

Analysis of Continuous Authentication Technique Involving Combined Iris and Periocular Biometrics in A Metaverse Environment

메타버스 환경에서 홍채인식와 안구 주위 생체인식을 결합한 지속적 인증 기법 분석

JaeYeol Jeong¹, Geontae Noh²

정재열¹, 노건태²

¹ Professor, BK21 Four R&E Center for Cybersecurity, Korea University, Republic of Korea, blue7angels@korea.ac.kr

² Professor, Department of Big Data and Information Security, Seoul Cyber University, Republic of Korea, gnoh@iscu.ac.kr

Corresponding author: Geontae Noh

Abstract: With the increase in untactable services due to COVID-19, interest in the metaverse is growing, leading to the development of technologies to access it through VR devices. Accordingly, the importance of the security of metaverse is rising, and user authentication is one of the most important security concerns because metaverse continues to use the service with only one authentication. Iris authentication is the most suitable method for authentication because data is measured based on the unique characteristics of the user's iris. Small changes in the iris result in significant differentiation, and if an iris camera is attached to a VR device, obtaining an iris image becomes effortless. Therefore, when authentication needs to be performed only once, iris authentication is appropriate. However, iris authentication alone is insufficient for continuous security authentication. This is because it is difficult to keep your eyes open at all times to periodically generate iris images for continuous authentication. There is a high probability that noise is present when generating an iris image, which can affect the accuracy of authentication. At this time, periocular certification is required. Certification around the eye can be obtained from a long distance, with few restrictions on the cooperation of recognition subjects, even when some areas of the face are covered by helmets and masks. Therefore, this paper proposes a technique for continuous authentication using multiple biometrics, including iris and periocular biometric information. And the potential for utilization is shown through the experimental results from related studies..

Keywords: Metaverse, VR, Biometrics, Continuous Authentication, Iris Authentication, Periocular Biometric, Privacy

요약: 코로나19 이후에 비대면 서비스가 증가함에 따라 메타버스에 대한 관심이 증가하고 있으며, VR 기기를 이용하여 메타버스에 접속하는 기술들이 개발되고 있다. 이에 메타버스의 보안에 대한 중요성이 대두되고 있으며 메타버스에서는 인증 한 번으로 서비스를 계속 이용하기 때문에 사용자 인증이 중요한 보안 이슈 중 하나이다. 홍채 인증은 인증에 가장

Received: June 07, 2023; 1st Review Result: July 13, 2023; 2nd Review Result: August 14, 2023
Accepted: September 25, 2023

적합한 방법으로 사용자의 홍채의 특징을 바탕으로 데이터를 판단하고 홍채의 조그만 변화도 큰 차이를 만들며 VR 기기에 홍채 카메라를 탑재하면 홍채 이미지를 얻기 쉽다. 따라서 인증을 한 번만 할 경우에 홍채를 이용한 인증이 적합하다. 하지만 보안을 위해서 지속적으로 인증을 하기 위해서는 홍채 인증만으로는 부족하다. 왜냐하면 지속적 인증을 위해 홍채 이미지를 주기적으로 생성하는 데 눈을 항상 올바르게 뜨고 있기 어렵기 때문이다. 홍채 이미지 생성할 때 노이즈가 포함될 확률이 높으며 그러면 인증의 정확도가 떨어지게 된다. 이때 안구 주위 인증이 필요하다. 안구 주위 인증은 원거리에서 획득이 가능하기 때문에 인식 대상자의 협력에 대한 제약이 적고, 헬멧, 마스크 등으로 얼굴의 일부 영역이 가려진 상태에서도 획득이 가능한 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적인 다중 생체인증 기법을 제안하였다. 그리고 관련 연구들의 실험 결과를 통해서 제안하는 기법의 활용 가능성을 보여주었다.

핵심어: 메타버스, 가상현실, 생체인증, 지속적 인증, 홍채 인증, 안구 주위 인증, 프라이버시

1. 서론

코로나19로 인해 비대면 서비스에 대한 수요가 증가하고 있으며 오프라인에서 제공되던 서비스들을 온라인에서도 그대로 제공받기를 원하는 사람들이 늘어나고 있다. 이를 충족시켜줄 수 있는 새로운 기술로서 메타버스가 주목받고 있는데, 메타버스는 웹과 모바일의 뒤를 잇는 3번째 플랫폼으로 현실에서의 상호작용을 가상 공간에 구현한 여러 가지 형태나 콘텐츠들을 통칭하는 신조어다.

