



Estudio de la Casuística de las Muestras de Entrada en los Sistemas de Reconocimiento mediante Iris Ocular

Inmaculada Tomeo Reyes, Iván Rubio Polo, Judith Liu Jiménez, M^a Belén Fernández Saavedra

Universidad Carlos III de Madrid – Grupo Universitario de Tecnologías de Identificación (GUTI) – Dpto. Tecnología Electrónica.
Av. Universidad 30 28911 – Leganés (Madrid)
{itomeo, irubio, jliu, mbfernan}@ing.uc3m.es

Resumen. Aunque genéticamente idénticos, los iris de un individuo son únicos y estructuralmente distintos. Esto hace que el iris sea un candidato idóneo para utilizarse con propósitos de reconocimiento biométrico. Existen muchos y muy diversos algoritmos de reconocimiento mediante iris ocular, pero la mayor parte de ellos utilizan imágenes adquiridas en entornos colaborativos y condiciones ideales. No obstante, la necesidad de un comportamiento cooperativo del individuo y de condiciones de adquisición de la imagen muy controladas, restringe la aplicación de estos sistemas. Con el objetivo de ampliar los ámbitos en los que los sistemas de reconocimiento de iris pueden utilizarse, es necesario desarrollar algoritmos robustos que puedan funcionar en entornos no colaborativos y para ello, es importante considerar las diferentes situaciones que pueden presentarse en este tipo de entornos. De acuerdo con esto, en este artículo se describen diferentes fuentes de ruido y falsificaciones de iris y se analiza su influencia en las prestaciones de los sistemas de reconocimiento mediante iris ocular.

Palabras clave: Biometría, Iris, Fuentes de ruido, Falsificaciones.

1 Introducción

En los últimos años el reconocimiento basado en el patrón del iris ocular ha experimentado un gran auge debido a los excelentes resultados obtenidos y al gran interés que están mostrando algunos sectores económicos para incorporar dicha técnica a sus sistemas de identificación. No obstante, tanto el concepto de reconocimiento de iris como la industria relacionada son aún relativamente jóvenes, por lo que existe la necesidad de continuar investigando.

La idea de utilizar el patrón del iris para reconocer a un individuo fue inicialmente propuesta por el oftalmólogo Frank Burch en 1936. En 1985, los doctores Leonard Flom y Aran Safir, oftalmólogos, pusieron de manifiesto que no hay dos iris semejantes, aunque no fue hasta 1987 que les fue concedida una patente para el concepto de reconocimiento mediante iris ocular [1]. Con el objetivo de automatizar el sistema, los doctores contactaron con el profesor John G. Daugman para que fuera éste quien desarrollara los algoritmos necesarios para realizar el reconocimiento biométrico a través del patrón del iris. Estos algoritmos fueron patentados en 1994 y

son la base de todos los sistemas de reconocimiento por iris existentes. En 2005, la amplia patente que cubría el concepto básico de reconocimiento de iris expiró, proporcionando oportunidades comerciales para otras compañías que han desarrollado sus propios algoritmos para el reconocimiento de iris.

En el contexto de la identificación biométrica, los patrones existentes en el iris son considerados una de las alternativas más fiables, pues el iris es único y diferenciador para cada persona y no cambia durante toda la vida. Según diversos estudios [2, 3], en el patrón del iris hay gran cantidad de información que permite identificar unívocamente a una persona. Aunque la coloración y la estructura del iris están genéticamente ligadas, los detalles de los patrones no lo están. El iris se desarrolla durante el crecimiento prenatal de acuerdo a un estricto proceso de formación. Antes del nacimiento, se produce la degeneración, que da como resultado la apertura de la pupila y los patrones únicos del iris [4]. Aunque genéticamente idénticos, los iris de un individuo son únicos y estructuralmente distintos, lo que permite utilizar el iris para propósitos de reconocimiento. Dada la extremadamente alta unicidad de las técnicas de reconocimiento de iris, resulta posible obtener tasas de error nulas. Otra característica que refuerza el interés de estas técnicas es que los datos necesarios se obtienen de forma no invasiva.

