선박USN 출입관리를 위한 2차원 Gabor 필터를 이용한 정맥 인식 방법에 관한 연구

정회원 최 명 수*, 이 성 로*, 준회원 신 상 우**, 정회원 장 경 식**, 정 민 아***

A Study of Vein Identification System using 2D-Gabor Filter for the Vessel USN Entrance/Exit Management

Myeong-soo Choi*, Seong-ro Lee*, ***Regular Members***, Sang-woo Sin** ***Associate Member***, Kyung-sik Jang**, Min-a Jung*** ***Regular Members***

요 약

본 논문에서는 여객용 선박에서 사람의 출입을 편리하게 관리할 수 있는 손등 정맥 패턴을 이용한 생체인식시스템에 관한 연구를 하였다. 선박USN 환경에 적용 가능한 방법으로 손등 정맥패턴을 이용한 생체인식 방법을 선택하였고 2차원 Gabor 필터를 사용하여 전처리과정의 성능을 크게 향상시켰다. 패턴 정합을 이용하여 측정한 FAR(False Acceptance Rate)과 FRR(False Rejection Rate)로 성능을 비교한 결과 기존의 고역통과 방법에 비해 오류 발생 확률을 크게 낮추었다. 그로 인하여 정맥 인식을 사용하는데 있어서 보다 높은 보안과, 오류로 인한 사용상의 불편함을 줄일 수 있었기 때문에 선박USN 환경에서 사람의 출입을 관리하는데 적용 타당성을 검증하였다.

Key Words : Biometrics system, Hand vein pattern, Gabor filtering, Vessel USN, High pass filtering

ABSTRACT

In this paper, we propose the biometrics system using hand vein pattern. This system is for management about person's entrance/exit in vessel USN. we select the biometrics method using hand vein pattern as adoptable method to vessel USN environment. Our experimental results show that preprocessing using two dimensional gabor filter achieves performance improvements over high pass filtering. Also, we compared our method with measured FAR(False Acceptance Rate) and FRR(False Rejection Rate) using pattern matching, the results show low error rate over high pass filtering. As a result, we verify the adoptability of biometrics system using hand vein pattern in management of person's entrance/exit in vessel.

Ⅰ. 서 론

여객용 선박에 USN을 적용하여 선박의 안전운항과 관리에 필요한 시스템 개발이 크게 요구되고 있다. 본 논문은 여객용 선박에서 사람의 출입을 편리하게 관리할 수 있는 생체인식시스템에 관한 연구를 하였다. 그림1에서 보듯이 node_0은 사람의 정맥을 인식하는 센서노드로서 출입시 손등의 정맥 영상과 이름을 획득하여 번호를 부여하고 이를 메모리에 저장하며, node_1, ..., node_N-1은 부여된

※ 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다[1차년도 사업].
* 목포대학교 정보전자공학전공 디지털통신 연구실 (mschoi, srlee@mokpo.ac.kr),
** 한국기술교육대학교 정보기술공학부 컴퓨터공학전공 (s1012sc, ksjang@kut.ac.kr)
*** 목포대학교 컴퓨터교육과 (majung@mokpo.ac.kr)
논문번호 : KICS2007-10-448, 접수일자 : 2007년 10월 5일, 최종논문접수일자 : 2007년 11월 23일

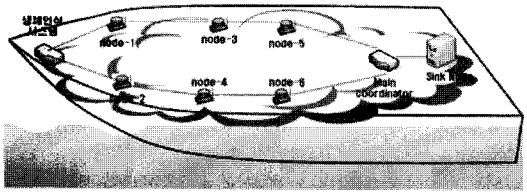


그림 1. 선박USN 환경의 생체인식시스템

번호와 이름을 싱크노드인 node_N에 전달한다. 싱크노드 node_N에서는 출입에 관련된 상세한 기록들은 보관 관리한다.

