

에지 방향 히스토그램을 이용한 텍스트 문서 영상의 워터마킹

(A Watermarking for Text Document Images using Edge Direction Histograms)

김영원[†] 오일석^{**}
(Young-Won Kim) (Il-Seok Oh)

요약 워터마킹은 멀티미디어 콘텐츠의 저작권을 보호하기 위한 방법이다. 이러한 미디어 중에서 텍스트 문서는 블록/줄/단어의 계층 구조와 배경/전경의 확연한 구분 같은 고유한 특성을 나타내므로, 텍스트 문서를 위한 워터마킹 알고리즘은 이러한 특성을 잘 반영하여 설계하여야 한다. 본 논문은 명암을 갖는 텍스트 문서 영상을 위한 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 워터마크 신호는 에지 방향 히스토그램을 통해서 삽입된다. 문서 영상의 부분 영상들은 모두 유사한 성질을 갖는다는 '부분 영상 일관성'을 제시한다. 한글 영상, 영문 영상, 한문 문서 영상을 대상으로 부분 영상 일관성을 조사하여, 부분 영상 일관성은 언어에 무관하며 다양한 문서 영상에 적용할 수 있음을 보인다. 워터마크 신호를 삽입하기 위하여 에지방향 히스토그램을 조작하였으며 다양한 실험을 통해 알고리즘의 비인지성과 강인성을 분석하고 평가하였다.

키워드 : 텍스트 워터마킹, 저작권 보호, 문서 영상, 에지 방향 히스토그램, 부분 영상 일관성, 비인지성, 강인성

Abstract The watermarking is a method to achieve the copyright protection of multimedia contents. Among several media, the text documents show very peculiar properties: block/line/word patterning, clear separation between foreground and background areas. So algorithms specific to the text documents are required that meet those properties. This paper proposes a novel watermarking algorithm for the grayscale text document images. The algorithm inserts the watermark signals through the edge direction histograms. A concept of sub-image consistency is developed that the sub-images have similar shapes in terms of edge direction histograms. Using Korean, Chinese, and English document images, the concept is evaluated and proven to be valid over a wide range of document images. To insert watermark signals, the edge direction histogram is modified slightly. The experiments were performed on various document images and the algorithm was evaluated in terms of imperceptibility and robustness.

Key words : text watermarking, copyright protection, document image, edge direction histogram, sub-image consistency, imperceptibility, robustness

1. 서론

인터넷의 발달로 인한 콘텐츠의 증가와 함께 저작권 보호의 필요성이 대두되고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 암호화, 인증 시스템, 그리고 워터마킹 등의 기술들이 있으며, 이를 위한 연구의 비중 또한 갈수록 커지고 있다. 워터마킹이란 영상, 비디오, 소리, 텍스트

등의 디지털 저작물에 소유권을 나타내는 신호를 삽입하는 기술이다[1]. 현재 워터마킹에 관한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으며 응용 분야와 응용 사례 또한 증가하고 있다.

과거에 발간된 책, 보고서, 논문, 기업 문서 등이 스캐닝 작업을 통해 디지털 영상 형태로 바뀌어 대형 데이터베이스에 저장되고 있다[2]. 또한 현재 많은 양의 정보가 문서 영상 형태로 생성되어 저장 또는 검색에 이용되고 있다. 이러한 응용의 예로 e-book[3], 전자도서관[4], 전자정부[5] 등의 사업을 들 수 있으며, 이러한 응용에서는 중요 문서를 영상 형태로 보관하고 서비스

[†] 학생회원 : 전북대학교 컴퓨터정보학과
ywkim@dahong.chonbuk.ac.kr

^{**} 종신회원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
isoh@moak.chonbuk.ac.kr

논문접수 : 2003년 5월 7일

심사완료 : 2003년 11월 13일

하는 사례가 증가하고 있다. 이러한 응용 사업과 더불어 문서 영상에 대한 저작권 보호 문제와 인증 시스템의 중요성이 부각되고 있다.

텍스트 문서 영상은 전경과 배경이 분리되어 정지영상을 위한 일반적인 워터마킹 알고리즘을 사용할 경우 심한 일그러짐이 나타난다[6]. 따라서 텍스트 문서 영상의 특징을 제대로 파악하고, 이에 따라 워터마킹 알고리즘을 설계해야 한다. 텍스트 문서 영상은 다음과 같은 고유한 특성을 갖는다. 첫째, 문자들은 단어를 구성하며, 단어는 라인, 라인은 블록을 구성하는 계층적 구조를 갖는다. 둘째, 어떠한 경우든지 배경(background)과 전경(foreground)으로 구분할 수 있으며, 배경이 차지하는 비율이 높다(실현 결과 대부분 80% 이상을 차지한다). 셋째, 전경의 대부분은 문자와 표로 구성되며, 문자는 길다란 획이 가로, 세로, 또는 대각선으로 규칙적으로 배열된다.

