

## 원거리 홍채인식 기술 동향

Technologies Trends for Iris Recognition at a Distance

고종국 (J.G. Ko)      영상보안연구실 선임연구원  
유장희 (J.H. Yoo)    영상보안연구실 실장

### 사이버 보안 기술 특집

- I. 서론
- II. 기술현황
- III. 주요 이슈
- IV. 결론

홍채인식 기술은 개인의 신체적 특징들 중에서 고유한 특징을 가진 홍채 정보를 이용하여 사람을 인식하는 기술이다. 높은 인식 성능을 가지는 기술이지만 사용자의 적극적 협조를 요구하는 불편함과 같이 해결해야 할 문제점을 가지고 있다. 최근에 이러한 문제점을 해결하기 위해 자연스러운 환경에서 홍채 정보를 획득하고 인식하는 원거리 홍채인식 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다. 원거리 홍채인식 기술은 수 미터 이상의 거리에서 비강압적 방식으로 홍채영상을 획득하여 인식하는 기술이다. 본고에서는 이러한 배경을 토대로 원거리 홍채인식 기술의 현황 및 관련 이슈에 관하여 살펴보고자 한다.

## 1. 서론

바이오 인식 기술은 미국의 9.11 사태 이후 그 확산 속도가 빨라졌고 전 세계적으로 전자여권, 전자 운전면허증, 선원 신분증 등에서 신분을 확인하는 핵심기술로 주목받고 있다. 기존에 많이 사용되었던 지문인식과 함께 최근 많은 주목을 받고 있는 것이 홍채인식이다.

홍채인식 기술은 동공과 흰자위 사이의 도넛 모양의 근육조직인 홍채 정보를 이용하여 사람을 인식하는 기술이다. 사람의 홍채는 18개월 이후 완성된 후 평생 변하지 않는 특성을 가지고 있다. 쌍둥이도 서로 다른 홍채 정보를 가지고 있고 각 사람의 왼쪽/오른쪽 눈도 서로 다른 홍채 정보를 가지고 있다. 이와 같이 홍채는 지문, 얼굴 등의 다른 바이오 정보들보다 더 많은 고유 패턴을 가지고 있는 특징이 있다. 또한, 지문과 같이 사용자에게 불편함을 주는 접촉을 통한 인식이 아닌 비접촉식 방식으로 인식이 이루어지는 장점이 있다.

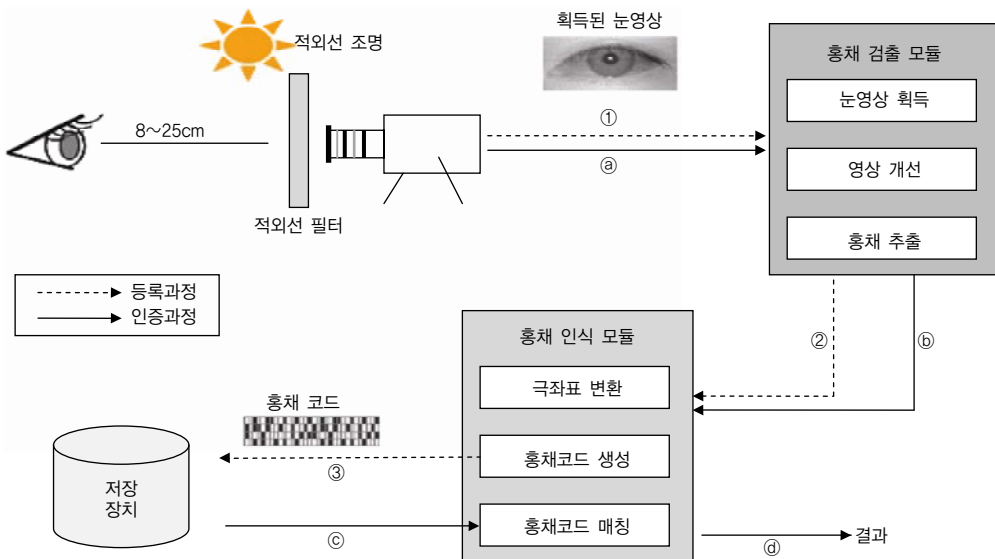
홍채인식 기술[1]은 (그림 1)과 같이 홍채 영상 획득, 홍채검출, 홍채인식으로 구성된다. 최근에 홍채인식 성능을 높이고 사용자의 편리성을 제공하기 위해서 홍채

영상 획득 기능의 중요성이 더욱더 높아졌다.

