

PREPOZNAVANJE DUŽICE OKA I UPOTREBA BIOCAMS VISTA FA2 IRIS RECOGNITION AND THE USAGE OF THE BIOCAMS VISTA FA2

Alija Dervić, Nedeljko Lekić, Elektrotehnički fakultet Podgorica

Sadržaj: Zbog svoje izražene individualnosti, dužica oka se sve više koristi kao biometrijski identifikator. Danas se smatra da je biometrijska tehnika identifikacije dužice u mogućnosti pružiti veći nivo pouzdanosti nego druge biometrijske identifikacione tehnike. Razvijeno je više različitih metoda i algoritama za sve faze postupka prepoznavanja dužice i na njihovom usavršavanju se i dalje intezivno radi. U cilju predstavljanja jednostavnog identifikacionog sistema za prepoznavanje dužice, u ovom radu je upotrijebljena biometrijska kamera VISTA FA2 BIOCAMS i odgovarajuća PC aplikacija.

Abstract: Due to its highly distinguished individuality, the iris is increasingly used as a biometric identifier. Nowadays, it is considered that the iris biometric identification techniques are able to provide a higher level of reliability than the other biometric identification techniques. A variety of methods and algorithms for all stages of iris recognition have been developed and on their further development is still been worked intensively. For the purpose of a presentation of a simple identification system based on iris recognition, in this paper, a biometric camera VISTA FA2 BIOCAMS and the corresponding PC application are used.

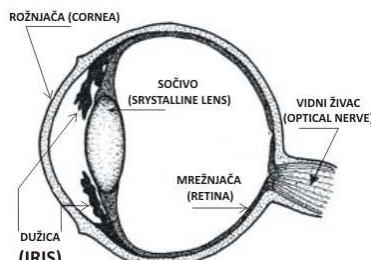
1. UVOD

Identifikacioni sistemi služe da prepoznaju korisnika i omoguće ostvarenje njegovih prava i obaveza. Danas postoji puno različitih identifikacionih sistema.

Osim tradicionalnih, koji podrazumijevaju dodjeljivanje korisniku identifikatora oblika kartice, privjeska i slično, postoje i biometrijski identifikacioni sistemi. Biometrija predstavlja automatizovan metod utvrđivanja identiteta osobe na osnovu njenih fizioloških karakteristika kao što su otisk prsta, dužica (iris) lice, glas, mrežnjača, DNK, vaskularni obrasci, potpis, itd.

Dužica ili iris je upečatljiv dio oka. Ona sadrži pigment koji određuje boju oka. Posebnim mišićnim mehanizmom dužica reguliše količinu svjetlosti koja upada u oko i time igra ulogu dijafragme oka.

Na Slici 1, prikazan je uprošćeni poprečni presjek ljudskog oka.



Slika 1. Uprošćeni prikaz poprečnog presjeka ljudskog oka

Kao što se vidi na slici, dužica se nalazi između rožnjače i sočiva. To je unutrašnji organ čovjeka koji se vidi spolja.

Počinje se formirati oko tri mjeseca nakon začeća. Struktura linija i šara koje joj daju prepoznatljivost se formiraju do osmog mjeseca [1].

Šara dužice je individualna u svakog čovjeka. Različita je i kod jednojajčanih blizanaca. Šara dužice lijevog i desnog oka iste osobe je takođe različita.

Neke od prednosti identifikacije dužice u odnosu na druge biometrijske metode su:

- Fiziološka reakcija dužice na svjetlo. Može se iskoristiti kao prirođan test za detekciju falsifikata. Nešto slično ne posjeduje nijedna druga biometrijska identifikaciona metoda;
- Zaštićenost dužice od spoljašnje sredine. Dužica se, za razliku od otiska prsta, ne može ispljati ili izgrebat;
- Prepoznavanje dužice se može obaviti i sa rastojanja do 1m. Ovo predstavlja prednost u odnosu na tehnologiju identifikacije otiska prsta ili mrežnjače, kod kojih je neophodan kontakt sa skenerom;
- Šara dužice je nezavisna od genetskog porijekla i ne mijenja se sa protokom vremena. Ovo predstavlja prednost, u prvom redu, u odnosu na tehnologiju prepoznavanja lica.