이미 발표된 텍스트 문서를 위한 워터마킹 알고리즘은 이미지 형태의 문서를 위한 방법과 ASCII 파일로 저장된 문서를 위한 워터마킹 알고리즘으로 분류 할 수 있다.

이미지 형태의 문서를 위한 알고리즘으로는 줄/단어 이동 알고리즘과 특징 코딩 알고리즘 그리고 히스토그램 영역 알고리즘과 명도 조절 알고리즘이 있다. 줄 이동 알고리즘은 인코딩 규칙에 의한 특정 줄을 위로 이동하거나 아래로 이동하여 각 줄 사이의 간격을 신호로 삽입하며, 단어 이동 알고리즘은 같은 방법으로 특정 단어를 왼쪽이나 오른쪽으로 이동하여 신호를 삽입한다[7-9]. 또한 이동 알고리즘으로 Huang은 삽입할 신호를 sine 파의 위상, 진폭, 주파수에 인코딩 하였으며, 신호 삽입 방법으로 글자 사이의 폭을 조절하여 단어의 간격이 sine 파에 따르도록 하였다[10].

특정 코딩 알고리즘은 문자를 구성하는 획의 특징을 추출하거나 조작하는 기법으로 Brassil은 문자 b, d, h 등의 긴 획을 짧게 또는 길게 조작하는 방법으로 특정 코딩 워터마킹을 제안하였다[11-13]. Amano는 인코딩 규칙에 따라 문자의 특정 획을 선택하여 획의 굵기를 조작하는 알고리즘을 제시하였다[14].

히스토그램 영역 알고리즘과 명도 조절 알고리즘은 명암 값을 갖는 문서 영상을 위한 알고리즘이다. 김영원은 한 문서 영상 내에 일정 크기의 블록들은 모두 같은 히스토그램 분포를 나타내는 특성을 이용하여 기준이 되는 영역과 조작 영역을 정하고, 기준이 되는 영역과 조작된 영역의 히스토그램이 같으면 '0' 다르면 '1'로 신호를 추출하였다[15]. Bhattacharjya은 두 텍스트 영역의 평균 명도를 조절하여 정보를 숨기는 방법을 제시하였다[16].

텍스트 파일을 위한 워터마킹 알고리즘으로 특정 단어나 구를 비슷한 어휘로 바꾸는 방법[17,18]과 공백(white space)은 인쇄된 종이에 나타나지 않는다는 특성을 이용하여 텍스트 내에 공백의 개수를 신호로 삽입하는 방법[17]이 있다.

본 논문은 이러한 텍스트 문서 영상의 특성을 반영하는 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 문서 영상의 부분 영상들은 모두 유사한 성질을 갖는다는 '부분 영상의 일관성'을 에지 방향 히스토그램을 통해 제안하고, 이를 이용한 신호 삽입과 추출 방법을 설명한다. 한글 영상, 영문 영상, 한문 문서 영상을 대상으로 부분 영상 일관성을 조사하여, 부분 영상의 일관성은 언어에 무관하며 다양한 문서 영상에 적용할 수 있음을 보인다. 신호 삽입을 위한 화소 조작은 문서 영상의 특성을 고려하여 획의 외곽선 부분에서 하였다. 에지 방향 히스토그램 알고리즘의 구현을 통해 알고리즘의 비인지성을 보이고, 다양한 공격 실험을 통해 강인성을 분석하고 평가하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 문서 영상의 부분 영상들은 모두 유사한 성질을 갖는다는 '부분 영상 일관성'을 에지 방향 히스토그램을 통해 제안한다. 3장에서는 이를 이용하여 신호를 삽입하고 추출하는 방법을 설명한다. 그리고 4장에서는 에지 방향 히스토그램 알고리즘의 구현을 통해 알고리즘의 비인지성을 보이고, 다양한 공격 실험을 통해 강인성을 분석하고 평가하였다. 마지막으로 5장은 결론과 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 에지 방향 히스토그램과 부분 영상 일관성

이 장에서는 에지 방향 히스토그램 계산 과정을 설명하고, 문서 영상의 부분 영상들은 모두 유사한 성질을 갖는다는 '부분 영상 일관성'(sub-image consistency)을 제시한다. 부분 영상 일관성은 한글 영상, 영문 영상, 한문 문서 영상을 대상으로 에지 방향 히스토그램을 조사하였고, 그 결과 부분 영상 일관성은 언어에 무관하며 다양한 문서 영상에 적용할 수 있음을 보인다.