현재 보안시설의 출입통제로 널리 보급된 홍채인식은 인식 성능이 매우 높지만 사람이 홍채 카메라에 눈을 가까이 가져가고 협조적인 자세를 취해야만 하는 문제점들을 가지고 있다. 최근에 이러한 문제점들을 해결하고 홍채인식 기술이 좀 더 대중화가 되기 위한 노력들이 많이 진행되어 왔다.

수십 cm 이내 거리의 근접 환경에서 홍채 영상을 획득하는 기존 시스템에서 더 나아가 수 미터 거리에서의 홍채 영상을 획득할 수 있도록 개발이 이루어지고 있다. 또한, 원거리에서 있는 사용자의 홍채 정보를 획득할 뿐 아니라 걸어오는 사람의 얼굴 및 홍채 영상을 획득하여 홍채인식을 수행하는 기술도 개발되고 있다. 최근에는 협조적인 원거리 홍채인식에서 벗어나 비협조적인 원거리 환경에서의 홍채인식을 통한 지능형 영상 감시 시스템과의 결합으로 홍채인식의 확장이 이루어지고 있다.

본고에서는 이러한 기존 홍채인식 기술들의 문제점들을 해결하기 위한 최근 원거리 홍채인식 기술동향 및 관련된 주요 이슈들에 대해 살펴보고자 한다.



(그림 1) 홍채인식 개요도

## II. 기술현황

### 1. 출입문 환경의 원거리 홍채인식

출입문 환경의 원거리 홍채인식은 스피드 게이트, 공항, 항만 시설 등과 같이 많은 사람이 지나가는 출입구에 설치되어 1~3m 원거리에서 사람의 홍채 영상을 획득하여 인증하는 기술이다.

개인 인증을 위해 카메라에 근접하게 눈을 갖다 대는 기존의 상용제품들의 불편함을 해소하고 빠른 속도로 많은 사람들의 출입을 제어할 수 있는 장점을 가지고 있다. 대표적인 제품으로는 AOptix사의 AOptix InSight, Sarnoff사의 IOM(Iris On the Move), 파나소닉의 Walking-through Iris Identification System, 그리고 Global Rainmakers사의 HBOX 등이 있다(그림 2)참조).

AOptix 제품[2]은 1.5~2.5m 이내에서 있는 사람의 홍채 영상을 획득하여 2초 이내에 홍채인식을 수행한다. 사람의 키는 0.9m에서 1.9m까지 허용하도록 되어 있고 1m의 캡처 볼륨공간을 제공하기 위해 멀티 단계의 적응적 optics 기능을 제공하고 있다. 현재 미국, 중동, 유럽 지역의 공항 등에 설치되어 운용되고 있다.

Sarnoff사의 IOM 제품[3]은 고해상도 카메라(2,048 × 2,048 pixels)를 사용하여 카메라로부터 사람까지 3m 거리에서 홍채 영상을 획득하도록 되어 있어서 기존의 근거리 홍채인식 시스템의 문제점인 동작 거리를 증가시켜 주었고 사용자의 불편함을 덜어주는 환경을 제공

한다. 홍채 카메라는 캡처 볼륨이 20cm(w)×70cm(h)×10cm(d) 정도인 고정 초점 방식으로 동작한다. 다른 제품들과 달리 홍채 영상을 획득할 때 멈춰서야 할 필요 없이 걸어오는 과정에서 자연스럽게 홍채 영상을 획득하는 기능을 제공한다.

Global Rainmakers사의 HBOX[4]는 1.2m의 거리에서 사람의 홍채 영상을 획득하는 시스템으로 사람이 지나갈 때 위에 설치되어 있는 홍채 카메라를 쳐다보는 형태로 동작한다. 또한, HBOX는 높은 수준의 보안을 제공하기 위해 얼굴인식과 홍채인식을 수행하여 개인 인증을 수행하는 기능을 제공한다.

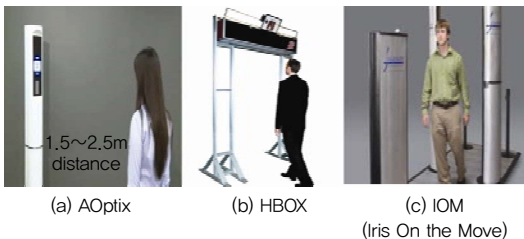
파나소닉의 Walking-through Iris Identification System 제품[5]은 1m의 거리에서 사람의 홍채 영상을 획득하는데 1m/sec 속도로 걸어오는 사람의 홍채 영상을 캡처하여 홍채인식을 수행한다.