Existen muchos y muy diversos algoritmos de tratamiento de imagen para el desarrollo de sistemas de reconocimiento biométricos del iris [2, 5] y la mayor parte de ellos utilizan imágenes adquiridas en entornos colaborativos y condiciones ideales. Sin embargo, la necesidad de un comportamiento cooperativo del individuo y de condiciones de adquisición de imagen muy controladas, restringe la aplicación de estos sistemas, pues para su correcto funcionamiento el individuo debe situarse a poca distancia de la cámara y mirarla de frente fijamente durante algunos segundos.

Para poder ampliar el ámbito de utilización de los sistemas de reconocimiento mediante iris ocular, es necesario desarrollar algoritmos más robustos que funcionen en entornos no colaborativos. Para que esto sea posible, es importante considerar las diferentes situaciones que pueden presentarse en este nuevo tipo de entornos.

En este artículo se analizarán diferentes fuentes de ruido y falsificaciones de iris que, utilizadas como entrada a muchos de los sistemas actuales de reconocimiento de individuos mediante iris ocular, pueden constituir una debilidad en lo referente al comportamiento y prestaciones de dichos sistemas. En el apartado 2 de este documento, se describirá el conjunto de imágenes de entrada consideradas en el estudio, así como la forma en que se han obtenido dichas imágenes. En los apartados 3 y 4 se describirán, respectivamente, un conjunto de fuentes de ruido y falsificaciones. En cada uno de los casos se determinará como afectan unas y otras a los sistemas de reconocimiento de iris.

2 Desarrollo de la base de datos

En la actualidad no existen bases de datos públicas disponibles de imágenes ruidosas o fraudulentas de iris. No obstante, este tipo de bases de datos es esencial para poder desarrollar algoritmos de reconocimiento de iris robustos y/o antifraude.

Para generar la base de datos con la que se trabaja en este artículo se ha considerado un total de 40 sujetos cuyo rango de edad varía entre los 16 y los 70 años.

Dependiendo del caso, cada uno de los sujetos se ha tomado fotografías con gafas, lentes de contacto o lentes protésicas. De los 40 sujetos, un total de 5 presentaba algún tipo de anomalía ocular severa. El total de imágenes de la base de datos es 2000, con una media de alrededor de 50 imágenes por sujeto.

Teniendo en cuenta que se pretende analizar el comportamiento de los sistemas de reconocimiento de iris en entornos no colaborativos, las imágenes han sido tomadas en distintos escenarios con distintas condiciones de iluminación, si bien es cierto que ninguno de los escenarios estaba al aire libre. Por la misma razón, no se ha desechado ninguna imagen, salvo aquellas que claramente presentaban una calidad muy pobre.

La cámara de iris seleccionada para desarrollar la base de datos es la IG-AD100 [6]. Esta cámara, que emplea la tecnología desarrollada por *IrisGuard Inc.*, es una cámara multifuncional con enfoque automático que permite capturar imágenes de los dos ojos a la vez. La cámara incluye dos sensores CMOS de escaneo progresivo que permiten adquirir imágenes de bajo ruido y alta sensibilidad en las longitudes de onda del infrarrojo cercano; imágenes que son conformes a la norma ISO/IEC 19794-6. Dispone además de guías sonoras y visuales que indican al usuario como colocarse y hacia donde mirar.