메타버스는 현재 초기 단계로 주로 엔터테인먼트 분야를 중심으로 활용되고 있다. 네이버Z가 운영하는 메타버스 플랫폼인 제페토의 경우 현재 2억 명의 글로벌 가입자를 보유하고 있으며 블랙핑크는 제페토를 통해 가상 팬사인회를 개최하였고 3억 5천만 명이 가입한 포트 나이트의 경우 콘서트장에서 방탄소년단이 ‘다이나마이트’ 뮤직비디오를 최초 공개하였다. 뿐만 아니라 삼성전자는 제페토에 삼성 갤럭시 하우스를 개설했고 구찌는 제페토에 가상 매장 ‘구찌 빌라’를 개장했다[1]. 이 밖에도 입학식, 신입사원 연수, 업무 회의, 강연 등이 메타버스에서 가능하다[2].

메타버스를 제페토나 JUMP VR과 같은 스마트폰 앱으로도 경험할 수 있지만 제대로 경험하기 위해서는 오클러스 퀘스트2와 같은 VR 기기나 AR 기기 등이 필요하다. VR(Virtual Reality)은 가상현실로 실제와 유사하지만 실제가 아닌 인공 환경을 나타내고, AR(Augmented Reality)은 증강현실로 사용자가 현실에서 느끼는 오감에 컴퓨터가 만든 정보를 추가하는 기술로 VR은 컴퓨터 안에 현실을 구축하고 AR은 현실 세계에 가상의 정보를 덧씌우는 것이다[3].

웹과 모바일에서 보안이 중요하듯 메타버스에서도 보안이 중요하다[4][5]. 메타버스에서 중요한 보안 이슈 중 하나는 바로 사용자 인증이다. 사용자 인증을 통해 메타버스에 접속할 자격을 얻을 수 있고 결제를 하거나 서비스를 제공받을 수 있다. 따라서 정당한 자격을 얻기 위한 사용자 인증이 필요하다. 요즘 나오는 VR 기기 인증 방법에는 손 움직임과 음성 인식, 가상 키보드를 이용한 PIN 코드 입력 등이 있고, VR 기기에 홍채 카메라를 탑재하여 홍채 인증을 할 수 있다. 그런데 손 움직임과 음성을 이용한 인증의 경우 공공장소에서 사용할 경우 쉽게 노출될 수 있다는 문제점이 있다.

뿐만 아니라 메타버스에 한번 접속하면 지속적으로 서비스를 제공받아야 하기 때문에

한 번의 인증이 아니라 지속적으로 인증을 받아야 한다[6,7,8]. AR, VR 장비를 착용한 상태에서 매번 패스워드나 PIN을 입력하는 것은 꽤나 불편하며 주변인으로부터 도용될 수 있다. 따라서 VR 기기를 착용한 상태에서 사용자 인증 및 지속적 인증을 하기 위해서는 VR 기기를 이용하여 인증이 이뤄져야 하며 착용자가 인식하지 못한 상태에서 지속적으로 인증되어야 한다.

여기에 가장 적합한 방법으로는 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 인증이다. VR 기기에 홍채 및 안구 주위 정보를 얻을 수 있는 카메라 혹은 센서를 탑재하고 메타버스에 접속할 때뿐만 아니라 이용 중에 때때로 홍채와 안구 주위 정보를 얻어서 인증할 수 있다. 일반적인 홍채 인증을 이용하는 것이 아닌 안구 주위 정보와 결합하여 사용하는 이유는 메타버스를 이용 중에 홍채 이미지를 생성하면 눈을 감거나 깜빡이면 정확한 인증이 되지 않고 오거부율(FRR)이 증가하게 된다. 따라서 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 인증의 경우 눈을 반쯤 감고 있더라도 높은 정확도를 나타내기 때문에 지속적 인증에 적합하다. 따라서 본 논문에서는 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적인 다중 생체인증 기법을 제안하였다.

2. 관련연구

2.1 생체인증

생체인증은 개인마다 다른 지문, 홍채, 얼굴, 눈 주위, 정맥, 장문, 망막 등 독특한 생체정보를 추출하여 정보화 시키는 인증 방식이다. 생체인증에 이용되는 신체는 일반적으로 누구나 가지고 있으며, 그 특징이 자신과 타인을 구별할 만큼 독특하며 영구적으로 보존되고 생체정보 입력기를 통해서 인식되고 수집할 수 있어야 한다[9]. 즉, 흉터와 같은 신체 외상의 경우에는 생체인증에 사용할 수 없다.

