

USLOVI AKVIZICIJE OTISKA PRSTA CONDITION ACQUISITION OF FINGERPRINT

Marija Bogičević Sretenović, Bojan Marčeta, Dejan Simić

REZIME: Biometrija je oblast od izuzetnog značaja kod bezbednosti informacionih sistema. Biometrijska identifikacija korisnika postaje neophodan uslov za logovanje korisnika u razne aplikacije i sisteme. Otisak prsta je najstarija biometrijska metoda za autentifikaciju korisnika. U ovom radu su prikazane senzorske tehnologije, kao i uslovi okruženja pri kojima se izvodi akvizicija otiska prsta a koji mogu uticati na kvalitet slike.

KLJUČNE REČI: Biometrijski sistemi, Otisak prsta, Senzori za otisak prsta, akvizicija otiska prsta,

ABSTRACT: One of the fields with high importance in security of information systems is for sure biometrics. Biometric authentication of users becomes essential requirement for logging in a service, an app and so on. Fingerprint is one of the oldest biometric methods for user authentication. This paper presents fingerprint sensor as well as environment conditions that could affect quality of picture during finger print acquisition.

KEY WORDS: Biometric system, Fingerprint, Fingerprint sensor, Acquisition of fingerprint

1. UVOD

U današnje vreme postoji mnogo situacija u kojima je neophodno da se korisnik identifikuje. Tradicionalno posmatrano, lozinke i ID kartice se koriste za logovanje u sisteme i neke aplikacije. To su alati koje korisnik zna i ima a koristi za autentifikaciju, odnosno utvrđivanje identiteta. Međutim kada se kompromituje lozinka ili korisnik izgubi karticu, postoji metoda autentifikacije gde korisnik nešto jeste, a to je upravo neka njegova fizička karakteristika gde biometrija pronalazi svoju primenu. Biometrija automatizuje proces identifikacije korisnika koristeći fiziološke ili biheviorističke karakteristike osobe. Postoji puno biometrijskih modaliteta koji se koriste za utvrđivanje identiteta osobe kao što je skeniranje lica, geometrija šake, potpis, skeniranje retine, glas, termogram lica, geometrija šake, otisak dlana, potpis, a najčešće korišćen je otisak prsta. Samim tim što je u velikoj upotrebi ima i dosta problema sa kojima se susrecu biometrijski sistemi. Neki od tih problema su i uslovi okruženja u kojima se uzima otisak prsta osobe.

Kvalitet slike može da se meri nekim od sledećih parametara: snaga grebena, kontinuitet grebena, jasnost grebena i integritet strukture doline grebena ili performanse verifikacije kad se koristi slika otiska prsta.

2. BIOMETRIJSKI SISTEMI

Biometrijski sistem funkcioniše u dva moda, upis (*enrollment*) i autentifikacija (*authentication*). Kod upisa se uzima otisak prsta biometrijskim čitačem i slika se beleži (pamti) u bazu podataka. Ta slika je povezana sa imenom i prezimenom ili matičnim brojem osobe čiji identitet se utvrđuje. U okviru autentifikacije razlikuju se dva procesa identifikacija i verifikacija. Kod autentifikacije se vrši akvizicija biometrijskih podataka i upoređuju se sa onim koji su zabeleženi u bazu [1]. Kod identifikacije se utvrđuje identitet osobe, a kod verifikacije se potvrđuje ili opovrgava identitet osobe za koji ona tvrdi da je. Kod identifikacije se uzeti otisak prsta upoređuje sa svim otiscima koji su smešteni u bazu, a kod verifikacije se taj uzeti

otisak upoređuje samo sa onim koji je vezan za tu osobu čiji identitet treba da se potvrdi.

Biometrijski sistemi mogu biti unimodalni i multimodalni. Kod unimodalnih sistema se na osnovu jednog fizičkog obeležja određuje identitet osobe. Kod multimodalnih na osnovu više biometrijskih karakteristika. Multimodalni sistemi su kompleksniji za implementaciju ali su efikasniji jer ako npr. dođe do oštećenja prsta osobe tada se njen identitet može utvrditi na osnovu nekog drugog biometrijskog modaliteta, što kod unimodalnih rešenja nije slučaj.