### 2. Wide/PTZ 카메라 기반 원거리 홍채인식

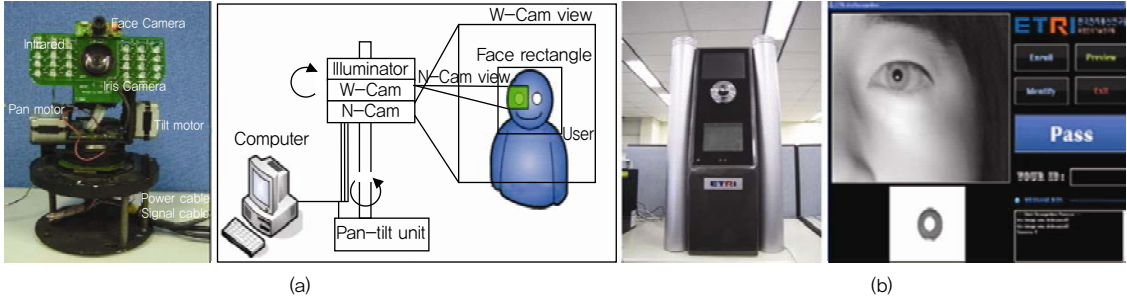
AOptix나 IOM과 같은 원거리 홍채인식 시스템은 고정 초점카메라 환경이기 때문에 홍채 영상을 획득할 수 있는 가능 범위가 특정 높이/넓이와 협소한 특정 깊이 값을 가지는 제한적 형태로 수행되는 문제가 있다. 이러한 문제를 개선하는 것으로 wide 카메라와 PTZ(Pan/Tilt/Zoom) 카메라를 연동하여 이용하는 기술들이 개발되었다. 이러한 방법에는 현대의 wide 카메라를 사용하여 PTZ를 제어하는 방식과 스테레오 카메라나 기타 장치를 이용하여 사람의 위치를 예측하고 PTZ 카메라를 제어하는 방식으로 나눌 수 있다.

한대의 WFOV(Wide Field Of View) 카메라를 이용하여 PTZ 카메라를 제어 시스템에는 미쯔비시의 MERL 시스템, CASIA(Chinese Academy of Sciences, Institute of Automation) 시스템, ETRI 시스템이 있다(그림 3) 참조).

MERL 시스템[6]은 팬-틸트 유닛에 WFOV 카메라와



(그림 2) 출입문 환경의 원거리 홍채인식 시스템 예



(그림 3) CASIA 원거리 홍채인식 시스템(a)과 ETRI 원거리 홍채인식 시스템(b)

고해상도의 NFOV(Narrow Field Of View)가 장착되어 있고 WFOV 카메라를 통해 얼굴 탐지를 수행하고 찾아진 눈 영역에 대해 NFOV 카메라로 홍채 영상을 획득하는 방식이다. 카메라와 얼굴까지의 거리 정보를 얻기 위해 레이저 파인더나 스테레오 기술을 사용하지 않고 WFOV 카메라에서 찾아진 얼굴의 특징점들에 대해 각 거리별로 학습을 수행한 정보를 이용하여 거리를 계산한다.

CASIA 시스템[7]은 저해상도를 가지는 WFOV 카메라와 NFOV 카메라를 팬-틸트 유닛에 설치하고 WFOV에서 얼굴을 찾고 눈 영역에서 홍채 영상을 획득하는 방식이다. WFOV 카메라의 중심점에 해당하는 reference point 정보와 NFOV 카메라를 동기화하여 홍채 영상을 획득하는 기능을 제공한다. 카메라로부터 0.9m 거리의 사람에 대한 홍채 영상을 획득하도록 되어 있는데 고해상도 카메라를 사용할 경우 그 거리는 확장될 것으로 보인다.

