

웨이블렛 기반 워터마킹 알고리즘을 이용한 다중생체인식 시스템

이옥재*, 이대중**, 송창규**, 전영근*

* 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

** 충북대학교 BK21 충북정보기술사업단

Multimodal Biometrics System using Wavelet Watermarking Algorithm

Wook-Jae Lee*, Dae-Jong Lee**, Chang-Kyu Song**, Myung-Geun Chun*

* Dept. of Electrical and Computer Engineering, Chungbuk National University

** CBNU BK21 Chungbuk Information Technology Center

Abstract - 본 논문에서는 얼굴, 지문 등의 생체특징을 안전하게 은닉하고 효과적으로 은닉정보를 추출할 수 있는 웨이블렛 기반 워터마킹 기법을 제안한다. 제안된 방법은 웨이블렛을 이용하여 워터마크 삽입위치를 결정하고 웨이블렛 변환된 영상과 배경영상간의 차와 삽입위치 주변의 영상에 분산값을 이용해 퍼지 함수를 이용하여 적응적 가중치 값을 결정한다. 은닉된 워터마크 데이터는 워터마크가 삽입된 영상에 웨이블렛 변환을 적용하여 효과적으로 생체특징을 추출한다. 제안된 방법의 타당성을 검증하기 위하여 워터마크 데이터인 생체특징의 은닉 전과 후의 특성분석과 워터마크 알고리즘이 생체 인식시스템에 미치는 영향을 평가하였다. 실험한 결과 제안된 방법은 효과적으로 생체정보를 은닉하고 생체인식률의 저하 없이 효과적으로 생체정보를 보호할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

1. 서 론

최근 정보통신 기술이 급속히 발달함에 따라 인간의 삶의 질은 향상되어 가고 있지만, 컴퓨터 간 정보의 불법 복제 및 삭제, 불법 정보유출 등에 의한 사회적 손실도 증가하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 변경되거나 분실할 위험성이 없는 신분 검증 기법인 생체인식 기술이 각광을 받고 있다.

하지만 생체정보가 분실되었을 경우 비밀번호나 ID처럼 변경이 어렵다는 치명적인 단점을 지니고 있다. 이런 이유로 생체인식시스템의 개발에도 불구하고 사용자도 하여금 생체정보의 유출에 따른 문제로 생체정보의 데이터베이스화 하거나 온라인상에서 생체정보의 사용을 꺼려하고 있는 추세다. 이와 같이 생체정보의 유출 및 불법적 사용에 대한 문제점을 해결하기 위하여 생체정보를 은닉하여 불법 사용자가 은닉된 생체데이터에 접근하지 못하도록 하는 워터마킹에 대한 연구가 진행되고 있다.

생체정보의 은닉을 위한 연구 분야의 선두주자인 Jain 등은 지문 영상에 얼굴정보를 삽입할 수 있는 지문 영상 워터마킹기법을 제시하였다[1]. 이 기법은 얼굴의 특징인 고유 얼굴을 지문 영상에 워터마크로써 삽입한 후, 복원된 얼굴 영상은 얼굴 확인에 이용될 수 있음을 제안하였으나, 시스템 차원에서의 얼굴인증은 시도하지 않았다. 또한, 워터마킹에 따른 지문 영상과 지문 특징의 변형정도를 실험결과로 제시하였으나, 지문 및 복원된 얼굴 인식에 대한 실험은 제시되지 않았다.

일반적인 디지털 워터마킹 관점에서는 생체의 정보가 아닌 디지털 콘텐츠 보호를 위한 이진화된 영상만을 사용함으로써 은닉될 정보의 양이 생체정보에 비해 극히 적으므로 다양한 방법들을 이용하여 우수한 성능을 보이는 기법들이 제안되어 적용되고 있다[2].

본 논문에서는 웨이블렛 다해상도 기법을 이용한 생체정보의 안전한 은닉 및 복원기법을 제안한다. 제안된 방법은 생체정보가 아닌 이진화 영상에 대하여 Liu 등이 제안한 워터마킹 방법을 생체정보에 적용함과 동시에 생체정보의 은닉 및 복원에 효과적이도록 워터마킹 방법을 개선하였다. 제안된 방법은 얼굴 인식 시스템과 지문 인식 시스템의 단일, 다중 생체 인식 시스템에 적용하여 유용성을 평가한다.