2.1 에지 방향 히스토그램

텍스트 문서 영상의 특성을 알아보기 위한 방법으로 문서 영상에 에지 방향 히스토그램 방법을 적용하였다. 에지 방향 히스토그램은 Sobel 에지 연산자를 적용하여 에지 강도와 방향 값을 얻고 에지 방향은 16 단계로 양자화(quantization)하였다. 그림 1에서 $s_x(i,j)$ 와 $s_y(i,j)$ 는 각각 x 방향 마스크와 y 방향 마스크를 화소 (i,j)에 적용한 결과 값을 나타낸다. 그리고 16 단계의 값들을 모두 더한 값이 1이 되도록 정규화하였다.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

x 방향 마스크

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

y 방향 마스크

에지 강도 (edge magnitude) = $\sqrt{s_x^2(i,j) + s_y^2(i,j)}$

에지 방향 (edge direction) = $\tan^{-1} \frac{s_y(i,j)}{s_x(i,j)}$

그림 1 Sobel 에지 연산자

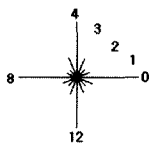
그림 2는 문서 영상의 예(그림 2(a))와 전체 영상의 에지 방향 히스토그램(그림 2(b)), 그리고 줄 단위 부분 영상의 에지 방향 히스토그램들(그림 2(c))을 보여준다.

2.2 부분 영상 일관성

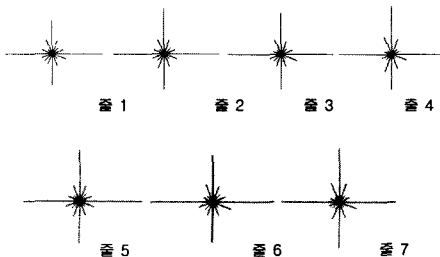
텍스트 문서 영상은 전경과 배경이 분리되어있고 에

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검 만한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의 인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및 재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이 가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

(a) 한글 문서 영상 예 (크기: 560×320)



(b) 전체 영상의 에지 방향 히스토그램



(c) 줄에 해당하는 부분 영상들의 에지 방향 히스토그램
그림 2 한글 문서 영상과 에지 방향 히스토그램

지는 획의 외곽선을 따라 분포하므로 전체 영상의 에지 방향 히스토그램과 부분 영상의 히스토그램은 비슷한 형태를 갖는다. 그림 2를 통해, 한글 문서 영상의 에지 방향 히스토그램은 수직(방향 4와 12)과 수평(방향 0과 8) 방향에서 매우 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 방향 2에 비해 방향 1과 3이 보다 큰 값을 갖는다. 이러한 특성은 거의 모든 부분 영상에서 일관되게 나타난다.

한문 문서 영상이나 영문 문서 영상에 대해서도 에지 방향성 히스토그램의 실험을 하였다(그림 3과 4 참조). 한글 문서 영상의 히스토그램과 형태는 달랐지만 전체 영상과 부분 영상들이 일관되게 나타난다는 특성을 보였다. 이렇듯 부분 영상 일관성은 언어와 무관하게 나타남을 알 수 있다.

그림 5에서는 다양한 폰트와 해상도를 갖는 문서 영상들을 통해 부분 영상 일관성의 유효함을 보인다. 그림 5(a)와 5(b)는 신명조체 문서 영상으로 각 200dpi와 300dpi의 해상도에 대하여 부분 영상 일관성이 유지됨을 볼 수 있다. 또한 이텔릭체(5(d)와 5(e)) 문서 영상과 궁서체(5(g)와 5(h)) 문서 영상에 대해서도 부분 영상 일관성이 유지됨을 볼 수 있다(5(f)와 5(i) 참고).

3. 워터마킹 알고리즘

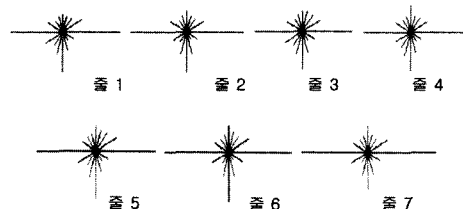
이 장에서는 2장에서 제시한 ‘부분 영상 일관성’을 이

techniques (Heisele and Wöhler, 1998; Janssen et al., 1993). The tracking algorithm identifies an object over a sequence of frames, such as by assigning an index to it which is constant as long as the object is sufficiently visible in the scene. A technique which is often employed to determine, model, and predict the motion behaviour of ob-

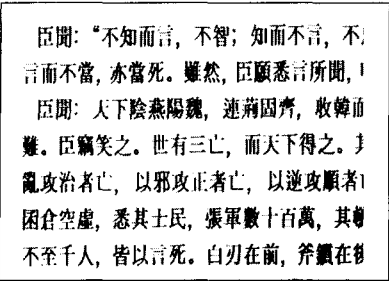
(a) 영문 문서 영상 예 (크기: 460×170)



(b) 전체 영상의 에지 방향 히스토그램



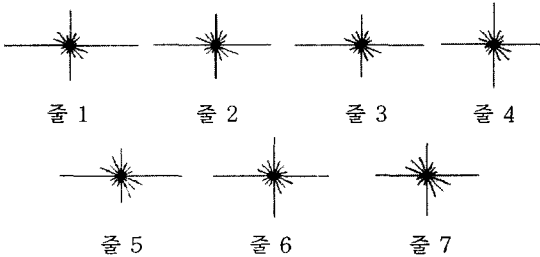
(c) 줄에 해당하는 부분 영상들의 에지 방향 히스토그램
그림 3 영문 문서 영상과 에지 방향 히스토그램



(a) 한문 문서 영상 예 (크기: 1100×570)



(b) 전체 영상의 에지 방향 히스토그램



(c) 줄에 해당하는 부분 영상들의 에지 방향 히스토그램
그림 4 한문 문서 영상과 에지 방향 히스토그램

용한 신호 삽입과 신호 추출 방법을 설명한다.