2.1.1 홍채 인증

홍채는 눈의 색깔 있는 동근 부분으로 동공 주위에 있는 도넛 모양이며, 태어날 때의 모양 그대로 평생 변하지 않는다. 홍채 인증 기술은 이론적으로 인증에 가장 적합한 방법으로 사용자의 홍채의 특징을 바탕으로 데이터를 판단하는 것으로 홍채의 조그만 변화도 큰 차이를 만든다.

홍채 인증의 장점으로는 유전적 영향이 거의 없으며, 일관성 쌍둥이도 홍채가 다르며 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 홍채도 다르다. 홍채의 패턴은 평생 바뀌지 않으며 모든 생체인증 중에 인증 정확도가 가장 높다[10]. 홍채 인증의 단점으로는 시스템 구축 비용이 다른 생체인증보다 비싸고 데이터를 얻기가 다른 생체인증보다 어렵다. 또한 사용자가 홍채 센서에 눈을 가까이하는 것을 꺼릴 수 있다. 홍채는 초고화질 사진으로 찍어 잠금 해제하는 일이 이론상 불가능하지 않으며, 사진 기술이 발전할수록 위험도가 높아질 수밖에 없다.

홍채 인증의 과정은 홍채 카메라로부터 눈 이미지를 생성하고 눈 이미지에서 홍채 부분 구역을 나눈다. 도넛 모양의 홍채 구역을 정규화하여 직사각형 모양의 홍채 이미지를 추출한다. 정규화 이미지에서 특징을 추출하고 인코딩하여 홍채 코드를 생성하고 데이터베이스에 저장된 홍채 코드와 비교하여 인증 결과를 출력한다[11].

2.1.2 안구 주위 인증

안구 주위 영역에 대한 생체정보는 근거리나 원거리에서 획득이 가능하기 때문에 인식 대상자의 협력에 대한 제약이 적고, 헬멧, 마스크 등으로 얼굴의 일부 영역이 가려진 상태에서도 획득이 가능한 장점이 있다[12]. 하지만 다른 생체인증에 비해서 정확도가 떨어진다는 단점이 존재한다.

안구 주위 인증 과정은 안구 주변 카메라로부터 안구 주변 이미지를 생성하고 HOG(Histogram Of Gradient), LBP(Local Binary Pattern), SIFT(Shift Invariant Feature Transform) 등을 사용하여 특징을 추출한다[13-15]. 추출한 특징을 안구 주위 코드로 변환하고 데이터베이스에 저장된 안구 주위 코드와 비교하여 인증 결과를 출력한다.

2.1.3 다중 생체인증

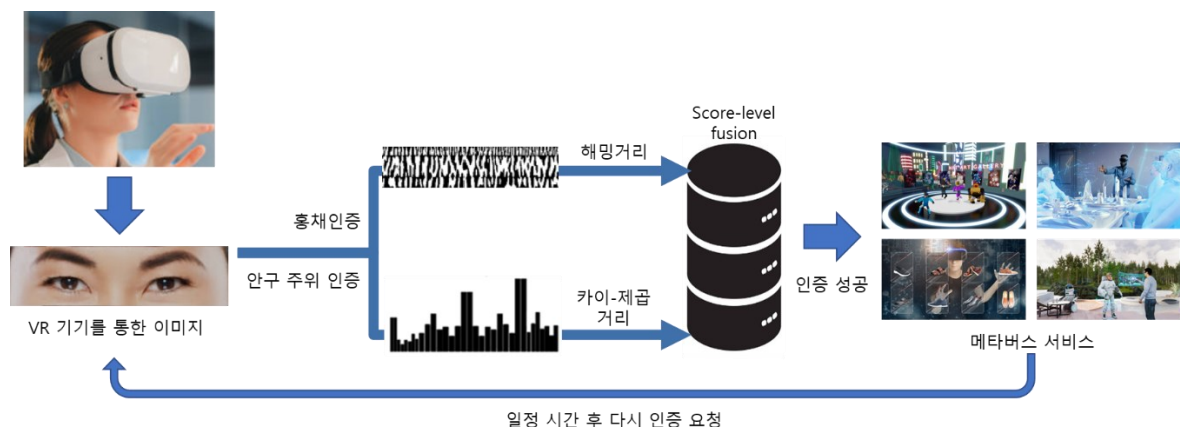
현재 대부분의 생체인증 시스템은 단일 생체정보를 이용하고 있는데, 노이즈로 인한 문제, 데이터의 질에 대한 문제, 인식률의 한계 등의 문제점들을 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 다중 생체정보를 이용하는 사용자 인증 방법이 있다.

