케 한다. 본 절에서는 CRP를 중심으로 블록을 형성하고 워터마크를 생성하는 방법을 소개한다.

#### 3.1 워터마크의 생성과 삽입.

영상에 여러 가지 변형을 가한 후 정규화 하였을 때 일정한 방향으로 정렬되지만 영상의 가로세로 비율 등의 기하학적 형태는 변형에 따라 달라질 수 있으므로 워터마크가 존재하는 영역도 기하학적 형태에 따라 달라져야만 한다. 정규화된 영상과 기하학적 형태가 같고 크기만 다른 블록을 [그림 4]와 같이 형성하였다. 여기서 블록의 크기는 정규화된 영상의 가로 세로의 크기로부터 일정한 비율(secret-key2)로 정해진다. [그림 4]에서 교점위에 흰색으로 표시된 부분은 정규화된 영상과 같은 기하학적 형태를 가지고 있다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 형성된 블록의 4 꼭지점을 기준으로 사각형을 형성하여 시스템 구현의 편리성을 꾀하였다. 워터마크의 생성 및 삽입 영역으로 설정된 사각형은 정규화된 영상의 기하학적 형태에 기반 하므로 워터마크 검출의 정확도를 높일 수 있다.

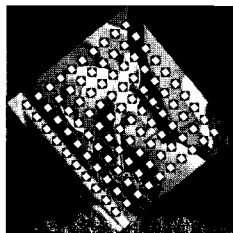


그림 4. CRP를 중심으로 형성된 블록  
Fig. 4. Block Formation Centered by CRP.

워터마크의 보안성을 높이기 위해 [그림 4]와같이 생성된 100개의 블록을 secret-key3을 이용하여 정렬하였다. 즉 secret-key3을 seed값으로 하는 난수 발생기를 통하여 100개 블록의 순서를 정하였고 동일한 secret key를 사용하는 한 항상 일정한 순서로 정렬된 블록을 얻을 수 있다. 정렬된 100개의 블록 중 전반부 50개의 블록을 A그룹으로 나누어 워터마크 생성을 위해 사용하고, B 그룹인 나머지 50개 블록은 A그룹에서 생성된 워터마크 삽입을 위하여 사용하였다. [그림 5]는 secret-key3을 이용하여 정렬된 블록의 순서를 나타내며 동일한 secret key를 사용하지 않고 [그림 5]와 같은 순서로 정렬 시키기 위해서는 100 factorial, 즉  $9.3326 \times 10^{157}$  회의 trial이 필요하므로 생성된 워터마크의 보안성을 유지할 수 있다. [그림 5]에서 1~50 번까지의 블록은 워터마크의 생성을 위해 51~100까지의 워터마크의 삽입을 위해 사용되었다. 즉 1번과 50번 블록은 그룹 A에서 워터마크를 생성하여 51번과 100번 블록에 각각 삽입되었다. 다음은 A 그룹에서의 워터마크 생성 규칙을 나타낸다.

1. 블록을 형성하는 각 화소로부터 반지름  $R$ 의 원을 형성한다. 반지름  $R$ 은 블록의 크기에 대한 정해진 비율(secret key4)로써 결정한다.
2. 반지름  $R$ 을 중심으로 검색영역  $R_1, R_2$ 를 결정한다.  $R_1, R_2$ 는 [식 4]에 의해 정해지고  $k_1, k_2$ 도 블록의 크기에 대한 정해진 비율(secret-key5)로써 정해진다.
 
$$R_1 = k_1 \times R \quad (k_1 > 1) \quad (4)$$

$$R_2 = k_2 \times R \quad (k_2 < 1)$$
3. 원의 중심으로부터 각도를 변화시키며 원주를 향하여 방사선을 긋고 방사선을 따라  $R_1$ 과  $R_2$ 사이의 구간으로 정해지는 영역의 화소 값을 평균한다.
4. 3번에서 구한 평균값으로 각도를  $x$ 축으로 하는 그래프를 그리고 최대, 최소의 화소 값에 해당하는 각도를 구한다. 이어서 구해진 각도( $x$ 축) 사이의 차이(Difference)를 계산한다.
5. 0에서부터 360까지 각도를 36의 간격으로 분할하고 화소 값을 0.1의 간격으로 10 등분하여 4번에서 구한 Difference 값을 그레이 레벨로 전환한다. 즉 Difference 180와 360의 값은 그레이 레벨(화소값) 0.5 와 1.0으로 각각mapping 된다.

