

Biometrické identifikační systémy

Biometrical identification systems

Petr Jankuliak



Vložit oficiální zadání bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem práce byla realizace literární rešerše na téma biometrických identifikačních systémů.

V první části studie jsem se hlavně zaměřil na rozvoj v oblasti identifikace osob podle charakteristických rysů obrazců papilárních linií a současný dynamický rozvoj snímacích zařízení. Druhá část pojednává o informačním obsahu řeči a jejím zpracování, rozšíření současných produktových řad různých výrobců a implementace těchto systému do života běžné populace.

The aim of a bachelor thesis was to compose the literary study about biometrical identification systems.

The first part of the study deals with the development in the range of the identification of persons by the distinctive features of papillary outlines diagrams and the contemporary progress of the cinematograph machines. The second part of the thesis is about the informational content of the speech and its processing, expansion of the present product's series from the different manufacturers and the implementation of these systems into the populace.

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Marku Čandíkovi, PhD., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a přátelům, kteří mi při studiích byli oporou.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 31. 05. 2005

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 BIOMETRIE	9
1.1 Biometrické parametry	9
1.1.1 Autentizace heslem.....	10
1.1.2 Autentizace předmětem	10
1.1.3 Biometrická autentizace	10
1.1.4 Biometrické identifikační metody.....	11
1.1.5 Etalon.....	12
1.1.6 Uložení etalonu	13
1.2 Biometrické metody identifikace.....	14
1.2.1 Verifikace hlasu	15
1.2.2 Sestavení vhodného textu	16
1.2.3 Statické příznaky	16
1.2.4 Dynamické příznaky	16
1.2.5 Rozpoznávání obličeje	17
1.2.6 Principy předzpracování snímku.....	18
1.2.7 Vymezení zájmových oblastí, Feature extraction	18
1.2.8 Klasifikace.....	19
1.2.9 Výčet jiných biometrických metod	20
2 BIOMETRICKÉ PŘÍSTUPY.....	22
2.1 Historie daktyloskopie	22
2.1.1 Základní vzory obrazců papilárních linií	22
2.2 Identifikace podle otisku prstu.....	23
2.2.1 Daktyloskopické zákony.....	24
2.2.3 Algoritmus rozpoznání obrazců papil.....	24
2.2.4 Algoritmus rozpoznání obrazců podle polohy markantu	25
2.2.5 Základní klasifikační vzory otisků	26
2.3 Snímací prvky otisku prstu.....	26
2.3.1 Požadavky na snímače otisku prstu	27
2.3.2 Optický snímač prstu	27
2.3.3 Optický snímač s polymerem	28
2.3.4 Kapacitní snímač.....	28
2.4 Ostatní identifikace.....	29
2.4.1 Morfologie ruky	29
2.4.2 Dynamika podpisu	29
2.4.3 Rozpoznání obličeje.....	29
2.4.4 Oční duhovka	30
2.4.5 Oční sítnice.....	30
2.4.6 Řeč.....	30
2.4.7 Nehet	31
2.4.8 Dlaň	31
2.4.9 Žíly na rukou	32
2.4.10 DNA	32

2.4.11 Termovizní obraz.....	32
2.4.12 Dynamika klávesových úderů.....	33
2.5 Kvantitativní charakteristiky rozpoznávání	33
2.6 Biometrické aplikace	34
2.6.1 Prověřování minulosti.....	34
2.6.2 Pravost dokumentů.....	34
2.6.3 Bezpečnost firem a podniků.....	35
2.6.4 Bezpečnost informačních technologií.....	35
2.6.5 Registrace osob	35
3 INFORMAČNÍ OBSAH ŘEČI.....	37
3.1 Informační obsah fonetické formy	37
3.2 Informační obsah akustické formy.....	38
3.3 Model vytváření řeči.....	40
3.3.1 Proces vytváření řeči člověkem.....	40
3.3.2 Diskrétní model pro analýzu a syntézu řeči.....	43
4 ZPRACOVÁNÍ AKUSTICKÉHO SIGNÁLU.....	45
4.1 Základní přístup	45
4.2 Kódování tvaru vlny	46
4.2.1 Pulsní kódová modulace (PCM).....	46
4.2.2 Další metody kódování tvaru vlny.....	47
4.3 Zpracování v časové oblasti.....	48
4.3.1 Krátkodobá energie	48
4.3.2 Krátkodobá funkce středního počtu průchodu signálu nulou	48
4.3.3 Krátkodobá autokorelační funkce	48
4.4 Zpracování řeči ve frekvenční oblasti.....	49
4.4.1 Krátkodobá Fourierova transformace.....	49
4.4.2 Pásmová filtrace	49
4.5 Homomorfní zpracování řeči.....	50
4.6 Lineární prediktivní analýza	50
4.7 Určení hraničních bodů promluvy	50
4.8 Fonetická analýza.....	50
4.8.1 Základní určení fonetických charakteristik.....	50
4.8.2 Určení formantových frekvencí.....	51
4.9 Vektorová kvantizace.....	51
4.10 Segmentace a akusticko-fonetické dekódování řeči.....	51
4.10.1 Volba jednotky segmentace	51
4.11 Rozpoznávání izolovaných slov.....	53
4.11.1 Základní přístup.....	53
4.12 Rozpoznávání spojených slov.....	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK	60

SEZNAM PŘÍLOH.....	61
---------------------------	-----------

ÚVOD

Naše společnost potřebuje s rychlým rozvojem technologií pocit bezpečí a jistoty. Toho můžeme dosáhnout implementací biometrických systémů. Máme k dispozici celou řadu nových produktů, pestrou nabídku od různých výrobců s cílem maximálně uspokojit potřeby lidí. Objevujeme stále nové způsoby a možnosti technických řešení biometrických identifikačních systémů. Díky novým technologiím na světových trzích se tato zařízení aplikují rychleji v našem prostředí k čemuž dopomohly značně i domácí producenti. Snahou je porozumět potřebám uživatelů těchto systémů.

Tento stav je velice vítán, protože, biometrické systémy a jeho nezbytné prvky nejsou díky značnému rozmachu techniky v poslední době tak cenově nedostupné. Biometrické systémy jsou v současnosti jedním z nejvíce rozvíjejících se systémů v oboru technických zabezpečovacích systémů. Důležitou úlohu mají biometrické systémy tam, kde je snaha nahradit lidský faktor v podobě fyzické ostrahy objektů víceméně spolehlivější technikou. Následkem toho je citelné snížení nákladu spojených se zabezpečením objektu společnosti, zvýšení bezpečí a spolehlivosti. Také tímto se přibližujeme poměru lidských sil ku technice k našim západním sousedům. Právě v této oblasti by měly bezpečnostní agentury začít své služby rozšiřovat a zdokonalovat.

Velmi silným podnětem k používání biometriky v nevojenském sektoru je tendence globalizace obyvatel naší planety a hrozba útoků teroristických skupin zaměřených zejména proti obyvatelům s jiným náboženským vyznáním, jinou kulturou, politickým uskupením a hospodářskou politikou. Lidé rádi a více cestují, avšak vznikla potřeba jejich jednoznačné identifikace s minimální časovou prodlevou, což nám právě umožňují biometrické systémy. Ty jsou pro uživatele velmi komfortní, nijak jej neomezují. Pevně věřím, že rozvoj právě v této oblasti bude mít za přímý důsledek jednoznačné zvýšení bezpečnosti v oblasti kde žijeme.

1 BIOMETRIE

Lidé se od sebe navzájem odlišují svým vzhledem, hlasem a chováním.

Díky pokroku ve výpočetní technice je již možno osoby počítačově rozeznat na základě těchto vlastností. Tato oblast se nazývá biometrie. Biometrie se zabývá jedinečnými a měřitelnými charakteristikami a vlastnostmi pro automatické rozpoznávání nebo verifikaci identity člověka.

Potřeba správně určit osobu existuje již velmi dlouho. Autorizace vstupu do budovy, otevření skříně, překročení hranice a podobně jsou vždy spojeny s ověřením osoby. Tuto proceduru nazýváme verifikací. Osoba s určitou autorizací musí být verifikací ověřena. Biometričtí specialisté používají výraz jeden k jedné (one-to-one) v případě verifikace a jeden k více (one-to-many) v případě identifikace. V běžné praxi se nejvíce používá verifikace.

Velkou částí autentizačních metod jsou biometrické autentizační přístupy, které využívají k ověření identity osoby její charakteristické rysy, které se nazývají biometrické parametry.

1.1 Biometrické parametry

BIOMETRIE představuje nauku o měřitelných biologických charakteristikách.

V bezpečnostních systémech se využívají takové měřitelné fyzikální charakteristiky, které mohou kontrolovatelně pomocí hardwarovými nebo softwarovými prostředky a jsou pro danou osobu charakteristické (jedinečné) a jsou neměnné (časově stabilní). [6, 8]

Rozdělení autentizačních přístupů je založeno na :

- tom, co člověk zná (přístupové heslo)
- tom, co člověk vlastní (identifikační karta)
- tom, čím je člověk tvořen (obrazec papilárních linií).

1.1.1 Autentizace heslem

Je založena na znalosti hesla, které je utajené a je známo pouze konkrétnímu uživateli.

Výhodou přístupu je jednoduchá technologická programová realizace a tedy i nízká cena pořízení.

K nevýhodám patří relativně jednoduchá možnost odchycení hesla, proto se používá přístup v prostředí s minimálními bezpečnostními požadavky.

1.1.2 Autentizace předmětem

Je založena na vlastnictví identifikačního předmětu. Pro obecné označení autentizačního předmětu, který potvrzuje identitu svého vlastníka se užívá termín *TOKEN*.

Ten musí plnit požadavky jedinečnosti (unikátnost) a těžké padělatelnosti.

Tato autentizace představuje vyšší úroveň zabezpečení, nevýhodou je možnost odcizení nebo ztráty autentizačního předmětu.

Z hlediska užití autentizačních předmětů lze klasifikovat tokeny na :

1. paměťové-představují analogii mechanickým klíčům, jejich paměť obsahuje jednoznačný identifikační řetězec,
2. udržující heslo-výstupem pro zadání jednoduchého uživatelského hesla je uživatelský klíč,
3. s logikou-umožňující zpracovávat jednoduché podněty a realizovat jednoduché aritmetické operace,
4. inteligentní-mohou obsahovat vlastní vstupní zařízení pro komunikaci s uživatelem, mohou šifrovat nebo generovat náhodná čísla.

1.1.3 Biometrická autentizace

Je založena na biometrických charakteristikách osoby.

Pojem autentizace je používán i pro verifikaci původu a integrity dat, bývají autentizační přístupy sloužící k verifikaci osob nebo různých technických prostředků tzv. autentizace entity) označované termínem identifikace.