선박USN 환경에서 출입 관리를 위한 생체인식시스템을 개발하는데 있어 기초연구로 지금까지의 연구를 요약하면 다음과 같다. 기존의 생체인식 방법들 중 대표적인 방법으로 지문과 홍채의 패턴을 이용한 방법을 들 수 있다. 그러나 지문의 경우는 지문 영상을 획득하는 과정에서 영상의 품질 저하로 인해 잦은 오류가 발생하는 부분이 가장 큰 단점으로 지적되고 있고, 홍채의 경우는 눈을 스캐너에 바짝 붙어야 하는 방법 때문에 사용자들로부터 거부감을 발생시킨다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결할 대안으로 최근 관심을 받고 있는 방법들 중 하나가 정맥의 패턴을 이용한 인식 방법이다.

정맥인식의 방법으로는 손가락 정맥, 손바닥 정맥, 손등 정맥을 이용한 방법이 있다. 손가락 정맥을 이용한 방법은 일본 HITACHI에서 상품화한 것으로 손가락 위에서 적외선 LED로 빛을 비추고 아래 면에서 CCD 카메라를 이용하여 손가락을 지나는 정맥 영상을 얻는 방법이다[1]. 이 방법은 손바닥, 손등 정맥에 비해 정맥의 방향이 손가락 방향과 비슷한 방향성을 갖는다는 특성이 있고, 정맥이 매우 가늘고 밀집되어 있다는 특징이 있다. 다음은 일본 Fujitsu에서는 상품화한 손바닥의 정맥 패턴을 이용하는 방법인데 특징은 손가락에 비하여 정맥이 넓게 분포해 있고 비 접촉식으로 구현되어 있다는 특징이 있다[2]. 마지막은 한국 테크스피어에서 상품화한 손등 정맥의 패턴을 이용하는 방법인데 이 방법은 손바닥 정맥과 마찬가지로 넓은 영역에 걸쳐 정맥이 분포 해 있으며, 눈으로 확인할 수 있을 정도로 정맥이 뚜렷하게 보이는 특성이 있어서 다른 방법에 비해 비교적 정맥 패턴을 추출하기 쉽다는 장점이 있다[3]. 이러한 이유로 선박USN 환경에서 적용 가능한 방법으로 손등 정맥 패턴을 이용한 생체인식 방법을 선택하여 그 성능을 향상시키는 Gabor 필터를 사용하는 방법에 관한 연구를 하였다.

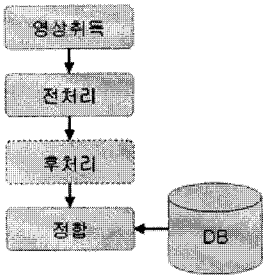


그림 2. 생체인식 과정

Ⅱ. 관련 연구

생체인식 과정은 그림 2에서와 같이 센서 또는 카메라로부터 영상정보를 가져오는 영상획득과정, 획득한 영상을 개선하고 특징을 강조하는 전처리과정, 개선된 영상에서 특징을 추출하는 후처리과정, 추출한 특징과 기존의 DB에 저장되어 있는 특징을 비교하는 정합과정으로 나눌 수 있다.

이 과정 중 전처리 과정은 생체인식의 정확도에 큰 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 그 방법 중 하나로 영상을 여러 개의 작은 블록으로 나누고 각각의 블록에 서로 다른 임계값을 적용하여 이진화하는 방법이 있다[4]. 이 방법은 시간이 적게 소요되는 장점이 있는 반면에 잡음이 포함된 영상이나 고르지 못한 조명에서의 카메라 영상과 같은 경우에 성능이 매우 취약하다. 또한 정맥의 경우에는 정맥이 비어있는 공간이 존재하기 때문에 적절히 판단하여 그에 맞는 처리를 해야 한다는 문제점이 있다. 방향성 필터를 이용하는 방법의 경우에는 영상의 방향 특성을 향상시키는 능력은 우수하지만, 계산량이 많아 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다[5]. 영상을 여러 블록으로 나눈 다음 Fourier 변환을 하여 주파수 영역에서 자기 상관관계를 이용하는 방법도 있는데, 이 방법은 지역적으로 선형성을 갖는 지문의 경우는 매우 유용한 방법일 수 있으나 방향이 불규칙적이며 평행하지 않은 분기 또는 교차가 많이 발생하는 정맥과 같은 경우에는 적합하지 않다[6-10].

