

논문 2009-04-27

고속의 홍채인식을 위한 USN기반의 임베디드 시스템 구현

(Implementation of Embedded System for a Fast Iris Identification Based on USN)

김 신 홍*, 김 식

(Shin-Hong Kim, Shik Kim)

Abstract : Iris recognition is a biometric technology which can identify a person using the iris pattern. Recently, using iris information is used in many fields such as access control and information security. But Perform complex operations to extract features of the iris. Because high-end hardware for real-time iris recognition is required. This paper is appropriate for the embedded environment using local gradient histogram embedded system with iris feature extraction methods based on USN(Ubiquitous Sensor Network). Experimental results show that the performance of proposed method is comparable to existing methods using Gabor transform noticeably improves recognition performance and it is noted that the processing time of the local gradient histogram transform is much faster than that of the existing method and rotation was also a strong attribute.

Keywords : Biometrics, Iris recognition, Gradient histogram, Embedded system

1. 서 론

사용자를 인식하는 생체인식기술(Biometrics)에는 지문, 얼굴, 정맥, 목소리, 홍채 등 사람마다 다른 특징을 인식시켜 패스워드로 활용하는 것이다. 즉 지문, 얼굴, 홍채 등 인간의 신체적 특징이나 걸음걸이, 서명 등의 행동적 특징을 자동화된 장비로 측정하여 개인 식별의 수단으로 활용하는 모든 것을 가리킨다. 이중 홍채 인식은 사람마다 고유한 특성을 가진 안구의 홍채정보를 이용하는 것으로 데이터의 신뢰성, 불변성, 인식률 면에서 지문 또는 얼굴인식에 비해 가장 발전한 보안시스템이다. 또한 지문이나 정맥인식과는 달리 신체접촉 없이 인식이 가능하다. 홍채는 복잡한 패턴을 가지고 있고 외부적인 상해로 인한 변형이 없고 평생 불변이라는 특

징을 가지고 있다. 홍채의 장점을 이용한 연구는 지금까지 Dugman[1], Wildes[2], Boles[3]등에 의해 활발한 연구가 수행되어 왔다. 1993년에 영국 캠브리지 대학의 J. Daugman에 의해 2차원 가버(Gabor) 변환을 기반으로 하여 홍채코드를 256바이트로 해밍(Hamming) 부호한 결과를 특징으로 사용하는 알고리즘으로 제안되었으며 현재 상용화된 제품들은 이 알고리즘에 기반을 두고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 Dugman이 제안한 가버(Gabor)변환을 이용한 특징추출 방법은 인식성능 면에서는 우수하지만 특징 추출 속도가 느리다는 단점이 있다. Boles이 제안한 웨이블릿(Wavelet)변환의 영교차점을 이용한 홍채특징추출 방법은 홍채마다 영교차점(zero-crossing)의 개수가 달라 일관성 있는 신호 추출방법이 필요하다는 단점이 있다. 효율적인 홍채특징 추출기법이 많이 연구 되었음에도 불구하고 대부분의 시스템이 가버 웨이블릿 변환과 같은 많은 수학적 연산을 요하는 알고리즘을 사용하고 있어, 일반 PC환경이 아닌 저사양 임베디드(Embedded) 환경에서는 하드웨어 지원이 극히 제한적이기 때문에 실시간 홍채인식시스템 구현이

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2009. 10. 29., 수정일 : 2009. 12. 24.,

채택확정 : 2009. 12. 27.

김신홍 : 주성대학

김 식 : 세명대학교 정보통신학부

어렵다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 저사양의 임베디드 환경에 적합한 국부적 그래디언트 방향 히스토그램(local gradient orientation histogram)홍채 특징 추출 알고리즘을 제안하였다. 그래디언트의 방향[4]은 조명의 변화에 강인하며 빠른 특징 추출이 가능한 특성 때문에 국부적 그래디언트의 방향을 이용한 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)나 GLOH(Gradient Location Orientation Histogram)와 같은 지역서술자(local descriptor)들이 패턴인식의 다양한 분야에서 사용되어 왔다[5][6]. 국부적 그래디언트 방향 히스토그램 방법은 홍채를 지역적 특징을 반영할 수 있도록 작은 블록으로 분할한 후 각 영역에서 그래디언트 방향의 히스토그램을 구하여 이를 각 영역에 대한 기술자로 사용하는 방법이다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 국부적 그래디언트 방향 히스토그램을 이용한 특징 추출 방법 그리고 3장에서는 CASIA 데이터베이스에 대한 실험 결과 고찰을 통해 제안하는 방법의 성능을 평가하고 4장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구방향에 대하여 언급한다.