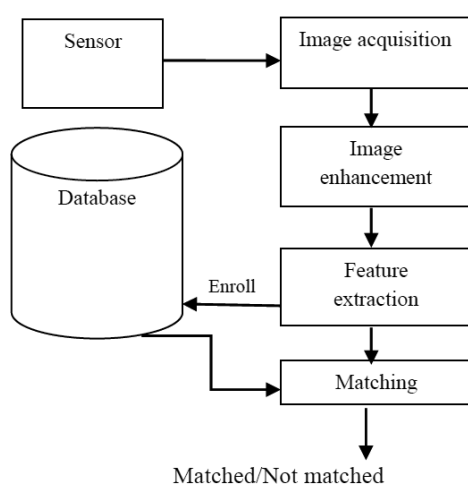
Performanse biometrijskog sistema se mogu meriti pokazateljima *FAR* (*False Acceptance Rate*) i *FRR* (*False Rejection Rate*), odnosno da li je pogrešno prihvaćen identitet neke osobe ili je pogrešno odbijen kod *FRR* [2]. Pored parametara *FRR* i *FAR* može se pratiti i stepen uspešnog upisa *ESR* (*Enrollment Success Rate*) i stepen uspešnog očitavanja *CSR* (*Capture Success Rate*) kao indikatori kvaliteta otiska prsta.

Tradicionalni biometrijski sistemi zahtevaju od korisnika da dodirne senzor-čitač i da ostavi svoj otisak prsta što ima veliki broj ograničenja i uslovljenosti. U poslednje vreme pojavili su se beskontaktni biometrijski sistemi koji rešavaju neke od nedostataka tradicionalnih ali sa druge strane imaju svoja ograničenja. Oni povećavaju korisnost, prihvatljivost, tačnost biometrijskih sistema za prepoznavanje. Beskontaktni sistemi prevazilaze problem deformacija na koži, otporniji su na zaprljane prste kao i na lažne otiske prstiju [1].

3. PROCES AKVIZICIJE

Osnovne komponente unimodalnog biometrijskog sistema za otisak prsta su:

- Senzorski modul
- Modul za poboljšanje jasnoće slike
- Modul za ekstrakciju oblika
- Modul za uklapanje
- Modul za donošenje odluka.



Slika 1. Proces akvizicije biometrijskih podataka [3]

Senzorski modul služi za akviziciju biometrijskih podataka osobe. Kod otiska prsta [4] za akviziciju se koristi čitač otiska prsta i postoji više vrsta čitača o čemu će biti više reci u daljem tekstu.

Kod modula za poboljšanje kvaliteta slike se uklanjaju nejasnoće, šumovi, senke. Slika se obrađuje kroz razne filtere da bi se efikasnije u narednom koraku ekstrahovale karakteristične tačke [5,6].

Modul za ekstrakciju oblika procesira sliku i izvlači karakteristične tačke neophodne za algoritam. Kod otiska prsta to su pozicija i orijentacija minucija. Otisak prsta predstavlja linije grebena i dolina na koži čoveka, prikazujući veliki broj minucija koje uključuju završetak grebena, račvanje, ostrvo, pore i druge minucije. Autori [7] kažu da je neophodno minimum dvanaest minucija da bi se utvrdio identitet.

U modulu za uklapanje se oblici ili u našem slučaju minucije upoređuju sa minucijama iz slika-*template* zabeleženih u bazu kod upisa, tzv. “*enrollment*” procesa. Izlaz iz ovog modula je odgovor da li se uzeta slika podudara sa onom u bazi ili ne.

U modulu za donošenje odluka je identitet korisnika ustanovljen ili ako je u pitanju verifikacija identitet je potvrđen ili odbijen, a na osnovu odgovarajućeg rezultata iz modula uklapanja [8].

4. SENZORSKE TEHNOLOGIJE

Postoji više vrsta tehnologija za čitače za otisak prsta i to: optički, ultrazvučni, pasivni kapacitativni i aktivni kapacitativni [9].

