



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

SENZORY SNÍMÁNÍ OTISKŮ PRSTŮ

FINGERPRINT SENSORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAKUB SLEZÁK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR FEDRA

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Biomedicínská technika a bioinformatika

Student: Jakub Slezák

ID: 106109

Ročník: 3

Akademický rok: 2009/2010

NÁZEV TÉMATU:

Senzory snímání otisků prstů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s vlastnostmi lidské pokožky a s možnostmi bezprostředního snímání daktyloskopických otisků pro následnou identifikaci osoby. Porovnejte technologie kontaktního a bezkontaktního snímání otisků prstů u komerčních senzorů. Prostudujte algoritmy pro on-line hodnocení kvality sejmutých dat. Navrhněte a realizujte vhodné snímací zařízení pro záznam daktyloskopických otisků prstů horních končetin s možností nastavení parametrů snímání. Ověřte funkčnost snímacího zařízení u nejméně deseti osob a zhodnoťte kvalitu takto získaných dat.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] STRAUS, Jiří. Kriminalistická daktyloskopie. Praha: Policejní akademie ČR, 2005. ISBN 80-7251-192-0.

[2] RAK, Roman, MATYÁŠ, Václav, ŘÍHA, Zdeněk a kol. Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.

Termín zadání: 8.2.2010

Termín odevzdání: 31.5.2010

Vedoucí práce: Ing. Petr Fedra

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na možnosti bezprostředního snímání daktyloskopických otisků a jejich využití pro identifikaci osob. Náplní práce je zhodnotit technologie kontaktního a bezkontaktního snímání otisků prstů. V práci je popsán návrh a realizace optického snímače otisku prstů s příslušným softwarem a jsou zhodnoceny dosažené výsledky.

Klíčová slova: biometrie, otisk prstu, daktyloskopie, elektronické snímače otisku prstů

Abstract

This bachelor thesis is focused on the possibilities of immediate fingerprinting and the use of these fingerprints to identify people. The content of the thesis is the technological evaluation of contact and contactless fingerprinting. A presentation and execution of a fingerprint optical scanner with corresponding software is described together with a review of the results.

Keywords: biometrics, fingerprint, dactyloscopy, electronic fingerprint scanners

SLEZÁK, J. *Senzory snímání otisků prstů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 33 s. Vedoucí bakalářské práce
Ing. Petr Fedra.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Senzory snímání otisků prstů jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 31. května 2010

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Fedrovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 31. května 2010

.....
podpis autora

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 1 |
| Teorie snímání otisku prstů | 2 |
| Výhody biometrické autentizace | 2 |
| Anatomie prstu | 3 |
| Historie daktyloskopických metod | 4 |
| Daktyloskopické markanty | 6 |
| Teorie vyhodnocování | 7 |
| Základní pojmy oboru biometrie | 8 |
| Požadavky na parametry snímačů otisku prstů | 10 |
| Algoritmy porovnávání otisku prstu..... | 11 |
| On-line hodnocení kvality sejmutých dat..... | 12 |
| Elektronické snímače otisku prstů..... | 13 |
| Kontaktní..... | 13 |
| Optoelektronické | 13 |
| Transmisní optické snímače | 14 |
| Elektroluminiscenční senzory | 15 |
| Kapacitní senzory | 16 |
| Teplotní senzory | 17 |
| Tlakové senzory..... | 18 |
| Rádiové snímače..... | 18 |
| Bezkontaktní | 19 |
| Optické senzory | 19 |
| Ultrazvukové senzory | 20 |
| Realizace snímače otisku prstů..... | 21 |
| Konstrukční provedení | 21 |
| Program pro snímání a ukládání otisku prstů..... | 24 |
| Ukázka kvality pořízených snímků otisku prstu | 28 |
| Závěr | 29 |
| Seznam použité literatury | 31 |
| Seznam použitých zkratk | 32 |
| Seznam obrázků..... | 33 |

Úvod

Otisky prstů mají z hlediska rozpoznávání osob důležitou roli. V kriminalistické daktyloskopii jsou jedním z hlavních prvků sloužících k identifikaci osob. Otisky prstů, nalezené a sejmuté na místě činu, usvědčily za více než stoletou historii používání této metody desítky tisíc pachatelů. Při využití otisku prstů jako jedinečného identifikátoru, nahrazujícího použití hesla, nebo ve funkci zabezpečovacího systému budov kontrolujícího pověření vpuštěné osoby, je nenahraditelný zejména uživatelský komfort snímání, který v porovnání s ostatními biometrickými metodami identifikace (metody založené na měření a rozpoznávání unikátních proporcí nebo vlastností) mnohem méně zatěžuje uživatele a činí tak identifikaci rychlejší a efektivnější. Mezi biometrickými zabezpečovacími systémy mají systémy založené na snímání otisků prstů podíl 48% [15]. S klesající cenou a velikostí snímačů roste počet možností využití. Snímače se proto zabudovávají do pouzder na zbraně, kufří, trezorů, peněženek, hodinek, kabelek, fotoaparátů a dalších výrobků, kde se uživatel obává odcizení či zneužití majetku nebo soukromých dat. Cílem této práce je porovnat jednotlivé existující technologie snímání otisku prstů, předložit vlastní realizaci optického snímače otisku prstů a zhodnotit dosažené výsledky.



Obr 1: Identifikační karty firem Biometric Associates a Siemens se snímačem otisku prstů

Teorie snímání otisku prstů

Výhody biometrické autentizace

- vysoký stupeň spolehlivosti
- nulové provozní náklady
- rychlost
- praktičnost → není co ztrácet ani přenášet
- zřejmost → výsledek je jednoznačný a okamžitý
- cena → bezpečnost a poměr cena/výkon, pouze pořizovací náklady



Obr 2: Dveřní klika se zabudovanou čtečkou otisku prstu

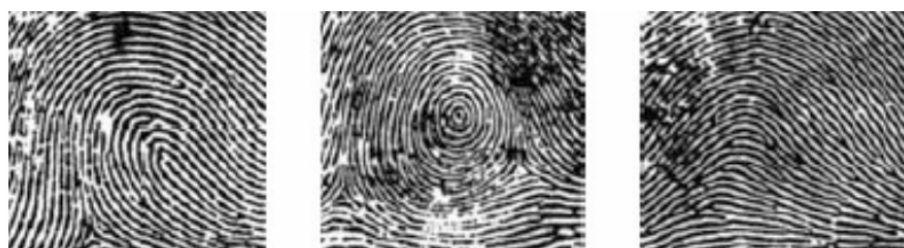
Dnešní přístupové systémy, využívající čtečku otisku prstů, dokáží porovnat a vyhodnotit otisk prstu v řádech desítek milisekund, proto jde o rychlejší způsob, než například klasické zadání přístupového hesla. Hlavními důvody, činícími otisky prstů preferovanou identifikační metodou, jsou:

- Neměnnost - Obrazce papilárních linií jsou celý život relativně neměnné[12]. V průběhu života dochází pouze k velikostním změnám papilárních obrazců, způsobených růstem člověka, k tvorbě jizev způsobených nejrůznějšími zraněními a v pozdějším věku také k tvorbě vrásek.
- Neopakovatelnost - Matematicko statistické výpočty prokazují, že variabilnost obrazců papilárních linií je tak vysoká, že není možné aby na zemi existovali dva lidé s naprosto stejnými obrazci, a to ani za celou dobu existence člověka na zemi[12].

- Neodstranitelnost - Po zahojení zranění na rukou, pokud není odstraněna nebo zcela zničena zárodečná vrstva kůže, se vždy vytvoří stejné obrazce papilárních linií. To bylo dokázáno mnoha vědci, kteří sami na sobě testovali možnosti odstranění papilárních linií obrušováním pokožky, seřezáváním či pálením chemikáliemi vždy se stejnými závěry, potvrzujícími tuto vlastnost[12]. Výjimkou, potvrzující pravidlo, je Capecitabin, běžně distribuovaný lék proti rakovině, předepisovaný po ukončení chemoterapie. Bylo zjištěno, že tento lék má celou řadu vedlejších účinků, mezi které patří například vymizení papilárních linií[16]. Po několika potvrzených případech vydala světová zdravotnická organizace pro pacienty užívající tento lék prohlášení, doporučující jim vozit si s sebou do zahraničí potvrzení o užívání léku a jeho možných vedlejších účincích, které by jim zabránily cestovat do zemí, které vyžadují při vstupu ověření totožnosti pomocí otisku prstů.

Anatomie prstu

Pokryv těla tvoří kůže, představující ochranu těla před mechanickými, chemickými či bakteriálními vlivy. Kůže se skládá ze tří vrstev, pokožky, škály a podkožního vaziva. Na prstech, dlaních a ploskách nohou jsou papilární linie tvořené škárkou, která nadzvedává výběžky pokožky. Tím vznikají na povrchu rýhy, jejichž výška je cca 0,1 - 0,4 mm a šířka cca 0,2 - 0,7 mm. Tyto plastické rýhy, vystupující na povrch, označujeme jako papilární linie. Mezery mezi nimi, které vytvářejí prohlubně, jako brázdy. Dohromady vytvářejí různé vzory, které se dělí do třech kategorií. Jsou to smyčky, víry a oblouky.



Smyčka

Vír

Oblouk

Obr. 3: Vzory útvarů tvořených papilárními liniemi

Na plastičnosti povrchu pokožky a jejích elektrických a tepelných vlastnostech jsou založeny snímače otisku prstů. Tvar těchto výběžků je dán geneticky a u každého člověka je jedinečný. Význam tohoto rýhování není zcela objasněn. Jedna z teorií uvádí, že lidem usnadňují držení hladkých předmětů tím, že zvyšují tření. Další funkcí, která je v současné

době hodně zkoumána, je možnost, že papilární linie zvyšují citlivost hmatu. To je dáno tím, že jsou uspořádány do eliptických obrazců a při ohmatávání předmětu jsou vždy alespoň některé umístěny kolmo na směr pohybu. Tím vznikají vibrace, na které jsou vysoce citlivá speciální hmatová tělíska v kůži na špičkách prstů[17].

Historie daktyloskopických metod

Nejstarší doklad znalosti člověka o papilárních liniích lze najít u indiánských kmenů, obydlejících dnešní stát Indiana. Na kamenech, objevených v roce 1913, jsou tzv. “petroglyfy“, ryté obrazce znázorňující lidskou ruku. Stáří těchto nálezů se odhaduje na několik tisíc let př.n.l., ale účel těchto rytin a to, zda lidé tohoto kmene rozuměli a chápali význam papilárních linií jako jednoznačný identifikátor člověka, není známo.

Na hliněných tabulkách, objevených ve zříceninách asyrské Ninive, které pochází z Aššurbanipalovy knihovny, založené v 9. století př.n.l., byly nalezeny vedle podpisu i otisky prstů. Z toho, že otisky byly umístěny pokaždé na stejném místě, lze usuzovat, že byly vytvořeny schválně za účelem ochrany před falzifikací.