3 Fuentes de ruido e influencia

En los sistemas de reconocimiento mediante iris ocular, las muestras de entrada al sistema son imágenes de iris. Siendo este el caso, se considera fuente de ruido todo aquello que modifique la imagen de entrada de una forma u otra. En el caso del iris, existen fuentes de ruido no físicas, provocadas por las condiciones existentes cuando se obtiene la imagen. Así, un parpadeo, un desvío en la mirada a la hora de capturar la imagen del iris o una modificación del iris debida a una intervención quirúrgica, constituyen fuentes de ruido que dificultan e incluso imposibilitan la identificación de individuos. Otro tipo de fuentes de ruido serían las físicas o tangibles, tales como las gafas o las lentes de contacto.

En este artículo se van a dejar de lado fuentes de ruido generalmente involuntarias como las provocadas por el parpadeo o el desvío de la mirada, y se va a centrar la atención en gafas, lentes y algunas enfermedades concretas.

3.1 Gafas

Una de las fuentes de ruido más comunes en los sistemas de reconocimiento de iris son las gafas. La Organización Mundial de la Salud estima que alrededor de 161 millones de personas en el mundo presentan algún tipo de impedimento relacionado con la visión y que, de esa cifra, alrededor de un 30% lleva gafas.

Aunque la eficacia del reconocimiento de iris se ve raramente obstaculizada por las gafas, se consideran una fuente de ruido porque pueden alterar la imagen de entrada al sistema. Entre los efectos adversos que pueden provocar las gafas destacan los brillos debidos a las reflexiones (véase Fig. 1c). Algunas de las cámaras de iris que existen en el mercado incluyen mecanismos que permiten aliviar el efecto de las reflexiones, de forma que no es necesario que el usuario se quite las gafas durante el

reconocimiento. Independientemente de este hecho, siempre y cuando el brillo no cubra un gran porcentaje de la imagen del iris, el reconocimiento será posible, pues basta con enmascarar aquella parte de la imagen que presenta el brillo y no considerarla a la hora de realizar el proceso de comparación entre el patrón de iris y la muestra.

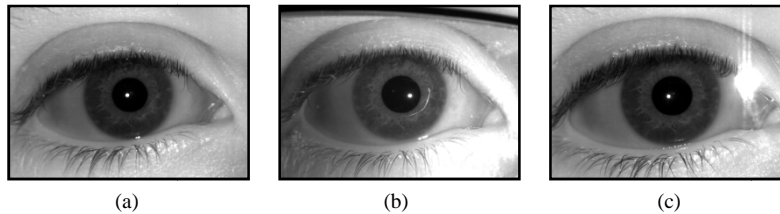


Fig. 1. Imágenes de iris sin y con gafas. (a) Imagen sin gafas, (b) imagen con gafas convencionales y (c) imagen con gafas de sol claras.

3.2 Lentes de contacto

En los últimos años se ha extendido el uso de lentes de contacto debido a determinadas ventajas que presentan frente a las gafas. Dichas ventajas no son únicamente estéticas, sino también ópticas, proporcionando en algunos casos mejor visión que las gafas.

Dependiendo del tipo de lente, los sistemas de reconocimiento de iris pueden verse afectados en mayor o menor medida.

Lentes de contacto convencionales. Las lentes de contacto convencionales pueden ser de varios tipos.

Lentes rígidas. También llamadas lentes duras, fueron las primeras que aparecieron en el mercado. Son lentes fabricadas con un material muy transparente y resistente pero que presenta un inconveniente, se trata de un material no poroso, por lo que no deja que el oxígeno pase a través de él (véase Fig. 2a).

Lentes permeables a los gases o semirrígidas. Presentan una apariencia similar a una lente rígida aunque se trata de lentes porosas. Dejan pasar el oxígeno al ojo, en mayor o menor medida, dependiendo de la permeabilidad del material.

Lentes blandas. Son lentes hidratadas, es decir, el agua forma parte de su composición. Un porcentaje de hidratación mayor indica que la lente es más permeable, es decir, que el material permitirá un mayor paso de oxígeno a su través. Algunas lentes de contacto blandas, como sería el caso de algunas lentes Acuvue, presentan un indicador impreso en la lente (“AV” ó “123”) para asegurar su correcta aplicación (véase Fig. 2b).