그림 1에서는 본 논문에서 실험한 워터마킹 기법을 이용한 다중 생체 인식시스템을 구성도로 나타냈다. 그림 1에서 보는 바와 같이 본 논문에서는 원본 영상과 은닉할 생체특징으로 얼굴, 지문의 생체정보를 고려하였다. 은닉하고자하는 얼굴의 특징을 추출하기 위해 본 논문에서는 Fuzzy LDA 기법을 사용하였으며, 지문 특징은 체인코드 컨투어 기법에 의해 산출된 실수형의 특징값을 이용하였다[3][4]. 워터마크 추출과정에서는 웨이블렛 기반 삽입 알고리즘을 통하여 이진값을 갖는 워터마크 데이터를 추출한 후 생체인증을 위하여 십진수의 값을 갖도록 십진화 과정을 수행한다.

추출과정에서는 비밀전송망을 통하여 전송된 워터마크 삽입위치정보 및 최대정보 비트정보를 이용한다. 다중생체 인식시스템은 워터마크가 삽입된 생체 영상과 워터마크가 삽입된 지문 영상을 이용한 융합기법 중 가중치합 방법을 적용하여 최종 인증이 수행된다.

본 논문에서는 이진영상의 은닉 및 복원을 위한 워터마킹 기법을 제안한 Liu 방법을 개선하여 생체정보의 은닉 및 복원을 위한 워터마킹 기법을 제안한다. Liu의 방법을 단계별로 살펴보면 다음과 같다[5][6].

- [단계 1] 원 영상(X)를 1-레벨 웨이블렛 변환한다.
- [단계 2] 고주파부분의 서브밴드(LH1, HL1, HH1)계수를 0으로 바꾼다.
- [단계 3] 고주파부분을 제거한 값을 역 웨이블렛 변환을 하여 기준 영상(X')를 만든다.
- [단계 4] 원본 영상(X)과 기준 영상(X')간의 차를 계산한다.
- [단계 5] 랜덤하게 결정된 삽입위치에 아래와 같은 식 (1)을 이용해 워터마크를 삽입하게 되며, 가중치 a는 다음 식 (2)에 따라 결정된다.

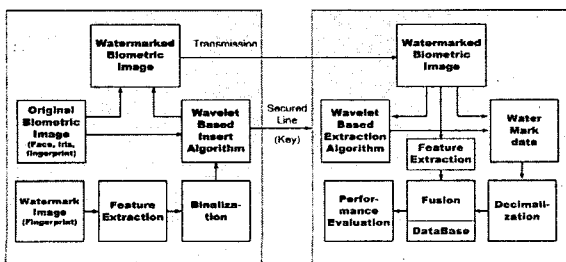
$$X_w(idx(i, j)) = \left. \begin{matrix} x'(idx(i, j)) + \alpha \\ \text{if } w(k) = 1 \text{ and } s < x'(idx(i, j)) - x'(idx(i, j)) < t \\ x'(idx(i, j)) - \alpha \\ \text{if } w(k) = -1 \text{ and } s < x'(idx(i, j)) - x(idx(i, j)) < t \end{matrix} \right\} \quad (1)$$

$$\alpha = \delta((s+t)/2) \quad (2)$$

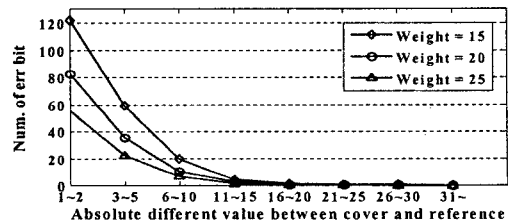
이러한 워터마크 삽입 방법을 본 논문에서 적용하기 위해서는 몇 가지 선행되어야 하는 과정이 존재한다. 우선적으로 생체 특징 데이터는 실수형의 데이터임으로 워터마크 데이터로 삽입하기 위해서는 우선적으로 -1과 1의 값을 갖도록 이진화 과정이 수행된다. 생체정보를 일정 N비트로 이진화할 경우 생체데이터에 손실이 있을 수 있으며, 이로 인해 복원율에도 악영향을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 생체정보의 크기에 맞는 가변 비트형 생체 정보 이진화 방법을 사용하였다. 실수형의 생체 데이터를 이진화하는데 필요한 최소 비트 자리정보 N_{bit} 는 식 (3)에 의해 구해지며, 이 때 최소 비트 자리정보 N_{bit} 는 생체정보 복원시 인증키로 작용된다. 식 (3)에서 $f(k)$ 는 정규화된 생체 데이터의 값을 나타내고, N은 양의 정수를 나타낸다.