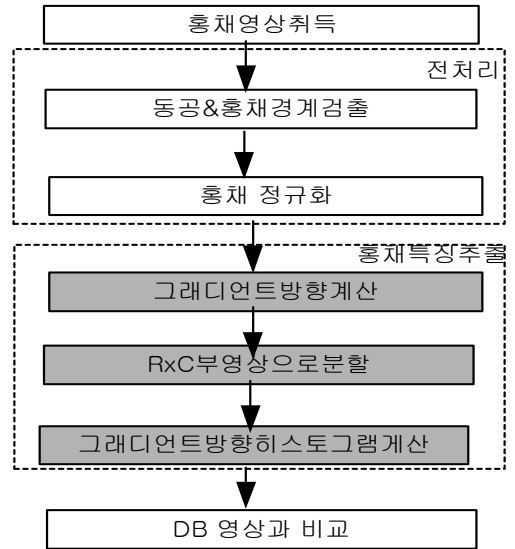


그림 1. 홍채 특징 추출방법
Fig 1. Iris feature extraction method

$$p = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x}, \quad q = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \quad (1)$$

이 때 그래디언트 벡터의 방향 ϕ 는 식 (2)와 같다.

$$\phi = \arctan\left(\frac{q}{p}\right) \quad (2)$$

ϕ 의 범위는 $[0, 2\pi]$ 이며 그래디언트 벡터의 방향은 영상의 밝기와 대비의 변화에 강인한 특성을 지닌다[7][8]. 그래디언트 방향 히스토그램은 다음 과정을 통해 구해진다.

1) 정규화된 홍채 영상 $f_{x,y}$ 에 대해 평균값이 (0,0)이고, 표준편차($\sigma=1.5$)인 가우시안 블러를 적용하여 부드러운 영상 $G_{x,y}$ 는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$G_{x,y} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

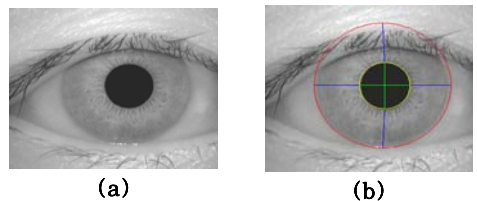
II. 제안된 홍채 특징 추출 알고리즘

1. 전체 흐름도

본 논문에서 제안하는 방법은 그림 1과 같이 입력홍채 영상의 동공과 홍채 영역을 검출하고 검출된 홍채 영역을 직교 좌표계로 정규화 한다. 정규화된 영역을 대상으로 그래디언트 방향을 계산한다. 이렇게 구해진 그래디언트 방향 영상을 가로 C, 세로 R개로 분할하여 $R \times C$ 개의 부영상(sub-image)으로 나눈후 각 부영상별로 각각의 픽셀들이 가지는 그래디언트 방향을 각도에 따른 1차원 히스토그램으로 만든다. 이렇게 만들어진 히스토그램을 B개의 요소를 가지는 하나의 벡터로 표현한다면 홍채는 각 부영상 마다 1개의 벡터로 대응되어 총 $R \times C$ 개의 벡터로 기술될 수 있다.

2. 국부적 그래디언트 방향 히스토그램을 이용한 홍채특징 추출

영상 $f_{x,y}$ 의 그래디언트 벡터 $[p, q]^T$ 는 식 (1)과 같이 정의 된다.



(a)

(b)

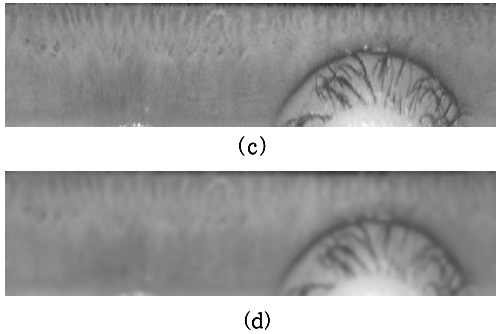


그림 2. 홍채 영상의 전처리 (a)원본 영상, (b)동공&홍채 경계검출, (c)홍채 영상의 정규화, (d) 블러드된 홍채 영상
 Fig. 2. Iris preprocessing (a) original image, (b) pupil&iris border extraction, (c) normalization of iris image, (d) blurred iris image

2) 영상 $G_{x,y}$ 에 소벨 연산자를 적용하여 각 픽셀의 그래디언트 벡터 방향을 계산한다. 정규화된 홍채에 대해 각 픽셀에서 구한 그래디언트 벡터 방향($0^\circ \sim 360^\circ$)을 나타내면 다음과 같다.