En el caso de las lentes de contacto, también se puede afirmar que la eficacia del reconocimiento de iris se ve raramente obstaculizada por las mismas. En el caso de las lentes blandas, los sistemas convencionales de reconocimiento de iris no tienen problema alguno para realizar correctamente la identificación. Esto también se cumple en el caso de las lentillas con el identificador impreso “123”. Por el contrario,

el caso de las lentes rígidas es más complicado de analizar, pues dependiendo del algoritmo de reconocimiento que se aplique, se conseguirá identificar correctamente al individuo o no. En general, atendiendo a los valores de distancia entre el patrón y las distintas muestras con lente rígida, se podría afirmar que la probabilidad de que un sistema declare impostor a un sujeto legítimo que lleve lentes rígidas es bastante similar a la probabilidad de que dicho sujeto sea correctamente identificado, por lo que no se puede considerar que el resultado de la identificación sea concluyente.

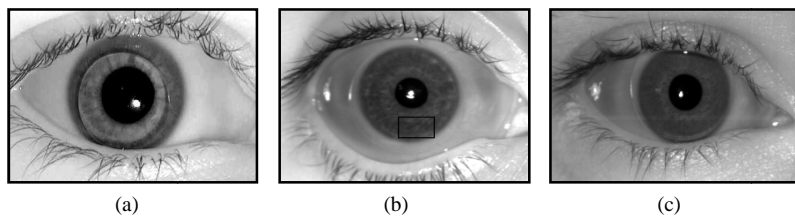


Fig. 2. Imágenes de iris con lentes de contacto. (a) Lente rígida, (b) lente blanda con indicador impreso “123” y (c) lente blanda convencional.

Lentes cosméticas. En este caso se considerarán dos tipos de lentes cosméticas distintas, de color y fantasía.

Lentes de color. En la mayoría de los casos, las lentes cosméticas de color son el resultado de la combinación de tres capas de colores con el objetivo de lograr una apariencia más natural. El diseño imita los anillos limbar y pupilar, además de la coloración radial del iris. Así, presentan un anillo oscuro alrededor del iris para definir el ojo, además de un leve color claro cerca de la pupila.

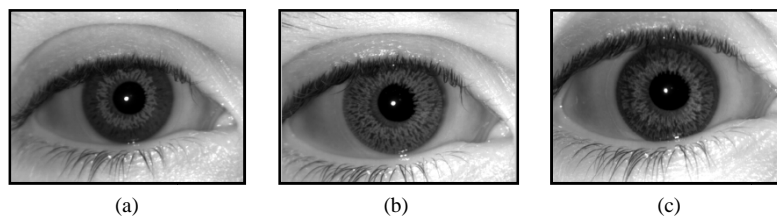


Fig. 3. Imágenes de iris con lentes cosméticas de color. (a) Lente color verde, (b) lente color marrón y (c) lente color azul oscuro.

Lentes de fantasía. Ante la gran aceptación de las lentes de color, han aparecido en el mercado las lentes de contacto de fantasía. A diferencia de lo que ocurre con las lentes de color, con las lentes de fantasía no se pretende dar una imagen real sino todo lo contrario. Se trata de lentes que permiten que el ojo se vea de una manera totalmente distinta a cualquier ojo.

A diferencia de lo que ocurre en el caso de las lentes de contacto convencionales, las lentes cosméticas tienen un claro efecto negativo en el reconocimiento de iris.

Puesto que cubren el iris en su totalidad, resulta imposible identificar a un individuo que lleve puestas este tipo de lentes.

