

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**  
Katedra informatiky a kvantitativních metod

Využití potenciálu chytrých  
mobilních zařízení

**Disertační práce**

Autor: Ing. Aleš Berger  
Studijní program: P1802 Aplikovaná informatika  
Studijní obor: 1802V001 Aplikovaná informatika

Školitel: doc. Ing. Filip Malý, Ph.D.  
Katedra školitele: Katedra informatiky a kvantitativních metod

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury a pramenů.

V Hlavňově dne 31. března 2023

.....

Ing. Aleš Berger



## **Poděkování**

V první řadě bych rád poděkoval svému školiteli doc. Ing. Filipovi Malému, Ph.D. za dlouholetou spolupráci během studia. Také bych rád poděkoval za odborné rady, maximálně vstřícný přístup a trpělivost.

Zároveň děkuji svým kolegům z Katedry informatiky a kvantitativních metod za předmětné připomínky, rady a nápady.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za podporu během celého mého vysokoškolského studia.

## **Anotace**

Tato disertační práce se zaměřuje na využití potenciálu chytrých mobilních zařízení, softwarovou architekturu a vývoj aplikací pro mobilní zařízení s cílem nabídnout přidanou hodnotu pro konkrétní skupinu uživatelů. V první části práce jsou analyzovány současné vývojové přístupy a technologie, chytrá mobilních zařízení a cílové skupiny uživatelů, kterým mohou chytrá mobilní zařízení poskytnout pomoc v každodenním životě. Druhá část definuje pravidla pro vývoj aplikací, která dbají na vhodné členění jednotlivých částí systému. Dále jsou představeny experimentální prototypy, které splňují požadavky navržené architektury a byly řádně otestovány. Získané výsledky ukazují přínosnost jak navržené architektury, tak experimentální implementace. Z práce vyplývá, že chytrá mobilní zařízení jsou schopna nabídnout různým skupinám uživatelů pomoc při řešení na první pohled složitých úloh, jako je např. rozpoznávání obrazu nebo zvuku. Správně navržené řešení, které maximálně využívá potenciál chytrých mobilních zařízení, může částečně kompenzovat i některá zdravotní postižení, která tato práce také popisuje.

**Klíčová slova:** Chytrá mobilní zařízení, Asistivní technologie, Softwarová architektura

## **Annotation**

**Title: Exploiting the potential of smart mobile devices**

This dissertation focuses on harnessing the potential of smart mobile devices, software architecture and mobile application development to offer added value to a specific group of users. In the first part of the work, current development approaches and technologies, smart mobile devices and target groups of users, to whom smart mobile devices can provide assistance in everyday life are analyzed. The second part defines the rules for the development of applications, which take care of the appropriate division of individual parts of the system. Furthermore, experimental prototypes are presented that meet the requirements of the proposed architecture and have been adequately tested. The results show the usefulness of both the proposed architecture and the experimental implementation. The work shows that smart mobile devices are able to offer help to different groups of users in solving seemingly complex tasks, such as an image or sound recognition. A properly designed solution that maximises the potential of smart mobile devices can partially compensate for some of the disabilities that this work also describes.

**Keywords:** Smart mobile devices, Assistive technology, Software architecture

# Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	IHMC.....	2
2	Definice problému .....	3
2.1	Problematika softwarové architektury .....	5
2.2	Metodika vývoje software .....	6
3	Cíle disertační práce.....	12
4	Analýza současného stavu mobilních zařízení .....	13
4.1	Typy chytrých mobilních zařízení.....	15
4.1.1	Chytré hodinky .....	15
4.1.2	Chytré brýle .....	17
4.2	Operační systém .....	19
4.3	Uživatelská rozhraní.....	20
4.4	Výkon.....	21
4.5	Mobilní síť.....	22
4.6	Bezdrátová komunikace .....	23
4.7	Senzory .....	24
4.8	Nastupující trendy .....	27
5	Potenciál chytrých mobilních zařízení.....	29
5.1	Využití ve vzdělávání.....	29
5.2	Asistivní technologie .....	30
6	Cílová skupina uživatelů.....	37
6.1	Zrakové postižení.....	38
6.1.1	Každodenní problémy .....	40
6.1.2	Asistivní technologie .....	40
6.2	Sluchové postižení .....	41
6.2.1	Každodenní problémy .....	42
6.2.2	Asistivní technologie .....	43
7	Představení aplikovaných technologií .....	45
7.1	Operační systém Android .....	45
7.1.1	Funkcionální principy.....	45
7.1.2	Architektura.....	46
7.1.3	Verze operačního systému .....	49

7.1.4	Bezpečnost .....	49
7.1.5	Nástroje pro vývoj .....	50
7.1.6	Publikování aplikací .....	51
7.2	Chytré brýle Google Glass.....	53
7.3	Umělé neuronové sítě .....	55
7.3.1	Zpracování obrazu a detekce objektů .....	56
7.3.2	Zpracování zvukové stopy a detekce mluvené řeči .....	57
8	Návrh prototypu obecné architektury .....	58
8.1	Server.....	63
8.2	Prostředník .....	64
8.3	Klient.....	64
9	Experimentální implementace .....	66
9.1	Prototyp pro zrakově postižené.....	66
9.1.1	Architektura.....	66
9.1.2	Potenciál Google Glass .....	67
9.1.3	Rozpoznávání obrazu .....	68
9.2	Prototyp pro sluchově postižené .....	70
9.2.1	Architektura.....	71
9.2.2	Potenciál Google Glass .....	71
9.2.3	Detekce mluvené řeči .....	72
9.3	Rozšířená realita pro sluchově postižené .....	74
10	Testování.....	76
10.1	Využití navigace pro zrakově postižené .....	76
10.2	Rozpoznávání objektů pro zrakově postižené .....	77
10.3	Spolehlivost pro sluchově postižené .....	77
10.4	Korelace mezi rozpoznáváním obličeje a mluveného slova.....	79
10.5	Předzpracování zvukové stopy pro detekci mluvené řeči.....	81
11	Vyhodnocení .....	83
12	Závěr .....	85
13	Citovaná literatura .....	86
14	Vlastní publikace .....	98
15	Přehled odborných vědecko-výzkumných aktivit .....	100

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip metodiky Waterfall [27] .....	7
Obrázek 2: Princip metodiky Rapid Application Development (RAD) [29] .....	8
Obrázek 3: Princip metodiky Rational Unified Process (RUP) [29] .....	8
Obrázek 4: Princip metodiky Extreme Programming (XP) [27] .....	9
Obrázek 5: Princip metodiky Agile [34] .....	9
Obrázek 6: Princip metodiky SCRUM [27] .....	10
Obrázek 7: Princip metodiky Kanban [27] .....	10
Obrázek 8: Princip metodiky Lean [34] .....	11
Obrázek 9: Podíl typu zařízení používaných na světovém trhu od roku 2009 do roku 2022 [38] .....	13
Obrázek 10: Počet uživatelů mobilních telefonů v miliardách od roku 2016 do roku 2022 [26] .....	14
Obrázek 11: Podíl mobilních operačních systémů od roku 2009 do 2022 [51] .....	19
Obrázek 12: Přehled různých senzorů chytrého mobilního telefonu [58] .....	24
Obrázek 13: Trend počtu nevidomých lidí na světě od roku 2000 [85] .....	39
Obrázek 14: Architektura operačního systému Android [106] .....	47
Obrázek 15: Oblíbenost programovacích jazyků od roku 2002 [111] .....	51
Obrázek 16: Zařízení Google Glass [113] .....	54
Obrázek 17: Ukázka umělé neuronové sítě [116] .....	55
Obrázek 18: Role softwarové architektury [autor] .....	59
Obrázek 19: Rozdělení základních úloh prototypu obecné architektury [autor] .....	61
Obrázek 20: Návrh prototypu obecné architektury [autor] .....	62
Obrázek 21: Diagram komponent obecné architektury [autor] .....	63
Obrázek 22: Architektura pro zrakově postižené [autor] .....	67
Obrázek 23: Princip vedení zvuku kostí [128] .....	68
Obrázek 24: Architektura pro sluchově postižené osoby [autor] .....	71
Obrázek 25: Princip displeje integrovaného v zařízení Google Glass [139] .....	72
Obrázek 26: Princip aplikace Hidden Markov Model [autor] .....	73
Obrázek 27: Nejčastější problémy při rozpoznávání překážek [autor] .....	77

Obrázek 28: Výsledky testování prototypu pro sluchově postižené [autor] .....	78
Obrázek 29: Detekce obličeje pomocí neuronové sítě v chytrém mobilním zařízení [autor] .....	79
Obrázek 30: Ukázka detekovaného obličeje, který nemluví [autor] .....	80
Obrázek 31: Ukázka detekovaného obličeje, který mluví [autor] .....	80
Obrázek 32: Klasifikace zvukové stopy pomocí algoritmu založeném na HMM [autor] .....	82

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled rychlostí přenosu dat [55] .....	22
Tabulka 2: Přehled rychlostí odezvy [55] .....	23
Tabulka 3: Přehled asistivních technologií [autor] .....	32
Tabulka 4: Specifikace zařízení Google Glass [autor] .....	54
Tabulka 5: Identifikace významných vlivů [23] .....	58
Tabulka 6: Výsledky experimentu se zrakově postiženými uživateli [autor] .....	76

# 1 Úvod

Téma disertační práce bylo zvoleno na základě celkem tří autorových několikaměsíčních stáží v americkém státě Florida, které zprostředkovala Univerzita Hradec Králové v letech 2013 až 2016. Autor práce zde získal pozici vývojáře mobilních aplikací pro operační systém Android v organizaci IHMC (Institute for Human and Machine Cognition).

Během doktorského studia se autorův výzkum zaměřil především na široké možnosti pro využití dnešních chytrých mobilních zařízení. Toto téma bylo částečně odvozeno od diplomové práce, kde se autor dostal do blízkého kontaktu s různými mobilními zařízeními, která pracovala především s operačním systémem Android. Hlavním impulzem pro výběr tématu však byl vlastní zájem o moderní mobilní technologie.

Chytrá mobilní zařízení, tedy mobilní telefony, tablety nebo např. hodinky, jimiž je dnes vybavena velká část naší společnosti, mají potenciál skokově zvýšit efektivitu práce nebo vzdělávání a usnadnit tak řešení mnoha různých situací v každodenním životě.

Již celou řadu let zažívá oblast chytrých mobilních zařízení opravdu velký vývoj, který je zapříčiněn pokrokem v této oblasti a rychle rostoucí popularitou mobilních platform. Dnešní chytrá mobilní zařízení disponují oproti svým předchůdcům obrovským výpočetním výkonem a mnoha inovativními komponentami. V současné době se nejedná o zařízení, která jsou určena pouze pro telefonování nebo zasílání krátkých textových zpráv. Mezi obvyklou hardwarovou výbavu patří výkonný procesor, grafický čip, dotykový displej, několik fotoaparátů, Wifi, GPS přijímač, čtečka otisků prstů, Bluetooth, čtečka NFC, kompas, akcelerometr, gyroskop atd. Veškeré možnosti, které mobilní zařízení nabízí, lze využít v mnoha směrech u každodenních činností.

Kromě dnes už běžného používání chytrých mobilních zařízení je možné nabídnout např. osobám se zdravotním postižením pomoc v podobě asistivní technologie zprostředkované právě chytrým mobilním zařízením. Každý člověk se v životě potýká s individuálními podmínkami a některé osoby mohou být omezeny i zdravotním postižením. Asistivní technologie představují nástroje a prostředky, které usnadňují potřeby osob se zdravotním postižením. Tato práce se zaměřuje na nejnovější pokroky a inovativní řešení v této oblasti. Práce mimo jiné přehledně popisuje nejnovější pokroky, které mohou přispět ke zlepšení funkčních schopností a kvality života jedinců se zdravotním postižením.



## 1.1 IHMC

Během doktorského studia byla jedním z autorových cílů i snaha o pokračování ve spolupráci mezi americkou výzkumnou organizací IHMC a Fakultou informatiky a managementu. Americká nezisková organizace IHMC se sídlem ve městech Pensacola a Ocala na Floridě má blízký vztah s několika americkými univerzitami a dalšími vědeckými institucemi. Roku 1990 na University of West Florida založili organizaci IHMC dva vědečtí výzkumníci, Kenneth M. Ford a Alberto J. Cañas. Za dobu existence navázala organizace IHMC spolupráci se známými institucemi, jako jsou NASA, DARPA, Microsoft, IBM, Boeing nebo i s americkou armádou a námořnictvem [1].

Vědečtí výzkumníci z IHMC jsou průkopníci v mnoha tématech zaměřených na využití a rozšíření lidských schopností. Mezi aktuální zaměření IHMC patří především umělá inteligence, robotika, kognitivní vědy, modelování, sdílení a reprezentace znalostí, pokročilé rozhraní a displeje, kybernetická bezpečnost, komunikace a spolupráce, lingvistika, porozumění dat, softwaroví agenti, odborné studie, zpracování velkých objemů dat, strojové učení a mnoho dalších souvisejících oblastí. Mezi významné projekty, na kterých IHMC usilovně pracuje, se řadí vývoj robotického exoskeletu, který umožňuje lidem s ochrnutím znovu chodit, dále vývoj software pro lepší využití inteligentních agentů pro podporu lidského rozhodování a řešení složitých úkolů, nebo vývoj software pro lepší pochopení lidského myšlení a jeho aplikace v umělé inteligenci.

## 2 Definice problému

Chytrá mobilní zařízení nabízí vývojářům konkrétních softwarových aplikací rozhraní pro využívání svých hardwarových a softwarových doplňků. Kromě výrobců zařízení a vývojářů mobilních operačních systémů se o nová inovativní řešení snaží i komunita a další komerční i neziskové organizace. Každý vývojář používá své přístupy a principy. Mobilní operační systém definuje jistá pravidla, která je vhodné dodržovat, aby aplikace byla navržena správně a její vývoj byl do budoucna udržitelný. Stále je zde však prostor, který není pokrytý jistými pravidly pro ideální výpočetní výkon s ohledem např. na výdrž baterie a zároveň rychlou odezvu.

Problémem pro vývoj softwarových řešení dnešní doby je nespočetné množství technologií a různých vývojových přístupů [2]. Není jednoduché jednoznačně a objektivně určit, který princip je nebo není správný, ale je vhodné definovat obecná pravidla, která pomohou uspořádat části řešení tak, aby byl maximálně využit potenciál, výpočetní výkon a možnosti všech použitých zařízení a technologií. Většina výpočetně náročných mobilních aplikací je limitována právě výpočetním výkonem daného zařízení [3]. Výkon mobilních telefonů je dnes opravdu velký, avšak v některých úlohách, především u strojového učení, stále nedostačující. Díky možnostem internetového připojení již v mnoha případech není problém využít výpočetní výkon prostřednictvím cloudových služeb a šetřit tak čas i baterii mobilního zařízení [4]. Tato práce má za cíl definovat a popsat obecnou architekturu vývoje mobilních aplikací pro efektivní využití potenciálu chytrých mobilních zařízení a služeb třetích stran, které jsou dnes již standardně dostupné.