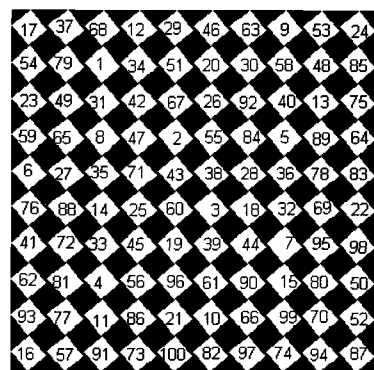


그림 5. 난수 발생기를 이용한 블록의 정렬.  
Fig. 5. Block arrangement using random number generator.

[그림 6]은 [규칙 2]에서 언급된  $R_1, R_2$ 의 설정을 나타내고 [그림 7]은 [규칙 4]로부터 구해진 Difference를 보여주고 있다. [규칙 2]와 같이 블록내의 각 화소별 반경을 설정하고 [규칙 5]에 의해 워터마크의 값을 결정할 때 주어진 블록의 경계영역은 검색 영역의 반지름  $R_1, R_2$ 를 형성하기 어려우므로 [그림 8]과 같이 A 그룹 50개의 블록 중 8개의 블록을 선택하여 경계 영역을 처리 하였다. 여기서 8개의 블록을 선택하기 위한 seed 값으로 바로 이전 블록의 정렬 번호를 사용하였다. 즉 [그림 9]에서 1번 블록의 boundary 블록을 결정하기 위한 seed값으로 79를 사용하였다. 블록의 정렬은 secrete key3에 의해 수행되므로 올바른 secrete key를 사용하는 한 블록별로 항상 동일한 8개의 boundary 블록이 선택된다. [그림 8]은 [그림 9]의 수행 결과 로 얻어진 실제 영상의 9개 block을 보여준다. 여기서 가운데블록이 검사대상 블록이다. [그림 10]은 [규칙 5]에 의해서 생성된 워터마크를 나타낸다.

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 데이터 와 상이한 워터마크를 삽입하기 보다는 영상 데이터에 기반 하여 워터마크를 생성하고 삽입함으로써 외부로부터의 변형 (attack)에 대한 강인성을 향상 시킬 수 있다. 주어진 영상에 기반하여 워터마크를 생성하고 삽입 하는 방법은 유사성(similarity)의 삽입으로 Bas [11]에 의해 제안 되었다. 따라서 본 논문에서는 A그룹(1~50번 블록)으로부터 생성된 워터마크를  $\alpha$ 값으로 스케일링한 후 B 그룹(51~100 번 블록)에 삽입하였고 외부로부터의 변형 시 A, B 그룹에 동일한 변형이 가해짐으로써 워터마크를 성공적으로 검출할 수 있다. 워터마크의 삽입은 [식 5]에 의해서 행해진다. 여기서  $I_B$  와  $I_B^*$ 는 각각 B 그룹의 영상 블록과 워터마크가 삽입된 영상블록을 나타내며  $W_A$ 는 A 그룹으로부터 형성된 워터마크를 나타낸다.

$$I_B^*(x,y) = I_B(x,y) + \alpha \times W_A(x,y) \quad (5)$$

[그림 12]는 본 논문에서 제시한 워터마킹 시스템의 블록도이다.

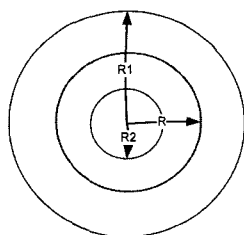


그림 6. 워터마크 검색영역의 설정.  
Fig. 6. Search region of watermark.

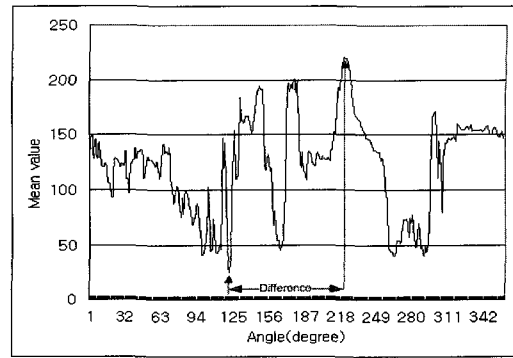


그림 7. 화소별 Angle Difference (Max-Min).  
Fig. 7. Angle Difference of each pixel.