Tehnologija prepoznavanja dužice oka suočava se i sa specifičnim poteškoćama. Neke od njih su:

- Prečnik dužice je svega oko 1cm, pa njen skeniranje zahtijeva striktnu saradnju korisnika;
- Skeniranje dužice otežava njena pokretljivost;
- Povremeno spuštanje očnih kapaka ometa proces skeniranja.

Ideju da se dužica koristi za identifikaciju čovjeka prvi put je predložio oftalmolog Frank Burch 1936. Ideja se 1980-ih godina pojavljivala samo u filmovima o Jamesu Bondu, ali i dalje se radilo o naučnoj fantastici. 1986. dva oftalmologa

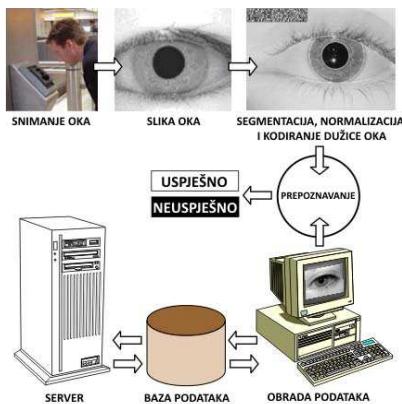
Aran Safir i Leonard Flom patentirali su tu ideju, a 1989. obratili su se Johnu Daugmanu sa Univerziteta u Cambridge-u sa predlogom da razvije algoritme za identifikaciju dužice. Algoritmi, koje je Daugman publikovao i patentirao 1993. godine, su prvi i dosad najviše korišteni u ovoj oblasti [2].

2. POSTUPAK PREPOZNAVANJA DUŽICE OKA

Postupak prepoznavanja dužice oka se može podijeliti u nekoliko faza, i to:

- Slikanje dužice,
- Segmentacija dužice oka,
- Normalizacija dužice oka,
- Dobijanje koda i
- Upoređivanje kodova

Prva faza je slikanje oka. Tom prilikom korisnik se postavlja ispred skenera (kamere za slikanje dužice) (Slika 2). Odgovarajućom indikacijom skener pomaže korisniku da što lakše zauzme optimalni položaj.



Slika 2. Faze u postupku prepoznavanja dužice oka.

Nakon slikanja, u fazi segmentacije, iz dobijene slike izdvaja se područje dužice. Područje dužice se zatim normalizuje, svodenjem na predefinisane dimenzije. Normalizacijom se onemogućuje da na postupak prepoznavanja utiču promjene u veličini, poziciji i orientaciji dužice. U postupku kodiranja, iz normalizovanog prikaza dužice, izdvaja se jedinstveni digitalni kod (IrisPrint). Kod se zatim upoređuje sa ostalim kodovima iz baze podataka.

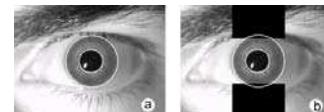
2.1. Slikanje dužice

Na početku postupka prepoznavanja, mora se slikati dužica oka. Slikanje dužice nije jednostavan postupak i zahtijeva striktnu saradnju korisnika. Jedan od razloga za to je veličina dužice. Dužica je relativno mala (u prosjeku prečnika oko 1.1cm). Da bi se skeniranje uspješno obavilo potrebno je obezbijediti odgovarajuće okolno osvjetljenje, ne prejako da bi smetalo korisniku. Poželjno je da dužica bude u centru fotografije. Koliko je to moguće, iz slike je potrebno eliminisati nepotrebne detalje. Tako na primjer, treba obezbijediti da trepavice u što manjoj mjeri zaklanjavaju područje dužice. Kako se iznad dužice nalazi vlažna prozirna opna dolazi do refleksije svjetlosti. To se na slici obično vidi

kao odsjaj, odnosno bijela površina. Ta površina se ne može upotrijebiti za dobijanje koda dužice. Treba nastojati da odsjaj bude u području zjenice oka (Slika 3-a).

2.2. Segmentacija dužice oka

Nakon dobijanja slike oka, potrebno je izdvojiti region dužice. Region dužice se može aproksimirati jednim kružnim prstenom, čija unutrašnja granica je između zjenice i dužice, a spoljašnja između dužice i beonjače oka. U procesu, segmentacije osim izdvajanja dužice, uklanjuju se i smetnje, kao što su trepavice, očni kapci i odsjaj (Slika 3-b).