Chytrá mobilní zařízení nabízí obrovský potenciál pro usnadnění každodenního života. Vývoj takovýchto aplikací si však žádá specifických přístupů [5]. Oproti desktopové nebo webové aplikaci je mobilní aplikace v bližším kontaktu s uživatelem. Mobilní aplikace mají tak několik výhod v porovnání právě s desktopovými nebo webovými aplikacemi, a to především díky svému mobilnímu kontextu. Uživatelé nosí svá mobilní zařízení s sebou téměř všude a mohou je používat kdykoliv a kdekoliv. To poskytuje unikátní příležitosti pro personalizaci a zlepšení uživatelské zkušenosti pomocí funkcí jako jsou geolokační služby, senzory typu gyroskop či akcelerometr nebo komunikační kanály jako jsou notifikace [6]. Mobilní aplikace zároveň umožňují vývojářům využít plně výkonu a schopností mobilních zařízení. Mobilní zařízení obsahují výkonné procesory, grafický čip, velké úložiště, dotykové obrazovky a vestavěné fotoaparáty. Mobilní aplikace mohou

nabízet po správném návrhu i uživatelsky přívětivější rozhraní a intuitivnější interakci než desktopové nebo webové aplikace.

V některých případech je vývoj aplikací pro chytrá mobilní zařízení obdobný vývoji klasických desktopových aplikací. Je nutné řešit obdobné úlohy jako je optimalizace výkonu, komunikace, kompatibilita nebo persistence dat. Existují však i úlohy, které vyžadují specifitější přístup než při vývoji klasických desktopových aplikací [7]. Jedním z těchto specifíků je velký rozdíl v hardwarových parametrech a verzích operačního systému mezi různými typy mobilních zařízení, což může vést k problémům s kompatibilitou a optimalizací výkonu aplikace.

Dalším specifíkem je omezení výkonu a paměti mobilních zařízení, což může být výzvou pro návrh a implementaci aplikací s vysokým výkonem [8]. Kromě toho mobilní aplikace musí být navrženy tak, aby fungovaly v různých režimech sítě, včetně pomalého nebo nestálého připojení k internetu, což může opět ovlivnit uživatelskou zkušenost. Důležitou roli v mobilních aplikacích hrají také senzory a periferní zařízení, to umožňuje vytvářet nové a inovativní způsoby interakce s uživatelem.

Tyto specifické vlastnosti mobilních aplikací vyžadují odlišný přístup k vývoji a návrhu konkrétních aplikací. Vývojáři musí zohlednit následující specifické úlohy při návrhu, vývoji a testování aplikací, aby zajistili, že uživatelé budou mít k dispozici efektivní mobilní aplikaci a zároveň kvalitní uživatelskou zkušenost při jejím používání.

- **Interakce s dalšími mobilními aplikacemi nebo zařízeními** – moderní mobilní aplikace jsou koncipovány tak, aby maximálně respektovaly uživatelské požadavky, a proto je nutné připravit aplikaci, aby dokázala spolupracovat s dalšími aplikacemi nebo zařízeními, na které je uživatel zvyklý [9].
- **Práce se senzory** – chytrá mobilní zařízení nabízejí možnost reakce na okolní podmínky pomocí integrovaných senzorů a čidel. Aplikace jsou schopné reagovat a přizpůsobovat se mnoha okolnostem [10].
- **Nativní, multiplatformní nebo hybridní přístup** – jedná se o způsob vývoje mobilních aplikací. Aplikace mohou být vyvíjeny nativně, nebo např. jako webová aplikace, které je zapouzdřena do nativního kontejneru. Moderní jsou i přístupy multiplatformního vývoje [11].

- **Kompatibilita platformy** – klasická desktopová aplikace je vyvinuta pro podporu daného operačního systému. Mobilní aplikace vyžaduje podporu napříč více verzemi operačního systému, více přizpůsobených doplňků a mnoha verzemi stežejnější části – displeje [12].
- **Zabezpečení** – vývoj mobilních aplikací, které jsou schopné nabourat se do uživatelského soukromí, je stále relativně jednoduchý. Je proto nutné dbát opatrnosti při instalaci aplikací třetích stran [13].
- **Uživatelské rozhraní** – desktopové aplikace mohou jednodušeji uzpůsobit své uživatelské rozhraní. Mobilní aplikace by měly dodržovat určitá pravidla, která definuje výrobce zařízení, daná platforma či operační systém [14].
- **Testování** – mobilní aplikace vyžadují specifické postupy pro testování. Je nutné testovat více faktorů než u tradičních desktopových aplikací opět kvůli většímu množství podporovaných zařízení [15].
- **Spotřeba energie** – velmi důležitý aspekt pro vývoj mobilních aplikací je právě spotřeba energie. Je nutné vyvíjet aplikaci tak, aby zařízení nebylo přetěžováno. Vysoká zátěž vede k neefektivnímu vybíjení baterie a riziku ukončení aplikace operačním systémem [16].

## 2.1 Problematika softwarové architektury

Softwarová architektura je způsob, jakým je navržen a seskupen software. Jedná se o základní strukturu, která definuje, jak jednotlivé části softwaru spolu komunikují, jakým způsobem jsou organizovány a jak jsou rozděleny mezi jednotlivé vrstvy. Architektura softwaru se týká celého softwarového produktu, nikoliv pouze jeho kódu. Zahrnuje rozhodnutí týkající se způsobu, jakým bude software rozdělen do modulů, jakým způsobem bude komunikovat s jinými systémy a jak bude např. uchovávat data.

Architektura softwaru hraje klíčovou roli v celkové kvalitě, efektivitě a udržitelnosti budoucího softwaru. Správně navržená architektura zajišťuje, že software je dobře organizovaný, snadno rozšiřitelný, a aby údržbu, modifikaci a aktualizaci bylo možné provádět s minimálním dopadem na ostatní části systému. Architektura také pomáhá zajistit, že software splňuje požadavky uživatelů, jako jsou výkon, spolehlivost, bezpečnost a dobrá uživatelská zkušenost [17].

Ani v současné době není přesně definován pojem softwarové architektury. Existuje mnoho definic, které mají společné jádro myšlenky, ale liší se svým dalším směřováním, aspektem či detailností [18]. Následuje výčet několika často používaných definic, které pomáhají ukázat záběr problematiky.

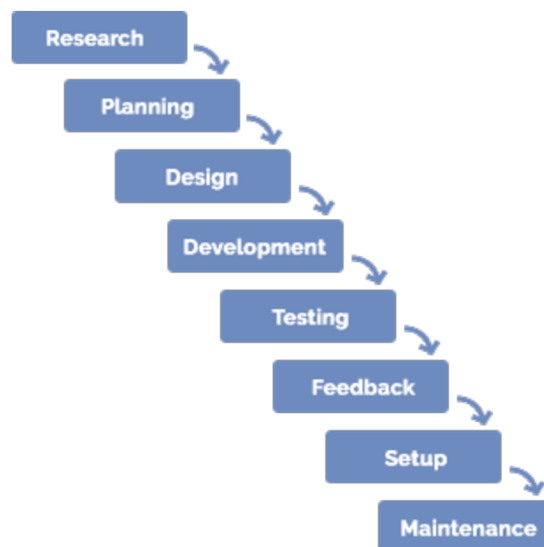
- Definice dle Lane [19] - softwarová architektura je studium rozsáhlých struktur a výkonu softwarového systému. Mezi důležité aspekty architektury systému patří rozdělení funkcí na jednotlivé moduly systému, prostředky pro komunikaci a reprezentace sdílených informací.
- Definice dle Shaw [20] - softwarová architektura popisuje stěžejní elementy, ze kterých je postaven softwarový systém. Dále architektura popisuje interakci mezi těmito elementy. Daný softwarový systém je definován pomocí souboru komponent a interakcí mezi těmito komponentami.
- Definice dle Sha [21] - softwarová architektura je množina pravidel a definic, které popisují komponenty softwarového systému, dále jejich rozhraní a pravidla pro jejich interakci.
- Definice dle Clements [22] - jedná se o pohled na systém, který zahrnuje jednotlivé komponenty, jejich chování a způsoby interakce k dosažení cílů konkrétního systému.
- Definice dle Kazman [23] - softwarová architektura sestává ze tří částí. Jedná se o soubor komponent software a systému, soubor definovaných potřeb na systém a zdůvodnění, že tato pravidla definující systém budou splňovat potřeby na výsledný software.

## **2.2 Metodika vývoje software**

Metodika vývoje software popisuje proces návrhu, vývoje, testování a udržování softwaru. Jedná se o soubor pravidel, postupů, technik a nástrojů, které jsou používány pro plánování, organizaci a řízení celého vývojového cyklu software. Metodika vývoje software je důležitá pro úspěšné dokončení projektu a zajištění kvality, efektivitu a úspěšnosti softwaru. Správně zvolená metodika může pomoci vývojářům pracovat efektivněji, komunikovat s ostatními členy týmu či zákazníkem a řešit problémy v průběhu samotného vývoje [24].

Vývoj moderních mobilních aplikací není zcela standardizován především kvůli velkému množství platform, typů zařízení a jejich verzí. Každé softwarové řešení je svým způsobem unikátní, a nemusí být vždy maximálně efektivní. Vývoj veškerých softwarových řešení si žádá i využívání určité metodiky vývoje [25]. Existuje mnoho různých metodik vývoje software, z nichž některé jsou orientovány na vodopádový model, který postupuje lineárně po jednotlivých fázích vývoje, zatímco jiné jsou iterativní a inkrementální a umožňují pružnější přístup k vývoji. Mezi velmi často používané a populární metodiky vývoje software patří:

- **Waterfall** – jedna z nejstarších metodik vývoje software pracuje na principu lineárního zpracování vývojového cyklu. Jednotlivé fáze vývoje jsou prováděny postupně, přičemž každá fáze musí být dokončena předtím, než se přejde k další fázi. Metodika Waterfall klade důraz na plánování a předvídatelnost, což umožňuje jasnou kontrolu nad projektem [26]. Tato metodika je obvykle používána pro projekty, které mají už od začátku jasně definované požadavky a zákazník má přesnou představu o tom, co od vývoje očekává.



Obrázek 1: Princip metodiky Waterfall [27]

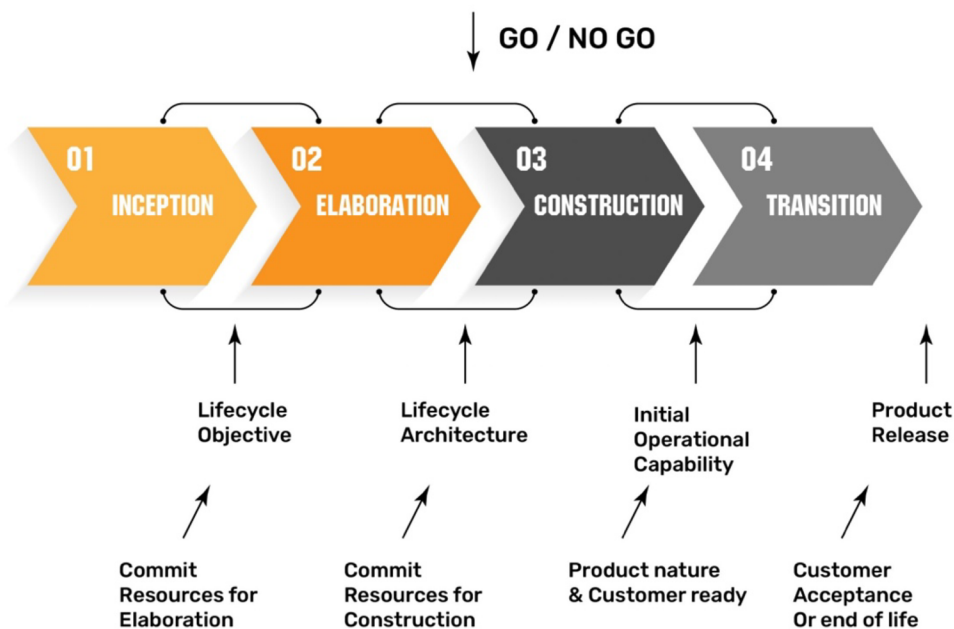
- **Rapid Application Development (RAD)** – metodika se soustředí na rychlost a flexibilitu. Cílem je vytvořit funkční software co nejrychleji s co nejmenšími náklady a s maximální spokojeností zákazníka. Vývojový tým při použití RAD přistupuje k projektu iterativně, postupně vyvíjí prototypy a testuje je s klientem, aby rychle identifikoval, zanalyzoval a následně vyřešil problémy. Tento přístup umožňuje zákazníkovi vidět výsledky v průběhu vývoje a zapojit se do procesu

tvorby softwaru. Pro úspěšné použití RAD je důležité mít silný tým vývojářů, kteří jsou schopni rychle reagovat na změny a mít jasnou komunikaci s klientem. RAD se často používá pro vývoj webových a mobilních aplikací, ale může být použit pro vývoj různých typů softwaru [28].



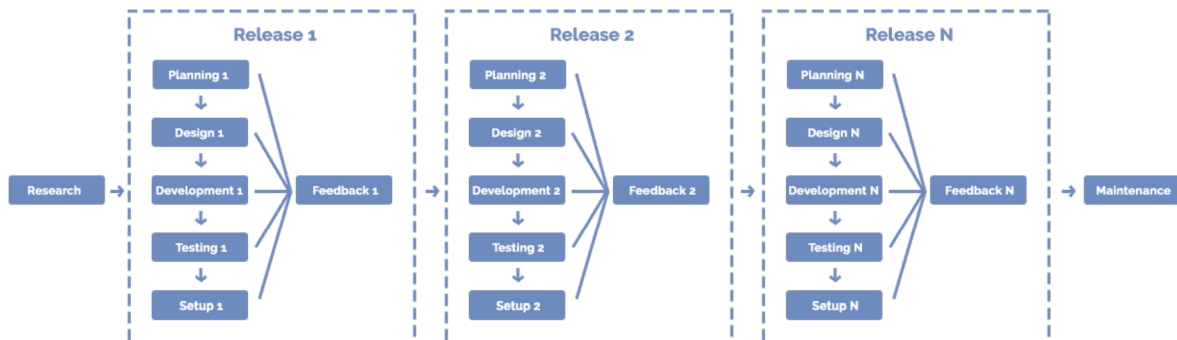
Obrázek 2: Princip metodiky Rapid Application Development (RAD) [29]

- **Rational Unified Process (RUP)** – metodika vytvořená společností Rational Software Corporation je použitelná pro jakýkoliv rozsah projektu. RUP je iterativní a inkrementální metodologie, která se zaměřuje na včasné a opakované doručování kvalitního softwaru. Je vhodné metodiku uzpůsobit specifickým potřebám projektu. RUP je metodika používaná pro rozsáhlejší projekty s větším týmem vývojářů [30]. Klade důraz na analýzu a design, plánování, řízení zdrojů a dokumentaci.



Obrázek 3: Princip metodiky Rational Unified Process (RUP) [29]

- **Extreme Programming (XP)** – tato metodika je vhodnější pro menší projekty. Jedná se o agilní metodiku vytvořenou komunitou okolo Kenta Becka [31]. Pojem extrémní umožňuje dovést veškeré procesy k maximální hranici. Je vhodné tuto metodiku využít pro lepší uzpůsobení požadavků zákazníka [32]. Metodika je často využívána pro prototypování.