정맥인식과 관련된 연구에서 전처리 과정 중 가장 간단이 사용할 수 있는 방법으로 고역통과 필터링 방법이 있다[3]. 이는 영상의 밝기 변화가 크게 일어나는 부분만을 추출하는 필터링 방법이다. 이 방법은 손등의 정맥 영상을 이용한 생체인식 시스템으로 상품화 되어 이미 사용되고 있다. 이 과정은 저역통과 필터링, 고역통과 필터링, 임계값에 의한

영상 이진화, 중간값 필터링 또는 팽창 및 침식의 단계로 다시 나누고 있다. 여기서 저역통과 필터는 노이즈로 인해 거칠어진 영상을 고르게 하기 위한 역할을 하고, 고역통과 필터는 밝기의 변화가 큰 부분만을 통과 시키는 역할을 한다. 이 영상은 이진화 과정을 거치게 되면 정맥이 존재하는 부분만을 추출할 수 있다. 이렇게 추출된 정맥 영상은 마지막으로 손등의 체모 또는 불규칙한 지방층으로 인하여 생기는 잡영을 제거하기 위하여 중간값 필터링 또는 팽창 및 침식 과정을 거치게 된다. 이러한 전처리 과정을 거쳐 얻어진 영상은 정합 과정을 통하여 인증의 성공 및 실패를 결정하게 된다.

생체인식의 정합 방법은 크게 패턴정합과 특징점 비교로 나눌 수 있다. 패턴정합은 DB의 기록된 패턴과 새롭게 입력된 패턴을 픽셀단위로 직접 비교하는 방법으로 많은 비교연산이 필요하기 때문에 시간은 오래 걸리는 단점이 있다. 하지만 구현이 쉽고 후처리 과정이 필요하지 않아 많은 비교연산에도 불구하고 오히려 더 빠른 성능을 보일 수 있다. 특징점 비교는 후처리 과정을 통해 패턴의 특징들을 추출하여 비교하는 방법이다. 이 방법은 일반적으로 비교시간이 짧다는 장점이 있는 반면 구현하기가 어렵고 특징을 찾기 위해 후처리 과정이 필요하다는 단점이 있다. 대표적인 방법으로 지문의 경우 융선의 중심점의 형태와 융선의 끊어짐, 분기와 같은 특징을 조합하여 비교하는 방법이 있다. 하지만 지문의 경우에는 그러한 특징의 수가 많지 않아 후처리 과정에서 특징점을 하나라도 놓치는 경우에 매우 큰 영향을 미칠 수 있어 적합하지 않다.

Ⅲ. Gabor 필터를 이용한 전처리

3.1 Gabor 필터를 이용한 전처리 과정

정맥 영상에 대한 전처리 과정의 핵심은 "영상으로부터 정맥영역을 얼마나 잘 분리해낼 수 있는가?"이다. 정맥영상의 주요 특징으로는 다른 부분에 비해 정맥이 있는 영역의 영상이 상대적으로 어둡게 나타나기 때문에 밝기의 변화가 크게 나타난다는 것이다. 이러한 특징을 이용하여 정맥 영상을 추출할 경우, 영상 취득과정에서 조명이 고르지 못하거나 카메라 렌즈의 특성상 영상의 외곽 부분이 어둡게 나타나는 Vignetting 현상이 발생할 경우 특정 영역 전체가 정맥영역으로 나타나는 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 밝기의 변화가 큰 영역을 찾아내는 방법으로 원본 영상에서 정맥영역을 추출

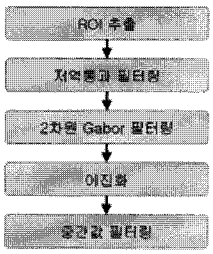


그림 3. Gabor 필터를 사용한 전처리 과정

그림 4. 원본 정맥 영상으로부터 ROI영역 추출

하는 방법이 더욱 효과적이다. 본 연구에서는 사인파적 특성과 가우시안 특성을 모두 갖추어 방향에 따른 영상의 밝기 변화를 추출해 내는데 좋은 특성을 가진 2차원 Gabor 필터를 사용하였다.