3.1 신호 삽입 알고리즘

삽입 알고리즘은 다음 세 단계를 거쳐 이루어진다.

1. 전체 영상을 블록 영상 집합으로 분할한다.
2. 어미 블록 영상을 선택하고 나머지 블록 영상은 자식 블록으로 한다.
3. 각각의 자식 블록 영상에 한 bit씩 워터마크 신호를 삽입한다. 삽입할 신호 ('0' 또는 '1')에 따라 블록 영상의 에지 방향 히스토그램이 어미 히스토그램과 다른 모양을 갖도록 조작한다.

단계 1의 블록 영상은 응용에 따라 줄 단위 블록 영상, 단어 단위 블록 영상, 또는 고정된 크기의 블록 영상이 될 수 있다. 그러나 고정된 크기의 블록 영상일 경우 잘라내기(cropping)나 줄 삭제(line/column removal) 등의 공격에 약한 문제점이 있다. 우리 실험에서는 각각의 줄을 블록으로 사용하였다.

하나 또는 그 이상의 블록 영상을 어미(mother) 영역으로 하고 어미 영역의 에지 방향 히스토그램은 신호 추출 시 기준으로 사용하기 위해 저장한다. 나머지 자식(child) 블록 영상에 이진 워터마크 신호를 삽입한다. 신호에 따라 어미 히스토그램과 다르게 조작하여 자식 영역마다 한 bit를 삽입한다.

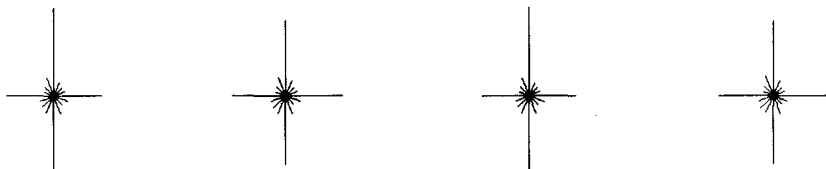
어미 영역의 히스토그램과 다르도록 조작할 때, 비인지성을 위해 획의 굵기가 부분에 분포하는 방향을 사용

정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(a) 해상도 200 dpi의 신명조체 영상 (크기: 1830×140)

정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(b) 해상도 300 dpi의 신명조체 영상 (크기: 1830×140)



(a)의 줄 1 (a)의 줄 2 (b)의 줄 1 (b)의 줄 2

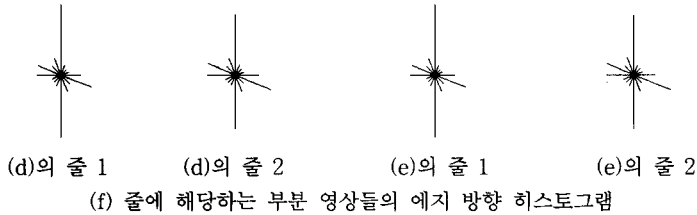
(c) 줄에 해당하는 부분 영상들의 에지 방향 히스토그램

정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(d) 해상도 200 dpi의 신명조 이탤릭체 영상 (크기: 1830×140)

정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(e) 해상도 300 dpi의 신명조 이탤릭체 영상 (크기: 1830×140)



정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(g) 해상도 200 dpi의 궁서체 영상 (크기: 1830×140)

정보를 숨긴다. 마지막으로 획 모양 알고리즘은 문자를 획으로 분할한 후, 획의 두께를 조절하여 원하는 정보를 숨긴다. 이들 알고리즘의 특성을 분석하고 이들의 활용에 대해서 언급

(h) 해상도 300 dpi의 궁서체 영상 (크기: 1830×140)

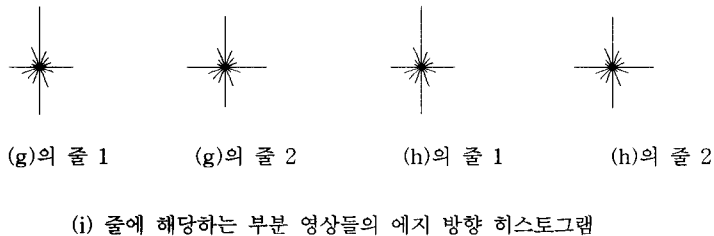


그림 5 한글 문서 영상과 에지 방향 히스토그램

하였다. 즉 0, 4, 8, 12 방향은 획이 수직 또는 수평 방향으로 진행되는 위치에 해당하므로 조작을 가하면 눈에 떨 가능성이 높다. 따라서 이들 방향을 제외한 나머지 방향에 대해 조작을 가하였다.

