

특수런을 이용한 특징영역 분리에 의한 이진영상 워터마킹

이정환^{*} · 박세현^{*} · 노석호^{*}

^{*}안동대학교 전자정보산업학부

Binary Image Watermarking Based on Grouping Feature Regions using Special Runs

Jeong-Hwan Lee^{*} · Se Hyun Park^{*}, Seok Ho Noh^{*}

^{*}School of Electronic and Information Industry, Andong Natl. University

E-mail : jhlee@andong.ac.kr

요 약

본 논문에서는 이진영상 데이터의 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안 방법은 먼저 이진영상을 기하학적 특징이 포함된 특징영역과 그 외의 일반영역으로 분리한다. 그리고 기하학적 특징이 포함된 이진영상의 특징영역을 보존하면서 인증을 위한 워터마크를 일반영역에만 삽입, 검출하는 효과적인 워터마킹 방법을 연구하였다. 특징영역은 특수런을 사용한 런길이부호화를 이용하여 일반영역과 분리하였다. 워터마크의 비가시성을 위해 워터마크는 일반영역 중에서 화소 변화에 대한 민감도를 고려하여 삽입하였다. 제안 방법을 문자, 서명, 도장, 지문영상에 적용하여 성능을 평가하였다. 실험 결과 제안 방법은 원 영상의 중요한 특징영역을 보존하고, 또한 워터마킹된 영상의 비가시성이 높음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, an effective digital watermarking method for copyright protection of binary image data is proposed. First, a binary image is grouped into feature regions which have geometrical features and general one. The watermark for authentication is embedded in general regions in order to preserve geometrical features regions. We have used run-length code and special runs for grouping feature regions and general one. For invisibility of watermark, we have embedded the watermark considering transition sensitivity of each pixel in general regions. The proposed method is applied to some binary image such as character, signature, seal, and fingerprint image to evaluate performance. By the experimental results, the proposed method preserve feature regions of original image and have higher invisibility of watermarks.

키워드

워터마킹, 이진영상, 특징영역, 영상처리

1. 서 론

최근 멀티미디어의 제작과 공급이 대량화하고 인터넷과 네트워크등을 통한 대량복사 및 분배가 급속하게 늘어나고 있다. 이에 따라 디지털 영상 데이터의 저작권보호 및 데이터의 인증/무결성 검증을 위한 방법이 요구되고 있는데 이를 위한 한 방법으로 디지털 워터마킹에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2,3]. 일반적인 디지털 워터마킹은 인간 시각으로는 지각할 수 없는 소유권 정보를 디지털 데이터 내에 삽입하는 방법으로 비소유권자의 불법적인 조작을 막고 필요할 경우 소유권 인증을 위한 방법을 제공하여 주는 방법이다[1,2,3].

워터마킹 방법은 워터마크의 비가시성, 워터마크의 삽입영역 및 충분한 삽입량, 강인성 및 보안성 확보 여부, 워터마크 검출시의 원본 사용여부에 따라 다양하게 구별할 수 있다[2]. 일반적으로 저작권 보호를 위한 워터마킹 기술은 영상 데이터에 JPEG 영상압축, 필터링, cropping 등과 같은 다양한 영상처리를 적용하여도 삽입된 워터마크의 강인성이 확보되어야 하며 이런 방법을 강성(robust) 워터마킹 기술이라고 한다[2]. 이와 반대로 인증을 위한 워터마킹 기술은 원본 영상 데이터의 변조 여부를 확인하기 위해 변조된 영상 데

이터에 대해서는 삽입된 워터마크가 변경되었음을 쉽게 검출할 수 있어야 하는데 이를 연성(fragile) 워터마킹 기술이라고 한다[3]. 연성 워터마킹은 디지털 영상 데이터에 워터마크를 삽입하고 인터넷과 같은 네트워크를 통하여 배포한 뒤 불법 사용자가 이를 변조하였을 때 데이터의 무결성의 검증 및 소유권 인증에 응용할 수 있다.