První národ, používající otisk prstu při obchodních jednáních, byli Číňané, což nám dokazuje spis o otiscích prstů čínského autora Kio Kung-yenga. K písemné formě dokumentu o důvodech k rozvodu musel manžel dle čínského zákoníku připojit otisk prstu jakožto osobní nepřenosný identifikátor(918-906 n.l.). Z doby dynastie Sung pochází dokument, zabývající se zhotovováním otisku prstů. Popisuje používání otisku prstů v kriminálních procesech.

V Japonsku byl znám způsob zvaný “bo-han”, neboli pečeť palce. Zločinci museli před nástupem trestu stvrdit rozsudek svým levým palcem, což se provádělo až do roku 1868. Šlo tedy o první pokusy vytvoření kartotéky daktyloskopických otisků pro kriminalistické potřeby.

V Německých zemích byl používán tzv. “handfestung”, otisk prstu místo podpisu.

Jan Evangelista Purkyně v roce 1823 vydal 54 stránkový spis “Comentatio de examine physiologico organivisus et systematis cutanei”, v češtině známý jako Rozprava o fyziologickém výzkumu orgánu zrakového a soustavy kožní. V něm poprvé popsal základní vzory papilárních linií, klasifikoval je do 9 vzorů a vyzdvihoval vzor delta jako důležitý klasifikační markant.

V roce 1886 uveřejnil Joseph T. James, pracovník univerzity v Miami, článek, ve kterém vyvozuje, že každý člověk má jiné obrazce papilárních linií a tyto že se v průběhu života nemění.

V roce 1882 použil otisk palce Gilbert Thomson, americký úředník z Nového Mexika, aby zamezil falšování šeků.

Mezi nejvýznamnější badatele v oblasti výzkumu papilárních linií patří anglický přírodovědec Francis Galton. S pomocí matematických analýz vypočítal počet možných variant uspořádání papilárních linií na 64 miliard, přestože vycházel pouze z obrazu jednoho prstu. Tím matematicky vyloučil možnost shody otisku prstů dvou různých jedinců. To se potvrdilo tím, že za celých více než sto let využívání daktyloskopických metod nebyly nalezeny dva stejné obrazce papilárních linií.

Dalším průkopníkem daktyloskopické identifikace byl sir William James Herschel, který využil otisk prstu při vyplácení důchodů, čímž zamezil podvodům a nashromáždil velké množství vzorků ke zkoumání.

Prvním člověkem, který přišel na myšlenku použít otisky prstů z místa trestného činu ke zjištění totožnosti pachatele, byl Dr. Henry Faulds z Tokijské nemocnice. Na základě těchto výzkumů se mu podařilo vypátrat a usvědčit pachatele dvou krádeží a v roce 1901 byla daktyloskopická identifikace zavedena ve Velké Británii. O rozšíření této metody do praxe se významným způsobem postaral Dr. Juan Vucetich, ředitel ústřední kanceláře pro daktyloskopickou identifikaci v Argentině, který také vymyslel název daktyloskopie. Ostatní státy uznaly tuto metodu během příštích deseti let.

V roce 1923 se konal ve Vídni první poválečný policejní kongres, na kterém bylo hlavním bodem zavedení jednotného klasifikačního systému, který by pomocí kódů umožňoval telegraficky porovnat evidovaného zločince i na velké vzdálenosti. Kodaňský policejní inspektor Hakon Jorgenson vypracoval metodu, založenou na zjištění tzv. generální formule, kterou se označují základní vzory všech deseti prstů. Výsledkem bylo vytvoření pracovišť a zaučení odborníků pro klasifikaci na dálku.

V českých zemích byla daktyloskopie zavedena 9. září 1908, kdy se poprvé začaly vytvářet daktyloskopické karty za účelem identifikace pachatele. Tímto dnem se přestala používat zastaralá antropometrie, využívající proměrování jednotlivých částí těla.













V roce 1929 byla zřízena Všeobecná kriminální ústředna. Před druhou světovou válkou měla ústřední daktyloskopická registrace 250 000 karet. V roce 1952 byla v Čechách založena kartotéka, rozdělená do oddílů podle smyček vpravo a vlevo a byla rozšířena základní skupina vzorů o dva nové markanty. Systém umožňoval klasifikovat jedním pracovníkem 12 karet denně.

V Čechách v současnosti funguje daktyloskopický systém AFIS 2000, zakoupený a zprovozněný v roce 1994[2]. Kapacita systému je 800 000 daktyloskopických karet a

20 000 daktyloskopických stop z místa činu. Umožňuje zavedení a porovnání 250 karet denně a cena zařízení přesáhla 100 000 000 Kč. Výsledkem byla plná automatizace klasifikace otisků, zefektivnění práce, zkrácení času potřebného pro expertízu z původních 14 dnů při dvaceti pracovnících na několik minut automatickým systémem. Navíc je systém značně variabilní, což umožňuje jeho postupné vylepšování, snadnou výměnu vadných komponent a rozšiřování funkcí. [1,2]

Daktyloskopické markanty

Na obrazcích papilárních linií hledáme při porovnávání otisku prstů tzv. markanty, charakteristické znaky nepravidelnosti papilárních linií, které svým rozložením a směrem vytvářejí individuální obraz. Abychom v kriminalistické daktyloskopii mohli dva obrazce vyhodnotit jako shodné, musíme nalézt 10-16 shodných, stejně umístěných a orientovaných markantů (záleží na státem vytvořených pravidlech pro daktyloskopickou expertízu- v České republice se používá shoda 10 markantů, ve Velké Británii 16). Markanty, kterých si všímáme, jsou: začátek, ukončení, krátká čárka, vidlice, očko, háček, můstek, zkřížení, trojitá vidlice. Nejvýznamnějším znakem je bod delta, který používají algoritmy, porovnávající otisky prstů, jako orientační bod pro zjištění natočení a posunutí otisku.[2,7]

| | | | |
|---|----------|---|--------------------------|
|  | ukončení |  | most |
|  | vidlice |  | Dvojitá vidlice |
|  | bod |  | Trojité vidlice |
|  | ostrůvek |  | Naproti umístěné vidlice |
|  | oko |  | zkřížení |
|  | háček |  | Ukončení vidlice |

Obr. 4: charakteristické znaky nepravidelnosti papilárních linií



Obr. 5: Otisk prstu s nalezenými markanty

Teorie vyhodnocování

Správné vyhodnocení shody či neshody je při porovnávání otisku prstů extrémně důležité, ať už se vyhodnocování provádí automatizovaným systémem, či znaleckým posudkem odborníka. V případě přístupových systémů hrozí, v případě špatného vyhodnocení, vpuštění neoprávněné osoby do objektu. V kriminalistické daktyloskopii má chyba ve vyhodnocení mnohem dalekosáhlejší důsledky vzhledem k tomu, že otisk na místě činu je brán jako přímý důkaz. I přesto výzkumy prokazují, že jenom v USA je každý rok 0,8% (přibližně 1900 případů) daktyloskopických identifikací falešně pozitivních. Například při trestním řízení proti Brandonu Mayfieldovi, obviněnému z teroristického útoku, provedeného v březnu 2004, se ukázala daktyloskopická expertíza, vyhodnocovaná třemi specialisty z FBI, jako chybná a ukázalo se, že byl obviněn nesprávný člověk[18].

V praxi jsou proto přijata čtyři opatření:

- Hodnotitel musí být ověřený expert
- Pro určení shody je důležitý co největší počet markantů
- Shoda otisku musí být potvrzena dalším nezávislým odborníkem
- Obhájce si může během soudního procesu vyžádat znovuposouzení daktyloskopických stop nezávislým znalcem.

Základní pojmy oboru biometrie

Identifikace – je proces, při kterém se biometrický systém snaží přiřadit k neznámým biometrickým údajům (např. otisku prstu) člověka z databáze. Tento způsob identifikace je nejčastěji využíván v kriminalistice. Protože se porovnává jeden otisk s mnoha vzorky, označujeme tuto metodu 1: N.

Verifikace – způsob identifikace, při kterém uživatel zadá svoje osobní údaje (například jméno či osobní identifikační číslo) a biometrické údaje, které poté systém porovnává pouze s jedním předem uloženým vzorem.

Autentizace – proces identifikace, po kterém uživatel obdrží nějaký status (v případě docházkového systému např. přístup povolen, zamítnut, dočasné povolení atd.) [4]

FRR(False Rejection Rate)

Číslo udávající pravděpodobnost toho, že oprávněný uživatel nebude systémem rozpoznán [2]. Jde tedy o odmítnutí oprávněné osoby, které uživatele nutí k opakování pokusu a činí tak metodu méně komfortní. Je to koeficient udávající uživatelskou přívětivost, označovaný jako chyba I. Druhu:

$$FRR = \frac{N_{FR}}{N_N} \cdot 100 [\%]$$

N_{FR} – počet chybných odmítnutí

N_N – počet všech pokusů oprávněných osob o identifikaci

FAR(False Acceptance Rate)

Koeficient FAR je číslo udávající pravděpodobnost toho, že neoprávněná osoba je systémem vyhodnocena a přijata jako oprávněná [2]. Jedná se tedy o koeficient nejvíce ukazující bezpečnost systému označovaný jako chyba II. druhu. Vysoký koeficient FAR znamená špatně navržený či nastavený systém s nepřijatelnými důsledky, vznikajícími při vpuštění neoprávněné osoby do systému či objektu. Vypočítá se jako:

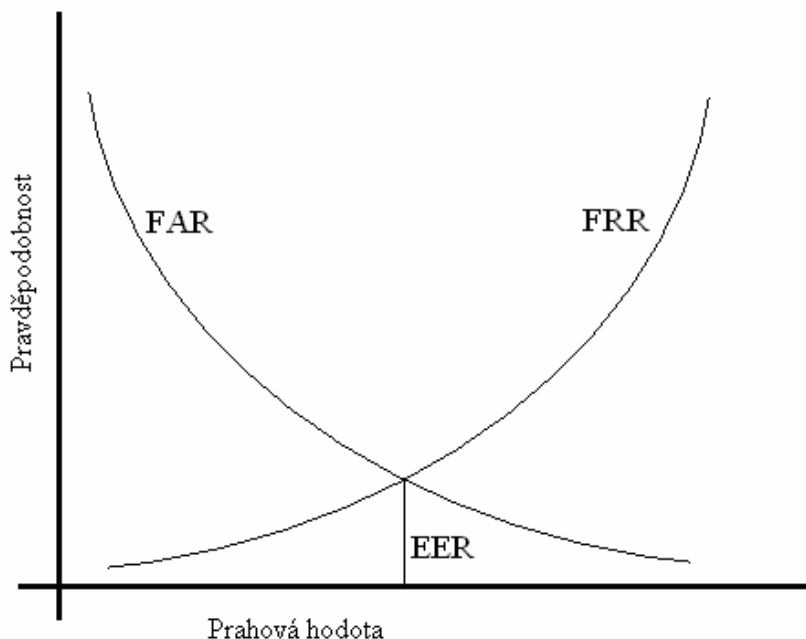
$$FAR = \frac{N_{FA}}{N_N} \cdot 100 [\%]$$

N_{FA} – počet chybných přijetí

N_N – počet všech pokusů neoprávněných osob o identifikaci

EER(Equal Error Rate)

Tento koeficient odpovídá rovnosti FAR a FRR a pro přesný systém by měl být co nejmenší.