V případě použití biometrické charakteristiky osob jako biometrická identifikace.

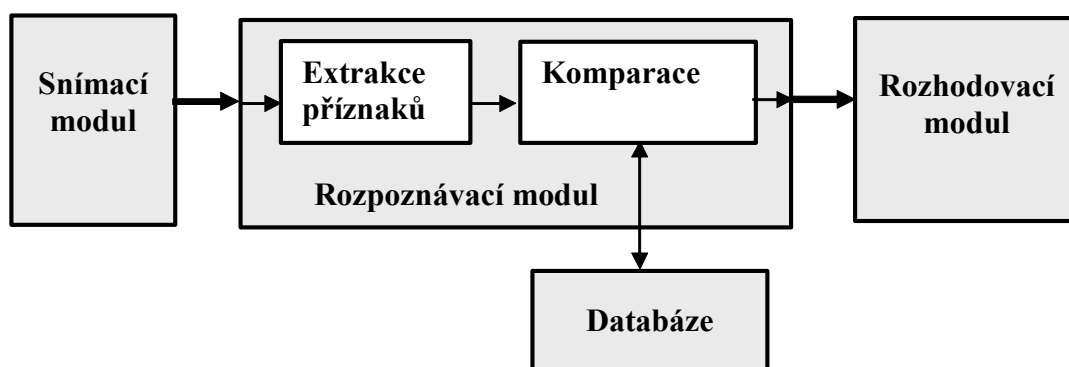
Podle počtu použitých metod k autentizaci se rozlišuje :

1. jednofaktorová autentizace – pouze jedna metoda,
2. dvoufaktorová autentizace- kombinace dvou metod,
3. třífaktorová autentizace – kombinace tří metod.

1.1.4 Biometrické identifikační metody

1. univerzálnost (UNIVERSALITY) - každý uživatel je jejích nositelem,
2. jedinečnost (UNIQUENESS) - neexistují dvě osoby se stejnými biometrickými charakteristikami,
3. permanence (PERMANENCE) - biometrická charakteristika je časově neměnná (invariantní),
4. jednoduchost (SIMPLICITY) - biometrické charakteristiky jsou kvantitativně měřitelné a obdržené charakteristiky jsou jednoduché a přesné ,
5. přijatelnost (ACCEPTABILITY) - snímání biometrických charakteristik je nenáročné, uživatelsky přijatelné (userfriendly).

Biometrické systémy se skládají z několika logických (funkčních) bloků :



Obr.1 Princip činnosti biometrického systému

Jednotlivá biometrická zařízení a systémy mají svoji vlastní metodu ovládání, lze udělat některá zobecnění týkající se implementace biometrických systémů.

1.1.5 Etalon

Aby bylo možné ověření identity uživatele za pomoci biometrických systémů je nutné mít jeho reprezentativní (referenční) vzorek. Tento vzorek je označen jako biometrický etalon (předloha).

V něm jsou obsaženy údaje které se používají během verifikace osoby.

Referenční vzorek bývá obvykle získán v etapě zápisu. V této etapě je pořízeno několik vzorků (obvykle tři), aby bylo možné vytvořit reprezentativní vzorek jejich zprůměrováním. Poté je referenčnímu vzorku přidělen identifikátor (pin nebo číslo karty).

Identifikátor slouží k vyvolání referenčního vzorku v etapě verifikace. Etapa zápisu a kvalita výsledného reprezentativního vzorku jsou kritické faktory ovlivňující úspěšnost biometrického systému.

Etalon se špatnou kvalitou je velmi častou příčinou nesprávného rozpoznání (nutno pak vytvořit kvalitnější referenční vzorek) .

Jedním z problémů biometrických identifikačních systémů je databáze čítající biometrické údaje s velkým počtem uživatelů. [7]

1.1.6 Uložení etalonu

V biometrickém čtecím zařízení

Výhodou je rychlá reakce a nezávislost na externích procesech nebo na datovém spojení při zpřístupnění etalonu.

Nevýhodou je, že etalon je závislý na přítomnosti a funkčnosti čtecího zařízení. V případě poruchy či poškození zařízení je nezbytná nová instalace databáze etalonů případně opětovná etapa zápisu.

Ve vzdálené centrální databázi

Toto je nejpřirozenější možnost díky použití IT systémů. V tomto případě je však nutné mít na paměti, že dojde-li k výpadku sítě je tím vyřazen z činnosti biometrický systém. Nutnost použití alternativního řešení.

V přenosném zařízení (token, čipová karta)

Uložení etalonu v tokenu nevyžaduje lokální nebo centrální uložení etalonů. Uživatel si pak nosí svůj etalon s sebou a lze ho použít tam kam je mu umožněn autorizovaný přístup.

Nevýhodou této možnosti je vyšší cena a složitost biometrického systému z důvodů kombinace totenového a biometrického čtecího zařízení na všech verifikačních místech.

Kombinace těchto typů

Kombinace předešlých možností může efektivně eliminovat nevýhody jednotlivých samostatných možností a používá se tam, kde je položen důraz na bezporuchovost biometrického identifikačního systému.

Verifikace - verifikační (ověřovací) proces vyžaduje, aby se uživatel přihlásil do systému (pin, token). [7]

Poté dojde k porovnání etalonu a biometriky sejmuté bezprostředně po přihlášení do systému. Výsledek tohoto porovnání pak bývá uložen lokálně nebo prostřednictvím sítě na jiném místě. Ve verifikačním procesu je důležitý počet povolených pokusů předtím, než dojde k definitivnímu odmítnutí uživatele. Je tedy nutné stanovit počet nesprávných přihlášení do systému, avšak čím je počet větší tím se zvyšuje možnost vstupu neoprávněné osoby do systému.

Uložení výsledků verifikačního procesu

Toto je důležitá oblast, protože je dobré mít v evidenci průběhy používání systému. Některé systémy interně uchovávají pouze omezený počet transakcí. Transakce nejstaršího data bývají přepisovány novými transakcemi. V případě, že je biometrický systém připojen do sítě bývají uchovávány všechny transakce od počátku použití systému v centrální databázi.

1.2 Biometrické metody identifikace

Jde o techniky identifikace lidí na základě jejich osobních charakteristik. Navzájem se odlišují různou mírou spolehlivosti, ceny a v neposlední řadě i společenské přijatelnosti. Hledáme charakteristiky mající dostatečnou mezi-osobní variabilitu při zachování vnitro-osobní "reproducibility".

Kvalitu biometrik lze charakterizovat jako četnost nesprávných odmítnutí autorizovaného subjektu (FRR - False rejection rate) a jako četnost nesprávných přijetí útočníka (FAR - False acceptance rate) .

1.2.1 Verifikace hlasu

Testovaný subjekt přečte systémem náhodně zvolenou frází. Sejmutá zvuková stopa je kmitočtově omezena (nejčastěji na 3kHz) a je proveden rozbor zvuku na základě původu jednotlivých složek zvuku v činnosti hlasového aparátu - fonace, frikace.

Nejprve je nutné slovní promluvu předzpracovat. Řečový signál se zpracovává výhradně metodami tzv. krátkodobé analýzy, které vychází z jeho kvazistacionární podstaty. Signál je rozdělen na segmenty o délce cca 15-25ms. Na těchto segmentech platí Gaussovo rozložení hustoty pravděpodobnosti velikosti řečového signálu.

Verifikace se provádí dvěma odlišnými metodami v jednu chvíli. První metoda je použitím statických parametrů k ověření parametrů hlasového traktu mluvčího s parametry hlasového traktu mluvčího za kterého se vydává a druhá metoda je ověření toho, co vlastně mluvčí řekl.

Při rozpoznávání mluvčího by jeho identifikace měla být necitlivá na změnu fyzického a psychického stavu, změnu vlivem stárnutí a necitlivá na zvuk okolí a pozadí.



Obr.2 Schéma získání parametrů řečového traktu

Při rozpoznávání mluvčích se snažíme využít ty parametry řečového signálu, které se naopak snažíme potlačit při rozpoznávání obsahu řeči. V častých případech se vycházíme ze stejných typů příznaků a pouze se vybírají jiné oblasti nebo se provádějí jiné transformace.

[6]

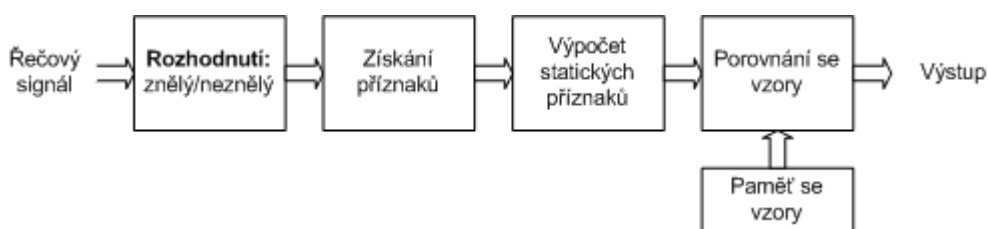
1.2.2 Sestavení vhodného textu

Vhodný text pro promluvu k identifikaci mluvčího by neměl vyvolávat emoce. Vhodné je použít spojení nosovek a samohlásek - tento přechod obsahuje ve větší míře informaci o mluvčím a obtížně se napodobuje. Nejvýhodnější k použití jsou fonémy dle následujícího seřazení: e,l,ae,m,n,u,i. Nejméně vhodné fonémy jsou: s,t,b. Z důvodu stanovení začátku a konce slov se doporučuje umístit na počátek exploziva a na konec znělé hlásky.

Nejpoužívanější metodou pro tvorbu vzorů je dynamické průměrování. Průměrují se jednotlivé segmenty slov, časově sjednocených dynamickým programováním.

1.2.3 Statické příznaky

Statické příznaky se hodí pro určování mluvčích nezávisle na textu. Vytvářejí se jako dlouhodobé střední hodnoty a histogramy. Používají se přitom obvykle pouze znělé segmenty řeči. Časový průběh promluvy zde ztrácí význam.

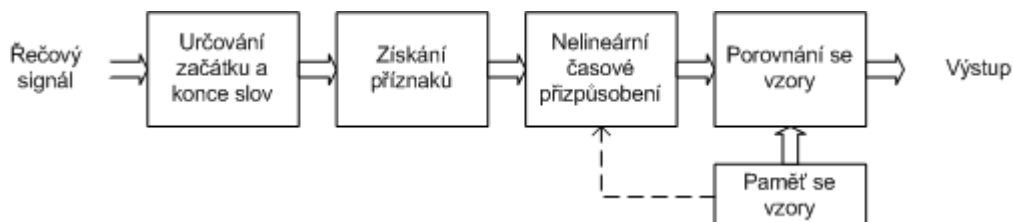


Obr.3 Rozpoznávání mluvčího dle statických metod

1.2.4 Dynamické příznaky

Používají se pro určení mluvčího v závislosti na textu. Analyzují časový průběh promluvy a vyžadují tedy stanovit začátek a konec slova a provést nelineární časovou transformaci podle vzorů.