Slika 3. Segmentirana dužica oka (a), segmentirana dužica oka i uklanjanje smetnji (b)

Daugman-ov metod koristi poseban integralno-diferencijalni operator za lociranje dužice, kao i lukova gornjih i donjih očnih kapaka. Taj operator je definisan kao:

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right|$$

pri čemu je $I(x,y)$ slika oka koje se posmatra (Slika 3-a)). Operator traži, u domenu slike, maksimum parcijalnog izvoda, normalizovanog konturnog integrala od $I(x,y)$, duž kružnog luka ds poluprečnika r , sa centrom u (x_0, y_0) . Simbol $*$ označava konvoluciju. $G_\sigma(r)$ je Gauss-ova funkcija.

Operator traži kružnu putanju u kojoj je promjena vrijednosti piksela maksimalna, mjenjajući pri tom poluprečnik r kao i (x_0, y_0) poziciju centra kruga. Operator se primjenjuje više puta sa postepenim smanjivanjem vrijednosti parametra σ funkcije $G_\sigma(r)$. Smanjivanjem vrijednosti parametra σ dobija se preciznija lokacija irisa. Očni kapci se pretražuju na sličan način, s tom razlikom što putanja više nije kružna već polu-kružna [3].

2.3. Normalizacija dužice oka

Nakon uspješne segmentacije dužice, pristupa se fazi u kojoj se transformiše regija dužice, tako da ima fiksne dimenzije. Normalizacija treba da obezbijedi neosjetljivost na veličinu, položaj i orijentaciju dužice na slici, kao i na veličinu zjenice. Prilikom normalizacije, treba imati u vidu da region zjenice nije koncentričan u odnosu na dužicu, nego uvijek malo pomjeren.

Daugmanov *rubber sheet* model normalizacije transformiše sliku dužice u polarni koordinatni sistem i obezbjeđuje da na prepoznavanje nema uticaj veličina zjenice i same slike. Daugmanov model pridružuje svakoj tački dužice, bez obzira na njenu veličinu i dilataciju zjenice, par bezdimenzionalnih realnih koordinata (r, θ) . Parametar r je

na intervalu $[0,1]$ dok je θ ugaona veličina na intervalu $[0, 2\pi]$ [4], [5].

2.4. Dobijanje jedinstvenog koda dužice oka

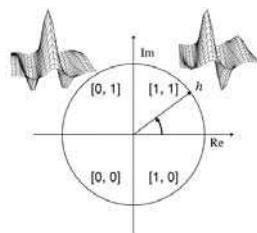
Jedinstveni kod dužice se dobija demodulacijom normalizovane slike dužice. Za ekstrakciju strukture dužice kao niza fazora (vektora u kompleksnoj ravni) koristi se banka kompleksnih 2D Gabor wavelet-a [2]. Kvantizovanjem ugla fazora postavljaju se bitovi koda dužice. Postupak kvantizacije sastoji se od identifikacije kvadranta kompleksne ravni u kojem se nalaze rezultujući fazori, dobijeni projekcijom područja dužice na kompleksne 2D Gabor wavelet-e (Slika 4). Postupak kvantizacije se opisuje sljedećom relacijom:

$$h_{\{R_e, I_m\}} = \operatorname{sgn}_{\{R_e, I_m\}} \int_{\rho} \int_{\phi} I(\rho, \phi) e^{-j\omega(\theta_0 - \varphi)} \cdot e^{-(r_0 - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta_0 - \varphi)^2 / \beta^2} \rho \cdot d\rho \cdot d\phi$$

$h_{\{R_e, I_m\}}$ se može smatrati kompleksnim bitom čiji je realni i imaginarni dio 1 ili 0, zavisno od znaka 2D integrala; $I(\rho, \phi)$ je normalizovana slika dužice u bezdimenzionom polarnom koordinatnom sistemu; α i β su skalari Gauss-ove envelope 2D Gabor wavelet-a; ω je wavlet frekvencija; i (r_0, θ_0) predstavljaju polarne koordinate svakog regiona dužice za koji su izračunate fazorske koordinate $h_{\{R_e, I_m\}}$ [6].

Na opisani način, generiše se 2048 fazorskih bitova, odnosno 256 okteta. U novijim algoritmima, izračunava se i isti toliki broj maskirajućih bitova. Maskirajući bitovi definišu da li je određeni region dužice prekriven kapcima, zahvaćen refleksijom ili neupotrebljiv iz bilo kog drugog razloga.