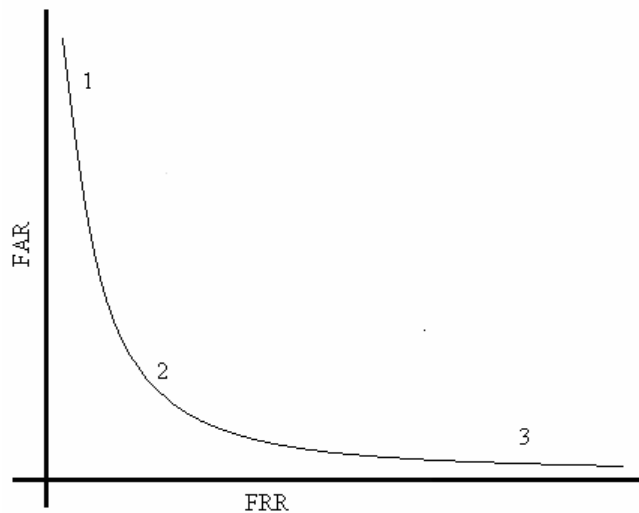


Obr. 6: Závislost FAR a FRR na prahové hodnotě

Hodnoty FAR a FRR jsou nepřímo úměrné a závisí na nastavení prahové hodnoty systému. Zvýšením prahové hodnoty zlepšíme bezpečnost systému (FAR se snižuje), ale zvýší se počet nesprávných odmítnutí (FRR se zvyšuje). To je méně komfortní pro uživatele z důvodu opakování pokusu ověření. Snižováním prahové hodnoty bude systém méně bezpečný vlivem přijetí neautorizovaných osob. Přesné nastavení závisí na místě použití systému a promyšlení, které parametry budeme preferovat a jaká plynou z daného nastavení rizika. [3,4]

ROC(Receiver Operating Characteristics)

ROC křivka je závislost mezi FAR a FRR. Body křivky určují FAR a FRR pro daný systém s určitou nastavenou prahovou hodnotou, křivka tedy slouží pro otestování systému za určitých podmínek. Každé nastavení má určité výhody. Forenzní aplikace využívají nastavení systému na ROC křivce v okolí bodu 1 (obr. 7). Vysoce zabezpečené přístupové systémy se pohybují s nastavením prahové hodnoty kolem bodu 3. To znamená vyšší zabezpečení na úkor nižšího komfortu uživatelů. Komerční aplikace se pohybují kolem bodu 2, blízko bodu EER, kde je chybovost systému nejmenší.



Obr. 7: ROC křivka

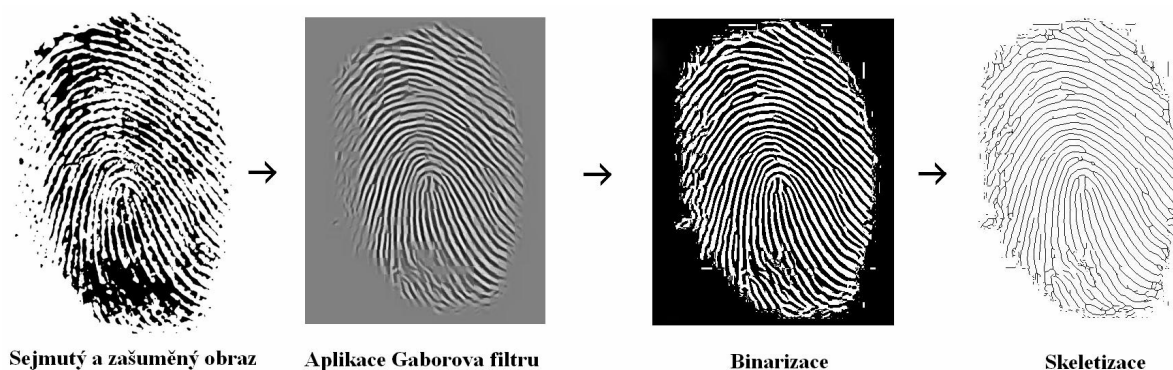
Požadavky na parametry snímačů otisku prstů

- Dostatečně velká snímací plocha senzoru – to je nutné pro co největší počet markantů v sejmutém obrazu otisku prstu.
- Malé rozměry zařízení, aby bylo možno implementovat snímač do mobilních zařízení.
- Dostatečné rozlišení – čím větší rozlišení snímače, tím kvalitnější obraz a následně lepší zpracování s omezením chyb I. a II. druhu.
- Co nejvíce kontrastní a nezkraslený obraz. To je limitováno typem snímače. Sejmutý obraz by měl být nezašuměný, kontrastní se širokou škálou odstínů šedé barvy a nesmí být ovlivněn příliš suchými či mokřými prsty.
- Opakovatelnost – senzor musí být v takovém mechanickém provedení, aby při každém snímání docházelo k minimálnímu posunu či natočení snímaného prstu. Samotná konstrukce snímače musí uživateli přesně vymezovat, pod jakým úhlem a z které strany vkládá snímaný prst tak, aby byl při každém snímání načten obraz papilárních linií pokud možno ze stejného místa prstu.
- Ochrana proti napodobeninám – podpůrné systémy, hlídající teplotu, tep, kapacitu a další fyziologické parametry, zamezující použití neživé napodobeniny k proniknutí do systému.
- Mechanická a elektrická odolnost – snímač nesmí být zničen nešetrnou manipulací ani elektrostatickým výbojem.
- Cena – v neposlední řadě nesmí cena senzoru převýšit například cenu zařízení, do kterého má být použita, či najmutí ostrahy objektu namísto použití přístupového systému se čtečkou otisku prstů.

Algoritmy porovnávání otisku prstu

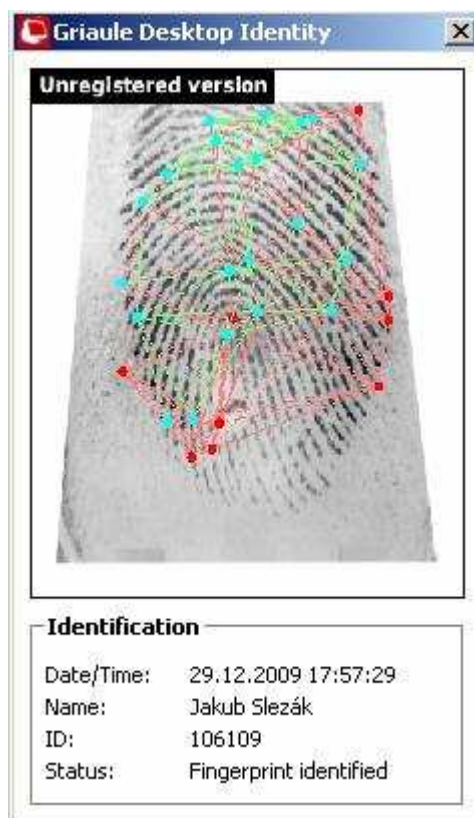
Prvním krokem při zpracování obrazu otisku prstu, získaného některým z optických snímačů, je filtrace. Poté konverze na černobílý obraz, který je následně binarizován (převedení všech odstínů pouze na bílou a černou). Výsledkem je plný jednobarevný obraz, na který aplikujeme skeletonizaci (zjednodušení tvaru oblasti při zachování její tvarové charakteristiky - redukce množství informací) [6]. V takto upraveném obrazu můžeme jednodušeji hledat markanty. Jednou z metod porovnávání je vytvoření tzv. markantogramu, obrazu vytvořeného spojením všech nalezených markantů přímkou. Další možností, náročnější na hardwarové vybavení, je porovnávání upraveného obrazu otisku prstu jako celku.

Na obrázku číslo 8 je ukázka zpracování otisku prstu nepříliš kvalitně sejmutého scannerem. Po filtraci, binarizaci a skeletonizaci dostáváme kvalitní vzorek pro následné samotné porovnání otisku prstu.



Obr. 8: ukázka zpracování obrazu

Obrázek číslo 9 ukazuje identifikaci pomocí čtečky otisku prstů Microsoft fingerprint reader a programu Griaule Desktop Identity. Červeně jsou zobrazeny všechny markanty nalezené na snímaném prstu. Světle modrý markantogram ukazuje markanty nalezené na prstu s markanty shodnými s uloženou šablonou.



Obr. 9: Registrační okno přístupového systému Griaule Desktop Identity

On-line hodnocení kvality sejmутých dat

Po sejmутí otisku prstu elektronickým snímačem, je důležitá okamžitá kontrola kvality získaného obrazu za účelem jeho případného opětovného snímání. Nejčastěji hodnotíme tyto parametry: jas, ostrost snímku, velikost sejmутého obrazu prstu vzhledem k velikosti obrazového pole. Některé parametry obrazu otisku prstu můžeme upravovat dodatečně (jas, kontrast). V případě sejmутí malé části prstu je takovýto obraz z důvodu nízkého počtu markantů v budoucnu zcela nedostatečný, a proto je potřeba opětovné snímání. Takováto kontrola může být nejjednodušeji vytvořena tak, že se počítá počet bodů v obraze se stejným stupněm šedi, jako má pozadí snímané scény (s jistou tolerancí) a porovnává se s celkovým počtem obrazových bodů. Poté je nastavena hranice, kterou tento poměr nesmí překročit. Pokud je tato hranice překročena, program vyzve uživatele k novému snímání otisku prstu.

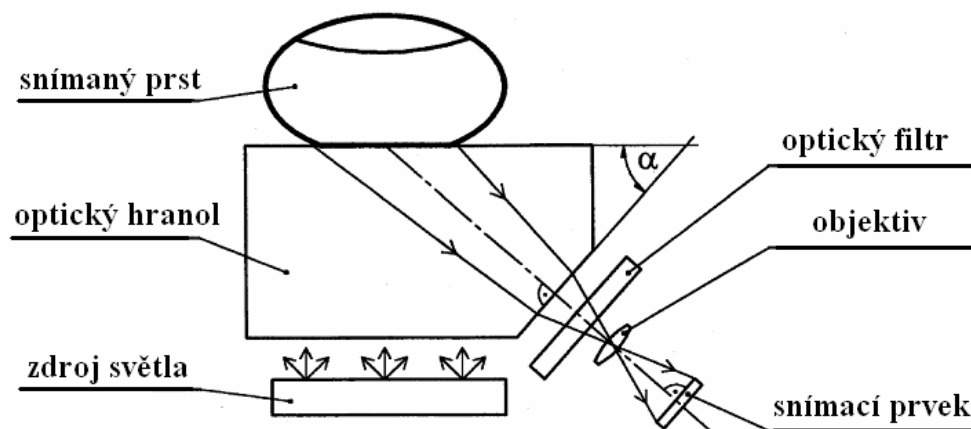
Elektronické snímače otisku prstů

Kontaktní

Optoelektronické

Principem je osvětlování prstu, přitlačeného na průhlednou plochu, a snímání odraženého světelného toku. Množství odraženého světla závisí na hloubce papilárních linií a brázd. Od papilární linie se světlo odráží více, než od brázdy. Citlivost snímače je nastavena tak, aby neregistroval odraz od brázd. Ke snímání odraženého paprsku jsou použity CCD či CMOS snímače. Pro vyšší kontrast získaného obrazu se používají optické filtry s parametry, přizpůsobenými zdroji světla a snímacího prvku. Tyto filtry a další korekční optické zařízení však negativně ovlivňují velikost, váhu a cenu zařízení.