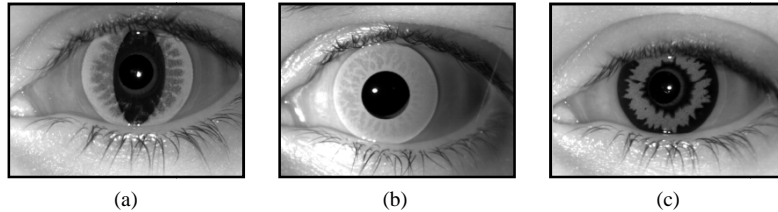


Fig. 4. Imágenes de iris con lentes de fantasía. (a) Lente modelo *devil*, (b) lente modelo *blood shot* y (c) lente modelo *wolf black*.

3.3 Anomalías oculares

Las anomalías oculares pueden ser congénitas, hereditarias o adquiridas, siendo las adquiridas aquellas anomalías no asociadas a alteraciones genéticas. Dentro del gran número y la gran variedad de anomalías oculares existentes, se van a destacar en este caso dos de ellas, debido a lo sencillo que resulta encontrar individuos afectados de las mismas.

Cataratas. Por catarata se entiende cualquier opacidad del cristalino conlleve o no una disminución de la visión. El cristalino es una lente transparente situada detrás de la pupila que permite enfocar nítidamente los objetos. Por diversas circunstancias, el cristalino puede ir perdiendo su transparencia natural hasta convertirse en una lente opaca. La cirugía de cataratas consiste en la extracción de la parte del cristalino que está opacificada para devolver la visión al ojo. En general, se tiende a su sustitución por una lente artificial, llamada lente intraocular, que se coloca en el mismo sitio que el cristalino original, restaurando la visión que se había perdido a consecuencia de las cataratas (véase Fig. 5).

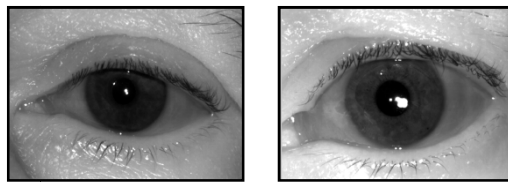


Fig. 5. Imágenes de iris de distintos usuarios con lente intraocular tras cirugía de cataratas.

Aunque las cataratas no afectan directamente al iris, es interesante saber si tras la cirugía se produce algún tipo de alteración en el mismo que pueda afectar a los sistemas de reconocimiento. Según se observa en la Fig. 5, como consecuencia de la inserción de la lente intraocular, aparecen más brillos en la pupila debidos a las reflexiones, pero si se comparan los patrones del iris obtenidos antes y después de la cirugía, se observa que el iris no se ve afectado, por lo que el rendimiento del sistema de reconocimiento no se ve alterado.

Midriasis. Se entiende por midriasis el aumento del diámetro pupilar. La midriasis puede ser patológica, pero también se puede provocar. Se puede forzar una midriasis artificial por instilación de colirio con atropina en el ojo o bien mediante ingesta de estupefacientes o alcohol.

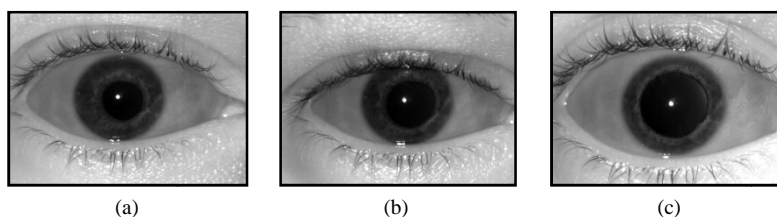


Fig. 6. Distintas fases de midriasis provocada por instilación de colirio en el ojo del usuario.
(a) Fase inicial, (b) fase intermedia y (c) fase final.

En el caso de la midriasis, se producen deformaciones no elásticas del iris a medida que se va dilatando la pupila. Este tipo de deformaciones hace que el iris presente una forma no circular que afecta levemente a los sistemas de reconocimiento mediante iris ocular. Al examinar las distancias entre el patrón y las muestras correspondientes a las distintas fases de la dilatación (véase Fig. 6), se observa que a medida que la pupila se dilata, desciende ligeramente la fiabilidad de los sistemas. No obstante, pese a dicho descenso, los sistemas consiguen identificar al individuo correctamente.