다중 생체정보를 이용하여 사용자를 인증하는 경우, 정보 융합 과정이 필요하다. 정보융합은 Sensor-level, Feature-level, Score-level, Rank-level, Decision-level와 같이 5가지 level에서 수행될 수 있다[16].

Sensor-level과 Feature-level은 각 생체정보의 특성을 융합한 것이고 Score-level은 각 생체정보를 이용한 인증 점수를 융합하였고 Decision-level은 각 인증 결과를 융합하였다. Rank-level은 인증 점수에 순위를 매겨서 융합한 것이며 각 융합 방법마다 장단점이 존재한다.

2.2 지속적 인증

일반적인 인증은 사용자가 노트북이나 태블릿을 사용할 때 로그인 화면에서 패스워드를 입력한다. 한번 인증한 이후 노트북을 사용하는 중간에는 다시 인증을 할 필요가 없다. 지속적 인증은 사용자가 노트북이나 태블릿에 로그인한 이후에도 사용자가 정당한 사용자인지를 지속적으로 인증하는 것을 말한다.



[그림 1] 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적 인증 기법

[Fig. 1] Continuous Authentication Technique Involves Combining Iris and Periocular Biometrics

대표적인 지속적 인증 기법으로는 사용자가 키보드 인증과 마우스 인증 등이 있다. 키보드 인증은 키보드를 이용해서 문장을 입력할 때, 키보드를 누르는 패턴을 분석해서 정당한 사용자가 맞는지 지속적으로 확인하고, 만약 키보드 입력 패턴이 이상하다고 판단되면 다시 로그인 패스워드를 입력하도록 인증 방식을 설계할 수 있다[17]. 마우스 인증은 마우스를 움직이는 방식을 분석하여 마우스 이동, 클릭 등의 각도, 속도, 이동거리 등의 특성으로 사용자가 정당한지 식별할 수 있다. 이런 지속적 인증 방식은 노트북이 로그인 된 상태로 도난당했을 때에도 지속 인증에는 실패하게 돼서, 추가적인 피해를 줄이는데 유용하게 사용될 수 있다.

3. 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적 인증 기법

본 논문에서 제안하는 지속적 인증은 기존의 키보드와 마우스 인증 방식이 아닌 홍채 정보와 눈 주위 정보를 이용한 지속적 인증이다. [그림 1]처럼 VR 기기에 홍채와 눈 주위 정보를 얻을 수 있는 카메라를 설치하고 일정 시간마다 홍채와 눈 주위 정보를 획득하여 정당한 사용자인지 확인할 수 있다. 키보드나 마우스처럼 사용할 때마다 인증이 가능한 건 아니지만 서비스 제공자나 사용자가 원하는 시간을 정해서 홍채와 눈 주위 정보를 얻을 수 있게끔 설계를 하면 지속적 인증이 가능하다.

다른 생체정보가 아닌 홍채와 눈 주위 정보를 사용하는 이유는 VR 기기를 착용하고 있기 때문에 홍채 정보를 얻기 용의하고 사용자가 항상 눈을 똑바로 뜨고 있을 수는 없기 때문에 정확도를 높이기 위해서 눈 주위 정보와 함께 사용한다.

Nasir Udin Ahmed 등이 제안한 홍채와 안구 주위 정보를 결합한 생체인증은 가시광선으로 생성한 눈 이미지를 이용하여 홍채 인증과 안구 주위 인증을 개별로 수행하여 두 인증의 점수를 결합하여 최종 인증 결과를 낸다[18].