Optički čitači otiska prsta su najstarija tehnologija za akviziciju i evaluaciju slike otiska prsta. Ova tehnologija se bazira na akviziciji slike i primeni algoritama. Optički senzor sadrži specijalizovanu digitalnu kameru kojom se dolazi do slike sa koje se izdvaja patern grebena i doline sa prsta. Povređeni, prljav ili vlažan prst dovešće do negativnih posledica po kvalitet uzete slike. Nedostaci ove tehnologije su da stanje kože prsta i uslovi u kojima se uzima otisak značajno utiču na kvalitet slike. Ovaj senzor generiše samo dvodimenzionalne slike.

Ultrazvučni senzori se zasnivaju na teoriji medicinske ultrasonografije sa namerom da se razvije vizuelna slika otiska prsta. Ultrazvučni senzor koristi izuzetno visoku frekvenciju zvučnih talasa sa namerom da udje u epidermalni sloj kože prsta. Slika otiska prsta može biti generisana merenjem odbijenih talasa jer dermalni slojevi kože pokazuju neke karakteristike otiska prsta. Tako da u ovom slučaju čak i ako je prst zaprljan ili oštećen to neće uticati na kvalitet slike.

Kapacitativni senzori koriste tehnologiju kojom oblikuju sliku otiska prsta. Da bi generisali grebene i doline prsta koriste električnu energiju. Razlikuju se aktivni i pasivni kapacitativni čitači. Pasivni senzor formira sliku otiska prsta na osnovu dermalnog sloja kože. U svakoj tački niza se meri kapacitativnost senzorskih piksela. A kod aktivnog se pre merenja otiska prsta napon pridruži koži. Patern grebena se na dermalnom sloju identifikuje pomoću električnog polja između prsta i senzora.

Kao što je i navedeno postoji nekoliko vrsta senzora, ali se uglavnom izdvajaju dve tehnologije na koje treba obratiti pažnju. To su optički i kapacitativni senzori. Razlika je velika a samim tim i kvalitet uzetih slika se menja u zavisnosti od uslova okruženja u kojima se izvodi akvizicija. Tako npr. efekat pritiska na senzor, suvoća ili vlažnost kože različito deluju na ove dve vrste senzora pri akviziciji koji su zasnovani na različitim fizičkim principima. Svi faktori direktno utiču na dostupnost sistema za prepoznavanje i njegovu efektivnost. Razlika je u kvalitetu slike na istim senzorima sa istim ljudima ako se uzimaju otisci u različitim godišnjim dobima. Optički senzori formiraju sliku na osnovu evaluacije refleksije karakteristika kože prsta. Dok, kapacitativni senzori koriste električna svojstva kože kao drugi sloj koji se formira pri dodiru sa silikonskom površinom čitača.

U sledećoj tabeli broj 1. data je komparacija optičkih i neoptičkih senzora po više kriterijuma.

Parametri	Optički senzori	Ne – optički senzori
Merenja	Svetlo	Pritisak, Toplota, Kapacitativnost i Ultrazvučni talasi
Prednosti	Izuzetno visoke performanse, Fizička ili električna izdržljivost, Odlične fotografije	Masovna proizvodnja vodi do niske cene. Mala veličina čini ih odgovarajućim za aplikacije na mobilnom uređaju ili laptop računaru.
Koristi	Najstarija i dobro poznata metoda, Dobra tehnološka podrška, Primena u sistemima za kontrolu prisustva, kontrolu ulaska, bankovnim servisima itd.	pozitivna konkurencija vodi do masovne proizvodnje, što zauzvrat donosi niže cene. Kao i optički senzori, mogu biti korišćeni za razne aplikacije.
Ograničenja	Teško je napraviti slobodan i visoko bezbedan sistem	Kompleksna struktura, Nedostatak tehničkog znanja dovodi do hvatanja pogrešnih tačaka otiska prsta
Nedostaci	Smanjenje veličine slike je isuviše skupo, Relativno lako se narušava bezbednost	Varijacije u performansama u odnosu na promene temperature i suvoće prsta