U opisanom postupku je upotrijebljena samo fazna informacija jer amplitudna nije u toj mjeri diskriminišuća i zavisi od eksternih faktora kao što su kontrast slike, osvjetljenje i pojačanje kamere. Druga prednost upotrebe fazne informacije je što ona ostaje definisana bez obzira na jačinu kontrasta u slici dužice. To dalje znači da slabo fokusirane slike dužica ne mogu dovesti do konfuzije.



Slika 4. Kvantizacija ugla fazora na kvadrant kompleksne ravni i kodiranje

2.5. Upoređivanje kodova

Za upoređivanje kodova dužica Daugman-ov metod koristi Haming-ovo rastojanje. Haming-ovo rastojanje daje mjeru koliko je identičnih bitova u dva uzorka iris-a.

Korišćenjem Haming-ovog rastojanja donosi se odluka o tome da li su dva uzorka dobijena iz različitih irisa ili iz jednog istog. Haming-ovo rastojanje je mjera različitosti i definije se kao:

$$HD = \frac{\|(codeA \otimes codeB) \cap maskA \cap maskB\|}{\|(maskA \cap maskB)\|},$$

gdje su vektori kodova dužica označeni sa $codeA$ i $codeB$ i odgovarajući vektori maski sa $maskA$ i $maskB$. Imenilac sadrži broj bitova kodnih vektora koji su od važnosti za poređenje, dok se u broiocu izračunava broj bitova od važnosti, u vektorima $codeA$ i $codeB$, koji se nijesu podudarili. Rezultujuća distanca je frakcionala mjera nepodudarnosti kodova dužica.

$HD=0$ označava potpuno podudaranje. Ukoliko su dva uzorka nezavisna, kao na primjer uzorci generisani od različitih irisa, Haming-ovo rastojanje će biti oko 0.5. Ovo stoga što nezavisnost podrazumijeva potpuno slučajnu vrijednost bita, tako da je vjerovatnoća da će dva bita iz različitih IrisPrint-ova dužica imati istu, odnosno različitu, vrijednost 50% [7].

3. VISTA FA2 BIOCAM I PC APLIKACIJA

Jednostavni identifikacioni sistem za prepoznavanje dužice sastoji se iz biometrijske kamere *VISTA FA2 BIOCAM* i PC aplikacije.

Biometrijska kamera *VISTA FA2 BIOCAM* može se koristiti u identifikacionim sistemima za prepoznavanje dužice i sistemima za prepoznavanje lica. Na Slici 5 prikazana je kamera i naznačeni njeni osnovni djelovi. Sa slike se uočava da *VISTA FA2* sadrži iris kameru, ogledalo, infracrveni (IR - InfraRed) iluminator, trobojnu LED, senzor za rastojanje, kameru za lice, LED blic za lice i mikrofon. Kamera za slikanje dužice sadrži CMOS senzor sa rezolucijom 640x480 piksela. Prilikom slikanja dužice korisnik treba da se postavi prema kameri tako da vidi svoje oko u ogledalu kamere. Na osnovu podataka senzora za detekciju rastojanja, trobojna LED pomaže korisniku prilikom pozicioniranja. Crvena boja signalizira korisniku da je preblizu, plava da je predaleko, dok zelena indicira pravi položaj. Za slikanje dužice kamera koristi infracrveno svjetlo. IR iluminator obezbeđuje odgovarajuću osvjetljenost dužice.



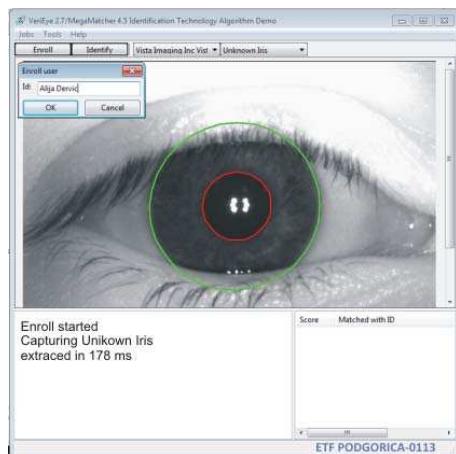
Slika 5. Biometrijska kamera Vista FA2

PC aplikacija može da radi u dva režima i to:

- režim upisivanja korisnika
- režim identifikacije.