U prostého snímání otisku prstu optickou metodou je největším problémem možnost snadného pořízení napodobeniny otisku prstu. Nejjednodušší cestou je vytisknutí získaného otisku na papír a následné přiložení k senzoru. Novější senzory proto používají ještě další kontroly, aby zjistily, zda nejde o napodobeninu prstu. Nejčastěji se používá teplotní senzor a snímač tepové frekvence. Nevýhodou je značná velikost senzoru, která znemožňuje jeho použití v mobilních zařízeních. Hlavními klady tohoto senzoru jsou vysoká kvalita snímání při malé pořizovací ceně. V komerčních aplikacích jsou oblíbené pro svoji odolnost, která je předurčuje k použití ve venkovních přístupových systémech, kde jsou velké teplotní rozdíly, vlhkost a větší mechanické namáhání senzoru. Hlavními výrobci jsou Microsoft, DigitalPersona, M2SYS, CROSMATCH, L-1 Identity Solutions, Identit, IZZIX, GreenBit, Biometrika, Casio, ElecVision, Mitsumi, TST, Sannaedle atd.



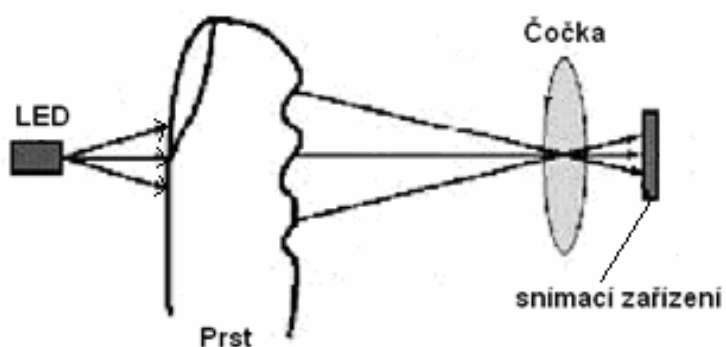
Obr. 10: Princip kontaktního optického snímače



Obr. 11: Snímače zleva: Crossmatch Verifier E, Microsoft Fingerprint leader, DFR® 2300

Transmisní optické snímače

Principem je snímání otisku prstu prosvětleného z vrchní strany. Zdrojem světla je nejčastěji infračervená LED dioda, která nejlépe prst prosvětlí. Snímacím prvem je standardní CMOS nebo CCD prvek. Stejně, jako všechny optické senzory, i tento klade vysoký důraz na kvalitní optickou soustavu. Výhodou tohoto senzoru je nízká cena.



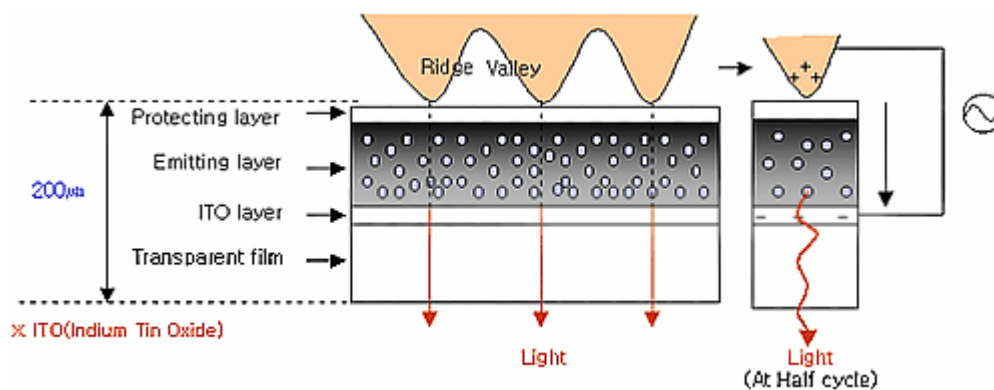
Obr. 12: Princip transmisního snímače



Obr. 13: Transmisní optické snímače TesTech, Mitsubishi

Elektroluminiscenční senzory

elektroluminiscenční senzory se skládají ze dvou vrstev. Horní vrstva je tvořena polymerem emitujícím při zvýšeném tlaku světlo (brázda, která se nedotýká plochy snímače, nevyvolá světelný impuls). Tento obraz papilárních linií, vytvořený emitujícím světlem ve vrstvě polymeru, je poté detekován spodní vrstvou, která obsahuje fotodiody, převádějící světelný impuls na elektrický [2,19]. Výhodami senzoru jsou možnost snímání i velmi suchých otisků (problém u kapacitních senzorů), malé rozměry, velké rozlišení dosahující až 500 DPI a nízká pořizovací cena. Nevýhodou je malá mechanická odolnost zařízení. Vyrábí je například společnosti TesTech či Ethentica.



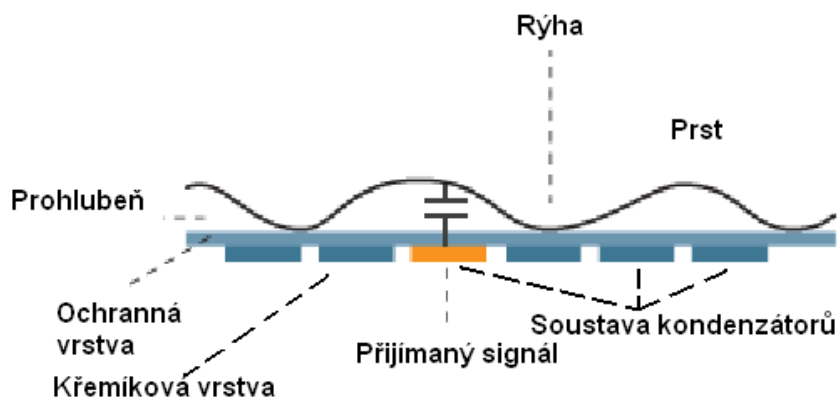
Obr. 14: Princip elektroluminiscenčního senzoru



Obr. 15: elektroluminiscenční senzor firmy Testech

Kapacitní senzory

Senzor je tvořen velkým počtem vodivých ploch, které jsou od sebe odizolovány. Ty tvoří jednu polovinu kondenzátoru. Druhou část tvoří snímaný prst. Papilární linie, které jsou v elektrickém kontaktu s vodivými plochami, mění jejich kapacitu, na rozdíl od brázd, které se chovají jako izolant. Mohou být vyrobeny jako plošný senzor (rozměry nejčastěji 2,5x2,5 cm), nebo ve formě úzkého snímače, využívajícího tzv. metodu sweepingu. Ta spočívá ve snímání a následném skládání obrazu z jednotlivých proužků. Na výstupu snímače jsou bloky dat, odpovídající jednotlivým řádkům, které se poté softwarově složí do výsledného obrazu otisku prstu[9,19]. Vysoká bezpečnost při použití této metody spočívá především v tom, že přes senzor je potřeba prstem přejet. Díky tomu nezůstává na snímací ploše tukovépotní otisk, jako u jiných typů senzorů. Díky malým rozměrům je nejvíce používaným typem senzoru v mobilních zařízeních typu notebook či PDA. Nevýhodami jsou poměrně krátká životnost senzorů, způsobená především zničením statickou elektřinou, a značná citlivost na znečištění pokožky prstu, měnící výrazně její vodivost. Tento senzor vyrábí firmy: Biometric, Lenovo, APC, Silex Technology, Symwave a další.



Obr. 16: princip kapacitního snímání otisku prstu



Obr. 17: Kapacitní snímač od firmy Imgene, kapacitní sweep snímač Fujitsu



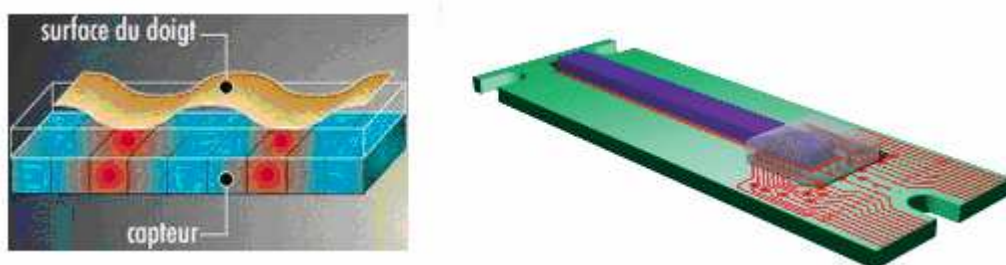
Obr. 18: Postup skládání obrazu z jednotlivě nasnímaných proužků

Teplotní senzory

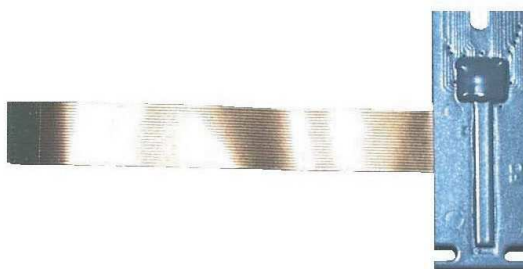
Teplotní snímače otisků prstu využívají citlivý čip, pyrodetektor, který snímá rozdíl teplot mezi papilárními liniemi, které se dotýkají čipu, a brázdami[11]. Tento čip bývá většinou ve formě úzkého snímače, využívá přitom metodu sweepingu. Otisk prstu se tedy získává přejetím prstu přes citlivou plochu senzoru. Výhodou jsou cena, malé rozměry snímače a eliminace možného pokusu o napodobeninu prstu tím, že tento senzor detekuje teplotu.

Nevýhodou je nižší kvalita výstupního obrazu v porovnání s jinými typy senzorů.

Patent na teplotní snímače otisku prstů vlastní firma ATMEL pod názvem FingerChip®.