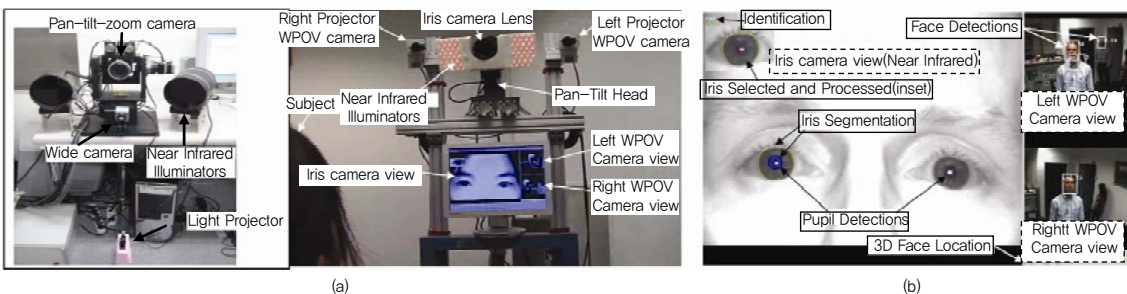
ETRI 원거리 홍채인식 시스템은 빔 스플리터를 사용

하여 하나의 렌즈를 통해 입력되는 영상에서 얼굴 영상과 홍채 영상을 획득하고 얼굴 및 홍채인식을 수행하며 최대 1m 거리에서의 인식이 이루어진다.

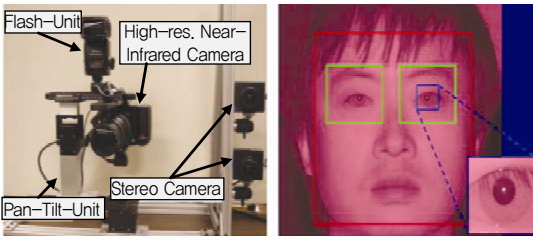
PTZ 제어를 위해 스테레오 카메라를 사용하는 시스템에는 GE Global Research 시스템과 쉐넬리 대학 시스템이 있고, Light Stripe Projector를 사용하여 사람의 위치 정보를 획득하는 시스템에는 연세대 BERC (Biometrics Engineering Research Center) 시스템이 있다(그림 4) 참조.

GE Global Research 시스템[8]은 두 대의 WFOV 카메라를 이용한 스테레오 정보를 가지고 얼굴을 찾아 3D 위치 정보를 생성한다. 이렇게 생성된 3D 정보를 기반으로 고해상도 NFOV 카메라의 팬-틸트 및 초점을 제어하여 홍채 영상을 획득한다. 카메라로부터 사람까지 최대 1.5m까지 사람의 홍채 영상을 획득 가능하고 다양한 사람의 키 크기를 허용한다.

연세대 BERC 시스템[9]은 사람의 3차원 위치 정보를 획득하기 위해 light projector를 사용하였다. 카메라로



(그림 4) PTZ 기반 BERC 원거리 홍채인식(a)과 GE Global Research 원거리 홍채인식 시스템(b)