본 논문에서는 문자, PDA의 전자서명, 만화, 도장, 그래프, 도면, 전자책(e-book), ID 카드 등과 같은 이진영상의 무결성 인증을 위한 연성 워터마킹 방법이 대하여 연구하였다. 이진영상에 대한 기존의 워터마킹 방법으로 Matsui[4] 등은 디더링(dithering) 영상에 디더링 패턴 및 런길이를 변경하여 워터마크를 삽입하는 기술을 제안하였다. 그리고 Maxemchuk[5] 등은 대규모 전자책의 워터마킹을 위해 문서의 행간(line space) 및 자간(character space)을 변경하여 워터마크를 삽입하였다. 그리고 Wu[6]는 화소변화의 민감도를 측정하고 화소를 산개(shuffling)하여 워터마크를 삽입하는 기술을 제안하였으나 이 방법은 이진영상의 기하학적인 특징을 고려하지 않고 워터마킹 하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이진영상 데이터의 무결성 검증 및 소유권 인증을 위한 효과적인 워터마킹 방법을 제안하고자 한다. 이진영상을 먼저 특수런 및 런길이 부호화를 이용하여 특징이 포함된 특징영역과 그렇지 않은 일반영역으로 구분하고 일반영역에만 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 또한 제안된 방법은 워터마크 검출시 원 영상을 사용하지 않는 방법이다.

II. 제안된 이진영상 워터마킹 방법

1. 특수런 및 특징영역 분리 방법

런길이 부호화는 이진영상을 런(run)들의 집합으로 표시할 수 있다. 런은 전경(foreground) 혹은 배경에 속하는 연속된 화소들의 모임이다[7]. 이진영상을 라스터 주사할 때 n번째 주사선에서 전경에 속하는 런의 시점을 $(X_L(n), Y(n))$ 이라고 중점을 $(X_R(n), Y(n))$ 이라 하면, 이진영상 Z는

$$Z = \bigcup_{n=1}^N R(n) = \bigcup_{n=1}^N (X_L(n), X_R(n); Y(n))$$

where

$$(X(n), Y(n)) \in (X_L(n), X_R(n); Y(n))$$

$$X_L(n) \leq \forall X(n) \leq X_R(n), \quad X(n): \text{integer}$$

와 같이 표현되는데, 여기서 $R(n)$ 은 n번째 검출된 런이며 N은 전체 런수이다. $X(n)$ 은 n번째 런에 속하는 화소의 x축 좌표이며 정수이다. 그리고 이진영상을 표현하기 위해 각 런들의 연결성을 조사할 필요가 있는데 이를 위해 아래 식과 같은 "이웃 함수 $ADJ(\cdot)$ "를 정의한다.

$$ADJ(R(m), R(n)) = 1 \quad \text{if } R(m) \text{ and } R(n) \text{ are connected} \\ = 0 \quad \text{otherwise}$$

where

$$R(m) = (X_L(m), X_R(m); Y(m)) \\ R(n) = (X_L(n), X_R(n); Y(n))$$

여기서 $R(m), R(n)$ 은 각각 m 및 n번째 런이다. 런길이 부호로부터 특징영역을 분리하기 위해서 아래와 같이 서로 독립적인 성질을 갖는 5개의 특수런 D, F, J, S, X-run을 사용한다.

D-run: n보다 작은 모든 m에 대하여 $ADJ(R(m), R(n))=0$ 일 때 $R(n)$ 런.

F-run: n보다 큰 모든 m에 대하여 $ADJ(R(m), R(n))=0$ 일 때 $R(n)$ 런.

J-run: n보다 큰 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(n))=0, ADJ(R(n), R(p))=1, ADJ(R(n-1), R(p))=1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

S-run: n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(n))=0, ADJ(R(n), R(p))=1, ADJ(R(n+1), R(p))=1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

X-run: 위의 D, F, J, S-run을 제외한 모든 런.