Tabela 1. Komparacija optičkih i neoptičkih senzora [9]

Beskontaktni sistemi mogu biti podeljeni u dve kategorije i to dvodimenzionalne i trodimenzionalne modele. Većina dvodimenzionalnih se bazira na jednoj kameri, generiše sliku koja je ekvivalent slici koja je uzeta tradicionalnim sistemima koristeći razna poboljšanja i algoritme za normalizaciju rezolucije. Ovi sistemi su jeftiniji od trodimenzionalnih tehnologija, ali problemi sa kojima se susreću su perspektivne deformacije i nekontinuirana rezolucija uzoraka [10]. Trodimenzionalne tehnologije mogu biti bazirane na različitim tehnologijama akvizicije poput podešavanja višestrukog prikaza, metode strukturiranog svetla ili fotometrijskih stereo strategija. Trodimenzionalni modeli mogu predstaviti različite nivoe detalja. Generisanje slike kod ovih sistema koja je ekvivalent slici kod čitača zasnovanih na dodiru bazira se na algoritmima koji se mogu razmotiti a koji mapiraju trodimenzionalne uzorke u dvodimenzionalnom prostoru. Ove metode se zasnivaju na pretpostavkama o obliku prsta ili na analizama lokalnih karakteristika otiska prsta.

5. USLOVI AKVIZICIJE

Proces prepoznavanja može rezultirati lošim rezultatima a sve zbog lošeg kvaliteta slike otiska prsta, što je posledica nekih parametara okruženja. Može biti posledica određenog stanja kože prsta što su granični slučajevi, jer je uglavnom koža prstiju u granicama normalnog stanja. Može se desiti da na prstu bude plik, posekotina ili nabor. Što se tiče stanja kože razmatra se kako utiče hrapavost, suvoća ili vlažnost kože prsta. Uvek se razmatra i ponašanje čoveka u procesu akvizicije, da li čovek isuviše jako pritisne čitač ili slabo, a takođe i kakvo je poravnanje prstiju na senzoru. Što se tiče uslova okruženja zaprljana površina senzora utiče na kvalitet slike, kao i ekstremno visoka temperatura ili osvetljenje.

Na kvalitet otiska prsta utiču u velikoj meri uslovi pod kojima se izvodi process akvizicije. Neki od uslova koji su proučavani i testirani u kontrolisanim uslovima su sledeći: hladan prst, ohlađen vlažan prst, zagrejani prst, natopljen prst, prst sa slojem lepka, prljav prst [10].

Što se tiče standardne identifikacije kako je mnogi autori nazivaju, izvodi se sa opranim i čistim prstima u kontrolisanim uslovima. Samim tim se nameće zaključak da su i rezultati jako dobri u ovim uslovima okruženja.

Da bi se prsti ohladili na željenu temperaturu neophodno je pripremiti led u kalupima ili suvi led da bi se prsti ohladili. Ako se odabere opcija leda u kalupima tada se oni moraju prekriti vodootpornom folijom da bi se sprečila vlažnost prstiju. Ovakvi uslovi simuliraju hladne uslove životne sredine. Svaki prst se može hladiti 15 minuta pre nego se uzme otisak prsta senzorom.

Kada je u pitanju akvizicija vlažnog hladnog prsta, eksperiment se može izvesti na sličan način kao u prethodnom slučaju, samo bi se eliminisala vodootporna folija. Cilj je da prst bude vlažan pri akviziciji.

