



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

SYSTÉM PRO SNÍMÁNÍ A REPLIKACI PODPISU S DYNAMICKÝMI VLASTNOSTMI

A SIGNATURE CAPTURE AND REPLICATION SYSTEM WITH DYNAMIC PROPERTIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

KRYŠTOF MICHÁLEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN SAKIN,

BRNO 2025

Abstrakt

Nastínění problému („Tato bakalářská/diplomová práce řeší ...“).

Použité metody („K řešení byla použita metoda ...“).

Výsledky výzkumu („Provedeným výzkumem jsem zjistil, že ...“).

Celkový závěr („Hlavním zjištěním/výsledkem je ...“).

Abstract

Do tohoto odstavce bude zapsán výtah (abstrakt) práce v anglickém jazyce.

Klíčová slova

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v českém (slovenském) jazyce, oddělená čárkami.

Keywords

Sem budou zapsána jednotlivá klíčová slova v anglickém jazyce, oddělená čárkami.

Citace

MICHÁLEK, Kryštof. *Systém pro snímání a replikaci podpisu s dynamickými vlastnostmi*. Brno, 2025. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Martin Sakin,

Systém pro snímání a replikaci podpisu s dynamickými vlastnostmi

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Martina Sakina. Další informace mi poskytli... Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Kryštof Michálek
9. prosince 2024

Poděkování

V této sekci je možno uvést poděkování vedoucímu práce a těm, kteří poskytli odbornou pomoc (externí zadavatel, konzultant apod.).

Obsah

1	Úvod	4
1.1	Pojmy	4
2	Teoretické základy	5
2.1	Definice podpisu a jeho charakteristiky	5
2.2	Biometrická autentizace	5
2.3	Parametry podpisu řešené v rámci této práce	5
2.4	Rozpoznávání falzifikátů	6
3	Analýza současných řešení	7
3.1	Současná řešení v oblasti biometrie	7
3.2	Příklady systémů pro digitální snímání podpisu	7
3.3	Hodnocení výhod a nevýhod existujících řešení	7
4	Návrh snímacího pera	8
4.1	Výběr senzorů a technologií	8
4.1.1	EPS32	8
4.1.2	MPU-6050 (akcelerometr a gyroskop)	8
4.1.3	Tlakový senzor Interlink Electronics FSR® 400	8
4.2	Schéma a popis návrhu	8
5	Implementace prototypu	9
5.1	Vývoj hardwaru	9
5.2	Sbírání dat v reálném čase	9
5.3	Ukládání dat pro následnou replikaci podpisu	9
6	Replikace podpisu	10
6.1	Využití robotické ruky	10
6.2	Transformace nasnímaných dat na kód pro replikaci	10
6.3	Testování a výsledky replikace	10
7	Hodnocení výsledků	11
7.1	Analýza dosažených výsledků	11
7.2	Porovnání s očekáváními	11
7.3	Diskuze o spolehlivosti a přesnosti replikace	11
8	Možná vylepšení a rozšíření	12
8.1	Návrhy na zlepšení prototypu	12
8.2	Možnosti dalšího výzkumu a vývoje	12

9	Závěr	13
9.1	Shrnutí hlavních poznatků	13
9.2	Zhodnocení významu práce	13
9.3	Budoucí perspektivy	13
	Literatura	14

Seznam obrázků

2.1	Vzhled dynamického podpisu.	6
2.2	Graf dynamických parametrů podpisu v čase.	6
2.3	Průběh autentizace	6

Kapitola 1

Úvod

Podpis je jednou z nejstarších metod používanou pro ověření totožnosti, určení autorství či udělení právního souhlasu. V této práci půjde především o ověření totožnosti, které spadá pod obor zvaný biometrie. Biometrie se zabývá analýzou biologických a behaviorálních charakteristik používaných mimo jiné k autentizaci. Zkoumáním pravosti podpisu a jiných textů se zabývá písmoznalectví neboli grafognózie. U podpisu lze analyzovat statické a dynamické parametry písma.

Podpis je v praxi stále nepoužívanější způsob autentizace. Podaří-li se důvěryhodně podpis napodobit, bude možnost obejít bezpečnostní zabezpečení. To představuje velké bezpečnostní riziko a nutnost upravení dosavadních bezpečnostních metod pro autentizaci. Bavíme se zde spíše o digitálním podpisu. Na rozdíl od podpisu na papíře digitální podpis obsahuje i dynamické charakteristiky. Bude tedy o něco složitější jej zfalšovat.

1.1 Pojmy

- **Biologické autentizační metody** - zkoumají biologické charakteristiky člověka, s jimiž se narodí. Tyto charakteristiky má každý člověk unikátní a jsou neměnitelné. Patří mezi ně například otisky prstů, skeny sítnice či duhovky.
- **Behaviorální autentizační metody** - porovnávají behaviorální charakteristiky související s chováním člověka. Lze například porovnávat, jakým způsobem jedinec mluví nebo jak pohybuje očima.
- **Statické parametry písma** - jde o parametry, které nezahrnují informace o procesu psaní podpisu. Patří mezi ně například tvar a vzhled písma, umístění podpisu na stránce nebo také tloušťka čar.
- **Dynamické parametry písma** - tyto parametry se vytažují k samotnému průběhu psaní podpisu. Například rychlost psaní, akcelerace, tlak nebo průběh tahů.