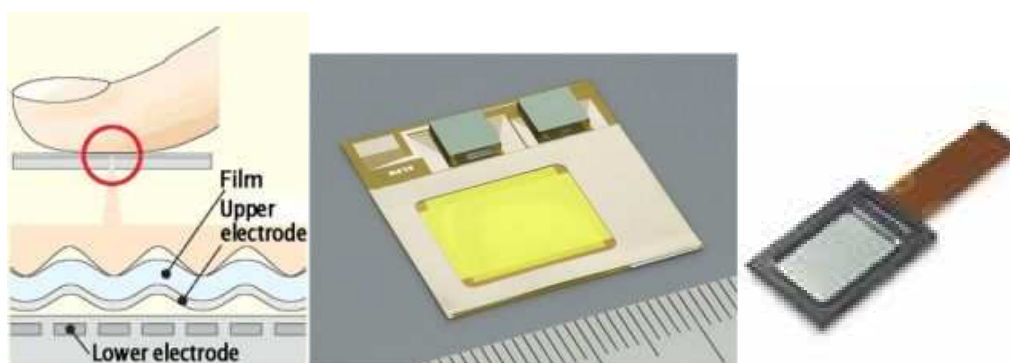
Obr. 19: Princip funkce teplotního senzoru, teplotní snímač firmy ATMEL



Obr. 20: Teplotní senzor otisku prstu FingerChip®

Tlakové senzory

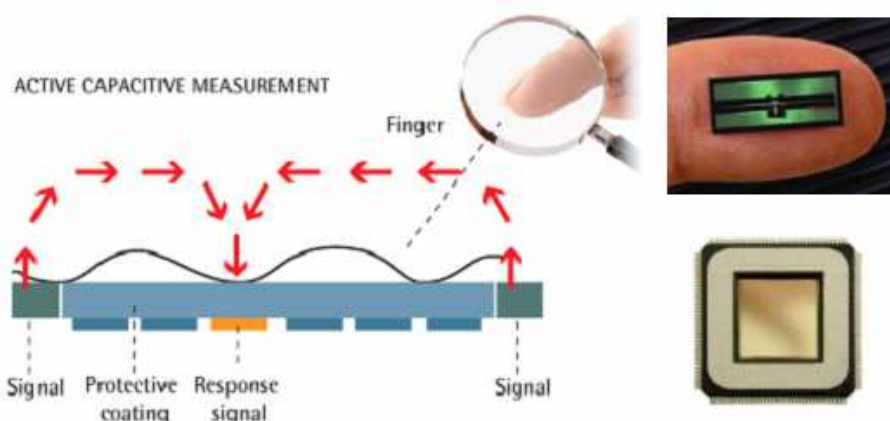
Tlakové senzory využívají tlak papilárních linií na povrch senzoru. Ten je tvořen pružným piezoelektrickým materiálem, který tento tlak převádí na elektrický signál. Tento tlak (elektrický signál) je vyšší v místech papilárních linií a nižší (teoreticky nulový) v místech brázd[2,19]. Výhodou tlakových senzorů je možnost použití i za podmínek, kdy ostatní snímače selhávají, jako v případě příliš suchých či mokrých prstů. Výhodou je velmi nízká spotřeba snímače. Senzor i s řídicí a porovnávací elektronikou byl miniaturizován do té velikosti, že je možno implementovat jej do klasické platební karty. Výrobci: ALPS Electric, BMF-Hitachi, Fidelica, Leti, Opis a jiné.



Obr. 21: Princip tlakového snímače, tlakový snímač od firmy ALPS Electric

Rádiové snímače

Principem je vysílání nízkofrekvenčního signálu do prstu a následné snímání maticí antén, rovnoběžnou s plochou snímaného prstu. Síla signálu se mění v závislosti na vzdálenosti prstu a snímače, a proto je signál v místě papilárních linií jiný než v místě brázd. [2,19] Tyto snímače bývají nejčastěji vyráběny ve formě snímacího proužku, kdy výsledný obraz je skládán z jednotlivě nasnímaných proužků. Nejvýznamnějšími výrobci jsou Authentec, Validity, EqisTec, Fingerprint Cards atd.

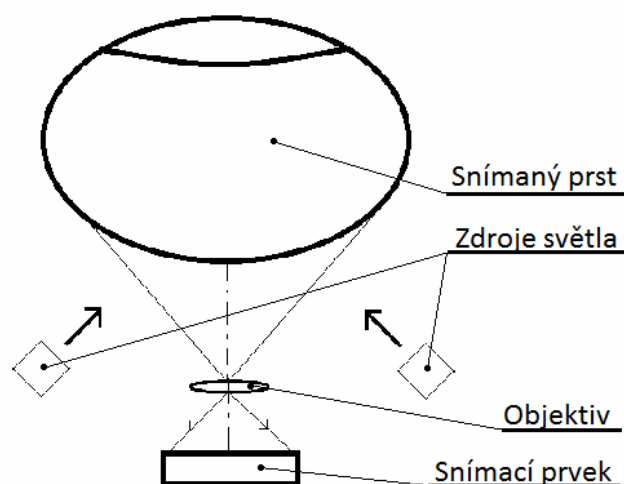


Obr.22 : Princip radiového snímače, sweep RF snímač firmy Idex, RF snímač FPC1011F

Bezkontaktní

Optické senzory

Prst je osvětlován a snímán ze vzdálenosti desítek mm. Pokud zařízení nemá automatické ostření, musí být tato vzdálenost konstantní. Tím, že se verifikovaná osoba senzoru nedotýká, nedochází ke znečišťování senzoru a eliminuje se možnost ulpívání obrazu papilárních linií na ploše snímače, na rozdíl od kontaktního optického senzoru. Při použití kvalitního snímače je možné dosáhnout velmi vysokého rozlišení. V kombinaci s dobrou optickou soustavou a vhodným osvětlením je dosaženo vynikající kvality obrazu, převyšující ostatní typy senzorů. Výrobce je firma Lite-on.



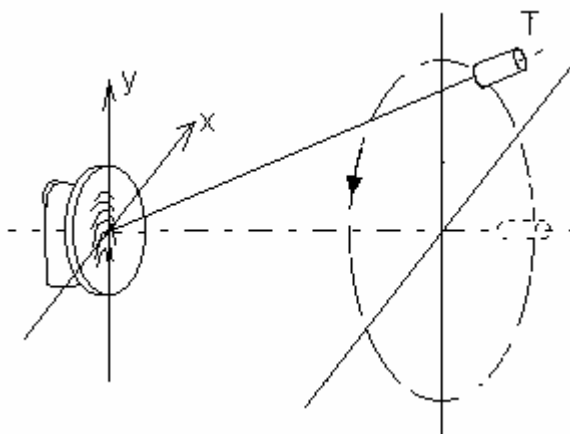
Obr. 23: Princip bezkontaktního optického snímání



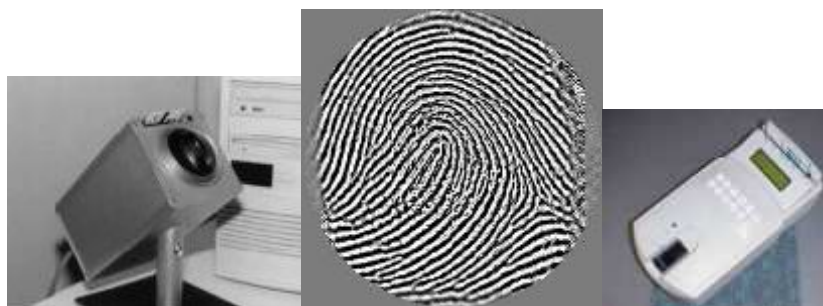
Obr. 24: optické bezkontaktní snímače a ukázka kvality výstupního obrazu

Ultrazvukové senzory

Na papilární linii prstu dopadá vysokofrekvenční svazek (4-25 MHz), který je podle nich deformován. Odražený paprsek je zachycen rotujícím snímačem nebo sítí čidel a poté je vyhodnocena funkční závislost mezi vyslanými a přijatými vlnami. Tento systém lze přirovnat k funkci sonaru. Výsledný obraz je trojrozměrný a velmi kvalitní (dosahuje rozlišení 0,1 mm). Na rozdíl od ostatních snímačů je možné snímání i ze znečištěných, suchých či mokrých prstů. Ultrazvukové senzory není dosud možné provozovat v komerčních aplikacích díky jejich velikosti, malé rychlosti snímání a vysoké pořizovací ceně. Nenahraditelné jsou v kriminalistické daktyloskopii, a to zejména díky možnosti snímat kvalitní otisky prstů i z mrtvých těl. Hlavní komerční výrobce je firma Ultrascan. [2,19]



Obr. 25 : Princip skenování ultrazvukovým senzorem

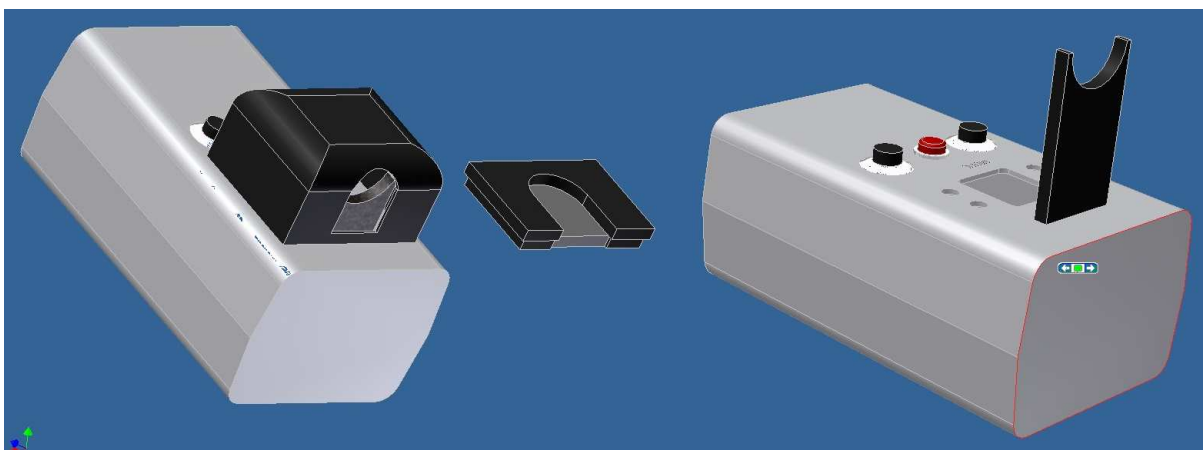


Obr. 26: Čtecí ultrazvukové zařízení firmy Ultrascan a ukázka kvality získaného obrazu

Realizace snímače otisku prstů

Konstrukční provedení

Při realizaci snímače otisku prstů bylo nejdříve třeba vybrat způsob snímání. Nejpřístupnější jsou optické snímače otisku prstu, kde je základním prvkem CMOS či CCD čip a optická soustava. Dále bylo třeba rozhodnout, která varianta optického snímání otisku prstů je vhodnější. Rozhodl jsem se vytvořit univerzální zařízení, které bude umožňovat kontaktní i bezkontaktní optické snímání otisku prstů, z důvodu pozdějšího porovnání kvality výsledného obrazu.