(그림 5) 켄터키 대학 원거리 홍채인식 시스템

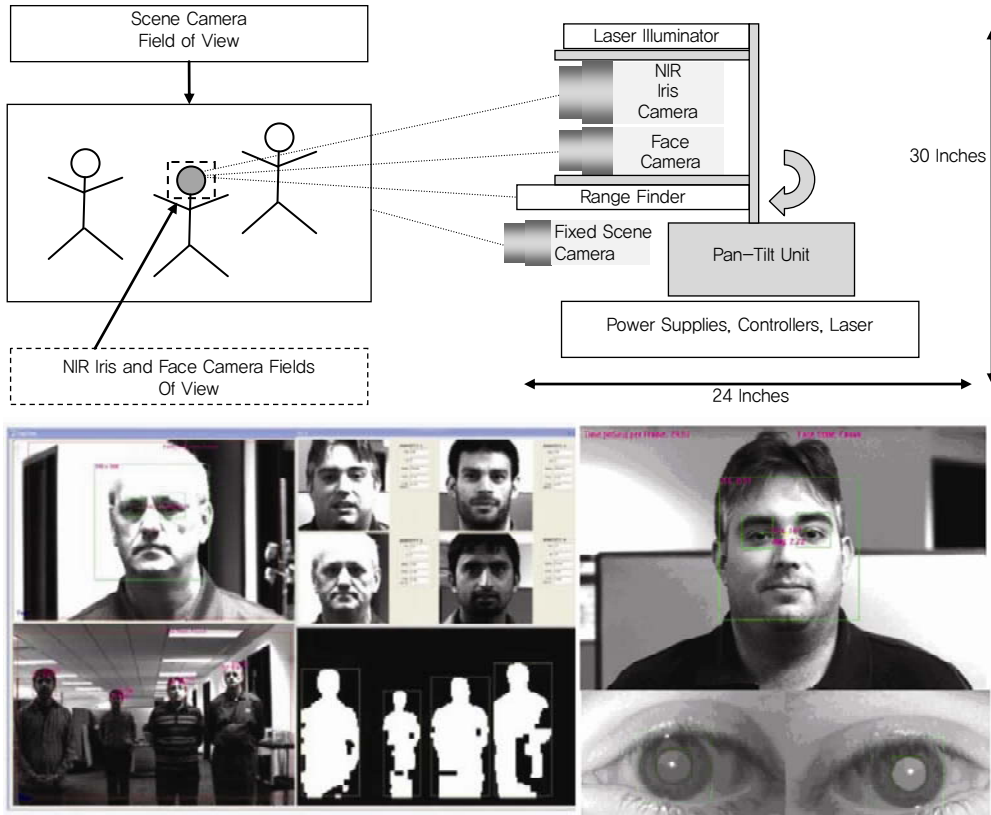
부터 최대 3m까지 사람의 홍채 영상을 획득할 수 있는데 캡처 볼륨은 120(w)×1m(h)×1.5m(d)로 구성되어 있어서 출입문환경의 원거리 홍채인식 시스템들 보다 좀 더 넓은 캡처 볼륨의 depth 공간을 제공한다. Wide 카메라는 사람의 다리부분에 생성된 light projector에서의 발생하는 라인 정보를 탐지하고 사람 얼굴 영역의 3D 위치의 수평/수직 위치 정보를 생성하여 팬-틸트 제어를 수행한다.

켄터키 대학[10]에서도 스테레오 카메라를 통해 사람의 3D 정보를 추적하고 이 정보를 기반으로 고해상도 PTZ 카메라를 제어하여 사람 얼굴영역에서 홍채 영상을 획득하는 시스템을 개발하고 있다(그림 5) 참조.

### 3. 비협조적 감시 환경의 원거리 홍채인식

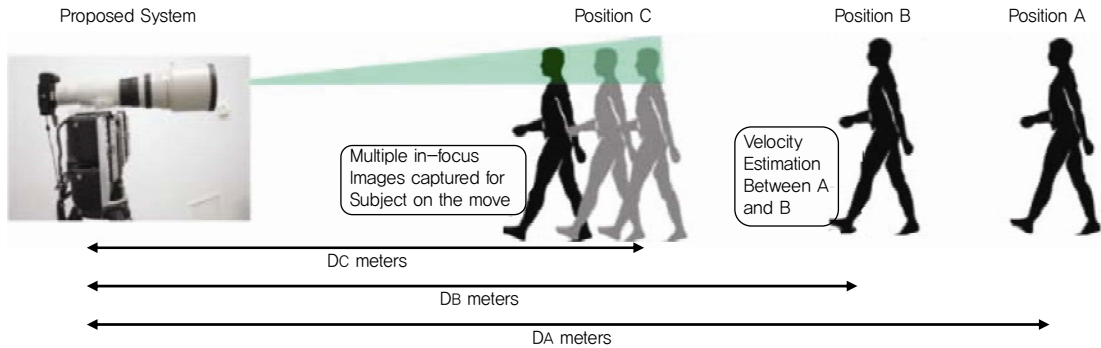
최근에는 영상 감시 환경에서 홍채인식의 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 비협조적 감시 환경의 원거리 홍채인식은 출입문 환경의 원거리 홍채인식(1~3m)이 아닌 비교적 비협조적인 환경에서 다수 사람들을 더 먼 거리에서 홍채인식이 가능하도록 하는 것이다.

대표적인 시스템으로는 카네기멜론 대학 시스템, Retica의 Eagle-Eyes 시스템, Honeywell사의 CFAIRS (Combined Face And Iris Recognition System) 시스템이 있다.



(그림 6) Retica의 Eagle-Eyes 시스템





(그림 7) 카네기멜론 대학의 원거리 홍채인식 시스템

Eagle-eyes 시스템[11]은 4대의 카메라(scene 카메라, 얼굴 카메라, left/right 홍채 카메라)로 구성되고 얼굴 카메라와 홍채 카메라는 rangefinder가 장착된 팬-틸트 유닛에 설치되어 있다. scene 카메라에서 다수 사람에 대해 검출하고 추적한 후 고해상도 얼굴 및 홍채 카메라를 통해 얼굴과 홍채 영상을 획득한다. Eagle-Eyes 시스템은 기존 시스템들 보다 넓은 캡처 볼륨(3m × 2m × 3m)을 제공하고 최대 6m까지 사람의 홍채 영상을 획득할 수 있다(그림 6) 참조).