Obrázek 4: Princip metodiky Extreme Programming (XP) [27]

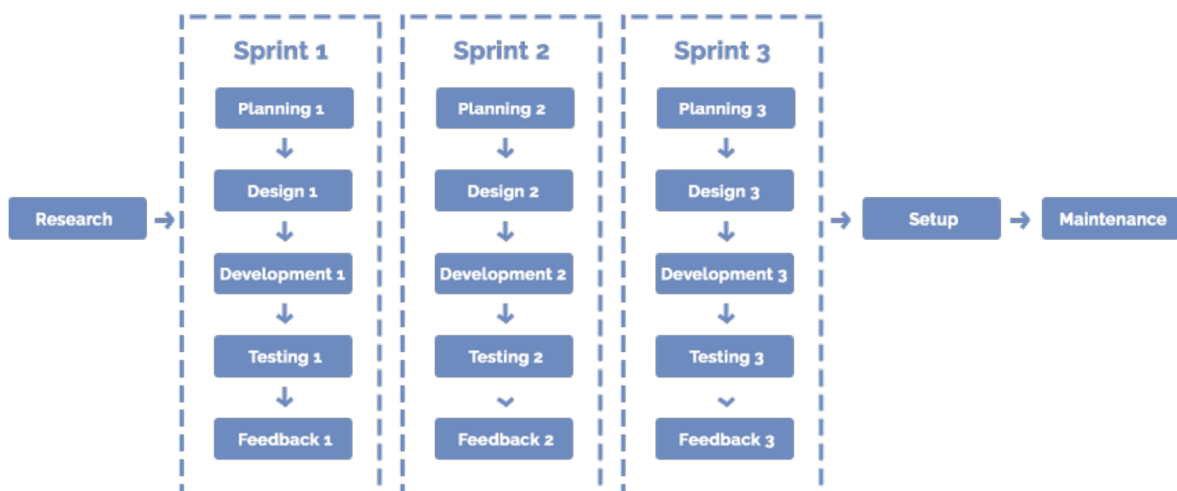
- **Agile** – iterativní a inkrementální metodika vývoje software, která se zaměřuje na flexibilitu a pružnost. Hlavním cílem metodiky je poskytnout rychlé výsledky a možnost pružného reagování na změny v požadavcích projektu. Tato metodika se opírá o silné zapojení zákazníka v průběhu celého vývojového cyklu a podporuje týmovou spolupráci, což umožňuje vývojářům rychle reagovat na problémy a přinášet vylepšení na základě zpětné vazby [33].



Obrázek 5: Princip metodiky Agile [34]



- **Scrum** – agilní metodika založená na pravidelném iterování vývoje. Metodika definuje flexibilní, holistickou strategii produktového vývoje [35]. Scrum je zaměřena na efektivní týmovou spolupráci, komunikaci a rychlé dodávání softwaru. Scrum se skládá z krátkých iterací (sprints), během nichž tým pracuje na vývoji konkrétních funkcionalit softwaru. Tým se pravidelně setkává a probírá, co bylo dosaženo, co zůstává k dokončení a jakým způsobem by měl postupovat. Scrum klade velký důraz na zapojení zákazníka a jeho zpětnou vazbu, což umožňuje týmu rychle reagovat na požadavky zákazníka a přinášet vylepšení.



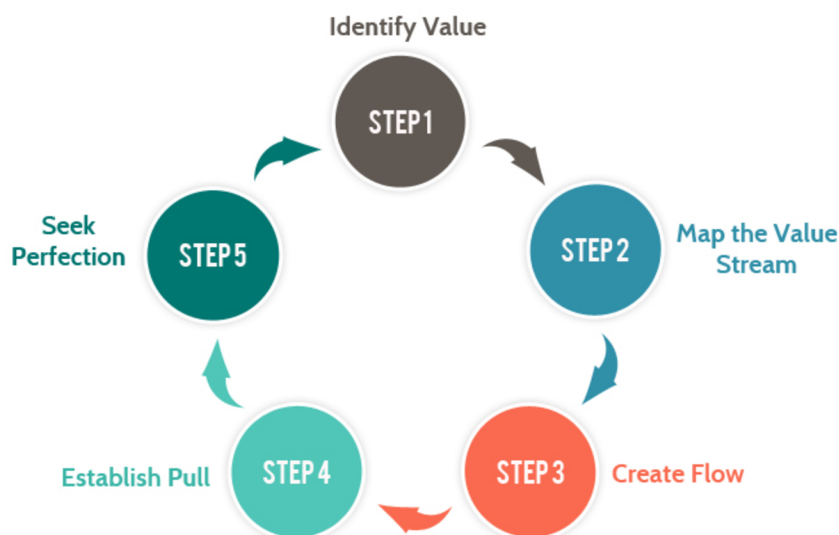
Obrázek 6: Princip metodiky SCRUM [27]

- **Kanban** – metodika založena na vizuálním zobrazování úkolů a procesů pomocí Kanban tabulky. Tato metodika se zaměřuje na maximální efektivitu týmu tím, že omezí počet úkolů, na kterých tým pracuje najednou. To zlepšuje produktivitu a kvalitu práce. Kanban tabulky umožňují týmu sledovat pohyb úkolů od začátku až do konce vývojového cyklu, což umožňuje týmu lépe plánovat a rozdělovat úkoly a lépe koordinovat svou práci [36]. Metodika klade důraz na vizualizaci a zlepšování procesů, což pomáhá týmu lépe porozumět celému vývojovému cyklu a identifikovat oblasti, kde lze zlepšit kvalitu a produktivitu.



Obrázek 7: Princip metodiky Kanban [27]

- **Lean** – metodika se zaměřuje na optimalizaci procesů a jednotlivých úkolů. Tato metodika se opírá o eliminaci zbytečných úkolů, kroků a činností v celém vývojovém cyklu, což umožňuje týmu lépe se soustředit na důležité úkoly. Lean klade důraz na rychlou dodávku softwaru s vysokou kvalitou a minimalizaci rizik a nákladů [37]. Tato metodika také podporuje týmovou spolupráci a zlepšování procesů, což umožňuje týmu lépe koordinovat svou práci a zlepšovat výkon.



Obrázek 8: Princip metodiky Lean [34]

Každý software, a především mobilní aplikace vyžaduje individuální přístup a využití např. jedné z představených metodik. Je důležité pečlivě zvážit, která metodika nejlépe vyhovuje danému projektu a jakým způsobem ji implementovat. Vývojáři se dále musí správně rozhodovat i při navrhování architektury a dalších postupů při implementaci daného řešení. Oproti známým metodikám vývoje software, které je možné využít při vývoji mobilních aplikací, zde není metodika pro správné navržení architektury tak, aby byl využit potenciál jednoho nebo více mobilních zařízení. Ve většině případů není jednoduché navrhnout předem správnou architekturu s předpokladem měnících se požadavků.

Na základě autorovy motivace pro definici znovupoužitelných pravidel a pro návod k využívání potenciálu chytrých mobilních zařízení vznikla i tato práce. Cílem disertační práce bude takovouto architekturu obecně navrhnout a experimentálně otestovat, zda je opravdu vhodně použitelná. V následující kapitole je popsáno, jaké cíle si klade tato práce a autorův výzkum.

### 3 Cíle disertační práce

Hlavním cílem práce je **návrh a vytvoření obecné architektury**, která definuje pravidla pro vývoj mobilních aplikací tak, aby byl maximálně využit potenciál zařízení, pro která budou tyto aplikace přizpůsobeny. Navržená architektura bude experimentálně implementována a bude tak ověřena její funkčnost i flexibilita. Softwarové řešení bude implementováno ve formě virtuálního asistenta určeného pro osoby, které trpí zdravotním postižením. Před samotnou implementací tohoto softwarového řešení bude konkrétně definována cílová skupina uživatelů, a následně dojde k detailní analýze jejich specifických potřeb. Softwarové řešení bude nabízet kromě funkční aplikace i přidanou hodnotu ve smyslu uchování údajů a událostí, sledování využití, a možnosti replikace předchozích stavů za účelem zdokonalování vnitřních procesů.

Mezi jednotlivé dílčí cíle práce patří zejména:

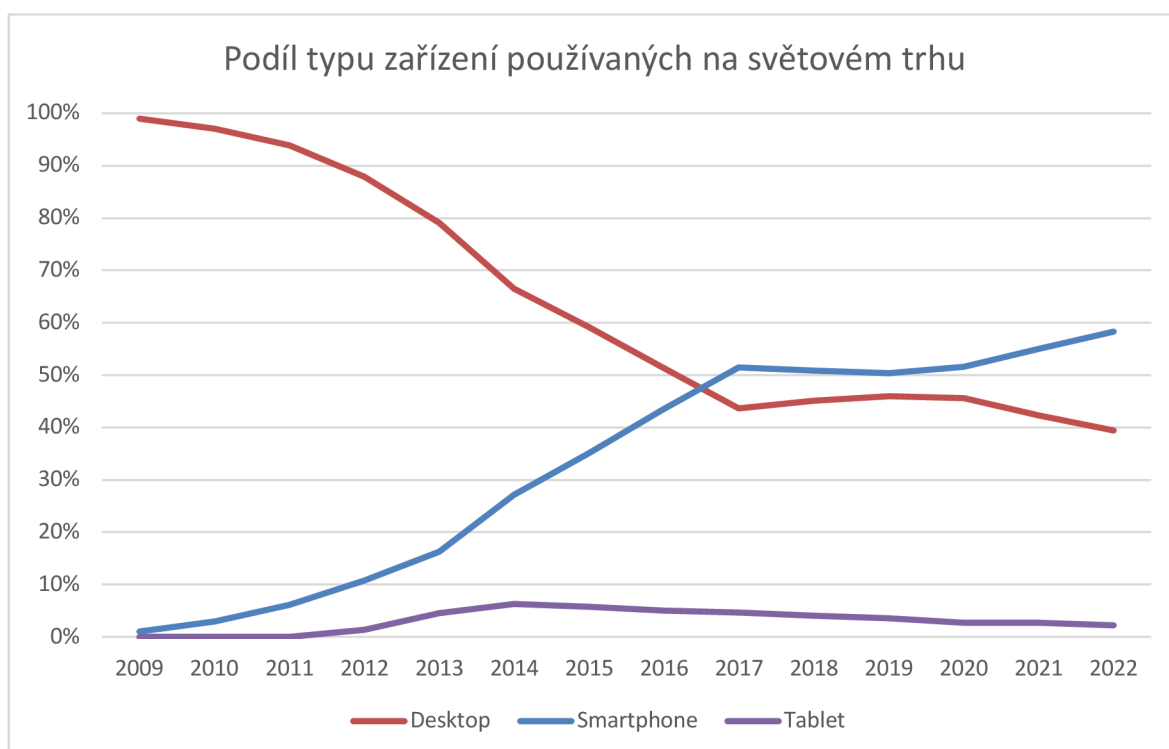
- seznámení s mobilními zařízeními, představení aktuální situace mobilních zařízení na českém i světovém trhu, představení aktuálních trendů v této oblasti,
- vysvětlení principu hardwarových doplňků dnešních mobilních zařízení, srovnání populárních operačních systémů, představení principů nejrozšířenějšího z nich,
- identifikace potenciálu chytrých mobilních zařízení,
- identifikace podstatných klíčových prvků architektury a specifických rysů architektury,
- návrh a analýza architektury s prvky efektivního využití chytrých mobilních zařízení,
- výběr konkrétní cílové skupiny a analýza zvolené cílové skupiny uživatelů pro nejvhodnější implementaci navržené architektury,
- vývoj experimentální implementace architektury s ohledem na definovaná pravidla a její prvky,
- otestování implementovaného softwarového řešení a analýza možností, jakým způsobem zveřejnit a používat navržené řešení,
- návrh možností pro další potenciální výzkum a rozvoj.

## 4 Analýza současného stavu mobilních zařízení

V posledních letech se trend využívání mobilních zařízení výrazně zvyšuje. Tento trend je výsledkem několika faktorů. Zaprvé, chytré mobilní telefony jsou v dnešní době k dispozici mnohem více než desktopové počítače a notebooky. Jsou kompaktnější a snadno přenosné, což umožňuje lidem přístup k internetu a komunikaci s ostatními kdykoliv a kdekoli.

Dalším důvodem většího používání je rostoucí výkon mobilních zařízení, který umožňuje plnohodnotné používání internetu, aplikací nebo her. Vývoj mobilních technologií a připojení k internetu přinesl výhody jako rychlost, spolehlivost a pohodlí, což zvyšuje používání mobilních zařízení pro komunikaci, práci i zábavu. Významnou roli sehrává i změna způsobu, jakým lidé v posledních letech spolu komunikují a konzumují informace. Mobilní zařízení umožňují okamžitou komunikaci, snadný přístup k sociálním sítím a neustálé propojení s okolním světem.

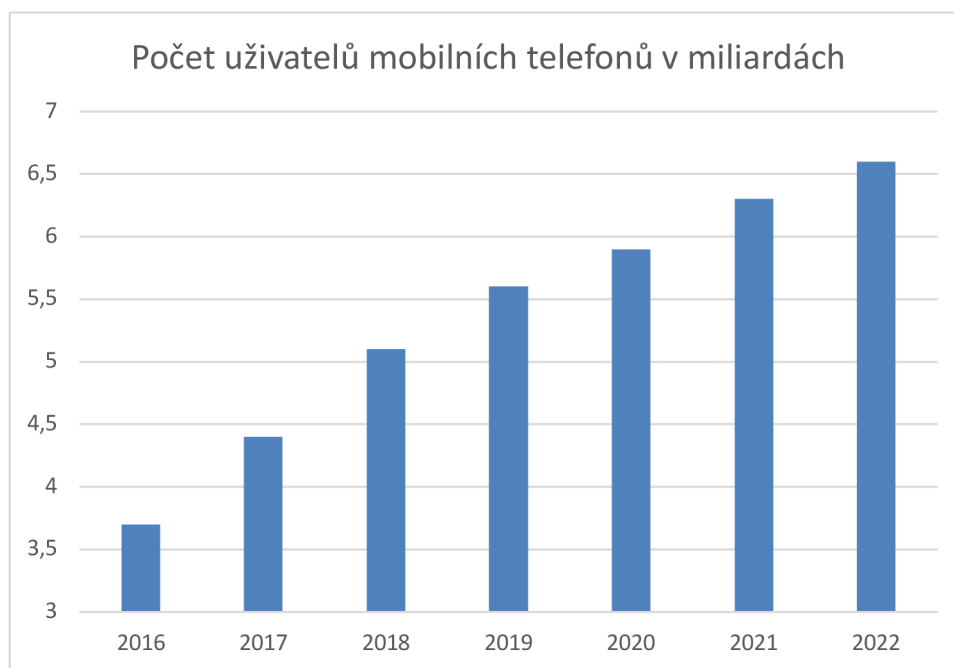
Nicméně desktopové počítače a notebooky stále zůstávají nezbytnými nástroji pro určité činnosti, jako jsou profesionální práce a vývoj softwaru. Graf na Obrázku 9 ukazuje, že v roce 2017 začal být chytrý telefon používanější než klasický počítač.



Obrázek 9: Podíl typu zařízení používaných na světovém trhu od roku 2009 do roku 2022 [38]

Následující statistika uvádí celkový počet uživatelů mobilních telefonů po celém světě od roku 2015 do konce roku 2022. Společnost Statista uvádí, že na konci roku 2020 počet uživatelů mobilních telefonů dosáhl 5,9 miliardy uživatelů [39]. Dle této společnosti byl celosvětový počet uživatelů mobilních telefonů v roce 2016 asi 3,7 miliard, zatímco v roce 2022 to bylo více než 6,6 miliard uživatelů. V roce 2015 byl podíl smartphonů na celkovém počtu mobilních telefonů asi 35 %, zatímco v roce 2022 to bylo více než 60 %.

V roce 2015 byla Čína největším trhem pro mobilní zařízení s podílem asi 30 % na celkovém počtu prodaných zařízení. V roce 2021 však již největším trhem byla Indie s podílem přes 30 %.



**Obrázek 10: Počet uživatelů mobilních telefonů v miliardách od roku 2016 do roku 2022 [26]**

V roce 2016 přibližně 63 % obyvatel na celém světě vlastnilo mobilní telefon. V roce 2020 to mělo být až 67 % [40]. Předpokládá se, že používání mobilních telefonů bude i nadále růst.