3.1 홍채 인증 기법

일반적인 홍채 인증 기법과 유사하게 홍채 카메라로부터 홍채 이미지를 입력받아 1-D Log-Gabor 필터[19]와 러버시트 모델[11]을 사용하여 홍채 코드를 생성합니다. 생성한 홍채 코드 사이의 비교를 위해서 해밍 거리(hamming distance)를 사용합니다. 해밍 거리는 템플릿 사이에서 일치하지 않는 부분을 사용하여 홍채 템플릿 간에 일치하지 않는 비트 수를 측정합니다.

$$HD = \frac{\|(code_1 XOR code_2) AND mask_1 AND mask_2\|}{\|mask_1 AND mask_2\|} \quad (1)$$

위식에서 HD는 해밍 거리이고, code1과 code2는 우리가 일치시키는 두 개의 템플릿이며, mask1과 mask2는 일치에 사용할 템플릿에서 노이즈를 제거한 템플릿이다. HD가 0이면 완벽한 일치를 의미하고 HD가 1이면 모든 비트가 다르다는 의미이다.

홍채 이미지의 경우 회전에 취약하기 때문에 정확도를 향상하기 위해서 좌우로 8번 원형 이동하여 각 이동에 대해 HD 계산을 계산하여 가장 높은 점수가 최종 HD가 된다. 그리고 홍채 인증을 정확도를 높이기 위해서 정규화된 해밍 거리[20]와 프래글 비트(fragile bits)[21]를 사용한다.

3.2 안구 주위 인증 기법

홍채 인증과 유사하게 안구 주위 카메라를 이용하여 안구 주위 이미지를 입력받아 LBP[12]를 확장시킨 다중 블록 전환 로컬 이진 패턴(MB-TLBP)[22]을 사용한다. 중앙 픽셀과 인접 픽셀 간의 회색 값 차이를 기반으로 하는 기존의 LBP 코딩 대신, TLBP(transitional LBP)는 중앙 픽셀을 제외한 모든 픽셀에 대해 시계 방향으로 인접 픽셀 간의 비교를 사용한다. 이러한 방식으로 TLBP는 데두리 픽셀의 부분 순서에 대한 정보를 인코딩한다. 각 픽셀에 대한 TLBP 코드는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$TLBP_{P,R} = s(g_0 - g_{P-1}) + \sum_{i=1}^{P-1} s(g_i - g_{i-1})2^i \quad (2)$$

여기서 $TLBP_{P,R}$ 은 현재 중앙 주변의 반지름이 R픽셀인 원형 경로의 P점 집합에 대한 전환 LBP 코드이고 픽셀, g_i 는 점 i에서의 그레이 레벨이고 s 는 다음과 같이 정의된 단계 함수이다.

$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq 0 \\ 0, & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

정확도를 향상하기 위해서 cubic convolution 알고리즘에 기반한 bicubic 보간법[23]과 페인팅 기법[24]을 사용하여 코드를 생성한다. 그리고 생성한 코드들 사이의 비교는 카이-제곱(Chi-Square) 거리를 사용했다.

$$\chi^2(a, b) = \sum_{i,j} \frac{(a_{i,j} - b_{i,j})^2}{a_{i,j} + b_{i,j}} \quad (4)$$

여기서 a와 b는 비교할 연결된 히스토그램이고 i, j는 j번째 로컬(local region)에 해당하는 히스토그램의 i번째 구역(bin)이다.

3.3 Score-level 다중 생체인증 기법

일반적으로 홍채 인증이 눈 주위 인증보다 정확도가 높지만 홍채 인증만 사용할 경우 홍채 이미지에 노이즈가 발생하면 정확도가 떨어지게 된다. 따라서 두 기법을 융합하면 인증 결과가 향상될 수 있다.

제안하는 기법 5가지 융합 방법 중 Score-level 융합을 사용한다. 홍채 코드의 Hamming 거리와 MB-TLBP 코드의 히스토그램 사이의 카이-제곱 거리를 결합하여 최종 점수를 생성한다. 하지만 두 측정의 결과는 서로 상이한 범위에 있으며 분포도 다르기 때문에 융합을 위해서 점수 정규화를 수행한다. 여기서 사용한 점수 정규화 기술은 가장 일반적인 z-점수 정규화[25]이다.

$$ns_j = (s_j - u_j) / \sigma_j \quad (5)$$

여기서 ns_j 는 j번째 매처(matcher)의 정규화 점수, s_j 는 원래 점수, u_j 는 평균, σ_j 는 표준편차이다.