$$N_{bit} = \begin{cases} N+1 & \text{if } N+1 \geq \frac{\log(|f(k)|)}{\log(2)} > N \\ N & \text{if } \frac{\log(|f(k)|)}{\log(2)} = N \end{cases} \quad (3)$$

2. 웨이블렛을 이용한 생체정보의 은닉 및 복원 기술



〈그림 1〉 워터마킹 기법을 이용한 다중생체 인식 시스템



〈그림 2〉 절대값 차이와 가중치 값에 따른 에러비트의 평균값

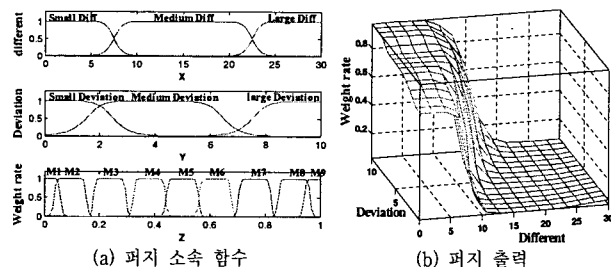
또한, 본 논문에서는 워터마크 삽입 시 가중치 값을 나타내는 α 값을 정하기 위하여 원본 영상과 기준 영상간의 차이 특성과 워터마크가 삽입된 위치 주변의 영상에 분산값을 이용하여 적용적으로 설정하였다. 즉, Liu 등은 식 (1)에서 보는 바와 같이 주어진 조건을 만족하는 픽셀 정보에 대한 원본 영상과 기준 영상과의 차이를 이용하여 고정된 α 값을 설정하였다. 그러나 그림 2에서와 같이 원본 영상과 기준 영상과의 차이가 큰 경우에는 가중치 값을 작게 설정해도 복원에는 영향을 미치지 않는다. 이와 반대로 원본 영상과 기준 영상의 차이가 작을 경우에는 상대적으로 큰 가중치 값을 부여하는 것이 효과적이다.

또한 Jain이 주장한 것과 같이 가중치를 결정하는데 있어 워터마크가 삽입된 위치 주변의 영상에 분산 값이 클수록 가중치 값 역시 큰 값을 설정하는 것이 복원에 유리하다[1].

따라서 제안된 방법은 이러한 영상간 차를 이용한 가중치와 삽입위치 주변 영상의 분산값을 이용해 그림 3에 나타난 퍼지 멤버십 함수를 이용하여 영상에 적용적인 가중치 α 값을 결정한다.

퍼지 모델은 "if-then" 형태의 제어 규칙과 각각의 제어 규칙에 해당하는 룰 베이스를 기반으로 하고 있다. 퍼지 제어 방법은 일반적인 gbellmf를 사용하였고, 퍼지 추론은 Mamdani's Method(min-max method)를 사용하였다[7]. 그림 3(a)에 X와 Y는 입력으로 삽입된 위치의 영상간 차와 주변영상의 분산을 통해 들어오는 값을 삼각법을 사용하여 각 3개의 변수를 사용하여 나타내었고 Z는 출력으로 9개의 변수로 나타내었다. 비퍼지화 과정은 무게 중심법을 사용하였다. 그림 3(b)에 출력 결과값은 가중치 적용비율 k 값이며, 식 (4)에 의해 제안된 적용적 가중치 α 값은 시스템의 절대적 가중치 (W)와 퍼지 함수로 얻어진 가중치 적용 비율(k)의 곱으로 얻어진다.