V roce 2017 měl počet uživatelů mobilních zařízení v Číně přesáhnout více než 1,4 miliardy [41], zatímco v Indii mělo dojít k přesahu jedné miliardy. Koncem roku 2020 měla Čína dosáhnout téměř 1,5 miliardy uživatelů mobilních zařízení a Indie přibližně 1,1 miliardy.

Většinu růstu mobilních trhů lze připsat stále zvyšující se popularitě chytrých mobilních zařízení. Do roku 2014 přibližně 38 % všech uživatelů mobilních telefonů využívalo právě chytrých mobilních telefonů [42]. Koncem roku 2020 toto číslo dosáhlo více než 50 % uživatelů. Očekává se, že počet uživatelů chytrých mobilních telefonů po celém světě naroste až o jednu miliardu v časovém rozpětí pěti let [43].

Mezi přední dodavatele chytrých mobilních telefonů patří společnosti Apple, Samsung, Huawei, Xiaomi a další. V roce 2022 byla nejprodávanější značkou chytrých telefonů na světě Samsung, následovaný Apple a Xiaomi. Samsung a Apple tvoří více než 18 % z podílu na světovém trhu [44]. V roce 2020 získala největší podíl na trhu s chytrými telefony v Číně společnost Huawei s více než 41% tržním podílem.

Čísla rostou každý rok i pro trh s mobilními aplikacemi. V roce 2021 bylo poprvé staženo více než 100 miliard aplikací, V roce 2022 bylo staženo celkem 142,6 miliardy aplikací a očekává se, že do roku 2025 se dosáhne 200 miliard stažení. Z tohoto počtu bylo 55,6 miliard stažení pro hry a 87 miliard pro aplikace. 110,1 miliardy stažení v roce 2022 nesla platforma Google Play, zatímco iOS zaznamenalo 32,6 miliardy stažení [45].

## **4.1 Typy chytrých mobilních zařízení**

Pod pojmem chytré mobilní zařízení je možné si představit mnoho různých zařízení. Zpravidla se jedná o elektronický přístroj s vlastním napájením, uživatelským rozhraním vytvořeným pro konkrétní využití. Nejvíce rozšířená a použitelná mobilní zařízení zastupují notebooky, mobilní telefony, tablety, čtečky elektronických knih apod. Na trh přicházejí stále nové moderní platformy. V poslední době to jsou moderní chytré hodinky, náramky nebo např. chytré brýle [46]. Klasický chytrý mobilní telefon není již dnes nutné představovat nebo detailně popisovat. Jedná se o zařízení zpravidla s velkým dotykovým displejem, fotoaparátem a mnoha různými senzory.

### **4.1.1 Chytré hodinky**

Mnoho osob s příchodem chytrých mobilních telefonů přestalo používat hodinky kvůli možnosti zobrazení času právě na mobilním telefonu. V současné době se technologie opět vrací k hodinkám, které už nyní dokážou také poskytnout mnoho informací jednoduchým a intuitivním způsobem. Chytré hodinky mohou nabídnout drobné informace, které jsou

v daném okamžiku pro uživatele velmi potřebné. Tato platforma je aktuálně velkou příležitostí pro vývojáře na vytvoření jednoduchých a užitečných aplikací.

Chytré hodinky představují moderní elektronické zařízení, které kombinuje funkce klasických hodinek s pokročilými vlastnostmi chytrých mobilních zařízení. Nabízejí různé funkce, jako jsou notifikace, měření krokové aktivity, sledování spánku, přehrávání hudby, sledování srdečního tepu, měření saturace kyslíkem a mnoho dalšího [47]. Následuje přehled nejčastěji používaných funkcí a senzorů v chytrých hodinkách:

- **Senzor srdečního tepu** sleduje srdeční tep a umožňuje sledování aktivity srdce. Pomocí této funkce lze sledovat srdeční tep při sportovních aktivitách nebo monitorovat zdravotní stav.
- **Senzor krokové aktivity** počítá kroky uživatele a měří vzdálenost, kterou uživatel např. během dne ušel. Některé chytré hodinky využívají tento senzor v kombinaci se senzorem srdečního tepu např. k měření kalorií spálených během cvičení či běhu.
- **Senzor GPS** umožňuje sledovat polohu uživatele a využívá se zejména při sportovních aktivitách, jako jsou běh, jízda na kole nebo turistika.
- **Senzor pro měření spánku** sleduje délku spánku, hloubku spánku a kvalitu spánku uživatele. Tento senzor je užitečný pro udržení zdravého životního stylu a dobrého spánkového režimu.
- **NFC (Near Field Communication)** umožňuje kontaktovat další zařízení s NFC, například mobilní telefon nebo platební terminál.
- **Bluetooth** umožňuje připojení chytrých hodinek k jiným zařízením s Bluetooth, jako jsou například mobilní telefony, sluchátka nebo reproduktory.
- **Senzor saturace kyslíkem** se stává stále běžnější funkcí v chytrých hodinkách, umožňuje měřit hladinu kyslíku v krvi a monitorovat zdraví uživatelů. Senzor využívá princip fotoplethysmografie (PPG), který sleduje změny v absorpci světla při průtoku krve skrze tkáň, aby určil hladinu kyslíku v krvi.

Chytré hodinky jsou v současné době velmi populární a mohou být využity v mnoha různých oblastech, jako jsou fitness, zdraví, zábava a pracovní aktivity. Fitness nadšenci využívají chytré hodinky ke sledování svého cvičebního režimu a sledování pokroku při

cíleném hubnutí nebo posilování. Osoby se zdravotními problémy mohou využívat chytré hodinky k monitorování svého zdravotního stavu. Chytré hodinky mohou být také využity k ovládání jiných chytrých zařízení, jako jsou například chytré reproduktory, chytrá osvětlení a jiná zařízení, která podporují připojení pomocí Bluetooth nebo Wi-Fi. V pracovních činnostech lze chytré hodinky využít k upozornění na důležité události a schůzky, zobrazování textových zpráv a e-mailů a dalších upozornění [48].

Chytré hodinky jsou vyráběny různými výrobci a liší se svými funkcemi, výkonem a cenou. Mezi nejpopulárnější výrobce chytrých hodinek patří Apple, Samsung, Garmin nebo Fitbit. Chytré hodinky jsou velmi užitečné zařízení, které nabízí mnoho funkcí, které mohou pomoci uživatelům zlepšit jejich zdraví a fitness a zefektivnit své pracovní aktivity. Díky své široké funkcionalitě a přístupnosti se stávají stále oblíbenějšími mezi uživateli všech věkových kategorií a mohou být využity v mnoha různých oblastech života.

#### **4.1.2 Chytré brýle**

Dalším zajímavým typem mobilního zařízení, které nabízí obrovské možnosti, jsou chytré brýle. Zpravidla nabízejí bezdrátovou komunikaci, disponují fotoaparátem a různými senzory, které nabízí i ostatní chytrá zařízení. Uživatelské rozhraní je opět velmi specifické. Je nutné ovládat zařízení hlasem, dotykem na zařízení nebo např. pohybem očí. Pro zařízení opět existuje mnoho dosud nepředstavených využití a nabídka aplikací je stále omezená.

Chytré brýle jsou zařízení, které umožňuje uživateli připojení k internetu, sledování videí, poslouchání hudby, fotografování a mnoho dalších funkcí, přičemž zároveň mohou být propojeny s mobilními zařízeními nebo jinými chytrými technologiemi. V současné době existuje několik typů chytrých brýlí, které se liší uživatelskou zkušeností, výbavou a funkcemi.

Jedním z nejznámějších typů chytrých brýlí jsou Google Glass, které byly uvedeny na trh v roce 2013. Tyto brýle mají integrovanou kameru, mikrofon, reproduktor a displej, který je umístěn v pravém horním rohu. Displej zobrazuje informace jako jsou textové zprávy, e-maily a kalendářové události. Google Glass však nebyly příliš úspěšné, a tak se vývoj těchto brýlí dočasně zastavil [49]. Dalším typem jsou například chytré brýle od společnosti Vuzix, které jsou určeny pro průmyslové využití. Tyto brýle jsou odolné vůči prachu a vodě, a umožňují například přenos videozáznamů na dálku, zobrazování návodů k obsluze strojů nebo rozpoznávání kódů.



V současné době jsou na trhu i brýle pro virtuální realitu, jako jsou například Oculus Quest nebo HTC Vive. Tyto brýle jsou určeny především pro zážitek z her, ale mohou být využity i pro jiné účely, jako jsou například virtuální prohlídky.

Chytré brýle jsou stále poměrně drahé a jsou primárně určeny pro specifické účely, jako jsou průmyslové aplikace, vzdělávání nebo zábava. Tyto brýle se stále ještě neujaly jako běžné spotřební zboží a využívají je především nadšenci technologií. Většina chytrých brýlí využívá senzory jako jsou akcelerometry, gyroskopy a magnetometry, které umožňují snímání pohybu a polohy. Některé brýle také obsahují GPS senzory pro zaznamenávání polohy a připojení k internetu pomocí Wi-Fi nebo Bluetooth.

Výdrž baterií chytrých brýlí se pohybuje od několika hodin až po celý den, v závislosti na výbavě a použitých funkcích. Většina chytrých brýlí je vybavena dobíjecími bateriemi, stejně jako chytré hodinky nebo mobilní telefony, které lze snadno dobít pomocí kabelu USB.

Chytré brýle mohou být využity v mnoha různých oblastech, jako je například vzdělávání, průmysl, medicína nebo zábava. Vzdělávací instituce mohou využívat chytré brýle pro výuku a trénink, například pro piloty nebo lékaře. V průmyslu se chytré brýle mohou použít pro zlepšení produktivity a bezpečnosti práce. V medicíně mohou být brýle využity pro přesné vykony chirurgických zákroků nebo k poskytování informací během zdravotnických konzultací. Chytré brýle nabízejí široké spektrum funkcí a použití, ačkoli jsou stále primárně určeny pro specifické účely. Zlepšování technologií a inovace v tomto odvětví mohou přinést nové možnosti pro využití chytrých brýlí v budoucnosti.

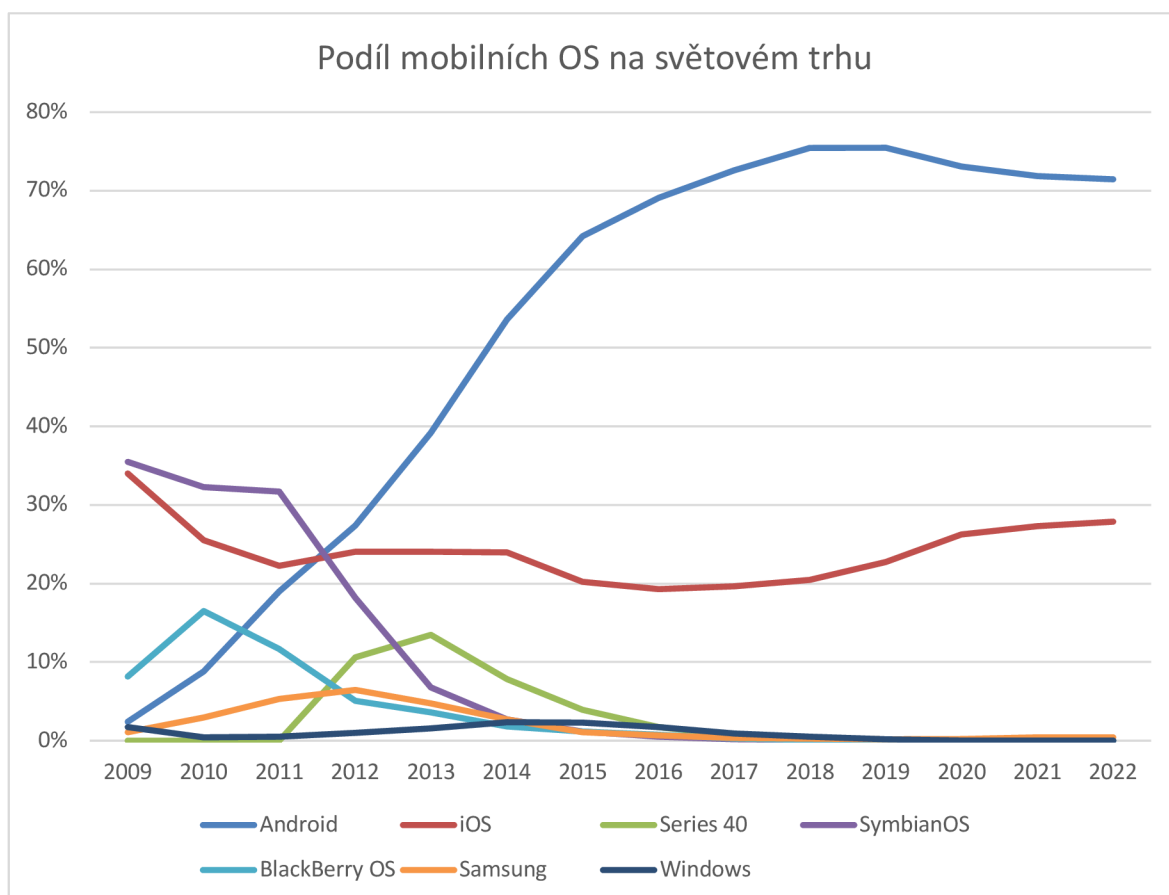
Návrh a vývoj aplikací pro moderní zařízení, jako jsou např. chytré hodinky nebo chytré brýle, vyžadují zcela jiný návrhový přístup než vývoj aplikací pro chytré mobilní telefony. Jiná konstrukce a princip ovládání vyžaduje i celkově jiný přístup k návrhu a využití uživatelského rozhraní.

Disertační práce se dále zabývá dvěma kategoriemi mobilních zařízení. První z nich je nejvíce rozšířený chytrý mobilní telefon a druhou kategorií chytré brýle, které naopak skrývají velký potenciál pro využití [50].

## 4.2 Operační systém

Od konkrétního typu mobilního zařízení se odvíjí i operační systém, se kterým zařízení pracuje. Z předchozího přehledu je zřejmé, že obecně stoupá zájem o mobilní operační systémy oproti desktopovým operačním systémům. Lidé nakupují více mobilních zařízení, jelikož jim mohou sloužit během dne mnohem více času. Následující statistika zobrazuje celosvětový podíl na trhu, který zaujímá přední mobilní operační systémy v oblasti prodeje koncovým uživatelům od roku 2009 až do roku 2022 [51].

Ze statistiky je zřejmé, že v letech 2011–2012 proběhlo velké přerozdělení trhu, kdy tehdy velmi rozšířený SymbianOS nahradil operační systém Android. Od té doby je Android stále populárnější. V roce 2018 byl Android nejpoužívanějším mobilním operačním systémem na světě s podílem asi 75 %, zatímco iOS měl podíl asi 20 %. V roce 2022 byl podíl Androidu asi 71 %, zatímco iOS měl podíl asi 27 %.



Obrázek 11: Podíl mobilních operačních systémů od roku 2009 do 2022 [51]

Z grafu je zřejmé, že postupem času zůstaly na trhu dva přední operační systémy. Jedná se o operační systém Android společnosti Google a operační systém iOS společnosti Apple.

V prvních letech sledování byly populární operační systémy od výrobců telefonu. Jednalo se např. o Symbian nebo Samsung, které však postupně z trhu vymizely. Vývoj aplikací pro dva dominantní operační systémy pokryje naprostou většinu uživatelů chytrých mobilních zařízení. Není tedy nutné vyvíjet pro další operační systém jako je stále používaný BlackBerry OS nebo Windows Phone, pokud není cílem oslovit právě uživatele těchto operačních systémů.