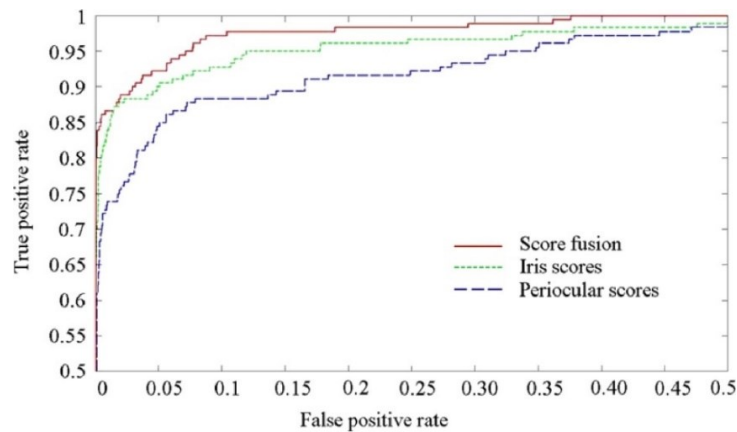
정규화된 점수에 가중치 부여하여 결합된다. 홍채 인증과 안구 주위 인증의 정확도가

다르기 때문에 두 점수를 1 대 1로 결합하는 것이 아닌 좀 더 정확한 홍채 인증에 가중치를 주어서 사용한다. 예를 들어 MICHE II 데이터베이스에서는 홍채에 0.55 가중치, 안구 주위에 0.45로 설정했을 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있다[18].

4. 관련 실험 결과 분석

본 논문에서 제안하는 기법은 VR 기기를 이용하여 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적 인증 기법이다. 하지만 실제로 VR 기기를 이용하여 실험하기에는 어려움이 있어서 관련 연구들의 실험 결과를 통해서 제안하는 기법의 활용 가능성을 검증하였다.

Nasir Udin Ahmed 등이 제안한 기법[18]은 MICHE II 데이터베이스를 이용하여 실험하였고 ROC(Receiver Operating Characteristic) 커브를 통해 결과를 보여준다. [그림 2]에서 빨간 선은 융합 점수에 관한 것으로 홍채나 안구 주위 정보를 이용한 매칭보다 개선된 것을 볼 수 있다. 그리고 [표 1]을 보면 융합 점수의 EER(Equal Error Rate)은 1.22%로 홍채의 2.12%와 안구 주위 정보의 2.74%보다 향상되었다.



[그림 2] [18] 기법에서의 홍채와 안구 주위 정보, Score-level 융합에 대한 ROC 커브

[Fig. 2] ROC Curve of [18] for Iris Score, Periocular Score, and Score Fusion Matching

[표 1] [18] 기법에서의 홍채와 안구 주위 정보, Score-level 융합에 대한 실험결과

[Table 1] Evaluation Results of [18] of Iris and Periocular Fusion at the Score-level

Method	EER
Periocular	2.74%
Iris	2.12%
Feature fusion	1.22%

Qi Zhang 등이 제안한 기법[26]은 Nasir Udin Ahmed 등이 제안한 기법[18]과는 다르게 홍채 인식과 안구 주위 정보 인식을 할 때 Gabor 필터와 LBP 방법을 이용한 것이 아닌 Deep learning을 이용하였다. 융합도 Score-level이 아닌 Feature-level을 사용하였다. Feature-level 융합의 장점은 측정하기 전에 융합하는 것으로 결과에 따른 정규화가 필요 없다. Qi Zhang 등은 CASIA-Iris-M1-S3 데이터베이스와 GTX Titan GPU를 이용하여 실험하였고 각

방법에 따른 EER을 측정하였다. 그리고 기존에 제안된 방법과 제안한 기법에 대한 저장 공간과 계산 비용을 측정하였다. [표 2]를 보면 융합 점수의 EER은 0.60%로 홍채의 0.97%와 안구 주위 정보의 1.31%보다 향상되었고 [표 3]을 보면 Deep learning Feature-level 융합의 저장 공간은 31.9MB이고 계산 비용은 12.5ms이다.