Porovnáváme potom hodnoty jednotlivých příznaků v časově sjednocených vzorů a testované promluvy. Dynamické příznaky nevyjadřují jenom anatomické vlastnosti mluvího, ale jsou ovlivněny také řečovými návyky.



Obr.4 Rozpoznávání mluvího dle dynamických metod

1.2.5 Rozpoznávání obličeje

Lidská tvář sama o sobě představuje komplikovaný útvar a proto je nutné, pro rozpoznávání obličeje, snímek tváře nejdříve upravit..



Obr.5 Blokové schéma systému pro rozpoznání snímku lidské tváře

K předzpracování snímku se používají "vyšší" principy zpracování obrazu. Tyto metody slouží k potlačení irelevantních informací obsažených v pořízeném snímku a naopak získání dat, které mají pro lidskou tvář určující charakter (feature extraction).

Požadavky na systém jsou takové, aby proces identifikace byl pokud možno bezchybný a aby proces identifikace byl co nejméně závislý na stárnutí osoby (růst vlasů, vousů, atd.) a byl schopen, alespoň s částí, identifikace osoby z neúplného snímku.

1.2.6 Principy předzpracování snímku

Snímek pořízený digitálním zařízením je nutné upravit do podoby vhodné pro další zpracování. Snímek je nutno upravit z těchto hledisek:

- odstranění nebo omezení šumu a degradace obrazu,
- úprava jasu a kontrastu obrazu,
- komprese obrazu.

Často se stává, že obraz je zašumělý a neostrý, proto je vhodná jeho korekce. Pro ní se používá např. Inverzní filtr, častěji se však používá Wienerův filtr, který nezdůrazňuje nebezpečný šum. Další typy filtrů, jejichž použitím je možné omezit šum v obraze mohou být průměrující, nebo mediánovy filtry, nebo třeba waveletova transformace, kde se respektuje fakt, že hodnota šumu je nižší, než hodnota užitečného signálu.

1.2.7 Vymezení zájmových oblastí, Feature extraction

Jelikož snímací jednotka nesejme pouze lidskou tvář, ale i okolí, je nutné jí ze snímku separovat pro další zpracování. Jako nejefektivnější se jeví metoda separace na základě odlišnosti odstínu barvy pozadí a lidské kůže. Algoritmus výběru lidské tváře je založen na potlačení všech stupňů šedi, které se výrazně odlišují od odstínu šedi lidské kůže.

Porovnání se používá histogram barev šedi získané zprůměrováním několika histogramů získaných z několika typů lidské kůže. Takto upravený obrázek se více hodí k vymezení zájmové oblasti. K tomu se může použít neuronové sítě, metody založené na skrytých Markovových modelech, nebo pomocí korelační analýzy. Lokalizace oblasti zájmu za pomoci korelační analýzy se provádí hledáním objektu, jehož tvar připomíná svými proporcemi lidskou tvář (face like shape).

Rozpoznávání lidské tváře je založena na příznakových metodách rozpoznávání. Tyto metody předpokládají, že je k dispozici popis rozpoznávaného objektu pomocí vektoru příznaků. Identifikace potom znamená, nalezení vektoru příznaků v databázi, která nejlépe odpovídá získanému vektoru příznaků z předzpracovaného snímku.

Vektor příznaků můžeme ze snímku tváře získat několika způsoby. V současné době lze tyto metody rozdělit na dvě skupiny:

- pomocí lineární transformace (Principal component analysis),
- příznaky založené na anatomických znacích.

Příznaky založené na anatomických znacích vycházejí z antropologických poznatků. Jde o znaky, které se během stárnutí osoby příliš nemění. Pro úspěšné rozpoznání stačí těchto znaků asi třicet. Na základě anatomických znaků se sestaví tzv. mapa obličeje. Vrcholy mapy tvoří body, které se považují za neměnné, tedy takové, které mají přímou návaznost na lebku. Problém zůstává v nalezení těchto bodů. [12]

Principal Component Analysis je lineární transformace založena na klasických statických metodách. Obrazová matice se převede např. pomocí "cik-cak" čtení na vektor. Poté můžeme stanovit jeho střední hodnotu a kovariační matici, která je vždy symetrická a z té vypočítat vlastní čísla a vlastní vektory. Tyto vlastní vektory se posléze porovnávají s databází vlastních vektorů známých lidí.

1.2.8 Klasifikace

Klasifikace nazveme zobrazení, které přiřazuje ke každému možnému vektoru příznaků identifikátor třídy, do které objekt patří. Podle funkce, která zajistí toto zobrazení, lze klasifikátory dělit na několik druhů:

- deterministické,
- nedeterministické,
- s učením,
- s pevným nebo proměnným počtem příznaků,
- klasifikace pomocí minimální vzdálenosti.

1.2.9 Výčet jiných biometrických metod

Otisky prstů - otisk prstu je jedinečný, proto se hodí pro identifikaci uživatele.

Testování vzorku sítnice - jelikož lidské oko je jedinečné, stejně jako otisk prstu, jeví se tato metoda jako nejbezpečnější. Bohužel u této metody je vysoké procento nepřijetí autorizovaných uživatelů pro jeden pokus sejmutí vzoru sítnice. Pro opakované načtení vzoru sítnice se chyba nepřijetí autorizovaných uživatelů rapidně snižuje. Tato metoda je navíc vhodná pro fakt, že vzorek cév sítnice je velice stabilní a jen velice málo chorob může způsobit jejich změnu.

Vzor žil je technika, která zaznamenává vzor žil na hřbetu ruky.

Geometrie ruky – pomocí 3 skenerů snímající geometrii ruky .

Geometrie prstu - díky úspěšnému rozpoznávání dle geometrie ruky se začaly vyvíjet metody na rozpoznávání geometrie prstu. Metoda je stejná jako předchozí, ale používá se menších a rychlejších skenerů.

Koeficient výkonnosti

Charakteristickými výkonnostními mírami jsou koeficient nesprávného přijetí, koeficient nesprávného odmítnutí, koeficient vyrovnané chyby, doba zápisu etalonu a doba ověření.

Tyto výkonnostní míry jsou uváděni prodejci zařízení.

Koeficient nesprávného přijetí vyjadřuje pravděpodobnost s jakou biometrický systém nesprávně identifikuje neoprávněnou osobu jako osobu oprávněnou.

Koeficient nesprávného odmítnutí vyjadřuje pravděpodobnost s jakou biometrický systém nesprávně odmítne oprávněnou osobu jako osobu neoprávněnou.

Koeficient vyrovnané chyby (křížový koeficient) se nachází mezi koeficientem nesprávného vyjadřující, že k nesprávnému přijetí nebo nesprávnému odmítnutí může dojít se stejnou pravděpodobností. [3]

Biometrické autentizační systémy pracují ve dvou režimech :

- registrační – záznamový režim (uložení do databáze),
- autentizační – identifikace osoby.

2 BIOMETRICKÉ PŘÍSTUPY

2.1 Historie daktyloskopie

Daktyloskopie představuje nauku o obrazcích papilárních linií na vnitřních stranách článků prstů, dlaní a chodidlech.

Kriminalistická daktyloskopie je velmi rychlá a jednoduchá metoda k bezpečnému zjištění identity osoby. Díky daktyloskopii bylo zjištěno a poté usvědčeno na desítky tisíc zločinců a ztotožněno mnoho neznámých mrtvol.

Na střepech hliněných tabulek byly vedle jmen i otisky prstů. Zprvu se předpokládalo, že jde o náhodný otisk, vzniklý při výrobě tabulek. Z umístění otisků prstů vedle podpisu, které se navíc vyskytují vždy na stejném místě tabulek, lze usuzovat, že zpracovatel tabulky vtlačil svůj otisk úmyslně, aby tím zabránil falzifikaci. Otisky prstů na stejných místech se nacházejí i na výrobcích z keramiky, zvláště pak uměleckých kachličkách, nalezených při archeologických vykopávkách v Řecku, na území bývalého Římského impéria a v Egyptě.

2.1.1 Základní vzory obrazců papilárních linií

Za prvního Evropana a průkopníka daktyloskopie je označován širokou vědeckou veřejností český přírodovědec Jan Evangelista Purkyně (1787 - 1869). Zásluha Jana Evangelisty Purkyně spočívá v tom, že se mu poprvé podařilo popsat základní vzory papilárních linií na koncových člancích prstů a klasifikovat je do 9 vzorů.

Rovněž upozornil na trojúhelníkové seskupení papilárních linií (tzv. deltu) jako na důležitý klasifikační znak.

Matematickými metodami bylo vypočítáno, že existuje celkem 64 miliardy různých variant v uspořádání papilárních linií. Při tomto výpočtu bylo vycházeno pouze s obrazcem

jednoho prstu. Rovněž možný odhad počtu obyvatelstva zeměkoule spočítán maximálně na 16 miliard.

Pokud se tato teorie rozšíří na všech deset prstů vychází číslo, vyjádřené desátou mocninou 64 miliard. Tímto se prakticky vylučuje možnost výskytu dvou jedinců se stejným obrazcem papilárních linií.

Teprve za 4,660.337 století by se mohl opakovat obrazec shodný u dvou jedinců. Při tomto výpočtu se vycházelo z předpokladu, že na každém z deseti prstů je jen 20 charakteristických zvláštností (markantů), přičemž zohlednil tehdejší počet obyvatelstva na zeměkouli. Tyto teoretické základy daktyloskopie jsou potvrzovány i zjištěním, že za dobu více než 100 let.

Samotná daktyloskopie byla v českých zemích oficiálně zavedena 9. září 1908. Od tohoto dne se začaly vyhotovovat pro účely identifikace pachatelů daktyloskopické karty. Tímto dnem byla také zrušena antropometrie a daktyloskopie byla oficiálně uznána jako jediný identifikační prostředek. [13, 14, 15]



Obr.6 Ukázka různých obrazců papilárních linií

2.2 Identifikace podle otisku prstu

Identifikace podle otisku prstu (fingerprinting) - patří do skupiny daktyloskopických identifikací.

Mezi faktory, které mohou ovlivnit schopnost identifikace otisku patří :

1. práce kterou, uživatel vykonává může mít za následek opotřebení částí papilárních linií, které se u otisku prstů nazývají markanty,
2. síla přitlačení může mít za následek slítí papilárních linií,
3. fyzické podmínky při pořízení otisku (zrnka prachu se mohou projevit jako markanty typu bod),
4. poškození prstů při úrazu (jizvy), které může mít za následek vyhlazení nutných detailů a překazit pozitivní identifikaci.