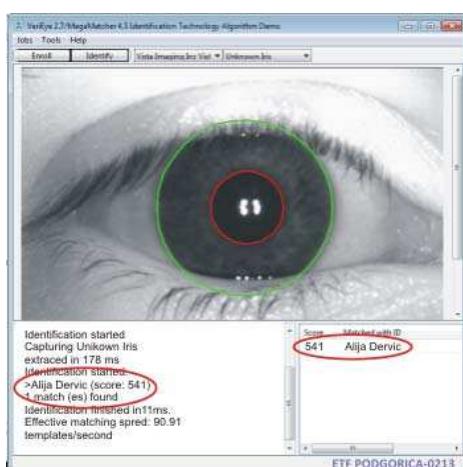
Režim rada se bira klikom na odgovarajuće komandno dugme na formi aplikacije.

Kada je potrebno da se korisnik upiše u bazu, aplikacija se prevodi u režim upisivanja. Korisnik, na već opisani način, zauzima poziciju ispred kamere, koja obavlja slikanje. Nakon slikanja, PC aplikacija obraduje dobijenu sliku. Izdvaja dužicu iz nje (prostor između crvenog i zelenog kruga na Slici 6, normalizuje izdvojeni region i ekstrahuje jedinstveni digitalni kod dužice (IrisPrint). Dobijeni IrisPrint zatim smješta u bazu podataka, zajedno sa unesenim podacima korisnika.



Slika 6. Aplikacija u režimu upisivanja korisnika

Kada je potrebno izvršiti prepoznavanje, aplikacija se prevodi u režim identifikacije. U ovom režimu, dobijeni IrisPrint se upoređuje sa IrisPrint-evima iz baze podataka. Ukoliko je korisnik prepoznat, u donjem desnom uglu aplikacije ispisuju se njegovi podaci (Slika 7). Ukoliko korisnik nije prepoznat, prostor u donjem desnom uglu ostaje prazan.



Slika 7. Primjer uspješne identifikacije korisnika

U okviru aplikacije je moguće podešavati brzinu detekcije (sporo, srednje, brzo), kao i vrijednost FAR (False Accept Rate) u granicama 0.1% do 0.0001%.

Pouzdanost algoritma aplikacije testirana je upotrebom ICE2005 Exp1 baze slika dužice. Baza sadrži 1425 slika dužice i 124 jedinstvene desne dužice oka. Testiranja su pokazala da se FAR=0.001%, dobija FRR (False Rejection Ratio)= 0.0942 %.

4. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen jednostavan identifikacioni sistem za prepoznavanje dužice oka. Dati su osnovni podaci o sastavnim djelovima sistema, biometrijskoj kameri Vista FA2 i PC aplikaciji.

U okviru rada izvršeno je upoređivanje biometrijske metode prepoznavanja dužice, sa ostalim biometrijskim metodama. Ukazano je na bitne prednosti metode prepoznavanja dužice, ali i na poteškoće sa kojima se suočava.

Izložen je i postupak prepoznavanja dužice, kroz opis svake pojedine faze postupka.

LITERATURA

- [1] P. Kronfeld, "Gross anatomy and embryology of the eye," in *The Eye*, H. Davson, Ed. London, U.K.: Academic, 1962.
- [2] Daugman J. , "How Iris Recognition Works" IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology , vol . 14, no. I, pp . 21- 30,2004.
- [3] Surjeet Singh, Kulbir Singh, "Segmentation Techniques for Iris Recognition System," International Journal of Scientific & Engineering Research, vol. 2, Issue 4, April-2011, ISSN 2229-5518.
- [4] J. Daugman, *Biometric personal identification system based on iris analysis*. United States Patent, Patent Number: 5,291,560, 1994.
- [5] M. R. Bendre, S. A. Shivarkar, "An improved approach of IRIS authentication system using Daugmans rubber sheet model, segmentation ,normalization and RSA security algorithm. " IJCTEE, vol.1, issue3.
- [6] J. Daugman, "Demodulation by complex-valued wavelets for stochastic pattern recognition," Journal of Wavelets Multiresolution and Information Processing Vol. 1, No. 1 (2003), 1-17.
- [7] J. G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence, " IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel. 15 (1993), 1148-1161.