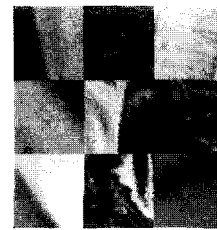


그림 8. 검사대상 블록(중앙)과 경계영역 블록.  
Fig. 8. Boundary Blocks and the block for searching.

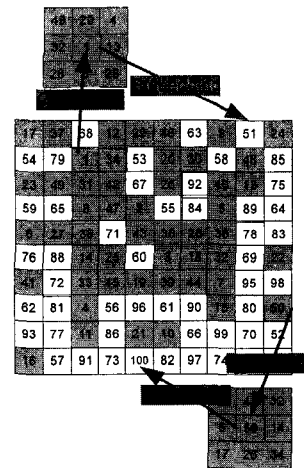


그림 9. Boundary 블록의 형성(shaded: A group, white: B group).  
Fig. 9. Formation of Boundary block.

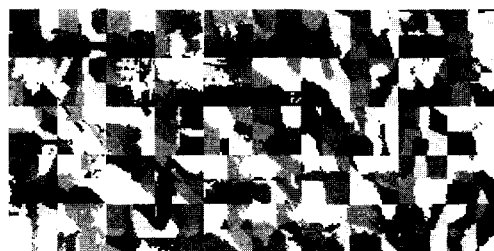


그림 10. 생성된 워터마크 (50 blocks).  
Fig. 10. Generated watermark(50 blocks).

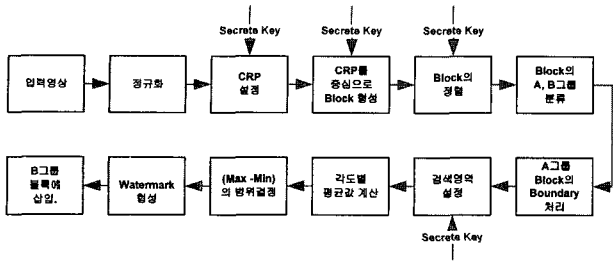


그림 11. 워터마크 생성과 삽입을 위한 블록도.  
Fig. 11. Block Diagram for Watermark Generation and Embedding.

3.2 워터마크의 검출

워터마크는 삽입과 같은 방법으로 검출 할 수 있다. 즉 영상을 정규화한 후 교차 참조 점을 구하고, 교차 참조 점을 중심으로 하는 블록을 형성한다. 여기서 블록의 크기와 모양은 정규화 된 영상의 가로세로 화소 수와 기하학적 형태에 따라 결정 된다. 블록이 설정 된 후 secrete key 3을 이용하여 블록의 순서를 정하고 삽입의 역순으로 워터마크를 검출 한다. 즉 정렬된 블록을 A, B 두 그룹으로 나누고 A 그룹의 블록으로부터 3.1절에 설명된 규칙을 이용하여 참조 워터마크를 생성한다. 이어서 워터마크가 삽입된 B 그룹 블록을 양자화 한 후 워터마크를 추출하고, A 그룹 블록에서 구해진 워터마크를 삽입 시 사용한  $\alpha$  값으로 스케일링하여 참조 워터마크를 생성한다. 본 실험은 워터마크 추출시 원본 영상이 필요치 않은 블라인드 워터마킹으로 워터마크는 [식 6]에 의하여 추출 되었으며 step 으로 15.5를 사용하였다.

$$W_B^*(x,y) = I_B^*(x,y) - Round(I_B^*(x,y) / step) \times step \quad (6)$$

추출된 워터마크,  $W_B^*(x,y)$ , 는 A 그룹 블록에서 생성된 참조 워터마크,  $W_A^*(x,y)$ ,와 유사도(correlation)를 비교하여 성공적인 워터마크 검출 여부를 판단한다. 워터마크 검출의 정확도를 나타내기 위한 척도로써 False-Alarm-Probability (FAP,  $P_{fa}$ )을 사용하였다. FAP란 워터마크가 존재하지 않는데도 불구하고 워터마크가 존재하는 것으로 판단될 확률이다. 즉 FAP의 값이 지나치게 낮게 설정된다면 워터마크가 존재하지 않음에도 워터마크가 검출된 것으로 분류될 수 있고 반면 너무 높으면 워터마크가 존재함에도 불구하고 워터마크가 검출되지 않은 것으로 분류될 수 있다. [식 7]은 각각의 블록에 있어서 워터마크 검출 여부를 판단하는 식이다. 즉 참조 워터마크( $W_A^*$ )와 검출된 워터마크( $W_B^*$ )의 유사도가 정해진 FAP의 값보다 크거나 같을 때 워터마크가 검출된 것으로 판단한다.  $W_A^*$ 와  $W_B^*$ 에서 첨자는 워터마크가 구해진 블록의 그룹을 나타낸다.