Da bi se prst zagrejavao i time simulirali uslovi jako visoke temperature u okruženju može se eksperiment izvesti na više načina. Jedan od njih je da se obezbedi kutija od pleksigla-

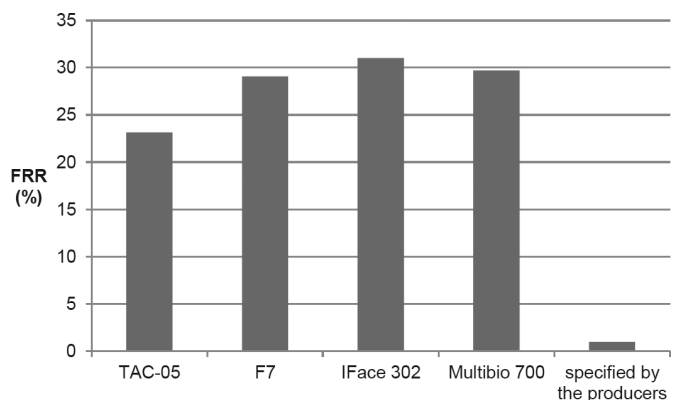
sa koja će se zagrejati do željene temperature grejačem i tada uzeti otisak prsta. Još jedna mogućnost je zagrejati prst USB grejačem za koji može biti priključen digitalni senzor.

Još jedna zanimljiva životna situacija je da prst bude natopljen, odnosno smežuran od držanja u vodi. Ovu vrstu kontrolisanih uslova moguće je obezbediti tako što se voda zagreje do 40C npr. i drže prsti u vodi 20 minuta. Zatim se obrišu gazom i izvede se akvizicija otiska prsta.

Prst sa slojem super lepka je zanimljiva situacija smatraju autori nekih radova [10], jer se lepak jako zalepi za prst formirajući čvrsti transparentni i tanki sloj lepka koji pogorša papilarnu linije.

Prst je često zaprljan kremom, mašću, prašnjav i to utiče na kvalitet slike otiska prsta i rezultate identifikacije. Tako da se može izvesti eksperiment simulacije tih uslova tako što se prst zaprlja uljem, kremom, peskom, solju ili blatom i tako simuliraju uslovi iz realnog života kad je potrebno identifikovati se sa zaprljanim prstom [11,12,13].

Na Slici 2. su prikazani rezultati i poređenje rezultata akvizicije u kontrolisanim uslovima. Evidentno je da je srednja vrednost greške FRR veća od one koju navode proizvođači čitača. Eksperiment [10] je izveden na četiri različita čitača. U eksperimentu je učestvovalo 80 osoba, od čega 16 žena i 64 muškarca starosti od 21 godine do 66 godine. Testiranje je obavljeno u dvadeset ciklusa pod kontrolisanim uslovima koji su navedeni u prethodnom tekstu.



Slika 2. Grafička komparacija srednjih vrednosti FRR u kontrolisanim uslovima na različitim čitačima [10]

Do značajnih podataka došli su i autori [14] u Kini, koji su upoređivali otiske prsta uzete u severnoj i južnoj Kini. U severnoj Kini su ispitanici imali između 21 i 25 godina, izvedena je akvizicija u periodu od decembra 2013. godine do maja 2017. godine. Mesečno je ispitano oko hiljadu ljudi i uzeta su dva otiska sa svakog prsta. U južnoj Kini ispitanici su imali takođe između 21 i 25 godina, posmatran je period od januara 2013. godine do maja 2017. godine i ovde je učestvovalo preko 1000 ljudi mesečno. Praćeni su sezonski faktori i njihov uticaj na kvalitet slike otiska prsta, kao i ESR i CPR. Neki od zaključaka do kojih su došli je da ESR i CPR imaju isti trend varijacije, da je kvalitet otiska prsta u velikoj meri različit zimi i leti, tačnije da su bolji rezultati kod otisaka uzetih u julu i avgustu.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad daje pregled u oblasti akvizicije otiska prsta, sa posebni osvrtom na biometrijske sisteme, process akvizicije, senzorske tehnologije i uslove pod kojima se izvodi akvizicija. Razlikuju se senzorske tehnologije za otisak prsta, ali se uglavnom baziraju na optičkim i ne optičkim tehnologijama. Pokazano je da različiti uslovi okruženja pod kojima se izvodi akvizicija utiču na kvalitet slike otiska prsta. Predlog je da proizvođači senzora uzmu u obzir rezultate do kojih se dolazi eksperimentima.