삽입하려는 신호가 '1'이면 방향 6과 14의 값을 크게 하였고, 신호가 '0'이면 방향 2와 10의 값을 크게 하였다. 방향 6(14)의 값을 크게 하기 위해서 에지 방향 5나 7(13이나 15)을 갖는 화소들의 명도 값을 조절하여 6(14)의 방향 값을 갖도록 하였다. 같은 방법으로 2(10)의 값도 조작하였다.

그림 6은 현재 5의 방향 값을 갖는 픽셀을 방향 6을 갖도록 조작하는 방법을 설명한다. 방향 6을 갖도록 하기 위해서 ① 위치의 화소 값은 1씩 감소시키고 ② 위치의 화소 값은 1씩 증가시킨다. 방향 6의 값이 될 때가



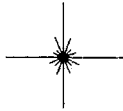
그림 6 방향성을 바꾸기 위한 화소 조작

지 반복 문을 돌면서 값을 한 단계씩 감소(① 위치)시키고 증가(② 위치)시킨다.

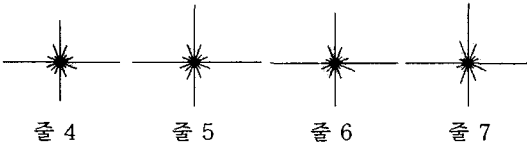
그림 7(b)는 전체 영상(7(a))의 상단 세 줄에서 어미 히스토그램을 구한 것이다. 7(c)와 7(d)는 4개의 자식 영역들로서 워터마크 신호 삽입 전과 삽입 후의 그림이다. 삽입된 신호는 '1010'이며 7(d)의 4번째 줄과 6번째 줄의 히스토그램에 방향 6과 14가 조작되었다. 또한 5번

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문점 반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의 인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및 재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해야 하고, 미리 지정된 색인으로만 검색이 가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

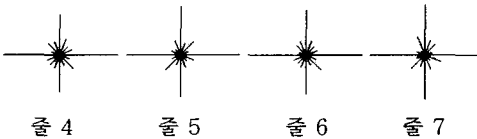
(a) 원래 영상



(b) 줄 1-3에서 구한 어미 히스토그램



(c) 워터마크 신호 삽입 전



(d) 워터마크 신호 '1010' 삽입 후

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문점 반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의 인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및 재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해야 하고, 미리 지정된 색인으로만 검색이 가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

(e) 워터마크 삽입 후 영상

그림 7 워터마킹 예제

제 줄과 7번째 줄의 히스토그램에 방향 2와 10이 조각되었다. 7(e)는 워터마크 신호가 삽입된 후의 영상이다.

3.2 신호 추출

신호 추출은 다음 조건을 계산함으로써 이루어진다. M은 어미 히스토그램을 나타내며 C^k는 k 번째 자식 히스토그램을 나타낸다. 만약 Δ₀^k이 Δ₁^k 보다 크거나 같

으면 신호 '0'으로 검출하고, 작으면 신호 '1'로 검출한다.
if (Δ₀^k ≥ Δ₁^k), line k has signal 0;
else, line k has signal 1;

$$\Delta_0^k = \sum_{i=(1,2,3,9,10,11)} \frac{|hc_i(M) - hc_i(C^k)|}{1 + hc_i(M) + hc_i(C^k)}$$

$$\Delta_1^k = \sum_{i=(5,6,7,13,14,15)} \frac{|hc_i(M) - hc_i(C^k)|}{1 + hc_i(M) + hc_i(C^k)}$$

표 1은 Δ₀^k와 Δ₁^k에 의한 신호 추출 예이다. 신호 추출 조건에 의해서 신호 '1010'이 추출되었다.

4. 실험 및 분석

이 장에서는 다양한 공격을 통하여 에지 방향 히스토그램 알고리즘의 비인지성과 강인성을 분석하고 평가해 본다. 영상에 신호를 제거하기 위한 목적으로 많이 사용하는 공격에는 회전, 잡음 추가, 임의의 줄 삭제 또는 추가, 잘라내기 등이 있다. 특히 텍스트 문서 영상에는 이진화 공격도 사용된다.

4.1 비인지성

그림 8(c)는 그림 8(a)의 5 번째 줄에 있는 단어 '문서별'의 영역을 확대한 것이다. 그림 8(d)는 신호 '1010'을 삽입한 후의 같은 영역을 확대한 것이다. 그림 8(c)와 8(d)를 비교해 볼 때 비인지성은 만족한다고 할 수 있다.

4.2 강인성

표 2는 신호 (1010)가 삽입된 그림 8(b)에 다양한 공격을 가한 후 3.2 절의 Δ₀^k와 Δ₁^k에 의해 신호를 추출한 결과를 보여준다. 1°와 3° 회전 공격, 5%, 10% 그리고 20% 잡음 공격에도 모두 신호 '1010'으로 정확하게 검출되었다. 그리고 임의의 10개 줄 추가 공격, 블러링, 샤프닝, 블러링 후 샤프닝 공격에도 모두 정확하게 검출되었다. 그러나 5° 이상의 회전 공격에는 신호가 견디지 못하였으며 ('0011' 검출), 30% 이상의 잡음 추가에도 잘못된 신호 '1011'이 검출되었다. 또한 이진화 공격에 대해서도 틀린 신호 '1110'이 검출되었다.