Nedostatky v operačních systémech jsou stále spojeny s bezpečností, nakládáním s výkonem zařízení nebo synchronizací dat. Výzvou pro vývojáře operačních systémů nebo i mobilních aplikací je vytvoření aplikací takovým způsobem, aby byly použitelné jak na desktopovém počítači, tabletu, tak i na mobilním telefonu.

### **4.3 Uživatelská rozhraní**

Uživatelské rozhraní zpracovává vstupy od uživatele a efektivně prezentuje výstupy zpracované softwarem již konkrétního zařízení. Již na první pohled nejzajímavější složkou chytrých mobilních telefonů je výstupní displej. Dostupné displeje jsou dotykové nebo klasické. Ze začátku vývoje displejů byl kladen důraz na miniaturizaci. Nyní je opak pravdou a současná doba nabízí displeje daleko větší. Ideální velikost displeje je pro každý typ uživatelů jiná.

Rozlišení displeje je odvozeno částečně od velikosti displeje a existuje mnoho různých rozlišení. V mobilních aplikacích je vhodné rozmyslet a navrhnout, jak nejlépe možnosti displeje využít a práci na zařízení maximálně usnadnit a urychlit. V dnešní době jsou na trhu např. i displeje zakřivené, ohebné a příchod dalších podobných inovací je možné v budoucnu očekávat.

Chytré hodinky nebo brýle nabízí poněkud specifická uživatelská rozhraní. Každá platforma využívá jiného potenciálu. U chytrých hodinek se jedná také o dotykový displej nebo senzory pro pohyb rukou. U chytrých brýlí může být vstupním zařízením např. mikrofon, eye tracker nebo integrovaný touchpad. Výstupním zařízením pak vibrátor, displej a reproduktor. Tato zařízení jsou navržena pro maximální jednoduchost použití a pro použití zařízení v terénu není předpokládáno komplikované uživatelské rozhraní. V některých situacích se počítá s tím, že ovládání zařízení bude probíhat právě bez použití rukou [52].

Uživatelské rozhraní chytrých mobilních zařízení také zahrnuje hlasové asistenty, jako je například Siri od společnosti Apple, Alexy od společnosti Amazon nebo Google Assistant od společnosti Google. Hlasoví asistenti umožňují ovládat zařízení pomocí hlasových příkazů. Zařízení rozpoznává mluvenou řeč a uživatelé mohou např. požádat o spuštění aplikace nebo o získání informací, aniž by se museli dotknout obrazovky zařízení [53].

V poslední době se také objevují nové technologie, jako je rozšířená realita a virtuální realita, které mění způsob, jakým uživatelé interagují s mobilními zařízeními. Tyto technologie umožňují uživatelům zobrazovat informace a vizualizace v reálném čase, a otevírají tak nové možnosti pro vzdělávání, zábavu a další oblasti.

Uživatelské rozhraní je klíčové pro uživatelskou zkušenost a přispívá k tomu, jak jednoduše a rychle mohou uživatelé ovládat svá chytrá mobilní zařízení. Nové technologie, jako je hlasový asistent, rozšířená realita a virtuální realita, nabízejí nové způsoby interakce, které opět posouvají možnosti chytrých mobilních zařízení. Vývojáři mobilních aplikací a zařízení se snaží stále více zjednodušovat uživatelské rozhraní a zlepšovat tak uživatelskou zkušenost, aby umožnili uživatelům být produktivnější a lépe využívat svá mobilní zařízení v každodenním životě.

#### **4.4 Výkon**

Veškerý výpočetní výkon chytrých mobilních zařízení je založený především na procesoru a paměti. Aktuální vývoj procesorů se stále zaměřuje především na růst výkonu zvyšováním frekvence, přidáváním jader CPU a snižováním spotřeby. Velkou část spotřeby mobilních zařízení má na svědomí právě procesor. Jedním z východisek může být vylepšování a změna architektury procesoru. Dalším stále nedokonalým záměrem je využívání veškerých funkcí procesoru. Vhodné je i stále zdokonalovat instrukční sadu či zjistit, zda nejvhodnějším prvkem pro výrobu procesorů je stále používaný křemík [54].

Neustálé zvyšování kapacity operační paměti opět není úplně vhodné řešení. Stále se především hledí na kapacitu a již ne tolik na vhodné využití této paměti zmiňovaným procesorem. Jedním z řešení je možná implementace alespoň části operační paměti přímo do procesoru nebo zrychlování sběrnice, která tato zařízení propojuje.

Dalším faktorem, který ovlivňuje výkon chytrých mobilních zařízení, je kapacita baterie. Vysoká kapacita baterie umožňuje uživatelům používat svá zařízení po delší dobu

bez nutnosti nabíjení. Výrobci chytrých mobilních zařízení se snaží zvyšovat kapacitu baterií a současně snižovat spotřebu energie, aby uživatelé mohli co nejdéle používat svá zařízení.

Stěžejním faktorem pro výkon je i samotný software. Vývojáři mobilních aplikací a operačních systémů mají motivaci optimalizovat své produkty tak, aby využívaly hardwarové funkce a vlastnosti chytrých mobilních zařízení co nejefektivněji. Tímto způsobem se snižuje zatížení procesoru a paměťové kapacity a zvyšuje se tak celková rychlost a efektivita zařízení.

Výkon chytrých mobilních zařízení hraje důležitou roli při používání aplikací a funkcí těchto zařízení. Moderní chytrá mobilní zařízení jsou obvykle vybavena vysokým výkonem, aby uživatelé mohli rychle a efektivně používat svá zařízení. Procesory, velikost a rychlost operační paměti, kapacita baterie a optimalizace softwaru jsou klíčové faktory ovlivňující výkon chytrých mobilních zařízení. S vývojem technologií a hardware je možné očekávat, že budou chytrá mobilní zařízení nabízet ještě větší výkon a efektivitu.

## 4.5 Mobilní síť

Během posledních let zažívá mobilní síť velmi rychlý vývoj. Stále přicházejí rychlejší technologie a v budoucnu se dá očekávat i další pokrok nebo možný nástup zcela nové revoluční technologie, která bude uživatelům nabízet nevídané možnosti. Z pohledu mobilního internetu je zde omezení v podobě datových limitů. Je velmi pravděpodobné, že rychlost datového připojení bude stále růst a omezení se snižovat. Následující tabulka shrnuje aktuálně používané technologie, jejich označení a limity v rychlosti přenosu dat.

**Tabulka 1: Přehled rychlostí přenosu dat [55]**

Generation	Icon	Technology	Maximum Download Speed	Typical Download Speed
2G	G	GPRS	0.1Mbit/s	<0.1Mbit/s
	E	EDGE	0.3Mbit/s	0.1Mbit/s
3G	3G	3G (Basic)	0.3Mbit/s	0.1Mbit/s
	H	HSPA	7.2Mbit/s	1.5Mbit/s
	H+	HSPA+	21Mbit/s	4Mbit/s
	H+	DC-HSPA+	42Mbit/s	8Mbit/s
4G	4G	LTE Category 4	150Mbit/s	12-15Mbit/s
4G+	4G+	LTE-Advanced Cat6	300Mbit/s	24-30Mbit/s
	4G+	LTE-Advanced Cat9	450Mbit/s	60Mbit/s
	4G+	LTE-Advanced Cat12	600Mbit/s	TBC
	4G+	LTE-Advanced Cat16	979Mbit/s	TBC
5G	5G	5G	1,000-10,000Mbit/s	TBC

Rychlost přenosu dat však není jediný zajímavý parametr. Tabulka 2 shrnuje přehled technologií s průměrnou rychlostí odezvy.

**Tabulka 2: Přehled rychlostí odezvy [55]**

Generation	Typical Latency
<b>2G</b>	500ms (0.5 seconds)
<b>3G</b>	100ms (0.1 seconds)
<b>4G</b>	50ms (0.05 seconds)
<b>5G</b>	1ms (0.001 seconds)

Konkrétní zkratky označují technologie mobilních sítí a průmyslové standardy pro mobilní telefony. Po roce 2020 začaly 5G sítě nahrazovat dnešní 4G/LTE [56].

## **4.6 Bezdrátová komunikace**

Moderní chytrá mobilní zařízení zpravidla disponují přijímači pro Wifi, Bluetooth, GPS, nebo NFC. Technologie Wifi se neustále vyvíjí v přenosové rychlosti. Pro mobilní zařízení je v tuto chvíli zřejmě dostačující. Potenciál je však v neustálém zlepšování přijímače. Ideálním vylepšením by bylo, aby i velmi slabý signál nabízel plnohodnotnou komunikaci.

Technologie Bluetooth je využívána v současné době především pro bezdrátovou komunikaci s ostatními periferními zařízeními nebo k přenosu datových souborů mezi více zařízeními. Na základě nízké spotřeby energie a relativně vysoké přenosové rychlosti je pravděpodobné, že technologie bude stále využívána a její rozvoj bude dále vyvíjen.

Podpora GPS je v chytrých zařízeních opět velmi běžná. Klasické využití představuje navigace. GPS nabízí opět mnoho dalších možností využití, např. různé sledování aktuální polohy, určování polohy v budovách nebo interakce s virtuálním světem.

U technologie NFC je možné předpokládat stále širší možnosti využití. Funkce této technologie jsou již v mnoha zemích využívány naplno. Jednoduché nahrazení různých čipových karet jedním mobilním zařízením je velmi atraktivní. Možnost zakomponování některých čipů na různá místa a následné užívání příkládáním mobilních zařízení k čipu je opět velmi zajímavé. Zakomponování mnoha služeb pomocí NFC je velmi příjemné, ale je nutné brát ohled i na bezpečnost a spolehlivost [57].

## 4.7 Senzory

Různé senzory jsou dnes neodmyslitelnou součástí každého chytrého mobilního zařízení. Každý z výrobců se snaží přidávat nové funkce a možnosti, kterými je možné zařízení zatraktivnit a zaujmout tak zákazníky.



Obrázek 12: Přehled různých senzorů chytrého mobilního telefonu [58]

Za stěžejní senzor mnoho uživatelů označuje kameru. Mezi další doplňky patří např. gravitační senzor (senzor zrychlení), gyroskopický senzor (naklonění a natočení), proximity senzor (senzor přiblížení), light senzor (senzor osvětlení), magnetický senzor (kompas), teploměr, vlhkoměr, barometr, krokomeř nebo snímač otisku prstů. Veškeré tyto senzory mohou být použity konkrétní aplikací a ušetří tím potřebu mnoha dalších zařízení nebo zbytečných postupů při standardní práci. Veškeré tyto senzory generují data, která je možné reprezentovat např. číselnou hodnotou.

### Fotoaparát

Data získávaná klasickou kamerou, ať už přední nebo zadní, je možné převést do digitální podoby například v barevném modelu RGB. Jedná se o dvourozměrné pole 32bitových čísel, kdy každé číslo reprezentuje jeden pixel obrazu a ukazuje na jeho barevnou hodnotu.

Vývoj fotoaparátů je v mobilních zařízeních pokrokový. Aktuální modely předních výrobců často lákají na duální, triální nebo quad fotoaparáty. Funkce duálního fotoaparátu se tedy často různí. Někdy obě čočky spolupracují a skládají výslednou fotografii, v jiném případě telefon nabízí dva úhly záběru a někdy poskytuje i speciální efekty. Duální fotoaparáty je však možné rozdělit do několika druhů právě dle těchto funkcí.

- **Monochromatický senzor** – První z funkcí duálního fotoaparátu, zajišťuje druhý, monochromatický senzor. Výrobci si od tohoto způsobu využití slibují lepší černobílé fotografie a také vyšší detailnost a nižší šum barevných fotografií, zejména za zhoršených světelných podmínek. Toho se snaží docílit složením obou fotografií do jedné, jelikož bez schopnosti rozeznání barevných složek je monochromatický senzor citlivější na jas. Barevný senzor má snímací pixely rozdělené ještě na subpixely pro snímání intenzity červeného, zeleného a modrého světla. Monochromatický senzor snímá pouze jas, a tím je získaná fotografie mnohem lépe exponovaná. To ovlivňuje pozitivně nejen snímky pořizované za zhoršených světelných podmínek, ale také jejich celkový dynamický rozsah.
- **Senzor vzdálenosti** – Druhý senzor získává informace pro vytvoření různých efektů při zpracování obrazu. Nejčastější z nich je silně rozostřené pozadí fotografie, které focený objekt přenáší jako hlavní předmět záběru. U digitálních fotoaparátů a jejich velkých objektivů se tohoto efektu docílí opticky. Čím lepší je světelnost objektivu a čím delší je jeho ohnisková vzdálenost, tím je pozadí výraznější, tedy rozostřenější a jednodušší.
- **Širokoúhlý objektiv** – Mobilní telefon nabízí dva fotoaparáty, nicméně každý s jiným objektivem. Jeden s univerzální ohniskovou vzdáleností, zhruba mezi 24 a 35 mm, a druhý s mnohem kratší vzdáleností, blízkí se 10 mm. Kratší ohnisková vzdálenost znamená širší úhel záběru.
- **Teleobjektiv** – Funkce velmi obdobná jako předchozí, přesto zcela opačná. Jedná se o integrování malého teleobjektivu, který poskytuje výrazný optický zoom.

Výrobce Huawei do svého špičkového modelu P40 Pro vložil hned čtyři zadní fotoaparáty Ultra Vision Leica. Hlavní SuperSensing čočka se senzorem, která disponuje 50 Mpx, sekundární ultra širokoúhlý Cine objektiv s rozlišením 40 Mpx, následně 12 Mpx teleobjektiv, který disponuje 5x optickým zoomem a 10x hybridním zoomem a poslední fotoaparát s možností detekce hloubky v reálném čase. Huawei tím spojuje ve vlajkových lodích tak oblíbený teleobjektiv se svým vlastní konceptem monochromatického senzoru pro zachycení lepšího detailu a dynamického rozsahu [59].

## **Mikrofon**

Mikrofon má za úkol snímat okolní zvuk. Moderní chytré mobilní telefony opět disponují i více než jedním mikrofonem pro lepší a kvalitnější nahrávání zvuku. Mikrofon



generuje analogová data. Do digitální podoby jsou data převáděna pulzně kódovou modulací. Senzor generuje posloupnost 8 bitových čísel. Každé číslo ukazuje na jednotku času a hodnota reprezentuje aktuální hlukový stav.

### **Akcelerometr**

Pomocí akcelerometru je možné měřit trojrozměrné pohybové zrychlení ve třech osách. Výsledné hodnoty měření jsou nastaveny gravitační silou a zároveň pohybem zařízení. Data jsou generována jako třísložková.

### **Magnetometr**

Úhel, který je svírán se severním magnetickým pólem, je tento senzor schopný zachytit. Jiným způsobem je označován jako kompas. Dále umožňuje snímat magnetické pole okolo samo sebe a hodnoty vyjadřuje stejně jako akcelerometr, tedy třísložkově.

### **Senzor pohybu**

Senzor generuje velké množství informací o poloze telefonu. Jedná se o nadstavbu akcelerometru, kompasu a gyroskopu zároveň.

### **Senzor okolního světla**

Senzor vyhodnocuje intenzitu dopadajícího světla, podle které následně upravuje intenzitu jasu displeje. Senzor má za úkol především úsporu baterie.

### **Senzor přiblížení**

Senzor přiblížení neboli proximity senzor dokáže zaměřit událost, kdy se k němu přiblíží například uživatelská tvář a na základě toho zhasne displej.

### **Barometr**

Jedná se o elektronický tlakový senzor, který se většinou používá pro přesnější určení nadmořské výšky ve spolupráci s GPS modulem. Vedle akcelerometru a gyroskopu je barometr jedním ze senzorů, který pomáhá k určování polohy chytrého zařízení.