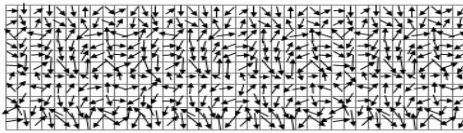


그림 3. 홍채 영상의 그래디언트 방향
 Fig. 3. Gradient of iris image

3) 그래디언트 벡터 방향을 HSI 컬러 스페이스의 색상(Hue) ($0^\circ \sim 360^\circ$)으로 대응시켜 나타낸 그림이다.

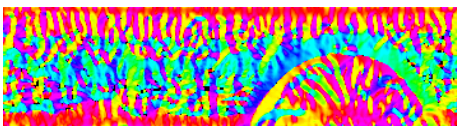


그림 4. 그래디언트 방향의 색상 대응 영상
 Fig. 4. Color mapping image of gradient

4) 3)에서 구해진 그래디언트 벡터 방향 영상을 가로방향으로 C개, 세로방향으로 R개로 분할하여 $R \times C$ 개의 부영상(sub-image)으로 나누고, 각 부영상에서의 그래디언트 방향 히스토그램을 구한다. 각 부영상별로 각각의 픽셀들이 가지는 그래디언트

방향은 0° 에서 360° 의 범위를 가지므로 360° 을 B개의 구간으로 나누어 $360/B^\circ$ 간격을 하나의 빈(bin)으로 하여 총 B개의 빈을 가지는 1차원 히스토그램으로 만든다. 이렇게 만들어진 히스토그램을 B개의 요소를 가지는 하나의 벡터로 표현한다면 홍채는 각 부영상마다 1개의 벡터로 대응되어 총 $R \times C$ 개의 벡터로 기술될 수 있다.

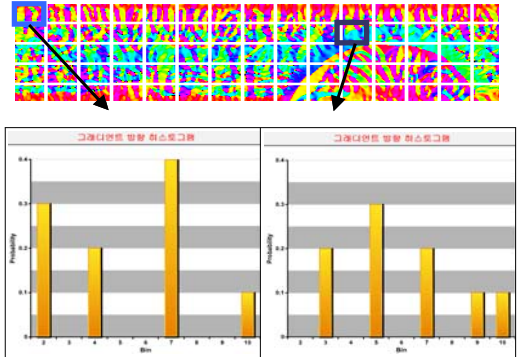


그림 5. 부영상으로 분할된 홍채와 계산된 그래디언트 방향 히스토그램

Fig. 5. Iris partition sub image and gradient histogram

홍채간 비교는 MAD(Mean Absolute Difference)를 이용하여 식(4)와 같이 특징벡터간 거리 유클리드 디스턴스 d를 구하여 수행된다.

$$d(I_{DB}, I_Q) = \frac{1}{RC} \sum_j \sum_j |\vec{v}_{DB}(i, j) - \vec{v}_Q(i, j)| \quad (4)$$

4) 여기서 I_{DB} 와 I_Q 는 각각 기준영상과 입력 영상의 정규화된 홍채를 의미하고, $\vec{v}(i, j)$ 는 홍채의 (i, j) 위치의 부영상의 히스토그램을 의미한다.

3. 그래디언트 방향 히스토그램의 홍채 회전제 대한 강인성

그래디언트 방향 히스토그램은 영상을 분할하는 방법이 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 즉 분할 개수를 줄여 분할된 영역의 면적이 넓어지면 홍채의 회전이나 동공의 수축, 확장으로 발생할 수 있는 홍채 무늬의 지역적 변화에 강한 특성을 지니게 되지만 분할 면적이 너무 커지면 홍채가 가지는 지역적 특성을 반영하지 못하기 때문에 서로 다른 홍채간의 변별력이 떨어져 타인의 홍채를 등록인의 홍

채로 오인하는 FAR(False Accept Rate)이 높아지는 결과로 나타나 성능이 떨어지게 된다. 따라서 적절한 크기로 정규화된 홍채를 분할하는 것이 중요한 문제이다.

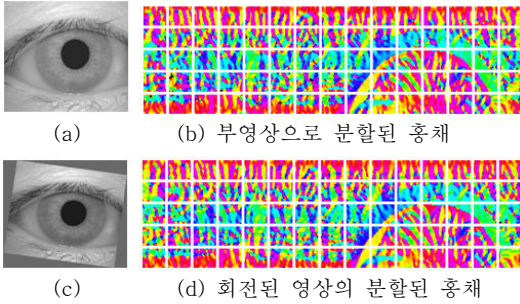


그림 6. 입력 영상과 부영상으로 분할된 홍채 영상
Fig. 6. Input image and Iris sub image

그림 6에서 알 수 있듯이 입력 영상이 회전되는 경우 정규화된 홍채는 수평방향으로의 이동으로 나타나게 된다. 히스토그램을 특징으로 사용하는 경우 이러한 수평이동에 대해 강인한 특성을 보인다.