또한 그림 9에서 그림 15까지는 공격 후 영상의 변화를 보여준다. 그림 9를 통해 5° 회전 공격 후 보정 이미지의 품질 저하를 볼 수 있으며, 30% 이상의 잡음 공격 후 영상(그림 10)은 원본 영상의 가치가 없어진 상태라 볼 수 있다. 그림 11은 임의의 추가된 줄에 의해 세로획이 훼손되었음을 볼 수 있다. 그림 12의 블러링 이미지

표 1 Δ₀^k와 Δ₁^k에 의한 신호 추출

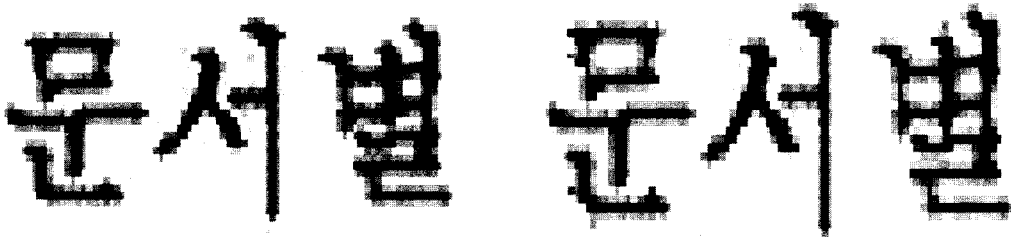
줄 번호	4		5		6		7	
신호 추출	Δ ₀ ^k	0.4294	1	1.4644	0	0.3961	1	1.2942
	Δ ₁ ^k	1.6112		0.4556		1.7653		0.1984

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검 반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의 인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및 재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이 가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

(a) 원 영상

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검 반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의 인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및 재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이 가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

(b) 워터마크 (1010) 삽입 후 영상



(c) 확대 영상 (원 영상)

(d) 확대 영상 (삽입 후)

그림 8 비인지성 관찰을 위한 영상 비교

표 2 다양한 공격과 신호 추출

출 번호		4		5		6		7	
삽입 신호	Δ_0^k	0.4294	1	1.4644	0	0.3961	1	1.2942	0
	Δ_1^k	1.6112		0.4556		1.7653		0.1984	
1° 회전	Δ_0^k	0.4057	1	1.2219	0	0.2460	1	0.7306	0
	Δ_1^k	1.3228		0.6838		1.4571		0.2167	
3° 회전	Δ_0^k	0.6977	1	0.7679	0	0.6603	1	0.6909	0
	Δ_1^k	1.0244		0.2103		1.0612		0.2568	
5° 회전	Δ_0^k	0.5749	0	0.5833	0	0.3946	1	0.1735	1
	Δ_1^k	0.5738		0.1165		0.7474		0.3703	
5% 잡음	Δ_0^k	0.3644	1	1.0544	0	0.3031	1	0.8935	0
	Δ_1^k	1.1449		0.5698		1.2107		0.1937	
10% 잡음	Δ_0^k	0.4091	1	0.9773	0	0.3518	1	0.7429	0
	Δ_1^k	0.8388		0.3804		0.9759		0.2420	
20% 잡음	Δ_0^k	0.4791	1	0.5831	0	0.4383	1	0.3706	0
	Δ_1^k	0.5943		0.2533		0.7625		0.2692	
30% 잡음	Δ_0^k	0.4098	1	0.4173	0	0.1989	1	0.3673	1
	Δ_1^k	0.6451		0.1775		0.3582		0.4371	
10줄 추가	Δ_0^k	0.5003	1	1.3871	0	0.4109	1	1.2721	0
	Δ_1^k	1.5186		0.3924		1.5574		0.3525	
블러링	Δ_0^k	0.4551	1	0.9931	0	0.1406	1	1.0441	0
	Δ_1^k	1.2151		0.2796		1.2189		0.3488	
샤프닝	Δ_0^k	0.3647	1	0.4918	0	0.2273	1	0.4679	0
	Δ_1^k	0.9822		0.3834		0.8099		0.1538	
블러링 후 샤프닝	Δ_0^k	0.3607	1	0.7595	0	0.2719	1	0.7474	0
	Δ_1^k	0.8393		0.4305		0.7145		0.1676	
이진화	Δ_0^k	0.3829	1	0.3499	1	0.2919	1	0.2953	0
	Δ_1^k	0.6815		0.4004		0.4863		0.1589	

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 9 5°회전 후 보정 이미지

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 13 블러링 이미지 2

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 10 30% 잡음 추가 이미지

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 14 샤프닝 이미지

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 11 입의의 10개 줄 추가 이미지

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 15 이진화 이미지

색결과로 원문을 찾아준다. 그러나 전문검
반한 검색 및 색인을 위해서 문서영상의
인을 수작업에 의존하며, 문서의 가공 및
재생산이 어려운 단점이 있다. 여기서 특
히 문서별 색인을 수작업에 의해 부여해
야 하고, 미리 지정된 색인어로만 검색이
가능하다는 제약을 극복하기 위해 주제어

그림 12 블러링 이미지 1

게 되므로, 원문을 유지하는 상태 내에서의 공격에는 모
두 신호가 정확하게 검출되었다고 볼 수 있다.