### **Krokoměr**

K počítání kroků, které s chytrým mobilním telefonem nebo hodinkami uživatel ujde, sice postačí i dříve zmiňovaný akcelerometr, ovšem vyhrazený krokoměr je mnohem přesnější a také méně energeticky náročný.

### **Snímač otisku prstů**

Otisk prstu je možné použít především jako zabezpečení telefonu, jednotlivých aplikací nebo souborů. Čtečka se též používá k verifikaci při používání různých platebních

aplikací. Do přístroje je možné nahrát i více otisků, a tak se používání stává pohodlnějším, ale především bezpečnějším. Díky čtečce otisků se nestane, že by někdo zneužil číselný pin nebo např. odemykací gesto.

## **4.8 Nastupující trendy**

Vývoj mobilních zařízení dokazuje, že myšlenka přenosného telefonu před několika desetiletími se stala realitou. Mobilní zařízení, jako jsou telefony, budou v příštích letech vypadat a fungovat pravděpodobně jinak, než jsou uživatelé dnes zvyklí. Jejich výrobci se snaží vytvořit inovativní řešení, která budou zahrnovat více funkcí, které uživatelům umožní žít život na internetu, a to nejen přístup k němu.

Jedním z hlavních trendů jsou skládací a ohebné telefony. První modely s ohebnými displeji už jsou na trhu. Ohebné materiály se používají také na celé mobily, které se mohou lépe nosit a nehrozí jim poškození. Díky této vlastnosti je lze navíc přizpůsobit situaci. Cílem je také snadnější ovládání, například virtuální klávesnicí, a zajistit tak opět lepší komunikaci s celým světem.

Dalším trendem jsou chytré prsteny, které řeší problém přílišného zaměstnávání očí a rukou telefonem. Tyto prsteny umí notifikovat, když uživateli dorazí zpráva nebo e-mail, a umožňují tak získat nebo sdílet nejnovější informace bez toho, aniž by uživatel musel použít mobilní telefon. Chytré prsteny mohou být naprogramovány tak, aby doručovaly vlastní oznámení pro konkrétní typy zpráv a určité kontakty.

Rozšířená realita je dalším způsobem, jak se může v budoucnu změnit komunikace. Už dnes lze například telefon namířit na určitý objekt, prohlédnout si ho a v reálném čase zobrazení doplňovat informacemi, které se k němu vztahují. To opět otevírá nové možnosti pro objevování a poznávání okolního světa.

Dalším trendem v oblasti mobilních zařízení jsou inteligentní asistenti nové generace. Ti budou mnohem intuitivnější než dnešní již zmiňovaní asistenti. Díky pokročilé umělé inteligenci se naučí předvídat uživatelské potřeby a poskytovat informace dříve, než si je uživatel uvědomí. Mohou být využívány například k pomoci s hledáním informací. Inteligentní asistenti budou schopni komunikovat s uživatelem různými způsoby, včetně hlasových příkazů, gest nebo pohybu očí.

Dalším inovativním prvkem jsou holografické displeje. Díky vývoji v oblasti nositelných technologií a displejů se holografické displeje stávají realitou. Holografické displeje umožňují zobrazování 3D obrazů bez potřeby speciálních brýlí. Již dnes prototyp holografického ohebného telefonu HoloFlex umožňuje uživatelům prohlížet si 3D zobrazení z různých úhlů a interagovat s nimi. Tyto displeje nabízejí nejen nové způsoby interakce s digitálním světem, ale také nové možnosti pro vzdělávání, průmysl nebo zdravotnictví.

Závěrem této kapitoly lze říci, že mobilní zařízení se stávají stále výkonnějšími a pokročilejšími. Výrobci se snaží přinášet inovace, které zlepšují nejen výkon, ale také design a funkčnost. V budoucnu se můžeme těšit na ještě větší propojení a automatizaci, ale také na nové způsoby interakce s digitálním světem, jako jsou holografické displeje a rozšířená realita.

V další kapitole je shrnuto, jakým způsobem se v dnešní době nakládá s potenciálem chytrých mobilních zařízení a jaké reálné využití tyto technologie v kombinaci s dobře navrženým řešením mají.

## **5 Potenciál chytrých mobilních zařízení**

V dnešní době jsou chytrá mobilní zařízení stále více využívána pro usnadnění každodenních činností. Vývoj mobilních aplikací se zaměřuje na řešení problémů, které mohou být specifické pro konkrétní skupiny lidí.

Existuje mnoho různých aplikací a řešení, které se zaměřují na pomoc v každodenním životě. Například pro osoby s postižením mohou být aplikace a funkce jako hlasové ovládání, zvětšování textu nebo barvy, navigace s hmatovými informacemi a mnoho dalšího velmi užitečné. Pro seniory mohou být chytré telefony a tablety využívány ke zjednodušení komunikace s rodinou a přáteli, ke sledování zdravotního stavu a jako pomoc při každodenních úkolech. Pro profesionály a podnikatele mohou být mobilní aplikace a funkce využívány k organizaci práce, komunikaci s kolegy a klienty a řízení obchodních procesů. Chytrá mobilní zařízení také umožňují rychlý přístup k informacím, možnost nakupování a placení online a zlepšení zábavy a zájmových aktivit.

Využití potenciálu chytrých mobilních zařízení sledují různé subjekty – od výrobců hardwaru a softwaru po vývojáře aplikací a koncové uživatele. Výrobci mobilních zařízení a operačních systémů se snaží vytvořit co nejvíce funkční a uživatelsky přívětivé produkty, které osloví co nejvíce uživatelů. Vývojáři aplikací se pak snaží využít potenciál chytrých mobilních zařízení pro řešení konkrétních problémů a usnadnění každodenních činností uživatelů, například v oblasti zdravotnictví, cestování, komunikace, vzdělávání a mnoha dalších. Nejzajímavější obory pro využití potenciálu chytrých mobilních zařízení jsou například zdravotnictví, turistika, gastronomie, osobní finance, vzdělávání a podnikání. V těchto oblastech mohou být mobilní aplikace velmi užitečné pro řešení konkrétních potřeb uživatelů a zlepšení jejich životního stylu.

### **5.1 Využití ve vzdělávání**

Jednou z oblastí autorova zájmu je využití chytrých mobilních zařízení ve vzdělávání. Dnešní studenti jsou velmi digitálně zdatní a využívají moderní technologie pro své vzdělávání. Učitelé i školy se snaží využít tyto technologie pro zlepšení výuky a efektivnější vzdělávání. Nejvýznamnějších a nejvíce používaných jsou chytré mobilní telefony a tablety.

Chytrá mobilní řešení mohou pomoci studentům tím, že jim umožňují přístup ke vzdělávacím materiálům a zdrojům kdykoli a kdekoli. Například mohou používat

aplikace, které jim umožňují sledovat video lekce, stahovat učební materiály nebo pracovat na úkolech na cestách. Díky tomu mohou studenti lépe využívat svůj volný čas a být produktivní, aniž by byli omezováni místem nebo časem.

Chytrá mobilní řešení mohou také zlepšit komunikaci a spolupráci mezi studenty a učiteli. Například učitelé mohou používat aplikace pro on-line diskuze a spolupráci, což umožňuje studentům sdílet názory a nápady a lépe se zapojit do učebního procesu. Chytrá mobilní řešení také umožňují učitelům rychle a snadno komunikovat s rodiči a studenty, například pomocí zasílání zpráv a upozornění na mobilních zařízeních.

Chytrá mobilní řešení mohou také pomoci studentům s různými vzdělávacími potřebami a znevýhodněními. Například mohou používat aplikace s funkcemi pro přizpůsobení se potřebám studentů s dyslexií nebo jinými speciálními vzdělávacími potřebami. Díky chytrým mobilním řešením mohou studenti s omezením pohybu nebo zraku také snadno a efektivně využívat vzdělávací materiály.

Chytrá mobilní řešení mají velký potenciál pro vzdělávání a mohou studentům a učitelům poskytnout mnoho výhod. Tato řešení umožňují studentům přístup ke vzdělávacím materiálům kdykoli a kdekoli, zlepšují komunikaci a spolupráci mezi studenty a učiteli a umožňují přizpůsobení se potřebám studentů s různými vzdělávacími potřebami. Výhody chytrých mobilních řešení pro vzdělávání jsou velmi důležité. Tato skutečnosti se potvrdila zejména v době, kdy mnoho studentů studovalo on-line kvůli pandemii COVID-19.

Výhody chytrých mobilních řešení jsou zřejmé, ale je také důležité zvážit potenciální rizika. Mezi rizika patří nadměrné používání mobilních zařízení, což může vést k problémům se zrakem a k závislosti na těchto technologiích. Je také důležité zajistit bezpečnost a soukromí studentů a chránit je před škodlivým obsahem na internetu nebo zneužitím jejich osobních údajů.

## **5.2 Asistivní technologie**

Asistivní technologie mají velký význam pro zlepšení kvality života a zvýšení nezávislosti lidí s postižením, zvláště pokud jde o vzdělávání a zaměstnání. Existují však mnohé překážky, které brání lidem s postižením v přístupu k asistivním technologiím, jako jsou vysoké náklady na vybavení a nedostatek informací. Je nutné více se věnovat vzdělávání rodin a odborníků na to, jak správně vybírat a používat asistivní technologie.

Asistivní technologie mohou také hrát důležitou roli v oblasti zdravotní péče a lékařského výzkumu. Například pokud jde o neurologická onemocnění, jako je např. Alzheimerova choroba, asistivní technologie mohou pomoci s diagnostikou a hodnocením, stejně jako s péčí o pacienty. S pomocí těchto technologií mohou pacienti s Alzheimerovou chorobou udržovat svou nezávislost a pokračovat v každodenních aktivitách, jako je nákupování, vaření a uklízení. Asistivní technologie také umožňují lékařům a výzkumníkům získat důležité informace o vývoji onemocnění a léčebných postupech.

Zároveň jsou asistivní technologie důležité pro lidi s mentálním zdravotním postižením. Pomáhají jim s řízením stresu, úzkosti a depresivních stavů, stejně jako s řešením problémů a zlepšením komunikace. Například aplikace pro mobilní telefony a počítačové programy mohou pomoci lidem s poruchami nálady s rozpoznáváním a řešením svých emocionálních stavů a nálad.

Asistivní technologie mají obrovský potenciál pro pomoc lidem s různými zdravotními postiženími a poruchami. Může jim pomoci s komunikací, pohybem, vzděláváním, prací a každodenními aktivitami. Nicméně stále existují mnohé výzvy a překážky, které brání v plném využití potenciálu těchto technologií. Tyto překážky zahrnují nedostatek informací a odborných znalostí, vysoké náklady na vybavení a služby, nedostatek technické podpory a problémy s kvalitou. Je tedy důležité pracovat na řešení těchto překážek a zajistit, aby asistivní technologie byly přístupné pro všechny, kteří je potřebují.

Asistivní technologie využívající chytrá mobilní zařízení mohou být velkým přínosem pro osoby se zdravotním postižením a také pro zdravotnické služby. Chytré domy umožňují uživatelům interakci a ovládání zařízení, což může usnadnit každodenní život. Nicméně existují výzvy, jako jsou omezení lidské interakce a potenciální zranitelnost a nedostatek bezpečnosti v přenosu dat a ochrana osobních údajů. Systémy, které umožňují rychlou interakci mezi klinikami a pacienty, mohou poskytovat rychlejší a spolehlivější služby, ale výkonnost těchto služeb může být omezena výkonem zařízení používaných ke sběru a odesílání dat.

V rámci zkoumání potenciálu chytrých mobilních zařízení se autor zaměřil především na aplikace a řešení, které se snaží pomoci osobám se zdravotním postižením. V určitých případech je možné takové řešení označit právě za asistivní technologii.

**Tabulka 3: Přehled asistivních technologií [autor]**

<b>Autor</b>	<b>Zaměření</b>	<b>Popis</b>
<b>Karmel a kol. (2019)</b>	Zrak a sluch	Google API, které je nasazeno na zařízení Raspberry Pi, poskytuje pomoc sluchově, zrakově i hlasově postiženým uživatelům. Zařízení umožňuje převod zvukového vstupu na text pro sluchově postižené, převod obrazu na text a následně na zvuk pro zrakově postižené a umožňuje hlasově postiženým uživatelům zadávat text pomocí klávesnice na obrazovce, který je následně převeden na zvuk a předán reproduktorem. Tohoto řešení mohou využívat lidé s různými typy postižení a pomáhá jim zlepšit přístup k informacím a komunikaci [60].
<b>Shubankar a kol. (2019)</b>	Zrak a sluch	Systém pro zachycení gest znakové řeči využívá speciálních rukavic a umožňuje převod gest na řeč. Kromě toho je součástí systému OCR a živé sledování, což poskytuje uživatelům další nástroje pro efektivní komunikaci. Tento systém může být užitečný pro osoby s těžkým sluchovým postižením a poskytuje jim alternativní způsob komunikace [61].
<b>Kumar a kol. (2021)</b>	Sluch	Znaková řeč je založena na specifických gestech pro komunikaci a převodu do řeči. Informace jsou přenášeny pomocí zpráv a aplikací pro Android a systém zahrnuje nouzové upozornění pro pečovatele. Toto řešení může být velmi užitečné pro osoby s těžkým sluchovým postižením, kteří mohou používat gesta jako alternativní způsob komunikace a posílat rychlé zprávy pomocí aplikace. Nouzové upozornění pak umožňuje okamžitou reakci pečovatelů v případě potřeby [62].
<b>Guo a Bai (2014)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Autoři navrhli čtyřúrovňové modely pro monitorování zdravotního stavu pacientů, které umožňují lékařům sledovat a konzultovat stav pacientů na dálku. Životní funkce mohou být monitorovány a automaticky sdíleny s nemocnicí, což umožňuje rychlé reakce a přizpůsobení léčby. Tyto modely představují nový způsob, jak zlepšit péči o pacienty a mohou pomoci snížit náklady a zlepšit kvalitu péče o pacienty [63].
<b>Hussain a kol. (2015)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Navržen byl systém sledování zdravotního stavu zaměřený na uživatele, který v případě abnormalit v záznamech zdravotního stavu okamžitě informuje o možnosti nouzové situace a umožňuje příslušné reakce [64].
<b>Kumar a kol. (2017)</b>	Zrak	Byla vyvinuta vycházková hůl pro nevidomé a slabozraké s ultrazvukovým senzorem, která slouží k detekci překážek a varování uživatele. Senzor měří vzdálenost od překážky a v případě blízkosti vysílá zvukový signál. Toto zařízení umožňuje nevidomým a slabozrakým uživatelům pohybovat se bezpečnějším způsobem a zlepšuje jejich kvalitu života [65].