$$\alpha = W * k \quad (4)$$



(a) 퍼지 소속 함수 (b) 퍼지 출력
〈그림 3〉 가중치를 결정하기 위한 퍼지 모델

〈표 1〉 추론 규칙

different / Deviation	Small	Medium	Large
Small	M ₃	M ₄	M ₉
Medium	M ₂	M ₅	M ₈
Large	M ₁	M ₆	M ₇

워터마크 기법을 제안한 Liu 등은 은닉하고자 하는 워터마크 데이터에 중점을 가질 뿐 원본 영상을 사용하지는 않는다. 그러나 본 논문에서는 워터마크가 삽입된 영상정보를 이용하여 생체 인증 시스템을 구축한다. 이런 경우 고조파가 제거된 저주파 정보만을 이용하여 생체 인식 시스템을 구축할 경우 인식률이 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기준 영상에 워터마크를 삽입한 Liu의 방법과 달리 원본 영상에 워터마크 데이터를 삽입하였다.

워터마크 삽입 후에 은닉된 워터마크 데이터 추출과정은 Liu의 방법을 적용하였으며, 복원과정을 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

[단계 1] 워터마크된 이미지(Xw)를 1-레벨 웨이블릿 변환한다.

[단계 2] 고주파부분의 서브밴드(LH1, HL1, HH1)계수를 0으로 바꾼다.

[단계 3] 고주파부분을 제거한 값을 역 웨이블릿 변환을 하여 레퍼런스 이미지(X')를 만든다.

[단계 4] 원 영상(X)와 기준 영상(X')간의 차를 계산한다.

[단계 5] 전달받은 Key와 아래 식 (5)을 이용해 워터마크 데이터를 추출한다.

$$w'(k) = \begin{cases} 1 & \text{if } X_w(\text{idc}(i,j)) \geq X_w'(\text{idc}(i,j)) \\ -1 & \text{if } X_w(\text{idc}(i,j)) < X_w'(\text{idc}(i,j)) \end{cases} \quad (5)$$

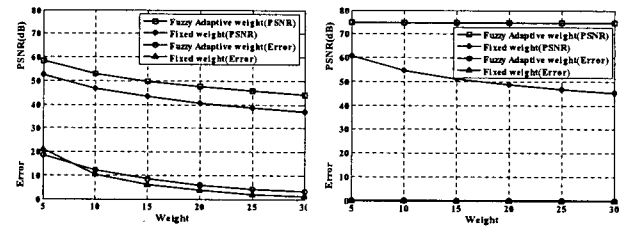
3. 실험 및 결과

제안된 워터마크 알고리즘 성능을 평가하기 위하여 포항공대 얼굴 DB와 충북대 지문 DB를 사용하였다. 제안된 워터마크 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험 방법은 다음과 같이 2 경우를 고려한다.

Case 1) 얼굴 영상에 지문 특징값을 은닉한 경우

Case 2) 지문 영상에 얼굴 특징값을 은닉한 경우

그림 4에서는 가중치 부여 방법에 따른 평균 PSNR과 오차 비트의 평균 수를 나타내었다. 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 지문 특징값이 삽입된 얼굴 영상의 경우에는 적용적 가중치 방법을 적용한 방법이 기존의 방법에 비하여 우수한 것으로 나타났다. 그림 4(b)의 얼굴 특징값이 삽입된 지문 영상의 결과에 경우 오차 비트수는 큰 차이를 보이지 않았지만, 비가시성 측면에서는 적용적 가중치 부여 방법이 더 효과적인 것으로 나타났다.