4 Falsificaciones e influencia

Trabajos de investigación recientes [7, 8] han determinado que no es difícil engañar a los sistemas automáticos de reconocimiento de iris usando, por ejemplo, ciertas lentes de contacto o impresiones de fotografías de iris. Así, resulta imprescindible conocer las posibles falsificaciones de iris para poder anular las acciones fraudulentas en este tipo de sistemas. A la hora de desarrollar este artículo, se han realizado experimentos para determinar qué falsificaciones de iris son capaces de engañar a los sistemas biométricos convencionales. A continuación se describen los casos estudiados.

4.1 Prótesis oculares

El ojo artificial ha evolucionado con los materiales más vanguardistas y fiables que la técnica y el progreso facilitan. Se trata de resinas acrílicas, antialérgicas, de larga vida y con buen efecto estético, que han sustituido a materiales más clásicos. Básicamente, el proceso de elaboración de un ojo artificial o prótesis ocular se puede resumir en tres pasos. Inicialmente se confecciona un molde, que puede ser genérico o específico para la cavidad ocular del sujeto. Posteriormente se aplica un sistema de análisis tomando el ojo sano como modelo, de forma que se pueden reproducir todos los elementos cromáticos del iris junto con la tonalidad escleral y la vascularización correspondiente. Una vez fabricada la prótesis, se pulimenta para darle brillo natural. Considerando que las prótesis oculares se elaboran en su totalidad artesanalmente, es

posible reproducir cualquier singularidad existente, lo cual hace de las prótesis oculares una clara amenaza para los sistemas de reconocimiento de iris.

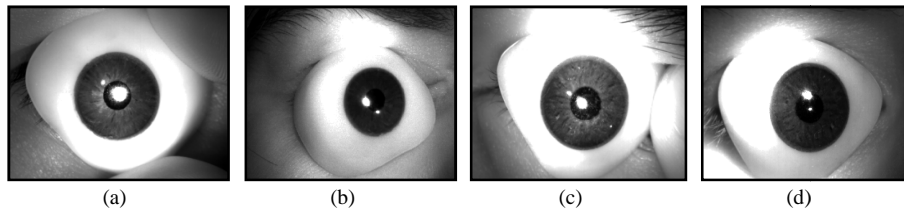


Fig. 7. Imágenes de prótesis oculares. (a) Prótesis de una capa con color base claro, (b) prótesis de una capa con color base oscuro, (c) prótesis de tres capas con color base claro y (d) prótesis de tres capas con color base oscuro.

La Fig. 7 muestra las imágenes correspondientes a un conjunto de prótesis oculares elaboradas de acuerdo a dos técnicas distintas. Las prótesis mostradas en las Fig. 7a y 7b corresponden a prótesis en las que tanto la pupila como el iris se han pintado en una misma capa. Por el contrario, en las Fig. 7c y 7d, la reproducción del iris y la pupila se ha realizado pintando en tres capas diferentes que se van superponiendo para aumentar la sensación de profundidad del ojo. Algo fundamental en el estudio que nos ocupa es el color base de las prótesis. Las prótesis correspondientes a las Fig. 7a y 7c presentan un color base claro (azul), mientras que las otras dos (Fig. 7b y 7d), presentan un color oscuro (marrón). En el caso concreto de la base de datos creada para el desarrollo de este artículo, y considerando la cámara de infrarrojos específica que se ha utilizado, el color base es fundamental, pues, como se puede observar, las imágenes de las prótesis con color base oscuro son de muy mala calidad debido al bajo contraste existente entre el iris y la pupila. Este hecho hace que resulte imposible identificar al individuo cuyo iris está reproducido en la prótesis. A diferencia de lo que ocurre con las prótesis oscuras, las imágenes correspondientes a las prótesis claras son más nítidas y, en el caso de sistemas de reconocimiento poco robustos que no presentan ningún tipo de mecanismo antifraude, dichas prótesis pasan por ojos legítimos. De esta forma, el usuario que lleva la prótesis, sin ser el mismo cuyo iris ha sido reproducido, es identificado como usuario genuino cuando no debería serlo. No obstante, no se puede generalizar, pues no todos los algoritmos de reconocimiento de iris identifican las prótesis consideradas como si fueran ojos legítimos.