Kapitola 2

Teoretické základy

Pro plné pochopení problematiky bylo potřeba nastudovat podklady z několika odvětví. V této části budou shrnuty všechny potřebné informace. Pro snazší orientaci jsou níže rozděleny do bloků.

2.1 Definice podpisu a jeho charakteristiky

Definice podpisu je poněkud problematická. Podpis jako takový není v zákoně nijak přímo definován. Obecně je ale bráno za podpis vlastnoruční uvedení jména a příjmení, nebo jiného jedinečného a nezaměnitelného označení.

Charakteristiky podpisu je nepřehledné množství informací, podle kterých lze jednotlivé podpisy od sebe odlišit. Charakteristiky se dělí na statické a dynamické 1.1. Jsou ovlivňovány jak fyzickým, tak i psychologickým stavem člověka v době podpisu. Mezi charakteristiky patří například celkový vzhled podpisu, tloušťka čar, rychlost psaní, tlak, průběh a pořadí tahů a mnoho dalších, které ale pro nás v rámci této práce nebudou důležité.

2.2 Biometrická autentizace

Biometrická autentizace probíhá na základě biologických a behaviorálních charakteristik člověka 1.1. Obě tyto skupiny znaků jsou pro každého člověka unikátní a nezaměnitelné. To je důvodem, proč je lze využít k autentizaci. Existuje spousta biometrických metod pro autentizaci, kupříkladu otisk prstu, rozpoznání obličeje, sken duhovky či sítnice, nebo dokonce pomocí používání myši. Každá tato metoda má své výhody a nevýhody, zejména se hodnotí přesnost, cena, komfort používání, stálost a velikost vzorku. Tato práce se zaměřuje na autentizaci podpisem.

2.3 Parametry podpisu řešené v rámci této práce

V rámci této práce budou snímány následující parametry:

- **Celkový vzhled podpisu**
- **Pohyb pera** při psaní pomocí akcelerometru zabudovaném v MPU-6050 ze kterého bude vypočítán celkový průběh podpisu, především pak **pozice pera** a **rychlost psaní čar**.

- **Sklon pera** pomocí gyroskopu, který je také součástí MPU-6050.
- **Tlak** pomocí čtveřice tlakových senzorů Interlink Electronics FSR® 400.

Kombinací těchto nasnímaných parametrů by bylo možné dostatečně věrohodně napodobit původní vlastnoruční podpis.



Obrázek 2.1: Vzhled dynamického podpisu.



Obrázek 2.2: Graf dynamických parametrů podpisu v čase.

2.4 Rozpoznávání falzifikátů

Rozpoznávání falzifikátů je u digitálního podpisu automatizované. Probíhá na základě porovnávání uloženého vzorku v databázi s podpisem, kterým se daný člověk pokouší autentizovat. Referenční podpis je zprůměrován z několika vzorků, aby došlo k potlačení náhodných jevů. Tyto vzorky jsou poskytnuté danou osobou při registraci do systému.

Porovnávací algoritmus extrahuje důležité parametry podpisu, které poté porovnává s referenčním vzorem. Výsledkem takového porovnávání je určité procento shody parametrů. Následně je vypočteno celkové procento shody podpisů a na jeho základě je autentizace úspěšná či nikoli. Je velmi důležité, aby algoritmus měl určenou správnou procentuální hodnotu shody. Pokud by byla špatně nastavena, bylo by příliš mnoho neúspěšných autentizací, které by měly být úspěšné, nebo naopak mnoho úspěšných autentizací, které měly být neúspěšné.



Obrázek 2.3: Průběh autentizace

Kapitola 3

Analýza současných řešení

3.1 Současná řešení v oblasti biometrie

3.2 Příklady systémů pro digitální snímání podpisu

3.3 Hodnocení výhod a nevýhod existujících řešení

Kapitola 4

Návrh snímacího pera

4.1 Výběr senzorů a technologií

4.1.1 EPS32

4.1.2 MPU-6050 (akcelerometr a gyroskop)

4.1.3 Tlakový senzor Interlink Electronics FSR® 400

4.2 Schéma a popis návrhu

Kapitola 5

Implementace prototypu

5.1 Vývoj hardwaru

5.2 Sbírání dat v reálném čase

5.3 Ukládání dat pro následnou replikaci podpisu

Kapitola 6

Replikace podpisu

6.1 Využití robotické ruky

6.2 Transformace nasnímaných dat na kód pro replikaci

6.3 Testování a výsledky replikace

Kapitola 7

Hodnocení výsledků

7.1 Analýza dosažených výsledků

7.2 Porovnání s očekáváními

7.3 Diskuze o spolehlivosti a přesnosti replikace

Kapitola 8

Možná vylepšení a rozšíření

8.1 Návrhy na zlepšení prototypu

8.2 Možnosti dalšího výzkumu a vývoje

Kapitola 9

Závěr

- 9.1 Shrnutí hlavních poznatků
- 9.2 Zhodnocení významu práce
- 9.3 Budoucí perspektivy

Literatura