Autor	Zaměření	Popis
<b>Latif a kol. (2017)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Autoři vyvinuli systémy založené na SVM a IoT, které slouží k analýze hlasu nemocných a řešení jejich naléhavých zdravotních problémů. Tyto systémy umožňují sledovat pacienty trpícími různými onemocněními, jako je například bipolární porucha, hystérie a další, a reagovat na jejich stav v reálném čase. Díky tomu je možné poskytnout okamžitou lékařskou pomoc a snížit riziko komplikací. Tyto systémy představují nový způsob, jak využít technologie pro zlepšení péče o pacienty [66].
<b>Khan a kol. (2020)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	V oblasti internetu věcí byly vyvinuty systémy a nápady pro nositelná zařízení, které umožňují sledování zdravotního stavu zdravotně postižených a starších osob. Tato zařízení jsou navržena tak, aby byla co nejvíce pohodlná a snadno použitelná, zároveň však poskytovala přesné a důležité informace o zdravotním stavu uživatele. Tyto systémy mohou být velmi užitečné pro starší osoby a lidi s různými typy postižení, kteří tak mohou získat lepší kontrolu nad svým zdravotním stavem a zlepšit kvalitu svého života [67].
<b>Bempong a kol. (2015)</b>	Sluch	Systém integrace inteligentní domácnosti, který umožňuje neslyšícím nebo nedoslýchavým osobám přístup k inteligentním domácnostem a funkcím založeným na IoT. Tento systém umožňuje lidem s těmito postiženími využívat různé funkce inteligentní domácnosti, jako například ovládání osvětlení, topení nebo bezpečnostních funkcí, pomocí gest a pohybů. Systém představuje novou možnost, jak zlepšit přístup k moderním technologiím pro lidi s různými typy postižení, a poskytuje jim tak možnost využívat moderní technologie, které jsou běžnou součástí domácností [68].
<b>Kim a kol. (2009)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Byla vyvinuta a otestována mobilní vzdálená konzultace postižených osob na základě lékařského předpisu a monitorování. Tento systém umožňuje pacientům, kteří trpí různými typy postižení, komunikovat s lékaři z pohodlí svého domova a získávat lékařské rady a konzultace na dálku. Díky monitorování mohou lékaři snadno sledovat zdravotní stav pacientů a reagovat na jejich potřeby. Tento systém přináší řadu výhod, jako například zvýšenou dostupnost zdravotní péče, zlepšenou kvalitu života a nižší náklady na zdravotní péči pro pacienty i pro zdravotnická zařízení [69].
<b>Ahmed a kol. (2016)</b>	Sluch	Systém tlumočení znakového jazyka, který převádí mluvenou řeč na znakový jazyk a zobrazuje ji na obrazovce pomocí 3D animovaných znaků. Tento systém umožňuje komunikaci mezi lidmi slyšícími a neslyšícími a zlepšuje přístup k informacím a komunikaci pro neslyšící uživatele [70].



Autor	Zaměření	Popis
<b>Tuna a kol. (2015)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Byl vyvinut systém pro monitorování zdravotního stavu starších a zdravotně postižených osob pomocí senzorů na bázi WSN. Tento systém umožňuje sledovat životní funkce pacientů, jako je srdeční tep, krevní tlak a další parametry, které jsou důležité pro monitorování zdravotního stavu. Systém je schopen upgradu, aby bylo možné sledovat vzorce chování pacientů, což umožní lékařům poskytnout lepší a přizpůsobenější péči. Tento systém je přínosem pro zdravotně postižené a starší osoby, protože umožňuje sledovat jejich zdravotní stav a snadno reagovat na případné změny [71].
<b>Sendra a kol. (2014)</b>	Starší osoby a osoby se zdravotním postižením	Framework pro spolupráci založený na chytrých telefonech, který umožňuje předvídat případ nouze pomocí dat z mobilních senzorů, získaných z telefonů v okolí. Tento framework využívá model posilování učení k detekci jakéhokoli zvláštního chování a na základě dat ze sousedních telefonů může určit případ nouze. Díky této technologii je možné rychle zasáhnout v případě potřeby a pomoci lidem v nouzi. Tento systém má potenciál pomoci lidem s různými typy postižení, kteří mohou být zranitelní v případě nouze a potřebují rychlou pomoc [72].
<b>Akhund a kol. (2020)</b>	Osoby postižené COVID-19	Robotický agent, který je založen na IoT a slouží k předávání věcí jako jsou léky, potraviny a další nezbytnosti pro lidi, kteří jsou postiženi úderem pandemie COVID-19. Tento robotický agent minimalizuje interakce pro postižené osoby a pomáhá při doručování potřeb v rámci jedné domácnosti. Díky této technologii jsou lidé méně vystaveni riziku infekce a mají větší pohodlí a mobilitu při získávání svých potřeb. Tento robotický agent má potenciál pomoci mnoha lidem v době pandemie a umožnit jim bezpečné doručení potřeb [73].
<b>Chaudhari a kol. (2016)</b>	Sluch	Asistivní systém, který využívá senzory a technologii internetu věcí k pomoci seniorům a osobám se zdravotním postižením. Tento systém umožňuje identifikaci předmětů v domácnosti a upozorňuje uživatele na předcházení kolizím. Kromě toho umožňuje také ovládání obou systémů pomocí senzorů a internetu věcí. Tento systém může být velmi užitečný pro starší a postižené osoby, kteří potřebují pomoc s každodenními úkoly a snížení rizika úrazů v domácnosti. Díky této technologii mohou být uživatelé samostatnější a získat větší nezávislost a pohodlí v každodenním životě [74].

<b>Autor</b>	<b>Zaměření</b>	<b>Popis</b>
<b>Nada a kol. (2015)</b>	Zrak	Byla vyvinuta asistivní hůl pro nevidomé a slabozraké, která je vybavena infračerveným přísvitem a senzory detekujícími překážky. Tyto senzory varují uživatele o blízcích se překážkách pomocí zvukových a vibračních signálů, což zlepšuje bezpečnost při pohybu. Tento inovativní produkt je přínosem pro lidi se zrakovým postižením a umožňuje jim větší samostatnost při každodenních činnostech [75].
<b>Sumi a kol. (2019)</b>	Prevence pádů	Byl vyvinut framework založený na internetu věcí s cílem pomoci postiženým osobám před pádem, který by mohl vést ke zranění. Systém využívá akcelerometr k identifikaci pádu a následně upozorňuje uživatele a informuje pečovatele a zdravotníky o možném incidentu. Tento systém umožňuje rychlou reakci v případě pádu a zlepšuje bezpečnost a zdravotní péči pro osoby s různými typy postižení [76].
<b>Isyanto a kol. (2020)</b>	Ovládání domácnosti	Hlasové ovládání IoT pro ovládání domácích spotřebičů, které pomáhá uživatelům snadněji ovládat své domácí prostředí a základní zařízení pomocí hlasových příkazů. Tento systém může významně zlepšit kvalitu života osob se zdravotním postižením tím, že jim umožní snadněji interagovat s jejich domácím prostředím a usnadnit jim tak každodenní aktivity [77].
<b>Schmitt a kol. (2012)</b>	Zrak	Výzkumná studie zkoumala efektivitu použití čtecího pera pro výukové účely pro nevidomé osoby. I když studie byla provedena na malém vzorku subjektů, výsledky ukázaly, že použití čtecího pera pomohlo nevidomým zapamatovat si napsané informace. Tento výsledek může mít důležité dopady na výuku nevidomých osob a další využití technologií, asistujících lidem se zrakovým postižením [78].
<b>Yi a kol. (2013)</b>	Zrak	Systém pro asistované čtení textu pro nevidomé osoby pomocí kamery. Systém používá efektivní a účinnou metodu pro lokalizaci objektu a následné lokalizace textu, který je poté převeden na mluvenou řeč. Metoda byla testována na dvou datasetech a dosáhla stavu umění. Prototyp systému byl rovněž otestován na deseti nevidomých osobách s různými objekty s komplexními pozadími [79].
<b>Khan a kol. (2020)</b>	Zrak	Systém na bázi umělé inteligence, který slouží k pomoci s mobilitou detekcí překážek pro nevidomé a slabozraké osoby. Systém obsahuje převodník obrazu na řeč, který umožňuje nevidomým uživatelům číst text. S využitím systému mohou být lidem s různými typy zrakového postižení poskytnuty vylepšené možnosti mobility a přístupu ke čtení [80].

Za poslední pár desetiletí došlo k neuvěřitelnému technologickému pokroku především díky dostupnosti informací. Zavedení nové asistivní techniky závisí na pohledu mnohem více lidí než jen těch, kteří ji fyzicky využívají. Zásadní roli v tomto ohledu hrají instruktoři, kolegové a rodina. S tím souvisí mnoho předsudků a mylných představ, které mohou zabránit nebo oddálit plné využití vynikajícího nástroje nebo procesu jeho zamýšlenými uživateli. Pro tyto obavy čelí technologie výrazným, ale věrohodným překážkám.

Chytrá mobilní zařízení mají potenciál jako asistivní technologie pro osoby s postižením, a to díky konektivitě, cenové dostupnosti a obrovskému objemu dostupných dat. V oblasti zdravotně postižených byly zkoumány mnohé projekty. Chytrá mobilní zařízení umožňují komunikaci pacientů se vzdálenými lékaři a sestrami a mohou být využity pro kvalitní vzdělání pro každého studenta se zdravotním postižením. Zařízení asistivní technologie jsou pro zdravotně postižené důležité pro zachování nezávislosti, avšak podpora, školení a vzdělávání jsou nezbytné pro adopci a používání těchto zařízení. Pravidelné a modifikované hodnocení, včetně školení a služeb AT, je důležité pro zajištění správného vývoje a používání těchto zařízení.

Po detailní rešerši se autor zaměřil na cílovou skupinu zdravotně postižených osob, kterým by rád nabídnul svou experimentální implementaci s využitím chytrých mobilních zařízení. Detailní rozbor cílové skupiny je posán v následující kapitole.

## 6 Cílová skupina uživatelů

Během studia se autor zaměřil na analýzu osob, které trpí zdravotním postižením. Takoví lidé si zaslouží velkou pozornost a správně uchopený potenciál chytrých mobilních zařízení jim může nabídnout velkou pomoc.

Některá zdravotní postižení jsou zcela viditelná a jiná jsou naopak označovaná jako „skrytá“. Člověk, jehož nemoc či postižení není krátkodobé, ale trvá měsíce či roky, a zanechává zdravotní následky, je zařazen do jedné z tzv. zdravotních skupin [81].

1. **Zrakové postižení** zahrnuje široké spektrum zrakových vad, od mírného zhoršení zraku až po úplnou ztrátu zraku. Mezi nejčastější zraková postižení patří krátkozrakost, dalekozrakost, šedý zákal, glaukom a další. Lidé s těmito postiženími mohou mít potíže se čtením, rozpoznáváním obličejů, orientací v prostoru a mohou se spoléhat na zrakové pomůcky, jako jsou brýle, kontaktní čočky, lupeny nebo speciální software.
2. **Sluchové postižení** zahrnuje širokou škálu sluchových vad, od mírného zhoršení sluchu až po úplnou hluchotu. Mezi nejčastější sluchová postižení patří tinnitus, zvýšená citlivost na hluk, otoskleróza, infekce ucha a další. Lidé s těmito postiženími mohou mít potíže s poslechem, porozuměním řeči, orientací v prostoru a mohou se spoléhat na sluchové pomůcky, jako jsou sluchadla, kochleární implantáty nebo speciální software.
3. **Tělesné postižení** zahrnuje různé typy postižení, jako jsou ochrnutí, paralýza, amputace končetin, svalová dystrofie a další. Lidé s těmito postiženími mohou mít potíže s pohybem, manipulací s předměty a mohou se spoléhat na speciální pomůcky, jako jsou invalidní vozíky, protézy, ortézy a další.
4. **Mentální postižení** zahrnuje různé mentální poruchy, jako jsou poruchy učení, autismus, mentální retardace a další. Lidé s těmito postiženími mohou mít potíže s učním, komunikací a sociální interakcí a mohou se spoléhat na speciální terapie, léky a podporu rodiny a vzdělávacích institucí.
5. **Vnitřní postižení** zahrnuje různé druhy vnitřních omezení, jako jsou srdeční choroby, cukrovka nebo astma. Tyto zdravotní problémy mohou omezovat schopnost osoby vykonávat každodenní aktivity, jako je chůze, běh nebo dech.

6. **Kombinovaná postižení** zahrnují kombinaci více typů postižení. Například osoba může mít kombinaci tělesného a mentálního postižení.
7. **Duševní nemoci** zahrnují různé druhy duševních onemocnění, jako jsou deprese, úzkostné poruchy nebo schizofrenie. Tyto zdravotní problémy mohou omezovat schopnost osoby komunikovat s ostatními lidmi, vykonávat každodenní aktivity nebo udržovat zaměstnání.

Chytrá mobilní zařízení nejsou schopná jednoduše pomoci lidem, kteří trpí např. tělesným postižením. Avšak v ostatních kategoriích je prostor pro využití potenciálu, který v sobě mobilní zařízení mají a nabízejí. V rámci dalšího výzkumu se autor zaměřil na první dvě kategorie zdravotního postižení. Jedna se o zrakové postižení a sluchové postižení. V případě zrakového postižení mohou být využity funkce jako hlasový asistenti, textově-hlasová převodová zařízení, zvětšovací nástroje a další. V případě sluchového postižení mohou být využity funkce jako vibrace, vizuální upozornění a textové zprávy. Další výzkum by se mohl zaměřit na využití mobilních zařízení pro osoby s jinými typy postižení, jako jsou tělesné postižení, mentální postižení, vnitřní postižení, kombinované postižení a duševní nemoci.

## 6.1 Zrakové postižení

Více než 80 % informací vstupujících do lidského mozku jsou informace vizuální [82]. Vědecké studie již v roce 1957 ukázaly, že pokud jsou lidské oči otevřené, vize člověka představuje dvě třetiny elektrické aktivity mozku – tzn. až dvě miliardy ze tří miliard impulzů za sekundu [83].

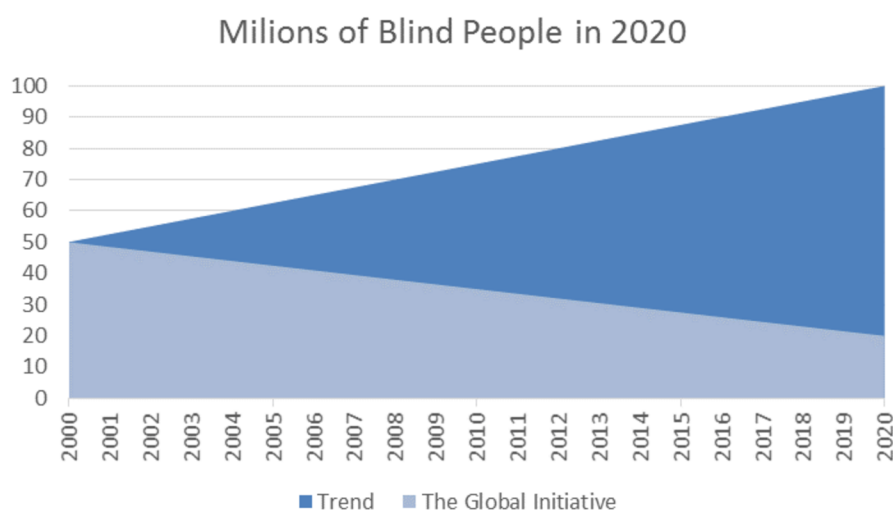
V roce 2019 na světě žije podle odhadů více než 1,3 miliardy osob se zrakovým postižením. Přes 800 milionů osob trpí vetchozrakostí, více než 180 milionů osob má problémy s krátkozrakostí, 220 milionů osob má mírné až střední poškození zraku a přibližně 36 milionů osob je nevidomých. Tito lidé obvykle potřebují odbornou nebo sociální podporu. Těžké zrakové postižení způsobuje obrovské utrpení postiženým osobám ale i jejich rodinám. Toto postižení dále představuje pro veřejnost zdravotní, sociální a ekonomický problém pro země, zejména rozvojové, kde žije až 90 % nevidomých z celého světa. Dle odhadů přibližně 60 % z nich žije v subsaharské Africe, Číně a Indii [84].