III. 구현

1. 시스템 구성도

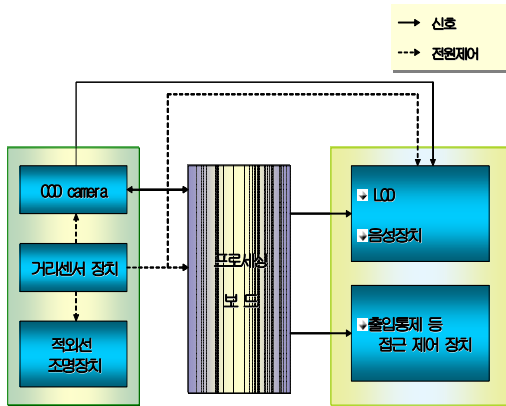


그림 7. 개발환경 구성도
Fig. 7. Structure of development environment

그림 7은 USN 기반의 홍채인식 임베디드 시스템 구성도이다. 프로세서보드와 출입통제 장치와는 USN을 이용한 통신방식이다. 그림 8은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 이용하여 독립형 출입통제

시스템 메인화면이다. 홍채인식 시스템은 사용자등록, 사용자 인식, 환경설정 기능으로 구성된다. 그림 9는 USN 기반의 임베디드 시스템 구현 결과이다. 사용자가 홍채인식이 성공이 되면 USN을 이용하여 출입통제가 작동이 된다.



그림 8. 메인화면
Fig. 8. Main window



그림 9. USN 기반의 홍채인식 임베디드 시스템
Fig. 9. Iris Identification embedded system based on USN

IV. 결론

본 논문에서는 국부적 그래디언트 방향 히스토그램을 이용하여 임베디드 환경에 적합한 고속의 홍채특징 추출 방법을 제안하였다. 그리고 저사양의 임베디드 환경에 적합한 국부적 그래디언트 히스토그램을 이용한 홍채 특징 추출 방법을 사용하여 USN기반의 임베디드 시스템을 구현하였다. 그래디언트 방향은 조명의 밝기나 대비에 무관한 특성을 보였으며 그 히스토그램은 정규화된 홍채를 적절한 크기로 분할하는 경우 회전에도 강인한 특성을 보였다. 향후 연구과제로, 그래디언트 방향 히스토그램의 인식 성능을 저하시키지 않으면서 특징량을 줄일 수 있는 표현 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] J. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.15, No.11, pp. 1148-1161, Nov. 1993.

[2] R. Wildes, "Iris recognition: an emerging biometric technology", Proceedings of the IEEE, Vol.85, pp. 1348-1363, Sep. 1997.

[3] W. Boles, and B. Boashah, "A Human identification technique using images of the iris and wavelet transform", IEEE Trans. on Signal Processing, Vol.46, pp. 1185-1188, Apr. 1998.

[4] W. Freeman, M. Roth, "Orientation histograms for hand gesture recognition", In International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, 1995.

[5] D. Lowe, "Distinctive image features from scale invariant key points", In International Journal of Computer Vision, Vol.60, pp. 91-100, 2004.

[6] K. Mikolajczyk, C. Schmid. "Indexing based on scale invariant interest points", In Proceedings of International Conference on Computer Vision, pp. 525-531, Jul. 2001.

[7] Z. Sun, Y. Wang, T. Tan, J. Cui, "Robust direction estimation of gradient vector field for iris recognition", 17th ICPR, 2004.

[8] J. Daugman, G. Williams, "A proposed standard for biometric decidability", In Card TechSecureTech, pp. 223-224, Atlanta, GA, 1996.

[9] Y. Wang, J. Han, "Iris recognition using independent component analysis", Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics, pp. 18-21, 2005.

[10] <http://www.sinobiometrics.com>.

저 자 소 개

김 신 흥



1986년 울산대학교
전자계산학과 학사.
1990년 인하대학교
전자계산기공학과 석사.
2005년 충남대학교
컴퓨터공학과 박사.

1991년 이태리 알라니아 스파지오 연구원.
1999년 ETRI 무선방송연구소 선임연구원.
현재, 주성대학 교수.
관심분야: 생체인식, 임베디드 소프트웨어, IT융합.
Email: kshong@jsc.ac.kr

김 식



1978년 경북대학교
전자과 학사.
1991년 Texas A&M
컴퓨터공학과 석사.
2002년 오카야마 현립대
정보통신학 박사.

현재, 세명대 정보통신학부 교수.
관심분야: 임베디드 소프트웨어, Robotics Control.
Email: shikm@semyung.ac.kr