4.2 Lentes protésicas

Las lentes de contacto protésicas están indicadas para corregir los defectos provocados por traumatismos o patologías visuales. Accidentes, patologías o anomalías de carácter visual pueden causar problemas estéticos que se pueden resolver mediante lentes de contacto protésicas. Se trata de lentes de contacto blandas pintadas a mano, de forma que es posible reproducir todos los elementos cromáticos del iris, enmascarando totalmente el defecto del ojo a tratar. No obstante, si se deja a un lado el uso médico de las lentes protésicas, queda claro el potencial uso de las mismas como falsificaciones del iris.

Las Fig. 8c y 8d muestran las imágenes de iris de un sujeto impostor con lentes protésicas que reproducen el iris del sujeto legítimo. En el primer caso la lente presenta una pupila transparente y en el segundo caso la pupila es opaca. En el caso de las lentes protésicas el comportamiento de los sistemas de reconocimiento es muy similar al obtenido con las prótesis oculares. Así, en el caso de sistemas de reconocimiento poco robustos que no presentan ningún tipo de mecanismo antifraude, las lentillas protésicas pueden pasar por ojos legítimos. No obstante, de nuevo no es posible generalizar, pues no todos los algoritmos de reconocimiento identifican estas lentes como si fueran ojos legítimos. Algo que si se cumple independientemente del algoritmo que se utilice, es que la distancia entre el patrón del usuario legítimo y el del impostor con lente protésica, es menor en el caso en que la pupila es transparente.

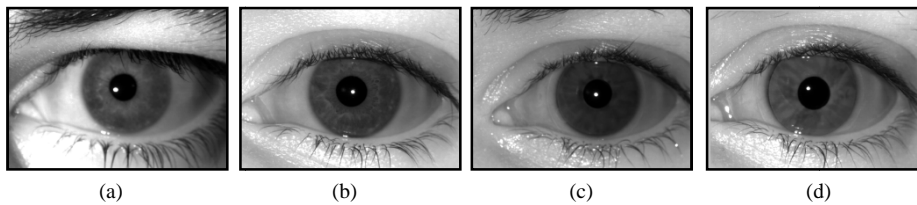


Fig. 8. Imágenes de iris de los sujetos legítimo e impostor e imágenes de iris del sujeto impostor con lentes protésicas que reproducen el iris del sujeto legítimo. (a) Ojo legítimo, (b) ojo impostor, (c) lente protésica con pupila transparente y (d) lente protésica con pupila negra.

4.3 Impresiones o escaneos de fotografías de iris

Una de las formas más sencillas de engañar a los sistemas automáticos de reconocimiento de iris consiste en tomar una fotografía de alta resolución de un ojo legítimo e imprimirla o escanearla para luego colocarla encima del ojo del impostor. En los casos en que el sistema de captura del iris detecta sujeto vivo, es necesario agujerear la pupila para poder capturar la imagen.

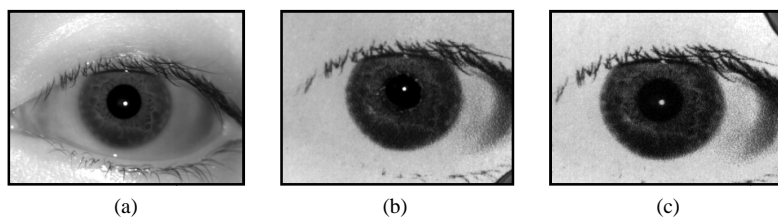


Fig. 9. Impresiones de fotografías de iris legítimos. (a) Ojo legítimo, (b) impresión con pupila agujereada y (c) impresión con pupila sin agujerarla.