Gabor 필터를 이용한 전처리 과정은 그림 3에서와 같이 ROI(Region Of Interest) 추출, 저역통과 필터링, 2차원 Gabor 필터링, 이진화, 중간값 필터링 단계로 구성되어 있다. 여기서 ROI 추출은 그림 4에서와 같이 취득된 영상으로부터 주변부를 제외한 중앙의 실제 정맥이 있는 영역만을 잘라내는 단계이다. 저역통과 필터링은 잡음을 제거하기 위한 단계로 카메라 특성으로 인하여 발생하는 노이즈에 의한 잡음을 제거하는데 효과적이다. 이 영상은 다시 Gabor 필터링 과정을 거쳐 손등 영상에서 정맥을 강조하는 역할을 한다. 다음으로 이진화 과정에서 손등으로부터 정맥만을 추출하고 중간값 필터를 이용하여 노이즈로 인해 끊어진 부분이나 잡음을 제거한다.

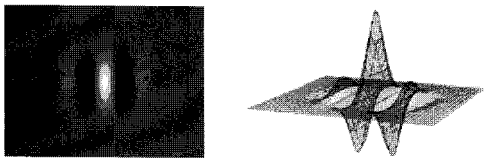
3.2 Gabor 필터의 특성

본 연구에서 사용한 2차원 Gabor filter의 기본 함수는 (1)과 같다[7].

$$g_{\lambda,\theta,\varphi,\sigma,\gamma}(x,y)=\exp(-\frac{x'^2+\gamma^2y'^2}{2\sigma^2})\times\cos(2\pi\frac{x'}{\lambda}+\varphi) \quad (1)$$

$$x' = x\cos\theta+y\sin\theta$$
$$y' = -x\sin\theta+y\cos\theta$$

여기서, x와 y는 Gabor 필터의 중심점을 기준으로 각각 x축과 y축으로의 거리를 나타내며, θ는 Gabor 필터의 방향이다. 이 θ의 크기를 조절하여 영상으로부터 강조하고자 하는 방향성을 위한 Gabor



(a) (b)

그림 5. 2D Gabor filter의 평면영상(a)과 입체영상(b)

필터를 생성할 수 있다. 그림 5는 (1)을 이용하여 0° 방향으로 추출한 Gabor 필터 영상을 보여준다. 이렇게 추출한 필터를 통과한 영상은 필터의 방향과 수직 방향으로의 밝기 변화가 강조되어진다. 따라서 필터와 같은 방향으로의 정맥 특성 추출을 가능하게 한다.

3.3 Gabor 필터를 이용한 정맥 추출

3.2에서 설명한 Gabor의 특성을 이용하면 원하는 방향으로의 정맥 특성을 강조시킬 수 있다. 이러한 Gabor 필터를 정맥 영상에 여러 방향으로 적용하여 정맥의 특성을 강조할 수 있다. 본 연구에서는 22.5° 간격의 8개 방향으로 Gabor 필터를 정맥 영상에 적용하여 정맥 특성을 강조하였다. 그림 6은 카메라에서 획득한 정맥영상을 8개 방향으로 2차원 Gabor 필터를 적용하는 과정과 최종적으로 얻어진 결과영상을 보여주고 있다.

이러한 결과영상으로부터 이진화 과정을 거쳐 생체인식에 사용될 수 있는 정맥영상을 추출할 수 있다. 그림 7은 위의 Gabor 필터를 적용한 결과영상에 대해 이진화 과정을 거친 후 얻어진 이진화 정맥 영상을 보여주고 있다.