Obr. 27: Návrh snímače otisku prstu vytvořený v programu Autodesk Inventor

Možnosti snímání otisku prstů realizovaným snímačem:

- Bezkontaktní snímání s přisvícením snímaného prstu (obr. 27 vpravo)
- Bezkontaktní snímání – konstantní světelné podmínky zajištěné zakrytíváním snímacího prostoru snímače a předem nastavenou intenzitou vnitřního osvětlení (obr. 27 vlevo)
- Kontaktní snímání (modul na obr. 27 uprostřed)

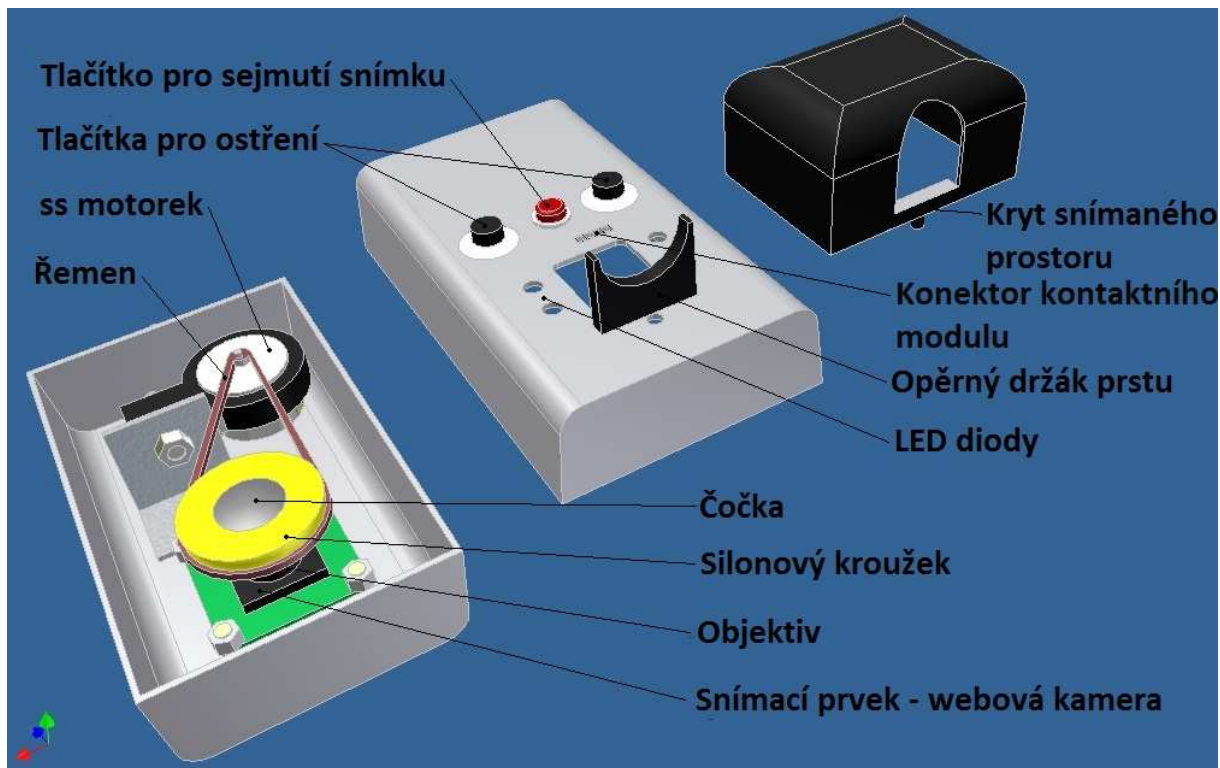
Základem mého zařízení je webová kamera CANYON, osazená CMOS senzorem, který poskytuje obraz v rozlišení 800×600 pixelů. Kamera je k PC připojena pomocí USB kabelu a výrobcem dodávaného ovladače zařízení. Objektiv tvoří plastová čočka a UV filtr. Na objektiv je nasazen silonový kroužek, který je přes řemen připojen na stejnosměrný motorek,

umožňující uživateli ovládacími tlačítky na horní straně zařízení zvolit rovinu zaostření. Tento motorek je stejně jako kamera a osvětlení prstu napájen z USB portu.

Jednou z nejdůležitějších etap konstrukce bylo zajištění vhodného nasvícení prstu. Po pokusech s typem osvětlení, úhlem nasvícení a barvou světla, vykazovaly nejlepší výsledky zelené LED diody, osvětlující snímání prst pod úhlem přibližně 45° k ose snímání. Při jejich použití byly obrazce papilárních linií nejvíce kontrastní.

Osvětlení u bezkontaktní metody snímání zajišťují 4 zelené LED diody, umístěné po obou stranách snímaného prstu. Ten pokládá snímaná osoba na plastový držák, určující správnou polohu prstu. LED diody mají zbroušené pouzdro pro co největší homogenitu osvětlení snímaného prstu. Kryt snímaného prostoru je zevnitř natřen matnou černou barvou a na horní části polepen tmavou látkou zamezující odraz světla od povrchu krytu.

U kontaktní metody jsou LED diody umístěné přímo na přídavném modulu pro kontaktní snímání. Snímací plocha (5mm silná skleněná destička) je osvětlována z boku, tedy kolmo na rovinu snímání. To zajišťuje výborný kontrast, protože je osvětlována pouze ta část prstu, která je přitisknutá na snímací plochu. Přepínání mezi osvětlením je řešeno přepínačem na zadní straně zařízení.



Obr. 28: Konstrukční uspořádání čtečky otisku prstu



Obr. 29: Zrealizovaný optický snímač otisku prstu s krytem snímacího prostoru



Obr. 30: Snímač s nastavcem pro bezkontaktní snímání s přisvětlením



Obr. 31: Zařízení s modulem pro kontaktní snímání otisků prstů

Program pro snímání a ukládání otisku prstů

Softwarová část čtečky otisku prstu, umožňující záznam otisku prstu a jeho archivaci, byla vytvořena v programovém prostředí Matlab 7.1 s nainstalovaným toolboxem Image Acquisition toolbox. Program je tvořen jednou funkcí s názvem Jakub_Slezak.m. Pro otevření programu je nutné, aby byla čtečka otisků připojena.

Po spuštění programu je pomocí funkce inputdlg vytvořena tabulka, vyzývající uživatele k vložení osobních informací o snímané osobě. Položka povolání je zde z důvodu pozdějšího studia otisků prstů lidí, pracujících manuálně, u nichž je z toho důvodu vyšší možnost mechanického poškození prstu a znesnadnění čtení otisků prstu.

A screenshot of a dialog box titled "Zadejte osobní l...". The dialog box contains five input fields: "Jméno:" with the value "Jakub", "Příjmení:" with the value "Slezák", "Pohlaví:" with the value "Muž", "Věk:" with the value "22", and "Povolání:" with the value "student". At the bottom of the dialog box are two buttons: "OK" and "Cancel".

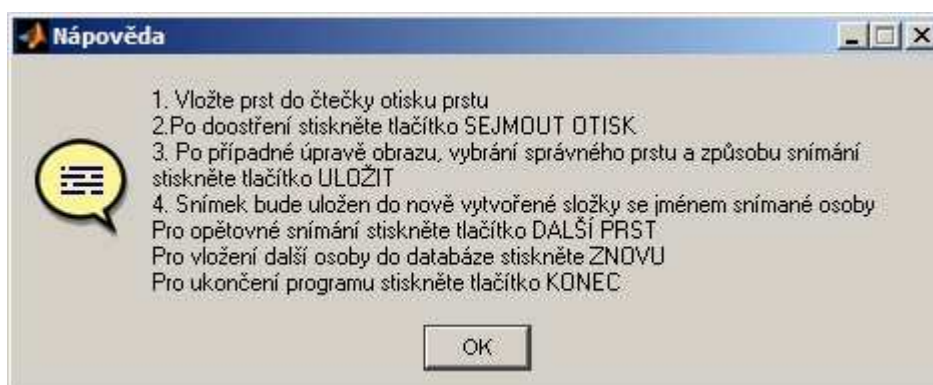
Obr. 32: Tabulka pro zadávání údajů o snímané osobě

Po načtení uživatelem zadaných vstupních informací je vytvořena složka, pojmenovaná podle příjmení snímané osoby. Do ní se funkcí `xlswrite` vytvoří soubor typu Microsoft Excel s informacemi o snímané osobě. V tomto souboru se budou ukládat pořízené snímky. Zároveň se tyto informace zobrazí v hlavním okně programu. Poté je pomocí funkce `videoinput` vytvořen vstup obrazu ze čtečky do programu, tento obraz je také zobrazen v hlavním okně programu.

Hlavní okno programu má tři hlavní části. V levé části je živý obraz snímané scény, dole úprava sejmutého snímku a na pravé straně jsou pole pro výběr metody snímání a snímaného prstu spolu s hlavními ovládacími tlačítky programu.



Obr. 33: Hlavní okno programu



Obr. 34: Okno nápovědy zobrazené po spuštění tlačítka nápověda

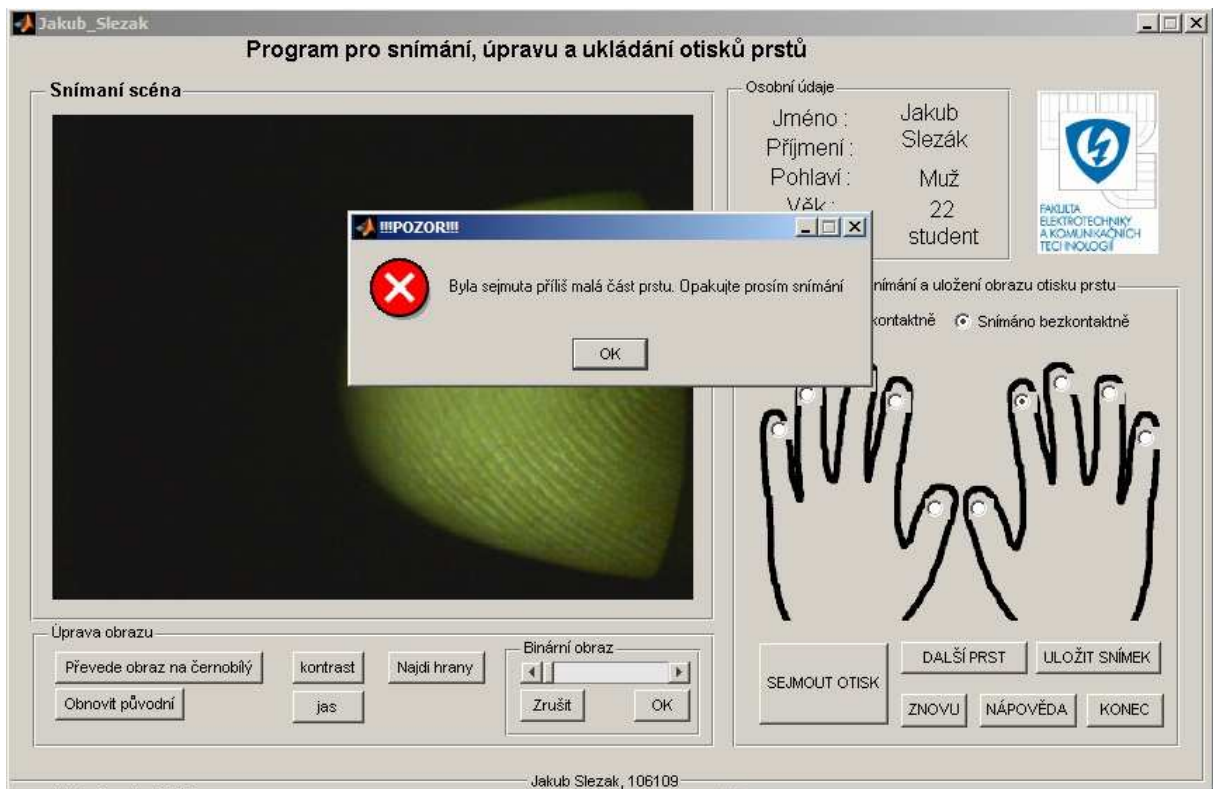


Obr. 35: Ukázka snímání otisku prstu bezkontaktní metodou s krytem snímaného prostoru