$$Correlation(W_A^*, W_B^*) \geq \eta(P_{fa}) \quad (7)$$

적절한  $\eta(P_{fa})$ 를 구하기 위하여 [식 8]을 사용하였다. [식 8]에서  $G$ 는 Gaussian law를 나타내고  $\sigma$ 와  $m$ 은 각각 유사도의 표준편차와 평균을 나타낸다. 구해진 유사도(correlation)

의 값들은 Gaussian 함수와 근사한 분포를 갖는다[11].  $G$ 의 값으로 본 실험에서는 FAP의 값이  $10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}$ 의 정확도일 때 각각에 대해서 3.51, 4.31, 4.52, 5.23을 사용하였다. [식 8]을 이용하여  $\eta(P_{fa})$ 를 계산 한 후 워터마크 검출에 대한 최종 결정은 [식 10]에 따라 수행 되었다. 즉  $N$ (본 실험에서는 50)개의 B 그룹 블록으로부터 계산된 유사도의 평균값( $\overline{Cor}$ )이 계산된 임계값보다 클 경우 워터마크가 검출된 것으로 판단하였다[11].

$$\eta(P_{fa}) = G * \sigma + m \quad (8)$$

$$\overline{Cor} = \frac{1}{N} \sum_{i=1, \dots, N} Correlation_{Bi}(W_{Ai}^*, W_{Bi}^*) \quad (9)$$

$$\overline{Cor} \geq \frac{\eta(P_{fa})}{\sqrt{N}} \quad (10)$$

4. 외부로부터의 변형 (Attack) 및 실험 결과

앞 절에서 제시된 알고리즘으로 생성된 워터마크를 영상에 삽입하고 기하학적인 변형(회전, 스케일링, Cropping, Shearing)과 비 기하학적 변형(JPEG 압축, Median Filtering)이 가해진 후 워터마크 검출에 대한 실험을 하였다. JPEG의 압축 Level 은 [식 11-12]와 같이 주어진다. 여기서  $S$ 는 워터마크의 강도를 변화시키기 위한 스케일링 값이다.

$$S = \begin{cases} 5000 / Level & \text{if } Level < 50 \\ 200 - Level \times 2, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$$Quantization Step = (Basic Quantization Matrix \times S + 50) / 100 \quad (12)$$

3절에서 설명한 바와 같이 secrete-key3을 이용하여 100개의 영상 블록을 정렬하였고 잘못된 secrete key를 사용하였을 때 워터마크는 검출되지 않았다. [그림12]은 JPEG Level 90에서 secrete key의 변화에 따른 워터마크의 correlation으로 올바른 secrete key에서 correlation의 peak를 관찰 할 수 있다.

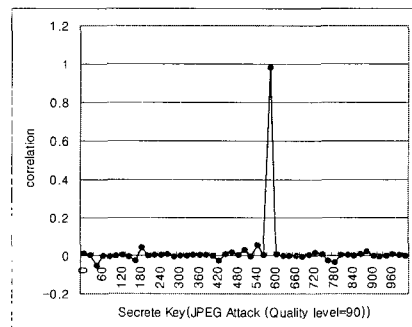


그림 12. Secreta key 에 따른 워터마크의 correlation  
Fig. 12. Correlation of watermark vs. Secreta key.