2.2.1 Daktyloskopické zákony

1. na světě neexistují dvě osoby které mají absolutně shodné obrazce papilárních linií,
2. obrazce papilárních linií jsou po celý život neměnné,
3. obrazce papilárních linií jsou trvale neodstranitelné, pokud není odstraněna zárodečná vrstva kůže.

2.2.3 Algoritmus rozpoznání obrazců papil

Algoritmus vychází z teorie nelineárního komplexního signálu a je založen na rozpoznání otisku jako celku, bez zkoumání jednotlivostí v obrazci otisku prstu.

Algoritmus je složitější a vyžaduje rychlý výpočetní prostředek (procesor), protože data o obrazu otisku jsou uložena v databázi jako etalon, což vyžaduje více paměti.

Výhodou je schopnost rozpoznání nekvalitního obrazce nebo posunutého a natočeného obrazce a to i při velkém množství výpočetních operací.

Velkou výhodou je možnost vložit do otisku tajný klíč pro elektronický podpis.

Takovéto řešení znamená, že tajný klíč nebude uložen v počítači a není možné jeho poškození či zcizení, protože je generován v momentě přiložení prstu na snímač.

2.2.4 Algoritmus rozpoznání obrazců podle polohy markantu

Algoritmy používané v současnosti jsou založeny na nalezení identifikačních znaků (markant) a uložení údajů o směru a poloze markant do databáze etalonů.

Tyto údaje jsou komparovány s údaji získanými při pokusu o autentizaci přiložením prstu na snímací prvek autentizačního zařízení.

Vyhledání markant v kvalitním snímku není obtížné. Obraz papilárních linií se převádí na jemnější linie (čáry) z důvodu podstatně snazšího matematického zpracování.

Algoritmus provede binarizaci otisku prstů, jejíž výsledkem je obraz plný jemných linií. V takovémto obraze je pak snadnější a přesnější nalezení identifikačních znaků a nalezení jejich souřadnic. Pokud je obraz nekvalitní nebo došlo k poškození obrazce poraněním (jizva) pak je proces vlastní binarizace, vyhledání markant a následná operace pak zpravidla selhává.

V druhé fázi provede algoritmus extrakci identifikačních znaků.

Ve třetí fázi algoritmus řeší korelaci mezi etylénovými daty a daty nově získaného otisku.

V databázi uživatelů tedy není uložen otisk prstu, ale data o souřadnicích identifikačních znaků, které mohou být kódována. Algoritmy vyhodnocují souřadnice markant a z této podstaty jsou závislé na kvalitě obrazu prstu získaného ze snímače otisku prstu.

Nekvalitní obraz má za následek ztrátu relevantních informací pro rozpoznání (nedojde k binarizaci obrazu, případně větší části) a nelze nalézt souřadnice identifikačních znaků. Dalším problémem u většiny snímačů je síla přítlaku prstu na snímací plochu. Při větším stlačení dochází v části obrazce otisku prstu ke slítí části papilárních linií, čímž je znemožněna binarizace, vyhledání a extrakce markant.

2.2.5 Základní klasifikační vzory otisků

1. klasifikační vzorový arch- papilární linie jsou tvořeny jednotlivými oblouky, obrazec neobsahuje delta prvek,
2. radial – papilární linie tvoří smyčku a v obrazci se nachází delta,
3. whorl – papilární linie tvoří dva smyčkové obrazce a obsahují nejméně dvě delty,
4. ulnar – mezi délkou a středem musí být nejméně jedna počítatelná linie.

Samostatné určení vzoru u otisku prstů ještě neumožňuje identifikaci osoby. K individuální identifikaci osoby je třeba ještě určit shodnost individuálních znaků, zvláštností papilárních linií- markantů. [12, 14]

K identifikaci je potřeba dosáhnout 12 shodných znaků. Znaky se neposuzují osamoceně, ale posuzuje se jejich vzájemná poloha.



Obr. 7 Zvláštnosti (markanty) papilárních linií

2.3 Snímací prvky otisku prstu

Jako snímače otisku prstů se používají:

1. optické senzory,
2. tlakové senzory,
3. odporové senzory,

4. kapacitní senzory,
5. teplotní senzory,
6. elektroluminiscenční.

2.3.1 Požadavky na snímače otisku prstu

1. vyhovující celkové rozměry
2. dostatečně velká snímací poloha (dostatečný počet markantů)
3. dostatečné rozlišení
4. opakovatelnost dosažené kvality obrazu otisku prstu
5. dostatečná ochrana vůči napodobeninám
6. odolnost vůči elektrostatickému vývoji
7. uživatelská přívětivost
8. nároky na implementaci do zvoleného systému
9. odolnost vůči magnetickému poškození
10. spolehlivost snímačů otisku prstů (chyba prvního a druhého druhu)
11. životnost snímače
12. cena snímače

2.3.2 Optický snímač prstu

Jednoduchý optický snímač s hranolem prosvětlovaným LED a CCD snímačem. Není problém se pomocí tohoto snímače přihlásit do počítače, ale naopak, že je problém se od počítače odhlásit. Pokud se otisk prstu po přihlášení nesetře ze skleněné plochy hranolu, na který se prst přikládal, zůstane tam zbytek potu a po odhlášení vás systém opět automaticky přihlásí. Bylo tedy nutné, aby uživatel, který se přihlásí do systému nevždy svůj otisk odstranil z plochy snímače.

2.3.3 Optický snímač s polymerem

Zdokonalení optického snímače, které nepoužívá pro zviditelnění papilárních linií rozhraní sklo-kapalina jako výše zmíněný optický snímač, ale hranol je potažen tenkou vrstvičkou polymeru, který se papilárním terénem deformuje.

U tohoto principu tedy nehrozí, že pot, který zůstane na snímači po odtažení prstu, bude považován za opětovné přiložení prstu.

2.3.4 Kapacitní snímač

Hlavní problém kapacitního snímače je v tom, že kapacita prstu se proměňuje v určitém rastru, každý segment rastru zvlášť a není uvažováno s kapacitou prstu vůči zemi.

Snímač se tedy chová tak, jako by pouze proměřoval odpor povrchu kůže a zbytek těla ho nezajímá.

Bylo zjištěno, že v běžném kancelářském prostředí se dá vyvolat kondenzace vodní páry na zbytcích potu, který ulpí na povrchu snímače. V takových kondenzačních stopách se pak uvolní ionty solí ve zbytcích potu na snímači a lokálně se tak zvýší vodivost.

Na snímač pak stačí pouze dýchnout. Na snímači se tím zviditelní zbytky potu a snímač tyto zbytky rozpozná jako přiložení prstu oprávněné osoby. [5, 9, 10]

2.4 Ostatní identifikace

2.4.1 Morfologie ruky

Morfologie ruky (hand geometry)

Založena na skutečnosti, že každý člověk má specifické tvar morfologie ruky, který se od určitého věku nemění.

Příznaky při identifikaci jsou výška a šířka prstů. Při optickém snímání se získá binární (dvouhodnotový obraz černé a bílé plochy), který se zpracuje.

Pro identifikační charakteristiku je možné použití algoritmů detekce hran snímaného obrazu.

2.4.2 Dynamika podpisu

Dynamika podpisu (signature dynamics) - každý člověk má specifickou dynamiku při psaní. Míra dynamických charakteristik jsou napětí, tlak pera na podložku při psaní, směr a sklon písma znaků, rychlost psaní jednotlivých tvarů při psaní.

Pro zjištění dynamiky jsou potřebná speciální pera a podložka.

2.4.3 Rozpoznání obličeje

Rozpoznání obličeje (facial recognition) - patří mezi nejpřirozenější metody identifikace osoby.

Pro rozpoznávání se používá víceúrovňový tzv. šedý obraz. Jako příznaky se používají pozice očí, nosu, úst a vzájemné vzdálenosti mezi nimi.

Výhodou tohoto rozpoznání je, že nevyžaduje žádný kontakt s identifikovanou osobou. Problémem může být rozpoznání dvojčat.

2.4.4 Oční duhovka

Oční duhovka (iris recognition) - každá duhovka má jedinečnou strukturu, která je dána kombinací specifických anatomických vlastností.

Lepší výsledky než analýza DNA.

2.4.5 Oční sítnice

Oční sítnice (retina scan recognition) - oční sítnice není viditelný lidský zrakový orgán.

Pro její transformaci do viditelné podoby se používají koherentní infračervené světelné zdroje.

Infračervená energie je cévami sítnice rychleji absorbována v okolních tkáních, což způsobí, že cévy oční sítnice jsou na snímaném obrazu tmavší.

Získaný obraz překrvení sítnice oka je pak analyzován.

2.4.6 Řeč

Řeč (speaker verification) - spočívá v analýze řeči analyzované osoby.

Lidská řeč je charakteristická svou akustickou strukturou.

Amplitudové frekvenční spektrum mění se v čase, lingvistickou strukturou (diagnostika a skladba řeči), vlivem osobnosti řečníka (intonace, rytmus, barva hlasu).

Zdrojem řečových kmitů jsou řečové orgány tzv. vokálový trakt.

Mírou rozpoznávání jsou řečové charakteristiky osoby, které jsou závislé na rozměrech vokálového traktu osoby.

Rozlišujeme dva přístupy :

1. textově závislé – TEXT DEPENDENTIT

- identifikovaná osoba musí říct předem danou (predeterminovanou) frázi

2. textově nezávislé – TEXT INDEPEDENTIT

- identifikovaná osoba musí říct libovolnou frází

Podle analýzy hlasu :

- samohlásky lze detekovat snadno, samohlásky podstatně hůře.

2.4.7 Nehet

Nehet (finger nail identification) - nehet člověka má na povrchu čárové nerovnosti kopírující strukturu lůžka nehtu, která je unikátní u každého člověka a na každém prstu.

Lůžko nehtu tvoří paralelní podkožní strukturu nacházející se přímo pod nehtem. Tato struktura se skládá z podélných vrstev různých šířek. Rostoucí nehet se pak pohybuje po této struktuře a kopíruje její povrch.

Mezi lůžkem a nehtem se nachází přírodní polymer keratin.

Když necháme dopadat paprsek polarizačního světla na nehet pod určitým úhlem, na odraženém paprsku je možné pozorovat změny, které po zpracování představují číselnou sekvenci, která je analytická časovému kódu a je unikátní pro každého jedince.

Nevýhodou je nízká odolnost proti podvrhům a nefunkčnost v případě kosmetické úpravy nehtu (lakování).

2.4.8 Dlaň

Dlaň (palm print) - patří do skupiny daktyloskopických identifikací, využívá podobných přístupů a technologií jako identifikace podle otisků prstů.