[표 2] [26] 기법에서의 홍채와 안구 주위 정보, Feature-level 융합에 대한 실험결과

[Table 2] Evaluation Results of [26] of Iris and Periocular Fusion at the Feature-level

Method	EER
Periocular	1.31%
Iris	0.97%
Feature fusion	0.60%

[표 3] [26] 기법에서의 저장 공간과 계산 비용

[Table 3] Storage Space and Computational Cost of [26]

Method	Storage space	Computational cost
Periocular maxout CNNs	15.9MB	6.4ms
Iris maxout CNNs	16MB	5.8ms
Deep feature fusion CNNs	31.9MB	12.5ms

위 두 가지 실험 결과를 통해서 알 수 있는 것은 홍채나 안구 주위 정보를 이용하여 단독으로 인증하는 것보다는 두 생체정보를 융합하여 인증하는 것이 더 정확하다는 것이다. 두 실험 결과의 EER이 다른 이유는 데이터베이스와 기법이 다르기 때문이다. 하지만 데이터베이스와 기법이 다르다고 하더라도 융합의 EER이 더 좋다. 그리고 제안하는 기법은 지속적 인증으로 해당 수준의 EER이라면 지속적으로 인증을 요청하더라도 TPR(True Positive Rate)는 계속 높을 것으로 예상된다.

[표 4]를 보면 제안하는 기법과 기존에 제안된 기법들 사이의 차이를 알 수 있다. 제안하는 기법은 지속적 인증이 가능하고 VR 기기에서 활용할 수 있지만 다른 기법들은 지속적 인증이 불가능하고 직접적으로 VR 기기에서 활용하기 어렵다.

[표 4] 제안하는 기법과 다른 기법들과의 비교

[Table 4] Comparison of the Proposed Scheme and Other Schemes

Comparison details	Our method	[18]	[26]
Fusion method	Score-level	Score-level	Feature-level
Continuous authentication	O	X	X
VR device	O	X	X

5. 결론

글로벌 시장조사 업체 프레시던스 리서치(Precedence Research)가 발표한 보고서에 따르면 글로벌 메타버스 시장 규모는 2021년 516억 9,000만 달러에서 연평균 44.5% 성장해 2030년에는 1조 3,009억 달러에 이를 전망이다. 또한 글로벌 시장조사 업체 IDC에 따르면 전 세계 VR·AR 시장 규모는 2022년 138억 달러에서, 오는 2026년에는 509억

달리로 성장할 것으로 전망했다. 이와 같이 VR 기기와 메타버스는 현재 아주 유망하다.

이러한 메타버스와 VR, AR에서 중요한 것은 보안이다. 특히 사용자 인증에서 대부분의 VR 기기는 한번 인증으로 계속 서비스를 제공받는데 이때 지속적 인증이 필요하다. 우리가 제안한 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 지속적인 다중 생체인증 기법은 기존의 VR 기기에 홍채 및 안구 주위 정보를 얻을 수 있는 카메라를 탑재하여 서비스 제공자 또는 사용자가 원하는 시기에 지속적인 인증이 가능하다.

본 논문에서는 제안한 방법의 직접적인 실험이 아닌 기존에 제안된 기법들의 실험 결과를 보여줌으로써 해당 방법이 실제로 구현되었을 때 충분히 활용 가능함을 증명하였다. 또한, 본 논문에서 제안한 방법과 실험 결과를 보여준 기법들 외에도 많은 홍채 인증 연구와 안구 주위 정보를 이용한 인증이 연구되고 있기 때문에 VR 기기에 탑재할 카메라 또는 센서에 따라 방법을 변경하고 다중 생체인증 방법도 개선하여 더 좋은 결과를 낼 수 있다.

앞으로는 제안된 기법의 실험과 분석을 토대로 발생할 수 있는 취약점을 예상하고 정확도는 유지하면서 취약점을 개선하는 방법을 연구할 예정이다. 또한, 제안한 기법이 아닌 다른 홍채와 안구 주위 정보를 이용한 인증 기법도 연구할 예정이다.

6. 감사의 글

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2022R1I1A1A01068594).