(a) 얼굴영상(지문 특징) (b) 지문영상(얼굴 특징)
〈그림 4〉 절대적 차이와 가중치 값에 따른 에러비트의 평균값

표 2에서는 워터마크 데이터와 워터마크가 삽입된 영상을 이용한 실험 결과를 나타내었다. 실험방법은 ①워터마크를 적용하지 않은 경우, ②얼굴 영상에 지문 특징값을 은닉한 경우, ③ 지문영상에 얼굴 특징값을 은닉한 경우 등 세 가지 실험방법을 고려하였다. 표 2에서 보는 바와 같이 얼굴 영상과 얼굴 특징의 경우 워터마크 삽입 여부에 의해 차이가 발생하지 않았다. 지문인식의 경우에는 워터마크를 삽입하지 않은 경우 인식률이 93.33%, 얼굴에 삽입 및 추출된 지문 특징값을 적용한 경우 90.00%, 얼굴 특징값이 삽입된 지문 영상의 경우 86.67%로 나타나 지문 영상의 경우에는 워터마크 삽입에 따라 인식률이 저하된 것으로 나타났다. 그러나 생체정보는 은닉된 생체영상과 은닉된 생체 특징값을 융합한 방법에서는 워터마크를 적용하지 않은 방법과 비교하여 인식률이 저조하게 나타나지는 않았다. 이 결과로부터 본 논문에서 제안된 워터마크 알고리즘과 다중 생체인식시스템 구현 방법의 타당성을 확인 할 수 있다.

〈표 2〉 다중 생체 워터마크의 인식률

Cover image	Face	Fingerprint	Fusion	PSNR
No watermark	82.67%	93.33%	98.67%	-
Face(Fingerprint)	82.67%	90.00%	99.33%	48.72
Fingerprint(Face)	82.67%	86.67%	98.67%	69.51

4. 결 론

본 논문에서는 생체인식에 있어서 가장 취약점으로 나타날 수 있는 생체 데이터의 유출에 대한 대책의 한 방법으로 워터마크기법을 이용한 생체정보 보호를 제안 하였다. 일반적인 디지털 워터마크기법과 달리 원본 영상을 생체 데이터의 이미지를 사용하여 실험하였다. 삽입 이전의 생체특징 인식률과 추출후의 인식률 비교와 생체정보 삽입이전의 생체이미지와 생체정보가 은닉된 생체이미지간의 인식률 비교를 통해 성능을 평가하였다.

제안된 방법을 얼굴과 지문특징을 이용한 단일 생체인식시스템과 원본 영상으로 사용된 생체데이터를 이용한 다중생체인식시스템에 적용하여 실험한 결과, 워터마크 데이터로 사용된 특징의 단일 생체인식 시스템의 경우 인식률이 저하되는 것으로 나타났지만, 원본 영상으로 사용된 생체이미지와 추출된 생체특징을 이용한 다중 생체인식 시스템의 경우, 정보의 유출 가능성이 있는 은닉기법을 적용하지 않은 경우와 동일한 인식률을 나타내어 제안된 방법은 생체정보의 은닉을 위한 효과적인 방법인 것으로 나타났다. 또한, 자연 영상에 생체정보를 은닉하더라도 워터마크의 중요한 지표 중의 하나인 비가시성 측면에서도 효과적임을 확인할 수 있었다.

〈참 고 문 헌〉

- Anil K. Jain, Umut Uludag, "Hiding Biometric Data", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 11, 2003.
- 김태해, 정승환, 정용화, 문대성, 문기영, "워터마크 기법을 이용한 생체 정보 보호", 정보보호학회지, Vol. 15, No. 6, pp. 31-40, 2005.
- Keun-Chang Kwak, Witold Pedrycz, Hyoun-Joo Go, Myung-Geun Chun, "Fuzzy Aggregation Method Using Fisherface and Wavelet Decomposition for Face Recognition", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 8, No. 4, 2004.
- Zhixin Shi, Venu Govindaraju, "A chaincode based scheme for fingerprint feature extraction", Pattern Recognition Letters Volume 27, Issue 5, pp. 462-468, 2006.
- Jiang-Lung Liu, Der-Chyuan Lou, Ming-Chang Chang and Hao-Kuan Tso, "A robust watermarking scheme using self-reference image", Computer Standards & Interfaces, Vol 28, Issue 3, pp. 356-367, 2006.
- Sanghyun Joo, Youngho Suh, Jaeho Shin, Hisakazu Kikuchi, and Sung Joon Cho, "A New Robust Watermark Embedding into Wavelet DC Components", ETRI Journal, Vol.24, No.5, pp. 401-404, 2002.
- J. R. Jang, C. T. Sun, E. Mixutani, Neuro-Fuzzy and Soft Computing, Prentice Hall, pp. 74-81, 1997.