즉, D 및 F 런은 각각 한 영역의 시작 및 마지막 부분을 표시하고, J 및 S 런은 각각 여러 개의 영역이 하나로 결합 및 분리되는 부분이다. 특징영역은 영역의 양 끝 부분인 D, F런과 영역이 분기 혹은 결합하는 J, S런을 포함하는 영역으로 이진영상의 중요한 특징을 포함하는 영역이다. D, F, S, J런과 런의 시점 및 중점으로부터 영역의 특징영역은 다음과 같이 검출할 수 있다.

① $R(n) = \{D, F\}$ 일때 런 $(X_L(n), X_R(n); Y(n))$ 을 만족하는 화소

② $R(n) = \{J\}$ 일때 n보다 큰 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(p))=1, ADJ(R(n), R(p))=1$ 를 동시에 만족하는 화소,

③ $R(n) = \{S\}$ 일때 n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(p))=1, ADJ(R(n), R(p))=1$ 를 동시에 만족하는 화소들이다.

2. 비가시성이 높은 화소 선택

워터마크의 비가시성을 위해 화소변화에 대한 인간시각시스템의 민감도가 작은 화소들을 찾아 워터마크를 삽입할 필요가 있다[2, 8]. 본 논문에서는 화소변화에 대한 민감도가 낮은 화소들을 찾기 위해 3x3 윈도우내의 화소들의 균일성(smoothness)과 연결성을 이용한다[8]. 즉 화소값이 균일하거나 화소들의 연결성이 높은 화소를 변경하면 시각적으로 감지될 가능성이 높다. 따라서 이들 화소에 워터마크를 삽입하면 비가시성이 확보되지 않으므로 민감

도가 낮은 화소에만 워터마크를 삽입해야 한다. 윈도우내의 균일성 척도 $S_m(i, j)$ 는 아래 식과 같이 수평, 수직, 대각선, 반대각선(anti-diagonal) 방향에 대하여 화소가 변화되는 개수를 모두 합한 값이다.

$$S_m(i, j) = N_h(i, j) + N_v(i, j) + N_d(i, j) + N_a(i, j)$$

where

$$\begin{aligned} \text{수평: } N_h(i, j) &= \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=1}^M K(\{f(i+k, j+l) \neq f(i+k, j+l+1)\}) \\ \text{수직: } N_v(i, j) &= \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=1}^M K(\{f(i+l, j+k) \neq f(i+l+1, j+k)\}) \\ \text{대각: } N_d(i, j) &= \sum_{k, l \in \{-1, 0, 1\}} K(\{f(i+k, j+l) \neq f(i+k+1, j+l+1)\}) \\ \text{반대각: } N_a(i, j) &= \sum_{k \in \{1, 0, -1\}, l \in \{-1, 0\}} K(\{f(i+k, j+l) \neq f(i+k-1, j+l+1)\}) \end{aligned}$$

여기서 $K(\cdot) = \{0, 1\}$ 이고, $f(i, j)$ 는 화소값이다. $N_h(i, j)$, $N_v(i, j)$, $N_d(i, j)$, $N_a(i, j)$ 는 각각 수평, 수직, 대각선, 반대각선 방향에 대하여 화소값이 변하는 화소들의 개수이다. (그림 1)에 화소변화에 대한 균일성 척도 $S_m(i, j)$ 를 측정하는 예를 보였는데 이 경우 균일성은 11이다.

그리고 윈도우내의 연결성은 윈도우내의 각 화소를 그래프의 노드(node)로 생각하여 스택을 이용한 깊이-우선 탐색(depth-first search)[9]을 사용하여 계산할 수 있다. 위에서 설명한 화소의 균일성 및 연결성 척도를 이용하여 화소변화의 민감도가 낮은 화소에만 워터마크를 삽입하여 비가시성이 높도록 한다.

3. 워터마크 삽입 및 검출 과정

본 논문의 워터마크 삽입과정은 (그림 2)와 같다. 먼저 앞에서 설명한 특수편을 이용하여 이진영상을 특징영역과 일반영역을 구분한다. 본 논문에서는 이진영상의 기하학적 특징을 포함하고 있는 특징영역을 보존하면서 일반영역에 워터마크를 삽입하는 방법을 연구하였다. 따라서 특징영역을 보존하기 위해 일반영역에 속하는 각 화소에 대해 화소변화에 대한 민감도를 계산한다. 화소변화에 대한 민감도는 워터마크의 비가시성을 높이기 위해 이용되는 것으로 영역의 균일성 및 연결성을 이용하여 계산한다.