4.3 비교 및 토론

4.1절과 4.2절에서는 다양한 실험을 통해 에지 방향
히스토그램의 비인지성과 강인성을 분석하였다. 본 절에
서는 비인지성과 강인성면에 초점을 두고 알고리즘의
특성을 설명하고, 이러한 특성에 의한 알고리즘의 장점
과 한계점을 설명한다. 또한 이미 발표된 명암 문서 영
상을 위한 알고리즘들과 개괄적으로 비교 분석한다.

에지 방향 히스토그램의 특성은 다음과 같다.

1. 명암 문서 영상을 위한 워터마킹 알고리즘이다. 에
지 방향 히스토그램 알고리즘은 명암 문서 영상을 위한
알고리즘으로 이진 형태로 저장되어 있는 문서 영상에
는 적용할 수 없다는 한계를 안고 있다. 또한 4.2절의
강인성 평가 실험에서도 나타났듯이 '이진화' 공격에는

는 정확한 신호 검출이 이루어졌으나 그림 13의 심한 블
러링 공격에는 에지 검출 시 에지가 거의 존재하지 않아
신호 추출에 의미가 없었다. 또한 그림 14의 샤프닝된
이미지는 획이 부분적으로 없어진 것을 볼 수 있다.

따라서 이렇듯 너무 지나친 공격은 원본의 가치가 없

표 3 명암 영상을 위한 워터마킹 알고리즘 비교

	명암 히스토그램 방법 [15]	Bhattacharjya 방법 [16]	에지 방향 히스토그램 방법
조작방법	명암 히스토그램의 계곡(valley) 부분에 작은 봉우리를 만들어 신호로 삽입	문자 획 상의 3×3 영역을 사이트로 선택한 후, 사이트의 명암 값을 조절하여 신호 삽입	문서 영상의 부분 영상 일관성을 이용하여, 에지 방향 히스토그램을 조작하여 신호 삽입
메이타 삽입 단위	줄	사이트	줄
적재량	적음 (1bit/줄)	매우 많음 (1bit/2사이트)	적음 (1bit/줄)
잡음에 대한 강건성	중간	낮음	높음
획 두께에 대한 민감성	중간	낮음	높음
blind 여부	blind	blind	blind

삽입된 신호가 살아남지 못한다.

2. 문서 영상 내에 텍스트 영역에만 신호 삽입을 할 수 있다. 명암 문서 영상에는 그래프나 이미지 또는 표가 포함되어 있는 경우가 있어 텍스트 영역이 너무 적을 경우에는 알고리즘을 적용하기에 문제점이 있고, 문서 영상의 훼손이나 해상도 측면에서 구조 분석이 가능한 범위이어야 한다.

3. 방향성을 조작하기 때문에 조작하는 특정 방향에 해당하는 화소들만 조작한다. 특정 방향에 해당하는 화소들만 조작하므로 비인지성 면에서 다른 알고리즘보다 우수하다. 또한 잡음 추가 같은 공격은 전체 영역에 흩뿌려져 획의 외곽선의 방향성에는 크게 영향을 주지 못하므로 잡음 공격에는 강인하다.

4. ‘부분 영상 일관성’이라는 특성을 이용한다. 문서 영상의 ‘부분 영상 일관성’은 언어와 무관하게 나타나므로 다양한 언어에 알고리즘을 적용할 수 있으며 또한 이러한 특성은 다른 알고리즘 개발에 이용할 수 있다.

5. 조작하지 않는 어미 영역을 두므로 원본 영상이 없어도 신호 검출이 가능하다.

제한한 알고리즘은 명암 영상에서 작동하고 공간 영역에서 화소 값을 변경한다는 것이 [15,16]의 기존 방법과 같다. Bhattacharjya의 명암 조작 방법은 문자 획 상의 3×3 영역을 사이트로 탐지하고, 두 사이트 당 1bit를 삽입하기 때문에 다른 알고리즘에 비해 신호의 적재량이 많다. 그러나 이 방법은 획의 부분 영역의 명암을 조절하여 신호를 삽입하기 때문에, 잡음이나 이동과 회전 같은 기하학적 변형에 매우 민감하다. [15]는 모든 화소가 조작 대상이 되지만, 이 논문에서 제안한 에지 방향 히스토그램 방법은 획의 외곽선에 있는 화소들이 주로 조작 대상이 되므로 여러 공격에 대해 보다 강건하다. 세 가지 방법 모두 원본 영상이 필요 없는 blind 모드로 작동한다. 표 3은 세 가지 방법을 여러 가지 관점에서 개략적으로 비교한다.