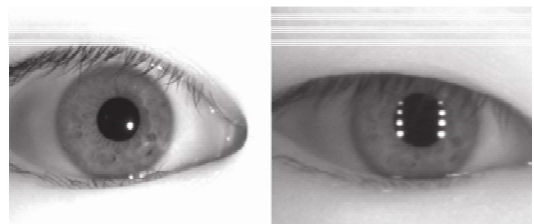
카네기멜론 대학 시스템[12]은 먼 거리의 홍채 영상 획득이 가능하도록 고해상도 카메라와 telephoto 렌즈를 사용하였다. 최대 12m 거리에 있는 사람의 홍채 영상을 획득할 수 있고 서있는 사람뿐만 아니라 걸어오는 사람의 홍채 영상을 획득하도록 개발되었다. (그림 7)과 같이 position A에서 position B 체크 포인트로 걸어오는 사람의 속도를 계산한 후 position C 부분에서 여러 장의 얼굴 영상을 획득하고 눈 영역에서 홍채 영상을 획득한다.

하니웰 시스템[13]은 다수 사람들의 얼굴과 홍채 영상을 획득하여 얼굴인식과 홍채인식을 수행하여 개인을 인식하는 기능을 제공한다. 이를 위해 사람 검출을 위한 WFOV 카메라, 사람 얼굴영상 획득을 위한 MFOV 카메라, 그리고 홍채 영상 획득을 위한 NFOV 카메라로 구성된다.

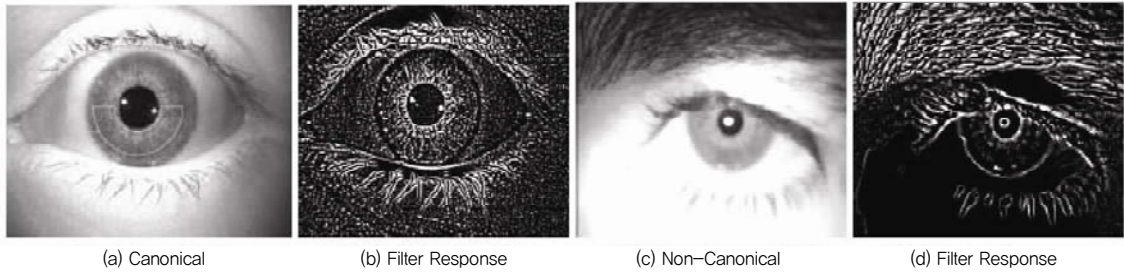
### III. 주요 이슈

원거리에서 비강압적으로 홍채 영상을 획득하는 것은 근거리의 강압적 홍채 영상획득에 비해 여러 가지 방해 요소들이 존재한다. 카메라 포커스, 적외선 조명, 사람의 움직임 및 시선 방향 등의 해결해야 할 요소들이 있다. 원거리에 있는 사람의 홍채 영상 획득 시 카메라 포커스가 틀리거나 사람의 움직임 등으로 인해 생기는 홍채 영상의 화질 저하는 인식성과 밀접한 관련이 있는 문제이다. (그림 8)과 같이 LG IrisAccess 4000에서 찍은 근거리 홍채 영상과 IOM에서 찍은 3m 원거리 홍채 영상은 화질에 차이를 보인다.[12]

홍채인식의 정확성을 위해 양질의 홍채 영상을 인식에 사용하기 위한 방법으로는 화질을 평가하여 좋은 홍채 영상을 선택하여 사용하는 방법과 카메라 DOF (Depth Of Field)를 증가시키는 방법 그리고 화질이 저하된 홍채 영상을 복원하는 방법으로 나눌 수 있다.