Obraz otisku prstu je získán po stisknutí tlačítka SEJMOUT OTISK funkcí getsnapshot, která uloží do paměti aktuální snímek funkce videoinput. Pokud je nastaveno snímání bezkontaktním způsobem, je provedena kontrola velikosti plochy sejmutého prstu. Sejmutý obraz je převeden na šedotónový obraz s 256 úrovněmi šedi. Následně je spočítán počet bodů stejné úrovně šedi (s určitou nastavenou tolerancí) jako pozadí snímané scény a pokud je tento počet větší, než nastavená hranice (to znamená, že byla sejmuta nedostatečně velká část prstu), zobrazí se pomocí funkce errordlg uživateli varování, aby opakově snímání.

```
kontrolni=rgb2gray(frame);  
[a,b]=size(kontrolni);  
for i=1:a  
    for j=1:b  
        if kontrolni(i,j)<=40  
            k=k+1;  
        end  
    end  
end  
if k >= ((a*b)/1.8)  
    errordlg('Byla sejmuta příliš malá část prstu. Opakujte prosím snímání','!!!POZOR!!!')  
    beep
```

Obr. 36: algoritmus pro on-line hodnocení kvality snímku podle velikosti plochy sejmutého prstu

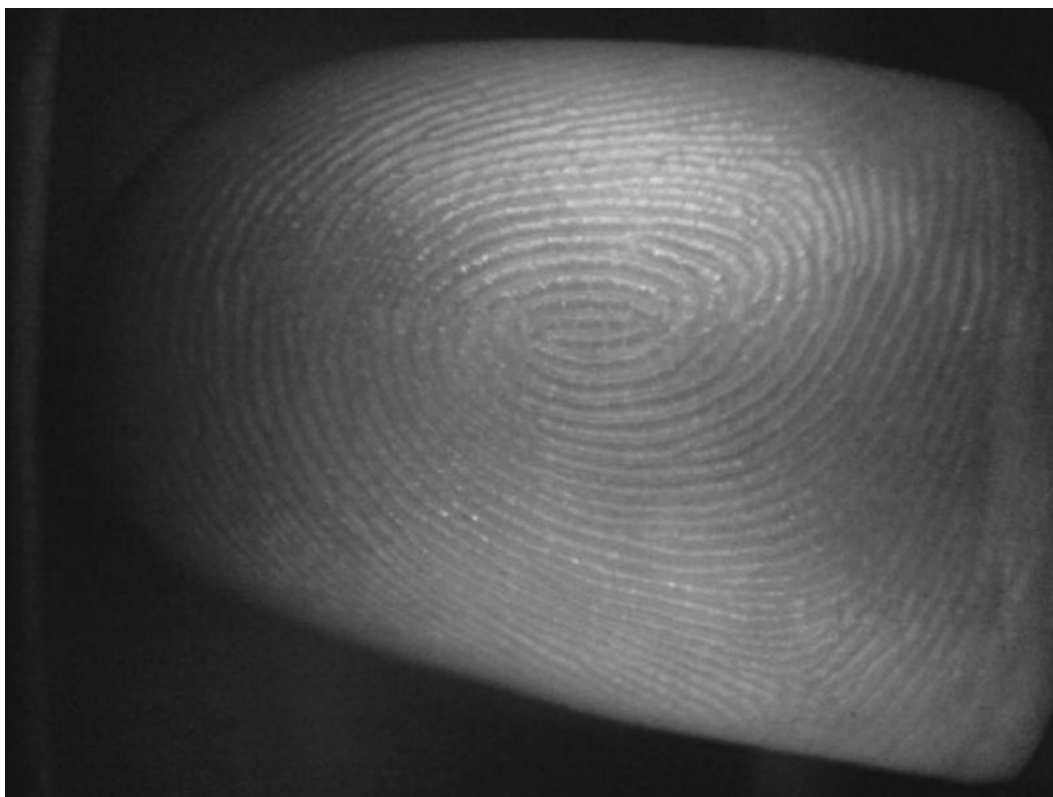


Obr. 37: Upozornění na nedostatečně velkou část sejmutého prstu v obraze

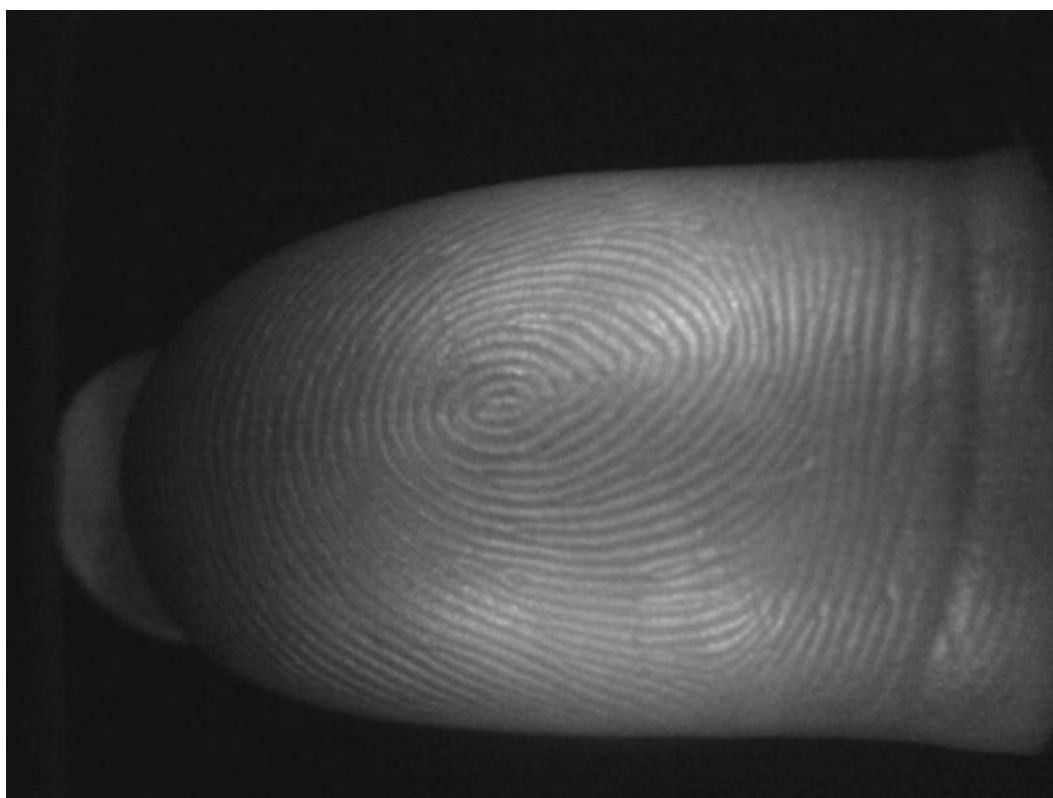
Po získání obrazu otisku prstu je možná jeho korekce. Jednou z možností je pomocí funkce `rgb2gray`, po stisknutí tlačítka **PŘEVĚDE OBRAZ NA ČERNOBÍLÝ**, převést obraz na šedotónový. Pomocí funkcí `histeq` (tlačítko **Kontrast**) a `imadjust` (tlačítko **Jas**) je možná korekce kontrastu a jasu. Po stisknutí tlačítka **NAJDI HRANY** jsou v obraze pomocí funkce `edge` nalezeny ostré přechody jasu. Posuvníkem v rámečku označeném **Binární obraz**, měníme hranici klopení pro funkci `im2bw`, která obraz převádí na binární.

Ukládání snímku provádí funkce `imwrite`, která po stisknutí tlačítka **ULOŽIT SNÍMEK** uloží obraz otisku prstu s názvem podle jména, sejmutého prstu a metody snímání do složky pojmenované podle snímané osoby.

Ukázka kvality pořízených snímků otisku prstu



Obr. 38: Ukázka kvality sejmutých otisků prstů realizovaným zařízením



Obr. 39: Ukázka kvality sejmutých otisků prstů realizovaným zařízením

Závěr

Při výběru vhodného senzoru snímání otisku prstů musíme brát v úvahu, v jakém zařízení a prostředí bude používán. Každý typ senzoru má určité výhody, ale zároveň také jistá omezení. Je potřeba znát prostředí, ve kterém bude senzor instalován, nebo podmínky, za kterých je využíván přístroj se zabudovaným senzorem otisku prstu.

Ve forenzních přístrojích, kde je potřeba maximální kvalita sejmutého otisku a prioritou není velikost, hmotnost a cena zařízení, je nejvýhodnější použít optický snímač. V případě kontaktního optického snímače, kterým je vybavena většina forenzních systémů, je nevýhodou pouze nutnost čistit snímací plochu senzoru.

V mobilních přístrojích, jako jsou notebook, PDA či mobilní telefony, jsou nejlepší volbou kapacitní snímače, využívající metodu sweepingu, které mají miniaturní rozměry, jsou cenově dostupné a mají dostačující rozlišení a kvalitu snímání. Zároveň jsou nejvíc odolné proti napodobeninám, falsifikát by totiž musel být z materiálu se stejnými elektrickými vlastnostmi. Jsou ale velmi náchylné na statické výboje a nedokáží snímat příliš suché či mokré prsty, proto jsou nahrazovány teplotními senzory. Ty nelze zničit statickou elektřinou, snímají suché i mokré prsty a při stejných rozměrech senzoru mají mnohem větší rozlišení (teplotní snímač Fingerchip, vyvinutý firmou ATMEL pracuje s rozlišením 500dpi).