References

- [1] http://sti.kostat.go.kr/window/2021b/main/2021_win_04.html, Jun 27 (2023)
- [2] https://www.samsungsds.com/kr/insights/metaverse_1.html, Jun 27 (2023)
- [3] <https://namu.wiki/w/%EB%A9%94%ED%83%80%EB%B2%84%EC%8A%A4#s-1>, Jun 27 (2023)
- [4] Y. Wang, Z. Su, N. Zhang, R. Xing, D. Liu, T. H. Luan, and X. Shen, A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, (2022), Vol.25, No.1, pp.319-352.
DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3202047>
- [5] S. C. Sethuraman, A. Mitra, A. Ghosh, G. Galada, and A. Subramanian, MetaSecure: A Passwordless Authentication for the Metaverse, *arXiv preprint arXiv:2301.01770*, (2023).
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.01770>
- [6] Z. Chang, L. Wang, B. Li, and W. Liu, MetaEar: Imperceptible Acoustic Side Channel Continuous Authentication Based on ERTF, *Electronics*, (2022), Vol.11, No.20, pp.1-20.
DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics11203401>
- [7] M. Rybnicek, C. Lang-Muhr, and D. Haslinger, A roadmap to continuous biometric authentication on mobile devices, In *2014 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IEEE, (IWCMC)*, (2014)
DOI: <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2014.6906343>
- [8] R. Ryu, S. Yeom, S. H. Kim, and D. Herbert, Continuous multimodal biometric authentication schemes: a systematic review, *IEEE Access*, (2021), No.9, pp.34541-34557.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061589>
- [9] A. K. Jain, A. A. Ross, and K. Nandakumar, *Introduction to Biometrics*, Springer Science and Business Media, (2011)
- [10] Y. P. Huang, S. W. Luo, and E. Y. Chen, An efficient iris recognition system, *Proceedings of IEEE International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, pp.450-454, (2002).

DOI: <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2002.1176794>

- [11] J. Daugman, High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (1993), Vol.15, No.11, pp.1148-1161.
DOI: <https://doi.org/10.1109/34.244676>
- [12] M. Uzair, A. Mahmood, A. Mian, C. McDonald, Periocular Region-based Person Identification in the Visible, Infrared and Hyperspectral Imagery, *Nurocomputing*, (2015), Vol.149, pp.854-867.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2014.07.049>
- [13] U. Park, R. R. Jillela, A. Ross, A. K. Jain, Periocular Biometrics in the Visible Spectrum, *IEEE Transaction on Information Forensics and Security*, (2011), Vol.6, No.1, pp.96-106.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2010.2096810>
- [14] C. N. Padole and H. Proenca, Periocular Recognition: Analysis of Performance Degradation Factors, *Proceedings of International Conference on Biometrics*, pp.439-445, (2012).
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICB.2012.6199790>
- [15] K. K. Kumar and M. Pavani, LBP Based Biometric Identification Using the Periocular Region, *Proceedings of IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference*, pp.204-209, (2017).
DOI: <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2017.8117193>
- [16] A. Ross, A. Jain, K. Nandakumar, *Handbook of multibiometrics*, Springer Science & Business Media, Vol.6, (2006)
DOI: <https://doi.org/10.1007/0-387-33123-9>
- [17] P. Bours, Continuous keystroke dynamics: A different perspective towards biometric evaluation, *Information Security Technical Report*, (2012), Vol.17, No.1-2, pp.36-43.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istr.2012.02.001>
- [18] N. U. Ahmed, S. Cvetkovic, E. H. Siddiqi, A. Nikiforov, and I. Nikiforov, Combining iris and periocular biometric for matching visible spectrum eye images, *Pattern Recognition Letters*, (2017), Vol.91, pp.11-16.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2017.03.003>
- [19] L. Masek, Recognition of Human Iris Patterns For Biometric Identification, The University of Western Australia, Bachelor of Engineering degree, (2003)
- [20] J. Daugman, New methods in iris recognition, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, (2007), Vol.37, No.5, pp.1167-1175.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2007.903540>
- [21] K. P. Hollingsworth, K. W. Bowyer, P. J. Flynn, The best bits in an iris code, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (2008), Vol.31, No.6, pp.964-973.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2008.185>
- [22] J. Trefny, J. Matasi, Extended set of local binary patterns for rapid object detection, In *Computer vision winter workshop*, pp.1-7, (2010)
Available from : <http://cmp.felk.cvut.cz/cvww2010/main.html>
- [23] R. Keys, Cubic convolution interpolation for digital image processing, *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, (1981), Vol.29, No.6, pp.1153-1160.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TASSP.1981.1163711>
- [24] Z. He, T. Tan, Z. Sun, X. Qiu, Toward accurate and fast iris segmentation for iris biometrics, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (2008), Vol.31, No.9, pp.1670-1684.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2008.183>
- [25] A. Ross, K. Nandakumar, Fusion- score level, *Encyclopedia of Biometrics*, Springer, (2009)
DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-73003-5_158
- [26] Q. Zhang, H. Li, Z. Sun, T. Tan, Deep feature fusion for iris and periocular biometrics on mobile devices, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, (2018), Vol.13, No.11, pp.2897-2912.
DOI: <https://doi.org/10.1109/TIFS.2018.2833033>