(그림 8) 근거리/원거리 홍채 영상 획득 결과



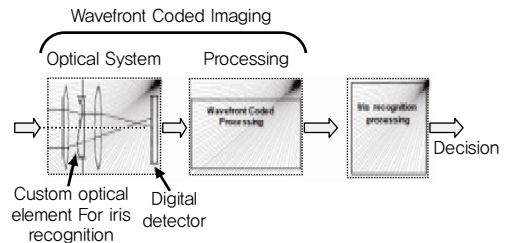
(그림 9) 초점 평가필터 적용 결과 화면

Nathan[14]은 홍채 영상을 저하시키는 세 가지 요소인 defocus blur, motion blur, 그리고 off-angle들에 대해 예측하는 방법들을 제안하였는데 이렇게 측정된 값을 가지고 화질이 좋지 않은 홍채 영상을 인식에 사용하지 않고 좋은 화질의 홍채 영상을 인식에 사용하여 인식 성능을 높일 수 있다. (그림 9)는 3가지 방해 요소들 중에서 defocus blur에 대한 결과를 보여주는데, (그림 9d) 그림은 blur로 인해 눈 영역에 대해 고주파 성분이 적음을 알 수 있다.

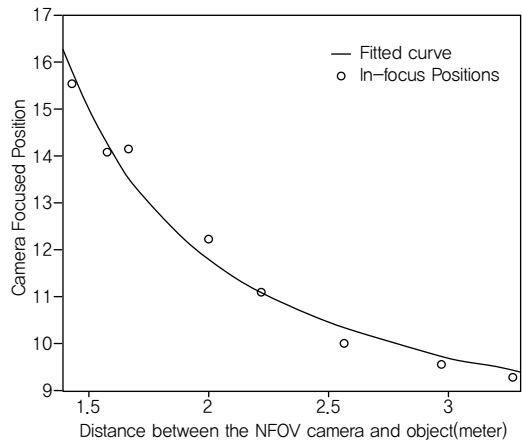
캡처 볼륨을 확장하기 위한 방법으로는 피사계의 심도를 깊어지게 하는 방법이 있는데 렌즈의 광학적 설계를 이용하거나 렌즈의 조리개를 닫는 방법을 통해 피사계 심도를 깊게 할 수 있다.

Wavefront coding 방법[15]은 피사계의 심도를 깊게 하기 위한 방법으로 홍채인식을 위해 한쪽 면은 비구면이고 다른 쪽은 평평한 면을 가지는 optical 요소들로 설계된 광학 시스템과 이를 통해 들어오는 영상의 왜곡을 보정하는 후처리를 통해 심도를 깊게 하는 방법을 제안하였다(그림 10 참조).

원거리 홍채인식을 위한 연세대 영상복원 방법 [16],[17]은 고정 초점 카메라에서 초점 값을 이용하여 영상의 흐려짐의 정도를 판단하고 흐려짐의 정도에 따라 미리 정의한 복원 계수를 선택함으로써 홍채 영상을 복원하는 방법을 제안하였고 X. Huang[18]은 고정 초점 카메라가 아닌 가변 초점 카메라 환경에서 카메라로



(그림 10) Wavefront Coding 방법



(그림 11) 실제 In-focus 위치와 예측위치 비교결과

부터 사람까지의 depth 정보를 이용한 영상 복원 방법을 제안하였다. 측정된 depth 정보를 기반으로 카메라 포커스 위치를 계산하고 예측된 포커스 위치 정보를 이용하여 홍채 영상을 캡처한다. (그림 11)은 실제 포커싱 되는 위치와 예측된 포커스 위치와의 관계를 보여주는 데 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

## IV. 결론

본고에서는 최근에 개인인증 기술로 많은 주목을 받는 원거리 홍채인식 기술의 현황 및 주요 이슈들에 대해 살펴보았다. 인식성능이 높은 홍채인식이 더 대중화되기 위한 노력으로 비강압적인 방식의 원거리 홍채인식 기술 개발이 많이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

또한, 원거리 홍채인식을 지원하기 위해서는 화질 좋은 홍채 영상을 획득하기 위해 해결되어야 할 여러 방해 요소들에 대해서도 살펴보았다.

최근에는 기존의 출입통제를 위한 홍채인식에서 벗어나 지능형 영상감시 분야에서 필요로 하는 원거리 홍채 인식으로 확장되어 나가는 추세를 보이고 있는데, 이를 지원하기 위해 일반 CCTV 환경과 같은 비협조적인 환경에서 비강압적으로 홍채 영상을 획득하는 기술의 발전이 많이 이루어져야 함을 알 수 있다.