[표 1]은 워터마크 삽입 후 여러 가지 변형을 가한 다음 워터마크를 검출한 결과이다. Median, JPEG 변형과 같은

비기하학적 변형의 경우 변형에 의한 교차 참조 점의 이동이 거의 없으므로 기하학적 변형에 비하여 높은 검출율을 나타냈다. Median Filter의 크기가 커지거나 JPEG의 Quality Level이 낮아짐에 따라 나타나는 검출율의 저하는 교차 참조 점으로 인한 오차라기보다는 고주파 성분의 손실로 인한 워터마크의 변형이라고 볼 수 있다. 스케일링, 회전, 절단, Shearing 등의 기하학적 변형에서는 비 기하학적 변형을 가했을 때보다 다소 낮은 검출율을 나타내고 있으나 10%이상의 절단 변형을 제외하고는 모든 변환에서 성공적으로 워터마크를 검출할 수 있었다. 절단 변형의 경우 영상 데이터의 일부가 삭제되었을 때 참조 점의 오차가 발생하고 이로 인하여 검출율의 저하가 관찰되나 10% 이상의 영상이 절단 되었을 때는 육안으로 변형이 관찰됨으로써 소유권을 주장할 수 없다. 따라서 10% 이내의 데이터 손실에서는 제안된 방식이 절단 변형에서도 강인성을 보인다고 할 수 있다. 크기 변형에서는 변형에 의해 영상의 가로 세로 크기와 데이터 값은 변화 되지만 CRP는 정규화된 영상

된 각각의 블록은 A, B 두 그룹으로 나뉘고 A그룹으로 부터 생성된 워터마크는 B 그룹의 블록들에 삽입되었다. 워터마크 생성을 위해서 A 그룹 블록들은 이전블록의 순서를 seed로 하여 정해진 8개의 블록으로 경계영역을 처리하였다. 각각의 블록의 크기에 비례하는 검색 영역이 설정되었고 검색 영역의 각도별 평균 화소 값을 구하였다. 구해진 평균 화소 값 중 최대 값과 최소 값에 대응되는 각도의 차이를 구한 후 이 값을 양자화 시켜서 워터마크를 생성 했다. 워터마크는 주어진 영상으로부터 생성하여 다시 동일한 영상에 삽입됨으로써 외부로부터의 변형이 있을 때 절단과 같은 지역영역의 변형을 제외하고는 동일한 변형이 A, B 그룹의 블록에 가해진다. 따라서 외부로부터 워터마크를 도입할 때보다 검출율이 향상됨을 예측할 수 있다. 영상에 여러 가지 변형(Attack)가한 후 워터마크를 검출 하였을 때 10% 이상의 절단 변형의 경우를 제외 하고는  $\eta(10^{-5})$ 의 FAP에서 성공적으로 워터마크를 검출 할 수 있었다.

표 1. 워터마크검출결과 (Lenna,  $\eta(10^{-5})$ ),  
Table.1 Detection results of watermark (Lenna,  $\eta(10^{-5})$ ).

Attack	Detected/ Embedded	Global Decision $\frac{\eta(10^{-5})}{\sqrt{N}}$
Scale 0.5	41/50	Detected
Scale 0.7	43/50	Detected
Cropping 1.5564 %	42/50	Detected
Cropping 3.1006 %	39/50	Detected
Cropping 6.1523 %	37/50	Detected
Cropping 12.1094 %	30/50	Undetected
Shearing 1 %	44/50	Detected
Shearing 2 %	40/50	Detected
Shearing 3 %	38/50	Detected
Rotation 20°	42/50	Detected
Rotation 30°	41/50	Detected
Rotation 40°	39/50	Detected
Median 3 x 3	47/50	Detected
Median 5 x 5	43/50	Detected
JPEG 50	43/50	Detected
JPEG 70	46/50	Detected
JPEG 90	50/50	Detected

의 가로 세로 비율에 기반 두기 때문에 다양한 크기 변형에도 이동이 거의 없었다.

### 5. 결 론

참조 점을 중심으로 워터마킹을 하는 2세대 워터마킹에서 정확한 교차 참조 점의 검출은 워터마킹의 강인성을 향상시키는 결정적인 역할을 한다. 본 논문에서는 정규화 영역에서 교차 참조 점(CRP)을 중심으로 영상의 기하학적 형태와 동일한 100개의 블록들을 형성하고 secrete-key3을 이용하여 블록을 정렬하였다. 정렬된 블록의 순서는 secrete key로 정해지므로 워터마킹 시스템의 보안성을 높일 수 있었다. 본 논문에서 사용된 secrete key는 구현 및 시스템의 간결성을 위하여 중복 사용할 수도 있음을 밝혀둔다. 정렬

### 감사의 글

본 연구는 2007년도 한성대학교 교내 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Alghoniemy and A. H. Tewfik, "Image watermarking by moment invariants", IEEE International conference on Image Processings Vol. 2, pp. 73-76, Jan. 2001.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] C. Harris and M. Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector", in 4th Alvey Vision Conf. pp.147-151, 1988.
- [5] 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.
- [6] H. C. Lee, "A Watermark Embedding Technique for Still Images Using Cross Reference Points",The Transactions on KIEE, Vol.55D, No.4, pp 165-172, Apr.,2006.,
- [7] 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.
- [8] M. Alghoniemy and A. H. Twfik, "Geometric Distortion Correction through image Normalization", IEEE

International Conference on Multimedia and Expo, Vol.3, pp.1291-1294, 2000.