REFERENCE

- [1] R.G.Labati, A.Genovese, V.Piuri, F.Scotti, "Touchless Fingerprint Biometrics:A Survey on 2D and 3D Technologies", Journal of Internet Technology, Volume 15 (2014) No.3
- [2] M.Dyn, "Data Acquisition System For Fingerprint Ultrasonic Imaging Device", Electronic Theses and Dissertations, <https://scholar.uwindsor.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1145&context=etd>
- [3] D.Pathak, S Tiwari, "A survey of wet and wrinkled finger print recognition techniques", International Journal of Engineering Research and Technologies IJERT, ISSN: 2278-0181, Vol 5 Issue 12, Decembar -2016
- [4] A.Ross, A.Jain, "Information Fusion in Biometrics", Pattern Recognition Letters, Vol 24, Issue 13, pp 2115-2125, September 2003
- [5] F. AlonsoFernandez, J. Fierrez, J.Ortega-Garcia, J.Gonzales-Rodriguez, H.Fronthaler,K.Kollreider, J.Bigun, "A Comparative Study of Fingerprint Image-Quality Estimation Methods, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol 2, no.4, decembar 2007
- [6] V. J. Rathod, N.C. Iyer, S.M.Meena, "A Survey on Fingerprint Biometric Recognition System", Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2015 International Conference on, DOI: [10.1109/ICGCIoT.2015.7380482](https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2015.7380482)
- [7] M.Olsen, M. Dusio, C.Busch, "Fingerprint skin moisture on biometric performance", Biometrics and Forensics (IWBF), 2015 International Workshop on, DOI: [10.1109/IWBF.2015.7110223](https://doi.org/10.1109/IWBF.2015.7110223)
- [8] F.Alonso-Fernandez, F.Roli, G.L.Marcialis, J.Fierrez, J.Ortega-Garcia, "Comparison of fingerprint quality measures using an optical and a capacitive sensor", Biometrics: Theory, Applications, and Systems, 2007. BTAS 2007. First IEEE International Conference on, DOI: [10.1109/BTAS.2007.4401956](https://doi.org/10.1109/BTAS.2007.4401956)
- [9] K.Prasad, P.S.Aithal, "A Critical Study on Fingerprint Image Sensing and Acquisition Technology", International Journal of Case Studies in Business, IT and education (IJCSBE), Vol 1, No. 2, December 2017
- [10] V.Nidlova, J.Hart, "Reliability of Biometric identification using fingerprints under adverse conditions", Agronomy Research 13(3), 786-791, 2015
- [11] R.Haber, J.Helou, J.Korkomaz, M.Habre, A.Ghanem, R.Tomb, "Absence of fingertips with focus on dermatologies etiologies: national survey and review", 2015 January-March; 3(1): 21-26. ISSN: 2282-4103, Published online 2015 May 8.
- [12] H.Manoli, K.S.Tiwari, "Partially Acquired Fingerprint Recognition Using Correlation Based Technique", Journal Ijeecs, ISSN (Online): 2347-2820, Volume -5, Issue-2, 2017
- [13] S.Memon, M.Sepasian, W.Balachandran, "Review of finger print sensing technologies", Multitopic Conference, 2008. INMIC 2008. IEEE International, DOI:10.1109/INMIC.2008.4777740
- [14] P.Zhang, W.Liu, D.Yin, Y.Shi, X.Xu, "Analysis of fingerprint quality fot season factor", ICCIP 17 November 24-26, Japan, ISBN 978-1-4503-5365-6/17/11, doi.org/10.1145/3162957.3163027



mr Marija Bogičević Sretenović, asistent na Katedri za informacione tehnologije, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu
Kontakt: marija.bogicevic@fon.bg.ac.rs
Oblast interesovanja: elektronski sistemi plaćanja, zaštita računarskih sistema, biometrijske tehnologije



Bojan Marčeta, saradnik u nastavi, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka
Kontakt: bojan.marčeta@mmklab.org
Oblast interesovanja: Računarske mreže, Linux administracija, Bezbednost računarskih sistema



Dejan Simić, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu
Kontakt: dejan.simic@fon.bg.ac.rs
Oblast interesovanja: Zaštita računarskih sistema, Biometrijski sistemi