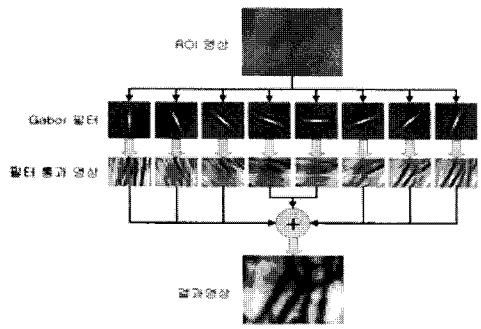


그림 6. 8방향 Gabor 필터링 및 결과영상

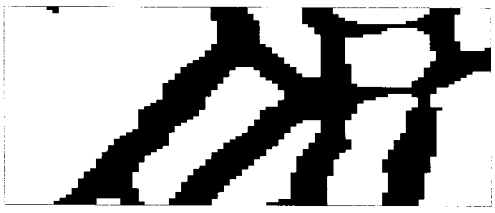


그림 7. 이진화 정맥 영상

Ⅳ. 실험 결과

성능 평가를 위하여 그림 8에서와 같이 손등 정맥 영상에 대해 기존의 방법과 Gabor 필터를 이용한 방법을 써서 전처리를 거친 후 동일한 패턴 정합 과정을 거쳐 FAR과 FRR 결과를 비교 분석하였다. 이때 사용한 영상은 암실의 역할을 하는 경통을 만들고 손등을 경통에 밀착시킨 후 경통 안에서 적외선 LED를 조명으로 하여 흑백 NTSC 방식의 CCD 카메라와 TW85를 사용하여 영상을 획득하였다.

이러한 방법으로 총 84개의 서로 다른 손등으로부터 각각 10회씩 촬영하여 총 840개의 영상을 취득하였다. 이들 영상으로부터 주변부분의 필요 없는 영역을 잘라내어 ROI를 추출하였다. 이렇게 취득한 영상은 각각 기존의 전처리 방법 중 이미 정맥인식에서 사용되어온 고역통과필터를 사용한 방법과 본 논문에서 제안하는 Gabor 필터를 사용한 방법으로 전처리 과정을 거쳐 변환을 하였다. 그리고 각각의 영상과 다른 손등의 영상들을 정합한 결과로 FAR을 측정하였고, 같은 손등의 영상들 중 같은 영상을 제외한 9개의 영상들과 정합한 결과로 FRR을 측정하였다. 정합 방법으로는 손등 정맥인식 장비에 이미 적용된 바 있는 패턴 정합방법을 사용하였다. 각 측정값은 총 840×(840-10) = 697, 200번의 정합 과정을 거쳐 FAR을 계산하였고, 840×(10-1) = 7,560번의 정합을 거쳐 FRR을 계산하였다.

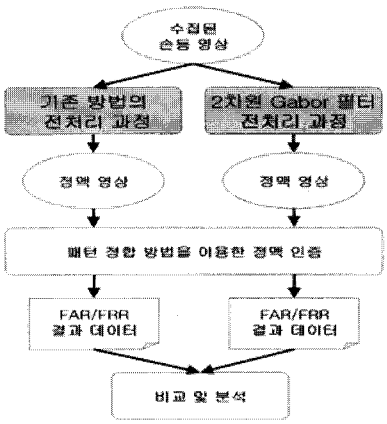


그림 8. 성능 비교 과정

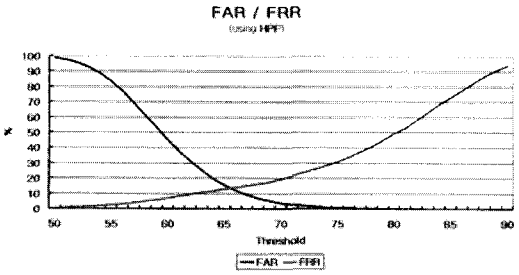


그림 9. 고역통과필터를 이용한 방법에서의 FAR 및 FRR

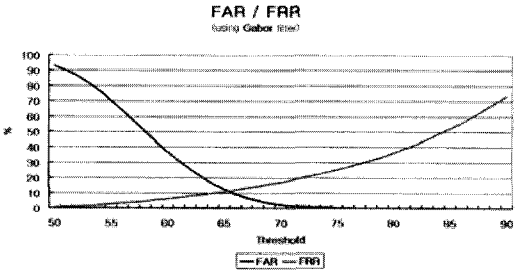


그림 10. Gabor 필터를 이용한 방법에서의 FAR 및 FRR

표 1. 오류 발생 확률 ( ) : 임계값 (단위 : %)

	EER	FMR100	FMR1000	ZeroFMR	ZeroFNMR
고역통과 필터	13.608956 (65.543304)	30.9921 (75)	49.2725 (80)	98.4921 (92)	99.95812 (46)
Gabor 필터	11.242860 (67.370337)	21.83862 (75)	31.3492 (78)	55.6614 (86)	99.3376 (44)

그림 9와 그림 10은 각각 고역통과필터를 사용한 방법과 Gabor 필터를 사용한 방법에서 FAR과 FRR을 나타낸 것이다. 이 결과를 보면 고역통과필터를 사용한 방법에 비해 Gabor 필터를 사용한 방법이 전체적으로 실패 확률이 낮다는 것을 확인할 수 있다.