[9] 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.

[10] H. C. Lee, "A Robust Watermarking Technique Using Affine Transform and Cross-Reference Points", The Transactions on KIEE, Vol.56, No.3, pp 615-622, March, 2007.

[11] 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. 2004 ~ 현재 한성대학교 부교수.  
 Tel : 02-760-4307, Fax : 02-760-4488,  
 E-mail : lhangch@hansung.ac.kr

**Appendix**

**정규화(Normalization) 과정**

1. Covariance 행렬을 구한다.

$$M = \begin{bmatrix} m_{20} & m_{11} \\ m_{11} & m_{02} \end{bmatrix}, \text{ where } m_{pq,local} = \sum_{x=1}^u \sum_{y=1}^v (x - C_{xl})^p (y - C_{yl})^q B(x, y)$$

2. M의 eigenvector:  $[e_{1x} \ e_{1y}]^T$ , eigenvalue:  $\lambda_1, \lambda_2$ .

3. 2개의 parameter 행렬을 구한다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{c}{\sqrt{\lambda_1}} & 0 \\ 0 & \frac{c}{\sqrt{\lambda_2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1x} & e_{1y} \\ -e_{1y} & e_{1x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{c}{\sqrt{\lambda_1}} e_{1x} & \frac{c}{\sqrt{\lambda_1}} e_{1y} \\ -\frac{c}{\sqrt{\lambda_2}} e_{1y} & \frac{c}{\sqrt{\lambda_2}} e_{1x} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{c}{\sqrt{\lambda_1}} & 0 \\ 0 & \frac{c}{\sqrt{\lambda_2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1x} & e_{1y} \\ -e_{1y} & e_{1x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -C_{xl} \\ -C_{yl} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -C_{xl} \\ -C_{yl} \end{bmatrix}$$

where  $c = (\lambda_1 \cdot \lambda_2)^{1/4}$

4. Central Moment

$$\begin{aligned} m'_{03} &= a_{12}^3 m_{03} + 3a_{11}^2 a_{12} m_{21} + 3a_{11} a_{12}^2 m_{12} + a_{11}^3 m_{30} \\ m'_{21} &= a_{11}^2 a_{21} m_{30} + (a_{11}^2 a_{22} + 2a_{11} a_{12} a_{21}) m_{21} + \\ &\quad (2a_{12} a_{21} a_{22} + a_{22}^2 a_{21}) m_{12} + a_{12} a_{22}^2 m_{03} \\ m'_{12} &= a_{11} a_{21}^2 m_{30} + (a_{21}^2 a_{12} + 2a_{11} a_{21} a_{22}) m_{21} + \\ &\quad (2a_{12} a_{21} a_{22} + a_{22}^2 a_{21}) m_{12} + a_{12} a_{22}^2 m_{03} \\ m'_{30} &= a_{21}^3 m_{30} + 3a_{21}^2 a_{22} m_{21} + 3a_{21} a_{22}^2 m_{12} + a_{22}^3 m_{03} \end{aligned}$$

5. Tensors:

$$t^1 = m'_{12} + m'_{30}, \quad t^2 = m'_{03} + m'_{21}$$

6. Angle:  $A = \tan^{-1}(-\frac{t}{t^2})$

7. Tensor:  $\bar{t}^2 = -t^1 \sin A + t^2 \cos A$

8. If  $\bar{t}^2 < 0$  then  $A = A + \pi$

9. 정규화된 영상 좌표:

$$\begin{bmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos A & \sin A \\ -\sin A & \cos A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{c}{\sqrt{\lambda_1}} & 0 \\ 0 & \frac{c}{\sqrt{\lambda_2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1x} & e_{1y} \\ -e_{1y} & e_{1x} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - C_{xl} \\ y - C_{yl} \end{bmatrix}$$