화소변화의 민감도는 균일 영역에서는 큰 값이고 비균일 영역, 즉 전경과 배경이 복잡하게 혼합된 영역에서는 작은 값을 갖게된다. 따라서 화소변화의 민감도 값이 작은 화소들에 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 효과적으로 삽입하기 위해 난수를 발생시켜 이진영상의 각 화소를 산개(shuffling)시킨다. 워터마크 삽입은 산개된 각 화소에 대해 수행하는데, 산개된 영상을 N개의 블록으로 나누고, i번째 블록의 전경화소의 개수를 $N_f(i)$ 라고 하면 $N_f(i)$ 가 짝수 혹은 홀수에 따라 다음과 같은 규칙

에 따라 워터마크를 삽입한다. 워터마크를

$w = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$ 라고 하면 워터마크는 N

비트이고 $w_i = \{0, 1\}$ 이다. ① i번째 블록에 워터마크

값 '1'을 삽입하려면 $N_f(i)$ 가 홀수가 되게 한다.

② i번째 블록에 워터마크값 '0'을 삽입하려면

$N_f(i)$ 가 짝수가 되게 한다. 워터마크는 각 블록에서

화소변화에 대한 민감도값이 가장 작은 화소를 찾아 삽입한다. 산개된 영상에 워터마크를 삽입한 후 이를 다시 역 산개하면 워터마크가 삽입된 이진영상을 구할 수 있다.

워터마크 검출과정은 다음과 같다. 워터마크 삽입된 영상을 난수를 이용하여 산개한 후 삽입시의 규칙에 따라 산개된 영상을 N개의 블록으로 나누고 각 블록의 전경화소의 개수를 계산하여 짝수이면 워터마크 '0'이 삽입된 것으로 판별하고 홀수이면 워터마크 '1'이 삽입된 것으로 판별하여 워터마크를 검출한다.

III. 실험 결과 및 검토

제안 방법의 성능을 평가하기 위해 문자, 도장영상에 대해 컴퓨터 시뮬레이션으로 실험을 수행하였다. 영상의 크기는 256x256 이진영상이다. (그림 3)에 실험에 사용된 도장영상을 나타내었다. (그림 3(b))는 특징영역(검은색)과 일반영역(회색)을 표시한 것이다. 본 논문에서는 수평 및 수직 방향에 대하여 특수편을 구하여 특징영역과 일반영역을 구분하였다. (그림 3(c))는 화소변화의 민감도를 표시하였다. (그림 3(d))는 워터마크가 삽입된 이진영상이다. 사용된 워터마크는 "KOREA077"이며 모두 64비트를 삽입하였다. 그리고 워터마크된 이진영상의 변경이 없을 경우 삽입된 워터마크는 모두 정상적으로 검출할 수 있었다. (그림 3(e))은 원 영상과 워터마크된 영상의 차이(삽입위치)를 표시한 것인데 흑점은 워터마크가 삽입된 위치를 표시한다.

IV. 결론

본 논문에서는 이진영상 데이터의 무결성 검증 및 인증을 위한 효과적인 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안방법은 이진영상의 기하학적인 중요한 특징들을 보존하면서 워터마킹하는 방법으로 워터마크 검출시 원영상이 불필요한 방법이다. 즉 이진영상을 특수편을 이용하여 특징영역과 일반영역을 분리하여 일반영역에만 워터마크를 삽입하는 방법이다. 워터마크의 비가시성을 높이기 위해 일반영역의 각 화소에 대해 화소변화에 대한 민감도를 고려하여 워터마크를 삽입하였다. 제안된 방법으로 여러가지 이진영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 실험결과 제안방법이 이진영상의 기하학적 특징이 포함된 영역을 보존하면서 워터마크를 삽입할