또한, 표 1은 두 방법에서의 EER, FMR100, FMR 1000, ZeroFMR, ZeroFNMR을 비교한 것이다[11]. EER(Equal Error Rate)은 FAR과 FRR이 같아지는 임계값에서의 FAR 또는 FRR을 나타내고, FMR/ FNMR은 각각 FAR/FRR과 같은 의미이며, 100, 1000, Zero 각각 그 값이 1%이하, 0.1%이하, 0%가 되었을 때 그 반대 의미의 값을 의미한다. 즉, FMR100은 FMR이 1%이하가 되었을 때 FNMR의 값을 의미한다. 위의 결과에서도 전반적으로 Gabor 필터를 사용한 경우가 고역통과필터를 사용한 경우에 비해 적은 오류를 발생시키는 것을 확인할 수 있다. 특히 ZeroFMR의 경우 두 방법이 많은 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

그림 11과 그림 12는 고역통과필터를 사용하였을 때와 Gabor 필터를 사용하였을 때의 정합 결과 분포이다. 고역통과필터를 사용하였을 때, 정상적인 인증의 경우에는 평균이 77.5이고 비정상적인 인증의 경우에는 평균이 59.4인 것으로 나왔다. 반면에 Gabor 필터를 사용하였을 때, 정상적인 인증의 경우에는 평균이 81.0이고 비정상적인 인증의 경우에는 평균이 57.8인 것으로 나왔다. 이는 Gabor 필터를 사용한 경우가 고역통과 필터를 사용한 경우에 비하여 높은 변별력을 나타내는 것을 나타내고 있다. 하지만 Gabor 필터를 사용하는 경우 많은 연산으로 인하여 소요 시간이 크다는 점이 단점으로 지적되고 있다. 표 2는 고역통과필터와 Gabor 필터를 사용하였을 때 전처리 소요 시간을 측정한 것으로 이러한 단점을 잘 보여주고 있다. 이 테스트는 Pentium-M (Centrino) 1.6GHz, DDR 512MB의 노트북 PC에서 테스트 되었으며, 전처리과정에서 소요되어진 최대, 최소, 평균 시간을 측정하였다.

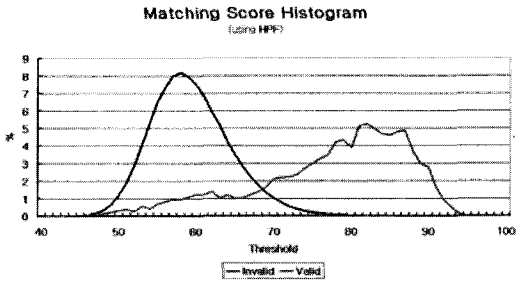


그림 11. 고역통과필터를 이용한 방법에서의 정합 결과 분포

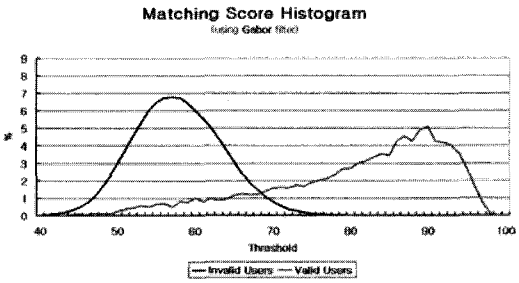


그림 12. Gabor 필터를 이용한 방법에서의 정합 결과 분포

표 2. 전처리 소요 시간 (단위 : 초)

	고역통과필터	Gabor 필터
최대시간	0.006	4.737
평균시간	0.003	4.7276
최소시간	0.001	4.716

실험결과를 토대로 전처리 소요시간은 고역통과필터 방법보다 Gabor 필터를 사용하는 방법이 매우 많이 걸리는 반면에 인식성능 측면에서는 전체적으로 실패 확률을 크게 낮춘다는 것을 알 수 있다.