Vyžaduje snímání podstatně větších rozměrů než při snímání otisků prstů , což představuje limitní faktor a z technicko-realizačního pohledu a z hlediska rychlosti zpracování dat.

2.4.9 Žíly na rukou

Žíly na rukou (hand vein) - využívá skutečnost, že tvar žilového řečiště je charakteristický pro každou osobu.

Princip identifikace podle žil má podobný princip jako identifikace podle sítnice oka. Snímání se realizuje kamerou v infračervené oblasti magnetického spektra.

2.4.10 DNA

Metoda vznikla jako vedlejší produkt výzkumu zaměřeného na studium struktury lidského genetického materiálu, kyseliny DNA a na studium genetického lidského materiálu za účelem diagnostiky onemocnění.

Po objevení a vypracování chemické struktury DNA vypracoval britský genetik ALEC JEFFREYS metodu vizuální identifikace (zviditelnění) označených fragmentů, které obsahují sekvence kyseliny DNA.

Tato metoda bývá označována termínem genetický otisk (DNA finger printing) neboli genetická daktyloskopie a byla úspěšně implementována v kriminalistice.

Její značnou nevýhodou je skutečnost, že pro identifikaci je zapotřebí krev nebo jiné tělesné vzorky.

2.4.11 Termovizní obraz

Termovizní obraz (thermal image) - využívá k identifikaci termovizní obrazy osob.

Protože črty tváře nebo jiných fyziologických znaků osob se vzájemně liší, tepelné poměry na snímaných částech osob budou vytvářet jiné termovizní obrazy, které snímají termovizními snímači. Identifikace spočívá v analýze příznaků termovizních obrazů.

2.4.12 Dynamika klávesových úderů

Dynamika klávesových úderů (keystroke dynamics) - využívá k verifikaci identity uživatele rytmus (dynamiku) sázení znaků do klávesnice.

Jako příznaky identifikace bývají použity trvání stisku příslušného znaku na klávesnici (dell time) a doba mezi stiskem dvou znaků na klávesnici (flight time).

Pro tuto identifikaci jsou zapotřebí referenční vzorky (reference templates) s kterými se extrahované příznaky porovnají. [4, 6, 7]

2.5 Kvantitativní charakteristiky rozpoznávání

Kvantitativními charakteristikami výkonnosti a kvality biometrického rozpoznání jsou:

1. Míra chybné akceptace FAR (false akceptance rate)

- představuje pravděpodobnost, že identifikovaný vzorek bude chybně interpretován jako shodný s referenčním vzorkem.

2. Míra chybného zamítnutí FRR (false rejection rate)

- představena pravděpodobností, že identifikovaný vzorek bude shodný s referenčním vzorkem bude chybně interpretován jako odlišný.

3. Doba zpracování

- zahrnuje dobu snímání identifikačních znaků a dobu určení extrahovaných příznaků snímaných vzorků, dobu rozpoznání extrahovaných příznaků a referenčními vzorky a dobu rozhodnutí o shodě respektive neshodě s referenčním vzorkem.

4. Velikost snímaných vzorů

- se nepřímo promítá do rychlosti zpracování dat (obecně dva až tři snímané vzory) vyžadují delší dobu zpracování a projeví se v ceně identifikačního zařízení.

2.6 Biometrické aplikace

2.6.1 Prověřování minulosti

Jednou z oblastí, kde lze s výhodou nasadit biometrické systémy je např. potřeba rychlého prověření kriminální minulosti kandidáta na důležitou pozici v zaměstnání. Je celá řada pracovních míst, kde spolehlivé ověření totožnosti kandidáta může včas zabránit tragédiím a kriminálním činům, zatímco tradiční metody jsou příliš pomalé a nepřesné.

Systémy pro průběžné monitorování a automatickou identifikaci osob v prostoru s velkou koncentrací lidí jsou významným pomocníkem také v boji proti kriminalitě s terorismu (kulturní akce, provoz letecké dopravy). Prověřování velkého množství záznamů v reálném čase dokáže dát spolehlivou a potřebnou informaci včas, aby bylo možno učinit příslušná opatření, což se s výhodou může uplatnit při kontrolách na hranicích.

2.6.2 Pravost dokumentů

V současné době u většiny dokumentů, kterými určitá osoba prokazuje svoji identitu (občanský průkaz, cestovní pas) je identita prokazována vazbou fotografie a příslušného dokladu. U některých dokladů, jako např. rodný list není fotografie vůbec. Záměnou fotografie tak lze poměrně snadno změnit identitu.

Nepravá identita je pak prvním krokem k další kriminální činnosti. Z tohoto důvodu mnoho institucí, jako banky, letiště a podobně volají po uplatnění biometrických technologií při vydání nové generace dokladů. Jen tak je zajištěna správná vazba osoby a jejího dokladu.

Navíc biometrické metody jako jsou technologie založené na snímání otisků prstů poměrně nenáročné na zavedení a mohou být integrovány do běžných dokumentů.

2.6.3 Bezpečnost firem a podniků

Zajištění ochrany a bezpečnosti všech aktiv firem je klíčovou otázkou dneška pro všechny společnosti. Biometrické docházkové systémy jsou rovněž užitečným nástrojem pro zajištění podnikové bezpečnosti. Toto biometrické zařízení, které je obvykle instalováno na zed' v kontrolovaném prostoru, je vybavenou integrovanou kamerou, numerickou klávesnicí, reproduktorem a mikrofonom a lze jej snadno integrovat do stávajících softwarových řešení.

2.6.4 Bezpečnost informačních technologií

Mnoho společností má své nejcennější údaje skryty ve svých výpočetních systémech.

Obchodní plán, informace o klientech, finanční informace, údaje o výrobcích, zdravotní data osob, informace o zaměstnancích a podobně. Kontrola přístupu k těmto informacím je jak z lokálních sítí, tak z bezdrátových komunikačních prostředků, je kritickým místem pro zajištění bezpečnosti.

Biometrické technologie nabízejí pohodlné a bezpečné zajištění těchto funkcí. Například identifikace osoby připojující se do systému na základě otisku prstu může být pro větší bezpečnost kombinována s identifikací tváře nebo smart kartou. Máme pak jistotu, že osoba připojující se například bezdrátově do systému je skutečně tou pravou osobou, jež má oprávnění ke vstupu do systému a ne osoba která zná jen přístupové informace. [5, 10]

2.6.5 Registrace osob

Pro mnoho aplikací, které vyžadují registraci velkého počtu osob je rychlá a spolehlivá metoda identifikace osob klíčovou otázkou efektivnosti a použitelnosti celého

řešení. Biometrické systémy mohou být s úspěchem použity pro tuto identifikaci a pro eliminaci duplicity rámci existující fotografické databáze.

Navíc tato identifikace může být prováděna v reálném čase.

Z přehledu možností biometrických systému , které jsou obrazem posledních let lze za nejúspěšnější označit tyto :

1. geometrii ruky a otisků prstu

- tato technologie je nejvíce rozšířená a aktivně používána. U veřejnosti jsou tyto zařízení nejlépe akceptovány,

2. verifikace podle oční sítnice

- používá se pouze v případě potřeby maximálního zabezpečení a není proto příliš rozšířena,

3. verifikace podle duhovky nebo lidské tváře

- zatím nedošlo k většímu rozšíření,

4. jiné metody ačkoliv mohou dát v jednotlivých případech zajímavé výsledky, nemají na trhu významný podíl.

3 INFORMAČNÍ OBSAH ŘEČI

3.1 Informační obsah fonetické formy

Řeč inteligentního člověka je charakterizována jistou akustickou strukturou (amplitudově – frekvenčním časovým spektrem), lingvistickou strukturou (gramatikou a skladbou) a subjektivním vlivem osobnosti řečníka. (intonace rytmus, barva hlasu atd.).

Za nejmenší jednotku řeči, která může rozlišovat jednotlivá slova, lze považovat *foném*.

Fonémy lze od sebe odlišit například podle způsobu a místa tvoření, podle artikulačního orgánu nebo podle sluchového dojmu. Fonologické výzkumy ukázaly, že v existujících světových jazycích je aktivně využíváno jen asi dvanáct tisíc univerzálních diferenciálních příznaků. Toto lze objasnit fyziologickými zvláštnostmi hlasového ústrojí člověka, který je schopen svými artikulačními orgány vytvořit kolem dvanácti odlišných poloh při vytváření různých mluvených výrazů. Spojením současně vytvořených diferenciálních příznaků se dosahuje definovaného fonému.

Počet fonémů v existujících světových jazycích se pohybuje od 12 do 60. V českém jazyce jich máme 36, v anglickém 42, v ruském 40. Fonémy se spojují do posloupností promluvených celků, v nichž lze nalézt další stavební jednotku – slabiku (lze srovnat s psanou formou). Libovolné promluvy jsou vlastně pravidelným opakováním různých posloupností slabik. Fonémová struktura slabiky je přitom vyjádřena přesně definovanými pravidly. Slovo je určitou kombinací slabik, přičemž jejich počet tvoří vždy celé číslo.

Slovanské jazyky používají přibližně 2500 – 3500 slabik a 45 – 50 000 slov.

Při běžném rozhovoru vysloví člověk asi 80 – 130 slov za minutu, což představuje frekvenci výskytu asi 10 fonémů za sekundu. [1]

3.2 Informační obsah akustické formy

Jiných výsledků dosáhneme zkoumáme-li mluvenou řeč ne z hlediska informačního obsahu její fonetické struktury, nýbrž z hlediska obsahu skutečného průběhu akustického signálu.

Akustický signál je charakterizován jednak průběhem amplitudy (energie) v čase a jednak průběhem změn v čase.

Foném	relativní frekvence výskytu [%]	foném	relativní frekvence výskytu [%]	foném	relativní frekvence výskytu [%]
<i>Pauza</i>	16,60	<i>R</i>	3,02	<i>Ř</i>	1,01
<i>E</i>	8,16	<i>P</i>	2,59	<i>Ch</i>	1,00
<i>O</i>	5,75	<i>J</i>	2,41	<i>Č</i>	0,80
<i>A</i>	5,56	<i>U</i>	2,30	<i>Ou</i>	0,73
<i>I</i>	5,01	<i>D</i>	2,28	<i>Ť</i>	0,71
<i>T</i>	3,97	<i>Á</i>	2,00	<i>Ž</i>	0,70
<i>S</i>	3,92	<i>Ň</i>	1,67	<i>F</i>	0,61
<i>N</i>	3,80	<i>Z</i>	1,62	<i>Ú</i>	0,49
<i>L</i>	3,62	<i>B</i>	1,53	<i>Ď</i>	0,40
<i>Í</i>	3,36	<i>C</i>	1,15	<i>G</i>	0,34
<i>K</i>	3,35	<i>H</i>	1,06	<i>Ó</i>	0,06
<i>V</i>	3,24	<i>É</i>	1,04	<i>AU</i>	0,02
<i>M</i>	3,09	<i>Š</i>	1,03	<i>EU</i>	0,00
Σ	69,43	Σ	23,70	Σ	6,87

Tab. 1. Relativní frekvence výskytu fonologických jednotek mluvené češtiny

Počet rozlišitelných úrovní ideálního signálu, který neobsahuje poruchy je neomezený.[2]

V praxi se však vždy v určité míře vyskytují poruchy různého druhu. Přítomnost poruch má za následek omezení počtu rozlišitelných úrovní signálu.