### 용어해설

**캡처 볼륨** 홍채인식에 사용 가능한 홍채 템플릿을 생성할 수 있도록 홍채영상을 캡처 할 수 있는 공간영역

**빔 스플리터** 빔의 빛을 두 개 이상의 이미지로 쪼개도록 사용되는 카메라 내의 반사경 장치

**피사계 심도** 카메라 렌즈를 사용하여 피사체를 잡을 경우 카메라 렌즈에 형성되는 피사체의 상에 뚜렷하게 보일 수 있는 가장 가까운 거리와 가장 먼 거리 사이의 범위를 지칭. 특정 피사체에 초점을 맞추면 그 피사체 전후에 있는 피사체도 초점이 맞는 것으로 보임. 특정 피사체에서 먼 쪽에 초점이 맞는 것을 후방 피사계 심도, 카메라에 가까운 쪽에 초점이 맞는 것을 전방 피사계 심도라 하며 이 범위를 피사계 심도라 함.

### 약어 정리

BERC	Biometrics Engineering Research Center
CASIA	Chinese Academy of Sciences, Institute of Automation
CFAIRS	Combined Face And Iris Recognition System
DOF	Depth Of Field
ETRI	Electronics and Telecommunications Research Institute

IOM	Iris On the Move
NFOV	Narrow Field Of View
PTZ	Pan Tile Zoom
WFOV	Wide Field Of View

### 참고문헌

- [1] J.G. Ko et al., "A Novel and Efficient Feature Extraction Method for Iris Recognition," ETRI J., vol. 29, June 2007, pp. 399-401.
- [2] AOptix, "AOptix insight." <http://www.aoptix.com>
- [3] SRI International, "Iris On the Move," <http://www.sri.com>
- [4] Global Rainmakers, "HBOX." <http://www.fastcompany.com/1683302/iris-scanners-create-most-secure-city-world-welcome-big-brother>
- [5] L. Mine, "Panasonic's Biometric System Verifies Iris of Walking Person in 2 Seconds," Tech On, Aug. 9th, 2009.
- [6] G. Gui et al., "A System for Automatic Iris Capturing," TR2005-044, June 2005.
- [7] W. Dong et al., "Self-adaptive Iris Image Acquisition System," Proc. SPIE, vol. 6944, 2008, pp. 694406-694414.
- [8] F.W. Wheeler et al, "Stand-off Iris Recognition System," Sept. 29th, BTAS, 2008, pp. 1-7.
- [9] S. Yoon, and K.R. Park, and J. Kim, "Nonintrusive Iris Image Acquisition System Based on a Pan-Tilt-Zoom Camera and Light Stripe Projection," Optical Eng., vol. 48, no. 3, Mar. 2009, pp. 0378202-1-037820215.
- [10] R. Yang et al., "Wide-ara Rapid iris Image Capture with Pan-tile-zoom Cameras," University of Kentucky. <http://vis.uky.edu/~gravity/Research/iris/iris.html>
- [11] F. Bahshir et al., "Eagle-EyesTM: A System for Iris Recognition at a Distance," IEEE Conf. Technol. Homeland Security, Waltham, MA, USA, 2008, pp. 426-431.
- [12] S. Venugopalan et al., "Long Range Iris Acquisition System for Stationary and Mobile Subjects," Proc. IJCB, 2011, pp. 1-8.
- [13] Honeywell, "CFAIRS." <http://honeywell.com/Pages/Home.aspx>
- [14] N.D. Kalka et al., "Image Quality Assessment for Iris Biometric," SPIE Conf. Biometric Technologies Human Identification, vol. 6202, Apr. 2006, pp. 61020D-1 - 62020D-11.



- [15] R. Narayanswamy et al., "Extending the imaging volume for biometric iris recognition," *Appl. Opt.*, Feb. vol. 44, 2005, pp. 701-712.
- [16] 정호기, 서재규, 김재희, "생체인식을 이용한 지능형 감시 시스템," *전자공학회지*, vol. 36, no. 10, 2009, pp. 1074-1083.
- [17] B.J. Kang and K.R. Park, "Real-time Image Restoration for Iris Recognition Systems," *IEEE Trans. Systems, Man, Cybern. B, Cybern.*, vol. 37, Dec. 2007, pp. 1555-1566.
- [18] X. Huang, L. Ren, and R. Yang, "Image Deblurring for Less Intrusive Iris Capture," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vision Pattern Recognit.*, June 2009, pp. 1558-1565.