종합적인 정리를 해보면, 선박USN 환경의 출입관리시스템에는 인식성능이 더 중요하다고 판단되기 때문에 Gabor 필터를 사용하는 방법이 더 적합한 방법이라는 것을 알 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 정맥인식에서 실제로 많이 사용되어 왔던 고역통과 필터를 사용하는 방법에 비해 2-D Gabor 필터를 사용하여 정합과정의 성공 확률을 향상시켰다. 그러나 Gabor 필터를 사용하는 경우 복잡한 연산으로 인해 시간이 많이 소요된다는 점을 발견할 수 있었다. 생체인식에서 인식성능과 인식속도는 매우 중요한 요소이다. 따라서 선박USN 출입관리시스템에 적용되기 위해서는 Gabor 필터의 처리 속도를 향상시킬 수 있는 알고리즘에 관한 연구가 향후 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Hitachi, Ltd. "Door-access-control System Based on Finger-vein Authentication", http://hitachi.com/rev/archive/2004/2006642_12604.html

[2] Masaki Watanabe, Toshio Endoh, Morito Shiohara, and Shigeru Sasaki, "Palm vein authentication technology and its applications", Fujitsu Laboratories Ltd., 1-1, Kamikodanaka 4-chome, Nakahara-ku, Kawasaki, 211-8588, Japan

[3] 최환수, "손등 혈관분포패턴을 이용한 생체인식 기술", *정보 과학회지*, 제19권, 제7호, 7. 2001.

[4] I. Emiroglu, and M. B. Akhan, "Pre-processing of fingerprint images", Security and Detection, ECOS 97., pp.147- 151, 1997.

[5] B. G. Sherlock, D. M. Monro, and K. Millard, "Fingerprint enhancement by directional Furier filtering", Vision, Image and Signal Processing, IEEE Proceedings, Vol. 141, pp. 87-94, Apr. 1994

[6] C. I. Watson, G. T. Gandela, and P. J. Grother, "Comparison of FFT Fingerprint Filtering Methods for Neural Network Classification", NIST, Technical Report NISTIR 5493, Sept. 1994.

[7] J.G. Daugman: Uncertainty relations for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters, Journal of the Optical Society of America A, 1985, vol. 2, pp. 1160-1169.

[8] Dario Maio, and D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints", IEEE Trans. Pattern Analy -sis Machie Intelligence, vol. 19, no. 1, pp.27-40, 1997.

[9] 심현보, 박영배, "Gabor 필터를 이용한 지문 인식", *정보처리학회논문지* B 제9-B권 제5호 (2002.10), pp.653-662.

[10] Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing: Classical and Modern Techniques in C", Prentice Hall PTR, Aug 6, 1996.

[11] http://bias.csr.unibo.it/fvc2006/perfeval.asp

최 명 수 (Myeong-soo Choi) 정회원

2000년 2월 목포대학교 전자공학과 졸업

2002년 2월 목포대학교 전자공학과 석사

2005년~현재 목포대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야> 디지털통신시스템, 무선통신분야(USN, 배열신호처리), 임베디드시스템, 생체인식시스템

이 성 로 (Seong-ro Lee) 정회원

1987년 2월 고려대학교 전자 공학과 졸업

1990년 2월 한국과학기술원 전기 및전자공학과 석사

1996년 8월 한국과학기술원 전기 및전자공학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교 정보공학부 정보전공학전공 부교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템, 생체인식시스템

신 상 우 (Sang-woo Sin) 준회원

2006년 2월 한국기술교육대학교 정보기술공학부 졸업

2006년 3월~현재 한국기술교육대학교 전기전자공학과 석사과정

<관심분야> 생체인식, 패턴인식

장 경 식 (Kyung-sik Jang) 정회원

1987년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업

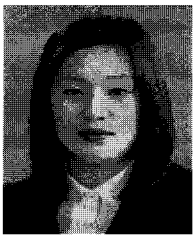
1989년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과 석사

1998년 2월 동경공업대학 전기전자공학전공 박사

1999년 3월~현재 한국기술 교육대학교 정보기술공학부 부교수

<관심분야> 임베디드시스템, 생체인식

정 민 아 (Min-a Jung) 정회원



1992년 2월 전남대학교 전산통계학과 졸업

1994년 2월 전남대학교 전산통계학과 석사

2002년 2월 전남대학교 전산통계학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교 컴퓨터교육과 조교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레메틱스), 임베디드시스템