Z důvodů velmi velké informační nadbytečnosti využívá člověk při vnímání významu, který nese akustický signál řeči, takové interní mechanismy, které mu umožní potlačit v řečovém signálu v tu chvíli nepotřebné údaje (barvu hlasu, intonaci) a zdůraznit pouze několik hlavních opěrných zvukových příznaků. Tyto opěrné příznaky obsahují základní informaci, která je zakódována v řečovém signálu a je shodná pro všechna stejná slova.

Samozřejmě, že pokud výsledkem vnímání řeči má být identifikace řečníka, bude posluchač využívat jiných charakteristik promluvy apod. Problémem je, že tyto mechanismy vnímání řeči člověkem, které zahrnují proces od zpracování signálu sluchovým orgánem až po porozumění dané zprávě při zpracování v mozku, nejsou dostatečně známy, a tak nelze využít ani jejich analogie při návrhu technických a programových prostředků, které by dosahovaly obdobných cílů – rozpoznání řeči, identifikace řečníka, porozumění řeči apod.

Při využití dostupných informací o procesu tvoření řeči a její charakteristiky akustického signálu nesou podstatnou informaci nutnou pro vyřešení konkrétní úlohy. Je zřejmé, že technické a programové prostředky při rozpoznávání omezené množiny slov mohou být jednodušší než při rozpoznávání plynulé řeči, anebo v případě identifikace řečníka bude třeba zkoumat jiné příznaky akustického signálu než při rozpoznávání slov.

3.3 Model vytváření řeči

3.3.1 Proces vytváření řeči člověkem

Zdrojem řečových kmitů, které jsou fyzikální reprezentací řeči, jsou lidské řečové orgány.

Ty se skládají z hlasivek, dutiny hrdelní, ústní a nosní, měkkého a tvrdého patra, zubů a jazyka. K těmto orgánům je však ještě nutno připočíst zdroje hlasové energie plic a s nimi spojené dýchací svaly.

Zdrojem všech znělých zvuků jsou kmitající hlasivky, které jsou umístěny v horní části hrtanu. Prostor mezi hlasivkami tvoří hlasivkovou štěrbinu. Jestliže člověk mlčí, pak chrupavky drží hlasivkovou štěrbinu odkrytou, takže jí může bez odporu procházet vzduch potřebný k dýchání. Při vytváření jednotlivých řečových zvuků se hlasivky svírají a roztahují. Pod tlakem vzduchu, který vychází z plic, se stažené hlasivky stávají pružnými a začínají kmitat. Frekvence kmitů závisí jednak na tlaku vzduchu a jednak na svalovém napětí hlasivek.

Tato frekvence je různá u dětí a dospělých, ale i u žen a mužů, u většiny lidí se pohybuje v rozmezí 150 až 400 Hz.

Frekvence kmitů hlasivek charakterizuje základní tón lidského hlasu. Ten je přítomen při tvoření všech znělých zvuků, tj. samohlásek a znělých souhlásek. Vytvářený zvuk se šíří hlasivkovým traktem a je vyzařován rty do volného prostoru. [1]

Samohlásky (vokály)

Při artikulaci samohlásek je snahou udržet průchod vzduchu hlasovým traktem co nejvolnější. V akustickém spektru každé samohlásky se objevují kromě základního hlasivkového tónu řada vyšších zesílených tónů, které vznikají rezonancí v dutinách hlasového traktu. Fonetika přejala terminologii akustickou a nazývá je formanty. Ty se označují čísly, počínaje formantem s nejnižší frekvencí f_1 , f_2 , f_3 , ... f_n . Pro české samohlásky

jsou nejdůležitější formanty f_1 a f_2 . Předpokládá se, že jejich výška a intenzita závisí na uspořádání, délce, tvaru a průřezu především dutiny ústní, ale také i hrdelní.

Hlavní anatomické komponenty, které zapříčiňují změny jejich výšky a intenzity jsou rty, čelisti, jazyk a měkké patro (uzavírá vstup vzduchového proudu do dutiny nosní pro všechny české samohlásky).

sAMOHLÁSKA	FORMANT F_1 [Hz]	FORMANT F_2 [Hz]
<i>a</i>	750 – 1100	1100 - 1500
<i>e</i>	500 – 700	1500 - 2000
<i>i</i>	300 – 500	2000 - 3000
<i>o</i>	500 – 700	900 - 1200
<i>u</i>	300 – 500	600 - 1000

Tab.2 České samohlásky

Souhlásky (konsonanty)

Od vokálů se jako podstatný rys konsonantů označuje přítomnost charakteristického šumu v akustickém spektru hlásek. Souhlásky jsou vytvářeny vzduchovou turbulencí, která vzniká třením výdechového proudu vzduchu o překážku vytvořenou artikulačními orgány například špičkou jazyka, zuby či rty. Překážka, kterou stavějí mluvidla do cesty výdechovému proudu, může být úplná nebo částečná. Je-li vytvořena překážka úplná (závěr), vzniká při šumových souhláskách v okamžiku zrušení překážky charakteristický krátký šum, který se podobá výbuchu, explozi.

Souhlásky jejichž podstatou je závěr, nazýváme závěrové (okluzívy), a jsou jimi :

<i>p</i>	<i>t</i>	<i>t'</i>	<i>k</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>d'</i>	<i>g</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>ň</i>
----------	----------	-----------	----------	----------	----------	-----------	----------	----------	----------	----------

Druhým typem překážky je zúžení cesty výdechového proudu na některém místě v artikulovaném ústrojí. Při tření v této úžině vzniká charakteristický třecí šum. Souhlásky tvořené tímto způsobem se nazývají úžinové a dělíme je na :

1. vlastní úžinové

<i>f</i>	<i>v</i>	<i>s</i>	<i>š</i>	<i>z</i>	<i>ž</i>	<i>j</i>	<i>ch</i>	<i>h</i>
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

2. bokové (laterály)

<i>l</i>

3. kmitavé (vibranty)

<i>r</i>	<i>ř</i>
----------	----------

U malé skupiny hlásek se vyskytují postupně oba typy překážek. Těmto souhláskám říkáme polozávěrové (semiokluzívy) a patří k nim :

<i>c</i>	<i>č</i>
----------	----------

Dalším důležitým fonetickým hlediskem třídění souhlásek je hledisko znělosti. Vyslovujeme- li neznělé souhlásky, jsou hlasivky od sebe navzájem oddáleny podobně jako při volném dýchání a propouštějí výdechový proud, aniž vytvářejí hlas.[2]

Znělé souhlásky jsou naopak při volném vytváření doprovázeny přítomností základního hlasivkového tónu. Při vytváření většiny souhlásek přitom uzavírá měkké patro cestu výdechovému proudu z dutiny hrdelní do dutiny nosní.

Nosní dutina je však připojena a zúčastňuje se tedy procesu artikulace v okamžiku. Když měkké patro uvolní průchod vzduchu do této dutiny, což se stane při vyslovování nosních souhlásek *m*, *n*, *ň*, (popřípadě velárního *n*).

Většinu šumových souhlásek lze zařadit do dvojic, v nichž obě souhlásky v podstatě shodují co do způsobu artikulace, liší se však účastí hlasu, tj. znělostí.

Takovým souhláskám pak říkáme párové. Nepárovými souhláskami jsou souhlásky vždy znělé, které nemají neznělý protějšek.

souhlásky	Závěrové (okluzívy)	Úžinové (frikativy)	polozávěrové
Párové neznělé	<i>P, T, Ť, K</i>	<i>S, Š, F, CH</i>	<i>C, Č</i>
Párové znělé	<i>B, D, Ď, G</i>	<i>Z, Ž, V, H</i>	<i>DZ, DŽ</i>
Nepárové neznělé	<i>M, N, Ň</i>	<i>L, J, R, Ř</i>	

Tab.3 Dělení českých souhlásek

Zásadním jevem, který lze při tomto procesu pozorovat a který značně komplikuje složitost dalších postupů zpracování, ať už pro účely hlasové syntézy či klasifikace slov, je, že foném se může značně lišit vyslovením v různých kontextech, tj. v různém akustickém doprovodu.

Jeho akustická realizace závisí jak na předcházejícím a následujícím zvuku, tak i na tempu a intonaci řeči. Tato závislost je známa jako koartikulace.

Představa odlišných realizací stejného fonému v různém kontextu dala podnět pro zavedení fónu jako minimální fonetické jednotky identifikující odlišné primitivní zvuky řeči. Přitom všechny odlišné fóny určitého fonému se nazývají alofóny. [1, 2]

3.3.2 Diskrétní model pro analýzu a syntézu řeči

Řečový zvuk může být tvořen těmito způsoby :

Znělé zvuky - jsou produkovány tak, že hlasové ústrojí je buzeno kvaziperiodickými pulsy stlačeného zvuku, které jsou vytvářeny kmitáním hlasivek.

Frikativní zvuky - jsou zvuky, které vznikají protlačováním proudu vzduchu štěrbinami, vytvořenými v některém místě hlasového ústrojí artikulačními orgány, čímž vznikají vzduchové turbulence s produkováním charakteristického šumu.

Explozivní zvuky - jsou zvuky, které vznikají úplným uzavřením hlasového traktu (jazykem, rty), vytvořením tlaku vzduchu s následným rychlým uvolněním, což se v akustickém spektru projeví krátkou explozí šumu.

Cílem modelování produkce řeči je nalézt matematické vztahy, které by mohly být využity pro reprezentaci akustických fyzikálních dějů spojených s touto produkcí, a to s požadavkem minimální složitosti a maximální přesnosti modelu. Ideální by byl model lineární a časově invariantní,

Lidská řeč je však souvislý časově proměnný proces vykazující i nelineární charakteristiky vyplývající z toho, že hlasivky nejsou při mluvení úplně odpojeny od hlasového traktu. [1]

4 ZPRACOVÁNÍ AKUSTICKÉHO SIGNÁLU

4.1 Základní přístup

Volba reprezentace řečového signálu, kterou využijeme při zpracování řeči bude ovlivněna zejména cílovým využitím. Vhodná reprezentace pro efektivní kódování bude jiná než pro výběr informativních příznaků, kteří se využívají v systémech rozpoznávání řeči či v systémech řečové syntézy.