Tal y como se ha comentado al inicio de este apartado, es muy común que este tipo de técnica consiga vulnerar la seguridad de los sistemas de reconocimiento de iris, pues especialmente en el caso en que la pupila está agujereada, las impresiones de fotografías de iris suelen pasar por usuarios legítimos. Viendo las amenazas que esto

supone, en los últimos años se ha realizado un amplio trabajo de investigación con el objetivo de evitar este tipo de ataque [8, 9, 10].

5 Conclusiones

En este artículo se han descrito diferentes fuentes de ruido y falsificaciones de iris y se ha analizado la influencia de los mismos en las prestaciones de los sistemas de reconocimiento mediante iris ocular. En lo referente a las fuentes de ruido, se ha observado que los sistemas actuales están preparados para trabajar con imágenes de iris que presenten gafas o lentes de contacto, lo cual es bastante positivo si se tiene en cuenta que un alto porcentaje de la población las usan. Las lentes cosméticas representan un problema, pues imposibilitan la identificación de individuos, si bien es cierto que no se trata de un problema de los algoritmos de reconocimiento sino de las características inherentes a las lentes, que son opacas. Otro punto positivo a destacar es que anomalías oculares muy comunes como las cataratas o la midriasis tampoco afectan a los sistemas de reconocimiento. En lo referente a las falsificaciones de iris, la robustez del algoritmo de reconocimiento y la inclusión de mecanismos antifraude en el mismo son fundamentales a la hora de evitar que falsificaciones tan simples como impresiones de fotografías de iris, o bien falsificaciones más elaboradas pero fáciles de conseguir como serían las prótesis o las lentillas protésicas, tengan éxito y consigan vulnerar la seguridad de los sistemas de reconocimiento de iris.

Referencias

1. Flom, L. and Safir, A., US. Patent No. 4641349, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1987.
2. Daugman, J., "Recognizing persons by their iris patterns". In *Biometrics: Personal Identification in Networked Society*, Jain, A., Bolle, R. and Pankanti, S. (ed), pp.103-122, Springer 1999.
3. Daugman, J., "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence." In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15(11), pp. 1148-1161, 1993.
4. Westmoreland, B., Lemp, M. and Snell, R., "Clinical Anatomy of the Eye", Wiley, 1998.
5. Seif, A., Zewail, R., Saeb, M., Hamdy, N., "Iris identification based on log Gabor filtering". In *Proc. 46th IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Cairo, Egypt, pp. 333-336, 2003.
6. *IrisGuard Inc.* webpage, <http://www.irisguard.com/uploads/AD100ProductSheet.pdf>
7. Ruiz Albacete, V., Tome Gonzalez, P., Alonso Fernandez, F., Galbally, J., Fierrez, J. and Ortega Garcia, J., "Direct attacks using fake images in iris verification". In *Workshop on Biometrics and Identity Management, BIOID*, LNCS-5372, pp. 181-190, May 2008.
8. Pacut, A. and Czajka, A., "Aliveness detection for iris biometrics", *IEEE Int. Carnahan Conf. on Security Technology*, 2006.
9. Lee, E.C., Park, K.R., Kim, J., "Fake iris detection by using purkinje image". In Zhang, D., Jain, A.K. (eds.) *ICB 2006*. LNCS, vol. 3832, pp. 397-403, Springer-Verlag, Berlin, 2005.
10. Xiaofu He, Yue Lu, Pengfei Shi, "A Fake Iris Detection Method Based on FFT and Quality Assessment". In *Chinese Conference on Pattern Recognition, CCPR'08*, pp.1-4, 2008.