5. 결론 및 향후 연구

이 논문은 문서 영상의 에지 방향 히스토그램들의 특

성을 관찰하고 ‘부분 영상 일관성’을 제시하였다. ‘부분 영상 일관성’이라는 특성을 이용하여 명암 문서 영상을 위한 새로운 알고리즘으로 에지 방향 히스토그램 알고리즘을 개발하였다. 문서 영상의 특성을 고려하여 획의 외곽선 부분에서 화소들을 조작하였다. 알고리즘의 구현을 통해 비인지성을 보였으며 다양한 공격 실험을 통해 강인성도 분석하였다.

향후 연구로는 알고리즘의 비인지성과 강인성을 향상시키기 위한 히스토그램 조작의 개선이 있으며, 실제 응용에 있어서 알고리즘의 우수성과 문제점 파악을 위해 소규모의 전자 도서관을 대상으로 응용시스템을 구축하는 것이 있다. 또한 에지 방향 히스토그램을 보다 다양하게 바꾸는 기법을 개발하여, 한 줄에 두 bits 이상을 삽입하는 알고리즘을 개발하고자 한다.

참고 문헌

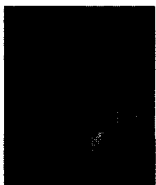
- [1] I.J. Cox, M.L. Miller, and J.A. Bloom, *Digital Watermarking*, Morgan Kaufmann, 2002.
- [2] 오일석, 김수형, 윤탈웅, 광희규, “문서 영상 처리 기술과 전자도서관”, 정보과학회지, pp.24~34, 2002년 8월.
- [3] B.N. Schilit, M.N. Price, G. Golovchinsky, and C.C. Marshall, “As we may read: the reading appliance revolution,” *IEEE Computers*, Vol.32, No.1, pp.65~73, January 1999.
- [4] *CACM*, Special issue on Digital Libraries, Vol.38, No.4, April 1995.
- [5] *IEEE Computers*, Special issue on e-government, Vol.34, No.2, February 2001.
- [6] Y. Liu, J. Mant, E. Wong, and S.H. Low, “Marking and detection of text documents using transform-domain techniques,” *Proceedings of SPIE*, Vol.3657, pp.317~328, 1999.
- [7] J.T. Brassil, S. Low, and N.F. Maxemchuk, “Copyright protection for the electronic distribution of text documents,” *Proceedings of IEEE*, Vol.87, No.7, pp.1181~1196, July 1999.
- [8] S. Low and N.F. Maxemchuk, “Performance comparison of two text marking methods,” *IEEE J. Select. Areas Commun*, Vol.16, No.4, pp.561~572, May 1998.

- [9] S. Low, N.F. Maxemchuk, and A. Lapone, "Document identification for copyright protection using centroid detection," *IEEE Trans. Commun*, Vol.46, No.3, pp.372~383, March 1998.
- [10] Ding Huang and Hong Yan, "Interword distance changes represented by sine waves for watermarking text images," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.11, No.12, pp.1237~1245, Dec 2001.
- [11] J.T. Brassil, S. Low, N.F. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Marking text features of document images to deter illicit dissemination," *Proceedings of 12th IAPR*, Vol.2, pp.315~319, 1994.
- [12] J.T. Brassil, S. Low, N.F. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic marking and identification techniques to discourage document copying," *IEEE INFOCOM '94*, Vol.3, pp.1278~1287, 1994.
- [13] J.T. Brassil, S. Low, N.F. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic marking and identification techniques to discourage document copying," *IEEE J. Select. Areas Commun*, Vol.13, No.8, pp.1495~1504, Oct 1995.
- [14] T. Amano and D. Misaki, "A feature calibration method for watermarking of document images," *Proceedings of ICDAR*, pp.91~94, 1999.
- [15] 김영원, 문경애, 오일석, "텍스트 문서 영상의 화소 수준 워터마킹 알고리즘", 제14회 영상 처리 및 이해에 관한 워크샵, 제주 롯데 호텔, pp.31~36, 2002.
- [16] A. Bhattacharjya and H. Ancin, "Data embedding in text for a copier system," *Proceedings of the ICIP*, Vol.2, pp.245~249, 1999.
- [17] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM System Journal*, Vol.35, pp.313~336, 1996.
- [18] <http://caelum.r.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/~nakagawa/academic-result.html>



김영원

2001년 전북대학교 컴퓨터과학과 학사
 2003년 전북대학교 컴퓨터정보학과 석사
 2003년 3월 현재 전북대학교 컴퓨터정보학과 박사과정. 관심분야는 워터마킹, 문자인식, 컴퓨터비전



오일석

1984년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
 1992년 KAIST 전산학과 박사. 1992년 9월~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수. 관심분야는 문서영상 처리, 패턴인식, 유전알고리즘의 패턴인식 응용