Hlediska výběru

Složitost – rozumíme jí obtížnost zpracování, tj množství matematických operací potřebných k získání zvolené reprezentace.

Složitost se posuzuje cenou potřebného technického vybavení, které je nezbytné pro zabezpečení zvoleného způsobu zpracování.

Rychlost přenosu informace - vypovídá o redundanci zvolené reprezentace řečového signálu. Malá přenosová rychlost znamená, že zakódovaná reprezentace může být přenášena nízko kapacitním kanálem nebo i efektivně zapamatována.

Snížení přenosové rychlosti pod určitou hodnotu může u konkrétní reprezentace znamenat podstatnou redukci jejího informačního obsahu. To má za následek zhoršení možnosti rekonstrukce původního akustického signálu v případě syntézy nebo snížení klasifikační schopnosti u klasifikátorů řeči.

Pružnost - vyjadřuje relativní snadnost, s jakou může být s akustickou reprezentací nakládáno. Důležitost je to zejména v případech další transformace řečových dat (hlasové odezvy) nebo některé často se opakující výpočty (vzájemná spektrální vzdálenost řečových segmentů u klasifikátoru řeči).

Základem většiny metod analýzy akustického signálu řeči je předpoklad, že se jeho vlastnosti v průběhu času mění pomalu. Tento předpoklad vede na aplikaci metod krátkodobé analýzy, při nichž se úseky řečového signálu vydělují a zpracovávají tak, jako by

byly oddělené krátké zvuky. Tyto mikrosegmenty, jsou reprezentovány většinovým časovým úsekem 10 až 30 ms. [11]

Výsledkem analýzy je pak číslo nebo soubor čísel, které popisují daný segment.

4.2 Kódování tvaru vlny

4.2.1 Pulsní kódová modulace (PCM)

Informace obsažená v mluvené řeči je obvykle získána zpracováním zvukových kmitů řečového signálu snímaného mikrofonom. Při dalším zpracování se analogové kmity převádějí do číslicového tvaru tak, aby spojitý signál byl reprezentován posloupností číselných údajů, z nichž každý je z konečného souboru hodnot. Tento proces se nazývá pulsní kódová modulace nebo též digitalizace zahrnující vzorkování a kvantizaci s kódováním.

Vzorkování - je transformace signálu spojitého v čase, na posloupnost vzorků.

Kvantizace s následným kódováním - je aproximace analogové hodnoty vzorku signálu jednou z konečného počtu číselných hodnot. Většinou je prováděna A/D převodníkem, který přijímá vstupní analogové napětí vytvořené vzorkovačem a jako výstup generuje odpovídající kódovou reprezentaci.

Z hlediska šířky přenášeného frekvenčního pásma existují při zpracování řeči většinou dva typy – zpracování řečového signálu v telefonním pásmu a pak kvalitní zpracování řečového signálu.

1 . telefonní pásmo (0 až 3,4 kHz) - vhodná frekvence pro vzorkování je 8 – 10 kHz s 10 – 12 bitovým převodem. Před vzorkováním musí dojít k potlačení všech vyšších frekvenčních složek.

2. kvalitní zpracování řečového signálu - vzhledem k frekvenčnímu rozsahu frikativ se pracuje v pásmu 8 – 10 kHz. Odpovídající frekvence vzorkování je 16 – 20 kHz s 12 – 14 bitovým převodem. Před vzorkováním musí dojít k potlačení vyšších frekvenčních složek.

Před vlastním zpracováním řečového signálu se často využívá preemfáze. Ta znamená zdůrazňování amplitud spektrálních složek řečového signálu s jejich vzrůstající frekvencí. Důvod tohoto procesu vyplývá právě z opačného chování řečového ústrojí, tj. poklesu amplitud spektrálních složek řečového signálu na vyšších frekvencích.

4.2.2 Další metody kódování tvaru vlny

Vzhledem ke značné redundanci PCM je jasná snaha snížit rychlost přenosu informace, ovšem při zanedbatelné ztrátě informačního obsahu přenášené zprávy. Proto není vhodné snižovat nadále frekvenci vzorkování (vzorkovací teorém), hlavní snaha je pak soustředěna na návrh metody zajišťující redukci počtu bitů na vzorek. Klíč k takovéto redukci je pak v povaze řečového signálu. Konkrétně v jeho širokém dynamickém rozsahu a pak ve značné korelaci sousedních vzorků signálu.

Nelineární kódování - využití nelineární charakteristiky kvantizéru, který rozděluje kvantizační úrovně hustěji pro nižší amplitudy než pro vysoké amplitudy,

Okénko (váhová posloupnost) – vyjadřuje příslušnou transformační funkci kterým se vybírají vzorky.

Úkolem okénka je vybrat příslušné vzorky signálu a přidělit jim při zpracování určitou váhu. V metodách zpracování časové oblasti se nejčastěji využívá pravoúhlé a Hammingovo okénko. U pravoúhlého okénka je aplikována stejná váha na všechny vzorky mikrosegmentu. [10]

4.3 Zpracování v časové oblasti

4.3.1 Krátkodobá energie

Hodnoty funkce krátkodobé energie poskytují pro každý mikrosegment informaci o průměrné hodnotě energie v mikrosegmentu. Jedním z nedostatků této charakteristiky je její značná citlivost na velké změny úrovně signálu. Z těchto důvodů se velmi často využívá tzv. krátkodobá intenzita.

4.3.2 Krátkodobá funkce středního počtu průchodu signálu nulou

Frekvenci průchodu signálu nulovou úrovní můžeme chápat jako jednoduchou charakteristiku popisující spektrální vlastnosti signálu.

Na základě metod krátkodobé funkce středního počtu průchodu signálu nulou (nebo jejích modifikací) byly vypracovány postupy pro určení začátku a konce zašuměného slova, pro určení základního hlasivkového tonu nebo přibližné určení formantových frekvencí. Hodnoty krátkodobé funkce středního počtu průchodu signálu nulou se využívají jako příznaky v jednoduchých klasifikátorech slov.

4.3.3 Krátkodobá autokorelační funkce

Autokorelační funkce vykazuje některé vlastnosti, pro které se její signál využívá zejména při indikaci periodicity signálu.,

Z uvedeného důvodu je charakteristika velmi vhodná například k určení periody základního hlasivkového tónu. Při určování této fonetické charakteristiky musí být však mikrosegment dostatečně dlouhý.

4.4 Zpracování řeči ve frekvenční oblasti

Mluvená řeč může být ve frekvenční oblasti reprezentována jako kompozice spektrální obálky charakterizující vlastnosti hlasového ústrojí a jemné struktury charakterizující buzení. Jak se mění buzení a tvar hlasového ústrojí, vytvářejí se rozdílné zvuky a mění se i spektrum signálu.

Podobně jako u metod zpracování v časové oblasti, tak i ve frekvenční oblasti se pracuje s představou přibližné stacionarity signálu, a proto je účelné hovořit o krátkodobé spektrální analýze. Nejčastěji používané postupy jsou zde přitom založeny na aplikaci krátkodobé Fourierovy transformace.

4.4.1 Krátkodobá Fourierova transformace

V prvním případě kdy je signál řeči zpracováván nejčastěji tzv. krátkodobou diskrétní Fourierovou transformací jsou čas i frekvence diskrétní. Získané koeficienty jsou pak využívány ve spektrálních analyzátorech řeči nebo v řečových syntezeátorech.

Ve druhém případě, lze na Fourierovu analýzu pohlížet jako na proces lineární filtrace, je možné vhodnou volbou okénka navrhnout pásmový filtr či soustavu pásmových filtrů a zkoumat vlastnosti řečového signálu na výstupu úzkých frekvenčních pásem. Takováto analýza se velmi často aplikuje v řečových klasifikátorech.

4.4.2 Pásmová filtrace

V mnoha aplikacích zpracování řečového signálu je účelné provádět jeho pásmovou filtraci. Vhodným výběrem počtu a šířky pásem lze efektivně detektovat fonetickou strukturu řeči a využít informace obsažené ve výstupních signálech jednotlivých filtrů pro účinnou klasifikaci hlásek či slov.

4.5 Homomorfní zpracování řeči

Homomorfní analýza patří ke skupině postupů nelineárního zpracování signálu, kteří jsou založeny na využití zobecněného principu superpozice. Tyto postupy se hodí pro oddělování signálu, které vznikly konvolucí či násobením dvou nebo více složek.

Cílem analýzy je určit parametry systému, tj. vydělit jednotlivé členy konvolutorního součinu. Metoda vydělení členů konvolutorního součinu, založená na teorii systémů homomorfních vzhledem ke konvoluci se nazývá homomorfní filtrace.

4.6 Lineární prediktivní analýza

Lineární prediktivní kódování (LPC) je jednou z nejefektivnějších metod analýzy akustického signálu. Metoda se snaží opět na krátkodobém základu odhadnout přímo z řečového signálu parametry modelu vytváření řeči. Atraktivnost této metody spočívá v její schopnosti zabezpečit velmi přesné odhady uvedených parametrů při relativně přijatelné výpočetní zátěži.

4.7 Určení hraničních bodů promluvy

Závažným problémem při zpracování řečového signálu pro účely rozpoznávání je určení hraničních bodů, tj. začátku a konce, promluvy.

4.8 Fonetická analýza

4.8.1 Základní určení fonetických charakteristik

Na základě akceptování teorie vytváření řeči a s využitím metod akustické analýzy, lze vydělit základní fonetické charakteristiky – perioda základního hlasivkového tónu a formantové frekvence.

4.8.2 Určení formantových frekvencí

První tři formantové frekvence nesou důležitou informaci o charakteru samohlásek a znělých souhlásek a podle průběhu formantových frekvencí v čase lze určit i místo artikulace sousedních hlásek. Informace o formantech je nejprokazatelněji obsažena ve spektrální obálce analyzovaného úseku řeči.

4.9 Vektorová kvantizace

Kvantizace je proces aproximace analogové hodnoty jednou z konečného počtu číselných hodnot.

Skalární kvantizace – provedením kvantizace jednotlivé signálové veličiny nebo parametru.

Vektorová (bloková) kvantizace – kvantizace spojeného bloku (vektoru) veličin či parametrů jako celku.

4.10 Segmentace a akusticko-fonetické dekódování řeči

4.10.1 Volba jednotky segmentace

Úkolem segmentace je rozdělení řečových kmitů či posloupností příznaků vyjádřených z řečového signálu do segmentů, které se vymezují předem v definovaných fonetických či lingvistických jednotkách..

Úkolem dekódování je provedení fonetické identifikace nebo označkování těchto segmentů.