을 알 수 있었다. 앞으로 제안 방법을 확장하여 이진영상에 대한 다중 워터마킹 방법과 FAX 및 고품질 인쇄물의 워터마킹 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

참고문헌

- [1] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shammoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. on Image Processing, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, Dec. 1997
- [2] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom, "Digital watermarking", Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [3] M. Wu and B. Liu, "Watermarking for image authentication", Proc. of ICIP, pp.437-441, 1998.
- [4] K. Matsui and K. Tanaka, "Video-steganography: How to secretly embed a signature in a picture", Proc. of IMA Intellectual Property Project, Vol. 1, No. 1, 1994.
- [5] N. F. Maxemchuk and S. Low, "Marking text documents", ICIP, 1997.
- [6] M. S. Fu and O. C. Au, "Data hiding in halftone images by stochastic error diffusion", Proc. Of IEEE Int. Conf. On Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol. 3, pp. 1965-1968, May 2001.
- [7] S. D. Kim, J. H. Lee, and J. K. Kim, "A new chain coding algorithm for binary images using run-length codes", Computer Vision, Graphics, and Image Processing 41, pp.114-128, 1988.
- [8] M. Wu, E. Tang, B. Liu: "Data Hiding in Digital Binary Image", IEEE Inter. Conf. on Multimedia & Expo (ICME'00), New York City, 2000.
- [9] R. Sedgewick, "Algorithms in C++", Addison-Wesley, 1992.

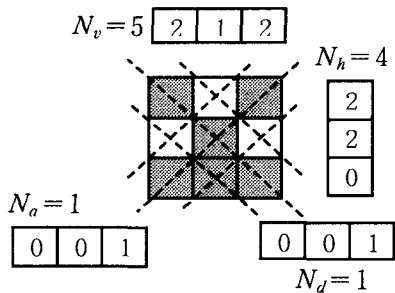


그림 1. 각 방향에 대한 균일성

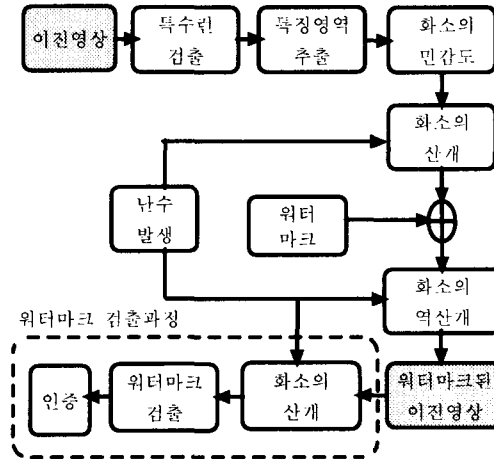


그림 2. 워터마크 삽입 및 검출 블록도

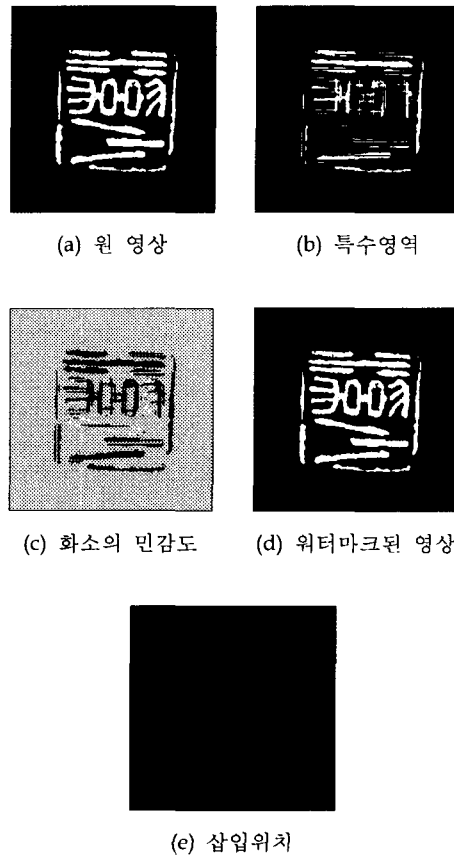


그림 3. 도장영상의 워터마크 결과