Pro zabezpečení objektů se nejvíce hodí optický kontaktní senzor, který disponuje kvalitním snímáním, nutným pro vysoký stupeň zabezpečení, širokým teplotním rozsahem použití a který je dostatečně odolný proti mechanickému poškození. Nevýhodou je malá odolnost proti kopiím. První generace senzorů se dala překonat pouhým přiložením vytisknutého otisku prstu. Nové zabezpečovací systémy proto kontrolují puls, teplotu, elektrickou vodivost a další fyziologické vlastnosti. Dalším problémem bylo zůstávání potnětého otisku prstu na ploše senzoru i po ukončení snímání. Další snímaná osoba se tak mohla přihlásit pouhým přiložením špičky prstu na okraj senzoru tak, aby došlo k opětovnému snímání. Tomu zabráňuje u novějších senzorů tenká vrstva průhledného silikonu. Další možností je použít bezkontaktní optický senzor, který lze ovšem provozovat pouze ve vnitřních prostorách.

V kriminalistice je nejvíce využíván ultrazvukový snímač, který umožňuje nejkvalitnější obraz, protože snímá obraz papilárních linií přímo ze škáry. Díky tomu je možno snímat i poškozené otisky prstů z mrtvých těl, což by bylo za použití jiných senzorů velmi obtížné. Snímání se provádí většinou v laboratorních podmínkách, proto nevádí velikost zařízení, která

je v porovnání s ostatními typy mnohem větší, a delší čas snímání, který vylučuje možnost použití senzoru v přístupových systémech.

S miniaturizací tlakových snímačů dochází k jejich zabudování do nejrůznějších zařízení. Tyto senzory jsou vhodné pro malé mobilní zařízení i z důvodu velmi nízké spotřeby senzoru v pohotovostním stavu. Současným vrcholem jsou platební karty se zabudovaným snímačem otisku prstu, který snižuje šance na neoprávněné čerpání peněz z cizího bankovního účtu. Senzory otisku prstu na pouzdrech pistolí snižuje riziko použití dětmi či neoprávněnými osobami.

Při realizaci snímače otisku prstů se mi podařilo vytvořit zařízení snímající bezkontaktní i kontaktní optickou metodou snímání otisku prstů. Kontaktní způsob snímání neposkytoval kvalitní výsledky a proto jsem více zaměřil na bezkontaktní metodu. Mnou vytvořené zařízení umožňuje snímat otisky prstů v dostatečné kvalitě pro další zpracování. Při bezkontaktním snímání s krytem snímaného prostoru je rozlišení čtečky 800 DPI.

Při získávání dat od dobrovolníků, kteří anonymně poskytli otisky prstů, se ukázalo, že ne každý jedinec je vhodný pro ověřování touto biometrickou metodou. U jednoho z dobrovolníků bylo například nemožné získat kvalitní otisky prstů díky popraskané kůži na konečcích prstů způsobené atopickým ekzémem. U další snímané osoby byli papilární linie poničené vlivem mechanického odření způsobeného aktivním horolezectvím.

Kvalita snímků u realizovaného zařízení by se dala zlepšit například výměnou snímacího čipu za kvalitnější snímacím prvek s větším rozlišením a menším obrazovým šumem v kombinaci s lepší optickou soustavou. Dalším vylepšením by byla snaha o ještě větší homogenitu osvětlení prstu, například přidáním více zdrojů osvětlení.

Přestože v dnešní době existují dokonalejší biometrické systémy s mnohem větší spolehlivostí, snímání otisku prstu zůstává pro svou jednoduchost, miniaturní velikost snímacího zařízení, rychlost snímání a v neposlední řadě cenou na vrcholu biometrických zařízení pro identifikaci osob.

Seznam použité literatury

- [1] STRAUS J: *Kriminalistická daktyloskopie*. Praha: Policejní akademie CR, 2005. ISBN 80-7251-192-0.
- [2] RAK R, MATYÁŠ V, RÍHAZ a kol.: *Biometrie a identita cloveka ve forezních a komercních aplikacích*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2365-5.
- [3] ZOBANÍK, K: *Trendy vývoje identifikačních prostředků osob* :diplomová práce. Zlín: UTB ve Zlíně, 2007. 85 s.
- [4] ŠČUREK, R: *Biometrické metody identifikace osob v bezpečnostní praxi*: studijní text. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2008, 58 s.
- [5] OPROX a.s., Brno. *Optoelektronický snímač otisků prstů*. Původce :Škvarek Jozef Ing.CSc, Bucholcerová Zuzana, Balážová Věra JUDr, Int G 06 K 9/00. Česká Republika. Patentový spis 6099. 21.2.1997
- [6] BAYER T: *Skeletonizace*,: studijní text, Praha: Přírodovědecká fakulta UK, 21 s.
- [7] ADAMEC L: *Srovnávací testy vybraných biometrických zařízení*: bakalářská práce: Brno, Masarykova Univerzita, 2009, 69 s.
- [8] WASSERMAN P D: *Solid State Fingerprint Scanners*:Gaithersburg Maryland, 2005, 38 s.
- [9] GÖTTE J, JACOMET M: *Sweep Fingerprint Sensor*: studijní text
- [10] ATMEL, *Thermal fingerprint sensor Fingerchip*, dostupné z WWW: < www.atmel.cz>.
- [11] THOMSON CSF: *FingerChip™*, FringerPrint.ppt, 29 s.
- [12] Úřad pro ochranu osobních údajů: *Pracovní dokument o Biometrii*, 1.8.2003, dostupné z WWW: < <http://www.uoou.cz/uoou.aspx?menu=0&submenu=50&loc=84> >.
- [14] RYAN M. D.: *Authentication*: studijní text, The University of Birmingham, 2008, dostupné z WWW: <<http://www.cs.bham.ac.uk/~mdr/teaching/modules/security/lectures/biometric.html>>
- [15] DRAHANSKÝ M: Přehled biometrických systémů a testování jejich spolehlivosti: Kongres Bezpečnosti sítí, Praha, 11.4.2007, 37 s.
- [16] THE MEDICAL NEWS: Cancer drug Capecitabine causes patient to lose fingerprints and be detained by U.S. immigration, 26.5.2009, dostupné z WWW: <<http://www.news-medical.net/news/2009/05/26/Cancer-drug-capecitabine-causes-patient-to-lose-fingerprints-and-be-detained-by-US-immigration.aspx>>
- [17] PETR J: K čemu jsou nám papilární linie, 04.02.2009, dostupný z WWW: <http://www.osel.cz/index.php?clanek=4215>
- [18] MUSIL J: Recenze – Temida nad mikroskopem, 2/2009, dostupný z WWW: <<http://www.mvcr.cz/clanek/recenze-temida-nad-mikroskopem.aspx>>
- [19] Z.L.D, 2003, dostupné z WWW: <www.zld.cz>

Seznam použitých zkratek

| | |
|------|--|
| AFIS | Automatický systém identifikace dle otisku prstu(automated fingerprint identification system) |
| CCD | Obrazový senzor (Charge-Coupled Device) |
| CMOS | Obrazový senzor (Complementary Metal–Oxide–Semiconductor) |
| DPI | Počet bodů na palec(Dots Per Inch) |
| EER | Koeficient odpovídající rovnosti FAR a FRR (Equal Error Rate) |
| FAR | Míra chybného přijetí (False Acceptance Rate) |
| FRR | Míra chybného odmítnutí (False Rejection Rate) |
| LED | Světlo vyzařující dioda (Light-Emitting Diode) |
| PC | osobní počítač (personál computer) |
| PDA | Osobní digitální pomocník (Personal Digital Assistant) |
| RFID | Identifikace na rádiové frekvenci(Radio Frequency Identification) |
| ROC | Křivka závislosti mezi FAR a FRR(Receiver Operating Characteristics) |
| USB | Univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus) |
| UV | Ultrafialové (UltraViolet) |

Seznam obrázků

- Obr. 1: Identifikační karty firem Biometric Associates a Siemens se snímačem otisku prstů
- Obr. 2: Dveřní klika se zabudovanou čtečkou otisku prstu
- Obr. 3: Vzory útvarů tvořených papilárními liniemi
- Obr. 4: charakteristické znaky nepravidelnosti papilárních linií
- Obr. 5: Otisk prstu s nalezenými markanty
- Obr. 6: Závislost FAR a FRR na prahové hodnotě
- Obr. 7: ROC křivka
- Obr. 8: ukázka zpracování obrazu
- Obr. 9: Registrační okno přístupového systému Griaule Desktop Identity
- Obr. 10: Princip kontaktního optického snímače
- Obr. 11 : Snímače zleva: Crossmatch Verifier E, Microsoft Fingerprint leader, DFR® 2300
- Obr. 12 : Princip transmisního snímače
- Obr. 13: Transmisní optické snímače TesTech, Mitsubishi
- Obr. 14: Princip elektroluminiscenčního senzoru
- Obr. 15 : elektroluminiscenční senzor firmy Testech
- Obr. 16: princip kapacitního snímání otisku prstu
- Obr. 17 : Kapacitní snímač od firmy Imgene, kapacitní sweep snímač Fujitsu
- Obr. 18: Postup skládání obrazu z jednotlivě nasnímaných pružků
- Obr. 19: Princip funkce teplotního senzoru, teplotní snímač firmy ATMEL
- Obr. 20: Teplotní senzor otisku prstu FingerChip®
- Obr. 21 : Princip tlakového snímače, tlakový snímač od firmy ALPS Electric
- Obr. 22 : Princip radiového snímače, sweep RF snímač firmy Idex, RF snímač FPC1011F
- Obr. 23: Princip bezkontaktního optického snímání
- Obr. 24: optické bezkontaktní snímače a ukázka kvality výstupního obrazu
- Obr. 25 : Princip skenování ultrazvukovým senzorem
- Obr. 26: Čtecí ultrazvukové zařízení firmy Ultrascan a ukázka kvality získaného obrazu
- Obr. 27: Návrh snímače otisku prstu vytvořený v programu Autodesk Inventor
- Obr. 28: Konstrukční uspořádání čtečky otisku prstu
- Obr. 29: Zrealizovaný optický snímač otisku prstu s krytem snímacího prostoru
- Obr. 30: Snímač s nástavcem pro bezkontaktní snímání s přisvětlením
- Obr. 31: Zařízení s modulem pro kontaktní snímání otisků prstů
- Obr. 32: Tabulka pro zadávání údajů o snímané osobě
- Obr. 33: Hlavní okno programu
- Obr. 34: Okno nápovědy zobrazené po spuštění tlačítka nápověda
- Obr. 35: Ukázka snímání otisku prstu bezkontaktní metodou s krytem snímaného prostoru
- Obr. 36: algoritmus pro on-line hodnocení kvality snímku podle velikosti plochy prstu
- Obr. 37: Upozornění na nedostatečně velkou část sejmutého prstu v obraze
- Obr. 38: Ukázka kvality sejmutých otisků prstů realizovaným zařízením
- Obr. 39: Ukázka kvality sejmutých otisků prstů realizovaným zařízením