Segmentace a akusticko – fonetické dekódování jsou přitom procesy které mohou být prováděny buď sekvenčně nebo paralelně. [1]

Alofón - jako jistá poziční varianta fonémů mohou poskytovat informace o hranici slova nebo hranici menší jednotky (slabika). To může být velmi užitečné zejména v systémech rozpoznávání plynulé řeči, tj. řeči bez pauz mezi slovy.

Foném - je fonetickou jednotkou, která reprezentuje nejmenší počet odlišných fonetických tříd. Foném často odpovídá naší představě segmentace, tj. vymezení nejkratších úseků promluvy, kdy při záměně jednoho úseku za významově jiný (jiný foném) se změní význam celé mluvy.

Difón

- je termín, který je využíván pro označení posloupnosti samohláska- souhláska tak, že difónu odpovídající úsek promluvy se rozšiřuje ze středu samohlásky do středu souhlásky nebo naopak.
- difóny jsou využívány při segmentaci řeči zejména z důvodů, že velká část akustické informace, která je užita k identifikaci samohlásek, leží v přechodech mezi souhláskami a samohláskami.
- výhodou difónu je, že obsahuje důležitou koartikulační informaci, která nebyla přítomna u fonému. Nevýhodou je velký počet difónu (tisíce)

Slabiky

- jsou obecně uvažovány jako fonetické útvary, které se obsahují souhláskové jádro plus volitelné počáteční a koncové souhlásky nebo skupiny souhlásek. Slabika tak obsahuje jak přechody souhláska- samohláska. (CV – consonat + vowel), tak i přechody samohláska- souhláska (VC), včetně většiny koartikulací a jiných fonologických efektů uvnitř jejích hranic.

Užitím poloslabikových jednotek lze redukovat až pětikrát rozměr inventáře vyžadovaného pro reprezentaci promluv ve srovnání s celými slabikami.

Slova

Jako fonetické útvary lze pohlížet jako na spojení konečného počtu fonému či slabik.

Výhodou využití přímo slova jako segmentační jednotky je eliminace nutnosti zacházet s komplikovanými algoritmy pro segmentaci a identifikaci jednotek nižších (alofón, foném).

Tato výhoda se projeví zejména v případě, že slova jsou vyslovována izolovaně, tj. jsou obklopena dostatečně dlouhými pauzami (alespoň 0,2 až 0,3 s). [2]

4.11 Rozpoznávání izolovaných slov

4.11.1 Základní přístup

Hlas jedné osoby se liší od hlasu jiných osob. To je způsobeno zejména odlišnými parametry hlasového ústrojí, ale i odlišným způsobem artikulace. To má za následek, že každý člověk má obvykle jinou barvu hlasu, jiný přízvuk, odlišné tempo řeči apod.

Hlas jednoho řečníka může být odlišný v různých situacích. Řečový signál se mění, když člověk vysloví stejnou promluvu potichu, nahlas, šeptem, nebo když je nachlazen, rozčilen.

Ve skutečnosti je v podstatě nemožné, aby jeden člověk řekl ve dvou různých situacích stejné slovo naprosto stejným způsobem. To je způsobeno zejména proměnlivostí časování, tj. časové délky celého slova i poměrné délky jeho jednotlivých částí, mírnými změnami formantových frekvencí a jejich přechodů. V souvislé promluvě přistupuje známý jev koartikulace, který může pozměnit fonetické vlastnosti začátku a konce slova v závislosti na kontextu okolních slov.

Měnění se akustické pozadí, tj. přítomnost šumu a rušení, může způsobovat značné problémy při rozpoznávání řeči. Vyšší úroveň šumu znemožňuje kvalitní zpracování slabých frikativ a ztěžuje identifikaci začátku a konce slova.

V terminologii rozpoznávání obrazů (PATTERN RECOGNITION) jsou jednotlivé číselné údaje nazývány příznaky a jejich uspořádaná množina, která popisuje klasifikovaný předmět nebo jev, je obraz.

Rozpoznávání obrazů slov pak spočívá v zařazování těchto obrazů do předem definovaných tříd, které většinou reprezentují slova pracovního slovníku.

Z hlediska aplikovaných metod rozpoznávání lze klasifikátory izolovaných slov dělit do těchto skupin :

1. klasifikátory, ve kterých se slovo zpracovává jako celek, přičemž je zařazeno do třídy, k jejímuž vzorovému obrazu má nejmenší vzdálenost. Nejdůležitější je určení vzdálenosti mezi dvěma obrazy slov. Tato vzdálenost je obvykle určována na základě aplikace metody dynamického programování, při které se hledá taková nelineární transformace časové osy jednoho z obrazů, při níž dojde k porovnání obou obrazů s nejmenší výslednou vzdáleností.

2. klasifikátory, které jsou založeny na statistických metodách, ve kterých jsou slova modelována pomocí tzv. Markovových skrytých modelů. Přitom jednotlivá slova mohou být modelována jako celek jedním skrytým Markovovým modelem slova anebo jsou vytvořeny skryté Markovovy modely subslovních jednotek (slabika, foném, alofón) a slovo je modelováno zřetěžením těchto subslovních modelů.

Pro každou třídu stejných slov ze slovníku jsou pak v procesu trénování stanoveny parametry modelu a neznámé slovo je klasifikováno do té třídy, jejíž modul je generuje s největší pravděpodobností.

3. klasifikátory, které pracují hierarchicky ve dvou úrovních. Po akustické analýze zde dochází nejprve k segmentaci signálu promluvy a fonetickému dekódování jednotlivých segmentů. Rozpoznávání slova probíhá ve druhé vyšší úrovni, na základě posloupnosti klasifikovaných segmentů. Při klasifikaci se nejčastěji aplikují strukturální metody rozpoznávání.

Při rozpoznávání řeči je kladen striktní požadavek na odezvu klasifikátoru v reálném čase, což znamená že klasifikátor by měl vydat rozhodnutí v časovém intervalu srovnatelném s délkou vysloveného slova (0,3 až 0,5 s). [1, 10]

4.12 Rozpoznávání spojených slov

Princip algoritmu založeného na dynamickém programování, který se snaží redukovat potencionálně velké množství výpočetních operací při zachování vysoké přesnosti rozpoznání.

Závěr

Hlavním cílem bylo ukázat systém biometrických aplikací v širokém přehledu, přesně pojednat o možných úskalích jednotlivých metod, jejich výhodách případně i nevýhodách.

Biometrické identifikační systémy se stále rozvíjejí, ačkoliv v možnostech realizace na základě lidských měřitelných charakteristik a vlastností pro automatické rozpoznávání jsme dosáhli současného technologického maxima. Jediné co lze ještě nadále rozvíjet jsou technologická zařízení sloužící k přenosu, uchování v paměti a snímací prvky. Potřeby organizací tyto prvky používat v rámci vlastních závodů a výrobních středisek vedou ke zvýšení pocitu bezpečí pracovního prostředí, dále pak ke snížení nákladu souvisejících s fyzickou ostrahou objektů a zvýšení komfortnosti při průchodu různými bezpečnostními stupni na pracovišti. Jednoznačným posláním je zvýšení produktivity a bezpečnosti vlastních zaměstnanců.

V první části popisují možnosti biometrických parametrů a metody samotné identifikace. Přibližují metody standardně používané až po zatím méně realizovanou metodiku. Nejvíce prostoru jsem však věnoval problematice identifikace otisků prstů. Od tří zákonů provázejících vznik daktyloskopie, přes algoritmy obrazců papil, klasifikační vzory až po snímací techniku. Druhá část pojednává o obsahu informací v lidské řeči a následném zpracování tohoto akustického signálu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) PSUTKA, JIŘÍ. *Komunikace s počítačem mluvenou řečí*. Praha: Akademia, 1995. ISBN 80-200-0203-0.
- (2) PETR, J. A KOLEKTIV. *Mluvnice češtiny*. Díl 1. Praha: Akademia, 1986.
- (3) KŘEČEK, STANISLAV. *Příručka zabezpečovací techniky*, Praha, 2003.
- (4) BRABEC, F. A KOLEKTIV. *Bezpečnost pro firmu, úřad a občana*. Praha: Public History, 2001.
- (5) *Security Magazín květen/červen 2003*: Bezpečnost v informačních technologiích. str.50 – 51.
- (6) *Security Magazín květen/červen 2003*: Biometrická identifikace a verifikace. str.56 - 59.
- (7) *Security Magazín červenec/srpen 2003*: Biometrická identifikace a verifikace. ISSN 1210-8723. str.32 – 36.
- (8) *Security Magazín červenec/srpen 2003*: Biometrické autentizační přístupy.
- (9) *Security Magazín listopad / prosinec 2003*: Biometrická identifikace cestujících na mezinárodních letištích prostřednictvím duhovky. str.30 až 31.
- (10) UHLÁŘ, JIŘÍ. *Technická ochrana objektů, II. díl – Elektrické zabezpečovací systémy*. PA ČR, Praha, 2001, ISBN 80-7251-076-2.
- (11) SOJKA, EMIL. *Digitální zpracování a analýza obrazů*. [Skriptum]. VŠB, Ostrava 2000.
- (12) *Kriminalistika 1/ 2003* : Detekce a rozpoznávání obličejů osob a jejich identifikační význam. ISSN 1210-9150
- (13) *Kriminalistika 2/ 2002* : Aktuální otázky rozvoje kriminalistiky. ISSN 1210-9150
- (14) *Kriminalistika 2/ 2001* : Kriminalistické stopy odrážející funkční a dynamické vlastnosti a návyky. ISSN 1210-9150
- (15) *Kriminalistika 1/ 2003* : Diskuse za logický a jednotný výklad znalecké kriminalistické identifikace. ISSN 1210-9150

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FAR – Míra chybné akceptace

FRR – Míra chybného zamítnutí

DNA – Kyselina deoxyribonukleová

PCM – Pulsní kódová modulace

LPC – Lineární prediktivní kódování

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Princip činnosti biometrického systému	12
Obr. 2 Schéma získání parametrů řečového traktu.....	15
Obr. 3 Rozpoznávání mluvčího dle statických metod.....	16
Obr. 4 Rozpoznávání mluvčího dle dynamických metod.....	17
Obr. 5 Blokové schéma systému pro rozpoznání snímku lidské tváře.....	17
Obr. 6 Ukázka různých obrazců papilárních linií.....	23
Obr. 7 Zvláštnosti (markanty) papilárních linií.....	26

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Relativní frekvence výskytu fonologických jednotek mluvené češtiny.....	38
Tab. 2 České samohlásky.....	41
Tab. 3 Dělení českých souhlásek.....	43

SEZNAM PŘÍLOH

Kopie bakalářské práce na CD