Přibližně 50 % zrakově postižených trpí šedým zákallem. Většina zbývajících osob trpí zrakovým postižením z důvodů, mezi které patří mimo jiné glaukom, trachom, diabetes,

onchocerciáza (také známá jako říční slepota) a různé druhy dětské slepoty. Mezinárodní klasifikace zrakového postižení je rozdělena do pěti kategorií [84]:

- **Střední slabozrakost** – Zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 6/18 – minimum rovné nebo lepší než 6/60.
- **Silná slabozrakost** – Zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 6/60 – minimum rovné nebo lepší než 3/60.
- **Těžce slabý zrak** – Zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí: maximum menší než 3/60 – minimum rovné nebo lepší než 1/60. Koncentrické zúžení zorného pole obou očí pod 20 stupňů, nebo jediného funkčně zdatného oka pod 45 stupňů.
- **Praktická nevidomost** – Zraková ostrost s nejlepší možnou korekcí 1/60, 1/50 až světlocit nebo omezení zorného pole do 5 stupňů kolem centrální fixace, i když centrální ostrost není postižena.
- **Úplná nevidomost** – Ztráta zraku zahrnující stavy od naprosté ztráty světlocitu až po zachování světlocitu s chybnou světelnou projekcí, kategorie zrakového postižení 5.

Navzdory půlstoletému úsilí, které začíná organizovanými činnostmi v oblasti kontroly trachomatu, se celosvětové zatížení zrakového postižení zvětšuje kvůli populačnímu růstu a stárnutí populace [85]. Celosvětový trend podpořený vypočtenou predikcí nevidomých v roce 2020 provedla WHO (World Health Organization).



Obrázek 13: Trend počtu nevidomých lidí na světě od roku 2000 [85]

Na základě údajů z Výběrového šetření zdravotně postižených osob, které provedl v roce 2013 Český statistický úřad, bylo v České republice přibližně 65 tisíc osob s těžkým zrakovým postižením (6 % z přibližně 1,1 miliónu osob se zdravotním postižením v ČR) [86].

### **6.1.1 Každodenní problémy**

Nevidomá osoba nebo osoba s těžkým zrakovým postižením se každodenně zabývá navigací, orientací a dalšími problémy s rozpoznáváním objektů či textu. Tyto problémy lze řešit učením se nebo použitím speciálního vybavení (např. slepecká hůl apod.), zejména v omezeném prostoru, například v bytě nebo v domě. Zrakově postižený člověk v terénu má větší problémy s navigací a orientací v hlučném prostředí, mezi mnoha lidmi, automobily, za horšího větrného nebo deštivého počasí. Takovou situaci někdy není možné řešit jinak než s pomocí sociálního asistenta. Venkovní navigace je jistě nejdůležitějším problémem, se kterým se každý den setkávají zrakově postižení lidé.

Největší psychickou zátěž přináší náhlá ztráta zraku u dospělého člověka, který se musí většinu činností učit jiným způsobem, než tomu bylo doposud – s využitím ostatních smyslů a kompenzačních pomůcek. Zde velmi záleží na osobnosti takto postiženého člověka, jak se dokáže s danou situací vypořádat, a zároveň na podpoře jeho okolí. Někteří takto postižení lidé jsou schopni za nějaký čas opět klasicky fungovat. Je nutné připomenout, že výše uvedené informace jsou pouze orientační a pro lepší představu konkrétní situace. Zrakově postižení lidé jsou různí a budou vést své životy různým způsobem. Často se stane, že dva lidé se stejným stupněm zrakové vady budou zvládat odlišné činnosti; první může být zcela samostatný s využitím kompenzačních pomůcek, zatímco druhý může být více či méně odkázán na pomoc druhých.

### **6.1.2 Asistivní technologie**

Lidé se zbytky zraku používají v každodenním životě jednak zrak a zároveň ostatní smysly (hmat, sluch, čich, příp. chuť). Tyto smysly jsou označovány jako smysly kompenzační, protože jimi zrakově postižení kompenzují právě nedostatek zraku. I u osob se zbytky zraku budou uplatněna některá opatření stejně jako u slabozrakých (více světla, kontrast, zvětšení). Takoví lidé mohou rovněž používat některé optické pomůcky pro práci s textem. Často však preferují pomůcky elektronické – počítače a zápisníky s hlasovým výstupem, pomocí nichž si mohou i číst dokumenty a knihy, které si oskenují nebo je získají v knihovnách pro zrakově postižené. Pro prostorovou orientaci používají obvykle bílou hůl

či vodícího psa. Pro označování předmětů používají buď zvětšené písmo, častěji však různé hmatové prvky (např. značky s Braillovým písmem). V současné době je k dispozici řada pomůcek s hlasovým výstupem, které mohou být užitečnými pomocníky např. v domácnosti (mluvící váha, mluvící minutka). Někteří lidé ze skupiny zrakově postižených jsou schopni rozeznat pouze barvy nebo dokonce jen rozeznávají světlo a tmou. I to jim však může značně pomoci při orientaci v prostoru (např. dokážou rozeznat, kde je v místnosti okno /světlo/ a orientují se podle něj).

Lidé nevidomí používají pouze kompenzační smysly – především hmat a sluch. Pohybují se také s bílou holí či vodícím psem. Na neznámé trasy se obvykle vydávají s asistentem. Nezbytnými pomocníky mnoha nevidomých jsou počítače s hlasovým výstupem. Někteří upřednostňují výstup hmatový – k počítači se připojí zvláštní zařízení (Braillovský řádek), na němž se zobrazuje text napsaný na obrazovce v Braillově písmu. Tuto pomůcku ocení zejména ti zrakově postižení, kteří potřebují pracovat s texty. V domácnosti používají nevidomí lidé rozmanité mluvící a hmatové pomůcky (např. indikátor barev, který jim sdělí, jakou barvu má předmět, jehož se tímto přístrojem dotknou). Pro označování předmětů obvykle používají různé hmatové prvky. Aby mohli dobře zvládat každodenní činnosti, je nutné, aby každá věc v jejich domácnosti měla své místo. V současné době však velká část nevidomých preferuje práci s dokumenty a knihami v elektronické podobě či ve zvukové formě [87].

## 6.2 Sluchové postižení

Publikací a dat obsahujících údaje o počtu zdravotně postižených vyšlo několik, avšak validita uváděných informací je v mnoha případech pochybná. V roce 1992 byla publikována zpráva pro vládu ČR o situaci zdravotně postižených osob. Ve zprávě bylo uvedeno přibližně 300 tisíc (3 % obyvatel) sluchově postižených [88]. V roce 1998 publikoval Hrubý J. článek, kde uvádí 500 tisíc (5 % obyvatel) sluchově postižených [89]. Hrubý J. publikoval i článek v roce 2008, kde uvádí přibližný odhad až 1 milion (10 % obyvatel) sluchově postižených osob [90]. Veškeré odhady jsou přibližné, avšak blíží se skutečnosti. Největší výskyt postižení sluchu je především u starších osob. Sluchovému postižení je tedy nutné věnovat velkou pozornost.

Statistika WHO uvádí, že více než 5 % světové populace – tedy přes 466 milionů osob – trpí sluchovými problémy (432 milionů dospělých a 34 milionů dětí). Ztrátu sluchu obecně



definuje WHO jako ztrátu větší než 40 dB v lepším uchu u dospělého (15 let a starší) a větší než 30 dB v lepším uchu u dětí (0 až 14 let). WHO také klasifikovala stupně ztráty sluchu pomocí audiometrických prahových hodnot 500, 1000, 2000 a 4000 Hz, ty jsou následující:

- **Normální sluch** (0-25 dB),
- **mírná sluchová ztráta** (26-40 dB),
- **střední porucha sluchu** (41-60 dB),
- **těžká porucha sluchu** (61-80 dB) a
- **hluboká porucha sluchu** (81 dB a více).

Japonská studie oproti tomu uvádí, že člověk je považován za hypoakustického, pokud má ztráta sluchu vliv na komunikaci a pokud dojde ke ztrátě více než 25 dB [91]. Mezi další důležité poznatky patří tvrzení, že v mnoha případech si jsou rodina a přátelé více vědomi problému než člověk sám [92]. Neslyšící lidé mají většinou hlubokou sluchovou ztrátu, což zároveň vede k velmi malé nebo téměř žádné řečové komunikaci. Takoví lidé často používají pro komunikaci znakový jazyk [93].

Většina osob s poruchou sluchu žije v zemích s nízkým a středním příjmem. Pokud jde o starší osoby, přibližně třetina osob starších 65 let je postižena ztrátou sluchu. Prevalence v této věkové skupině je největší v jižní Asii, v asijském Pacifiku a v subsaharské Africe.

### **6.2.1 Každodenní problémy**

Lidé se sluchovým postižením nemohou žít standardním způsobem kvůli jejich problémům a komunikačním bariérám. Mnoho denních problémů musí být vyřešeno zcela jiným způsobem. Sluchová porucha může být kompenzována různými pomůckami, které lidem pomáhají ve velkém rozsahu komunikovat. Ne všichni však chtějí takové pomůcky používat kvůli svým pocitům a tomu, že ostatním ukazují, že jsou nějakým způsobem postiženi sluchovou poruchou. Starší lidé neuznávají ztrátu sluchu v době, kdy si často myslí, že jejich rodinní příslušníci (nebo jiní lidé, kteří je obklopují) šeptají nebo je pomlouvají za zády. Tito lidé jsou emocionálně více frustrovaní nebo stresovaní, protože nemohou rozpoznat ztrátu sluchu a cítí se izolovaní od společnosti [94].

Protože někteří lidé se sluchovým postižením slyší alespoň sluchové útržky, mohou je používat a následně k tomu využívají různé kompenzační pomůcky. Tato skupina osob se

sluchovým postižením je však značně rozporuplná, protože množství ztráty sluchu se může výrazně lišit od osoby k osobě. Jeden člověk s poruchou sluchu může mluvené slovo porozumět i v rušném prostředí, jiný člověk s malým okolním šumem v životním prostředí vůbec ničemu nerozumí. Osoby se sluchovým postižením často používají papír nebo chytrý mobilní telefon k navázání komunikačního toku [95]. Kromě toho je komunikace obzvláště důležitá kvůli možným bariérám, vyloučení a izolaci. Skutečnost, že mnoho neslyšících potřebuje podporu s komunikací, s přístupem k informacím a mobilitou, vyvolává riziko, že jiní lidé s nejlepšími záměry mohou působit nepříjemně a omezit kontrolu, kterou postižení lidé mají nad svým vlastním životem [96].

Fyzické a psychické dopady sluchového postižení jsou zcela odlišné pro každého jednotlivce. Sluchově postižení lidé, kteří jsou bez sluchu od narození, mají jiné problémy než starší lidé, kteří se v poslední fázi svého života potýkají se ztrátou sluchu. Tito starší lidé strávili celý život bez sluchových problémů, takže ztráta sluchu může být mnohem více stresující. Kvůli tomu musí člověk změnit svůj každodenní život. Kvůli poruchám sluchu není konkrétní osoba schopna plně porozumět zvukům řeči a slyšet např. další zvuky z okolí [97].

### **6.2.2 Asistivní technologie**

Aktuální technologie jsou schopné nabídnout pomoc sluchově postiženým lidem komunikovat se svým okolním světem. Za mnoho let se vytvořilo několik druhů pomocných asistivních technologií.

Systémy pro upozornění pracují především se světly nebo vibracemi, pro upozornění uživatele na nějakou událost v jejich okolí [98]. Tyto systémy mohou být napojeny např. na přicházející hovor, alarm, zvonek, čidla požáru, detekce pohybu [99].

Zatímco systémy pro upozornění poskytují svým nositelům jasné signály, naslouchací zařízení slouží k tomu, aby pomohly lidem se ztrátou sluchu fyzicky slyšet zvuky v jejich okolí. Zařízení se snaží snížit okolní hluk, a naopak zesílit důležité zvuky, které pak vysílají do ušního přijímače [100]. Toho je dosaženo použitím přijímače, který shromažďuje informace z jiných vstupů a před přenosem odfiltruje hluk. Zařízení mohou být také spojena s chirurgickými implantáty, aby se zvýšila kvalita výstupu [101].

Další zajímavá technologie, která má významné uplatnění při pomoci sluchově postiženým, je kochleární implantát. Implantát je chirurgicky zaveden pro zlepšení

schopnosti zpracování řeči. Eliminuje zvuky pozadí a zvyšuje přesnost přenosu jiných zvuků pro osoby, které jsou částečně sluchově postižení. Přestože jsou implantáty často kritizovány, nabízejí postiženým lidem příležitost komunikovat se světem na osobnější úrovni [102].

Neslyšící lidé mohou také používat tzv. popisovací systémy, které doplňují vizuální reprezentace pomocných zařízení. Popisovací systémy jsou přímo propojeny s médii, které pomáhají transformovat text na mluvenou řeč či naopak. Takové systémy mohou být použity k podpoře vizuálních reprezentací, jako je znaková řeč, a významně zlepšují schopnost uživatele pochopit přenášené informace.

Moderní technologie mají za cíl zvětšit přínos aktuálně používaných technik. Jedná se o zlepšení srozumitelnosti, mobility, zvýšení přesnosti přijatých informací a rozšíření funkčnosti použitých zařízení. V tomto kontextu odvětví se věnuje větší pozornost inovacím, které mění standardní přístup. Jedná se např. o použití kognitivních výpočetních systémů, které zvyšují efektivitu prostřednictvím strojového učení a přesných simulačních metod lidského myšlení. Takové možnosti mohou zlepšit schopnost projevu např. prostřednictvím mobilních zařízení.

## **7 Představení aplikovaných technologií**

Na základě autorova výzkumu a rešerše v kapitole 4 byly vybrány technologie, které pokrývají velkou základnu uživatelů a jsou jednoduše dostupné. Stěžejní je operační systém. Předchozí analýza ukázala, že nejrozšířenější je operační systém Android. Zároveň je autorem označen jako operační systém, který je možné přizpůsobit vlastním potřebám pro různé platformy a uživatelskému rozhraní.

### **7.1 Operační systém Android**

Operační systém Android je software typu open-source postavený na linuxovém jádru. Z předchozí statistiky je evidentní, že je to nejrozšířenější mobilní operační systém dnešní doby. V době zpracování disertační práce je poslední verzí operačního systému Android 12, který byl vydán v září 2021. Android 12 nabízí několik nových funkcí a vylepšení oproti svým předchůdcům. Mezi nejzajímavější inovace patří například "Material You" - nový designový jazyk, který umožňuje uživatelům snadno přizpůsobit si vzhled svého zařízení podle svých představ, vylepšený systém upozornění, který umožňuje uživatelům rychleji a snadněji reagovat na notifikace, nový způsob práce s oprávněními aplikací, který umožňuje uživatelům mít větší kontrolu nad tím, jak aplikace používají jejich data a mnoho dalšího. Android 12 přináší řadu vylepšení a novinek, které přispívají k lepšímu uživatelskému zážitku a většímu komfortu při používání mobilních zařízení [103].

Za vývojem operačního systému stojí uskupení OHA (Open Handset Alliance), což je konsorcium výrobců mobilních telefonů a telekomunikačních operátů, např. Google, Samsung, HTC, Dell, LG, Intel a další [104].

#### **7.1.1 Funkcionální principy**

Operační systém Android je navržen tak, aby poskytoval uživatelskou přívětivost a zároveň aby byl pro své uživatele bezpečný, spolehlivý a stabilní. Následující funkcionální principy jsou klíčové pro dosažení těchto cílů:

##### **Intuitivní uživatelské rozhraní**

Operační systém Android má uživatelské rozhraní, které je snadno ovladatelné a intuitivní. Uživatelé mohou snadno ovládat svá zařízení pomocí dotykového displeje a přizpůsobit si svůj pracovní prostor pomocí různých widgetů a aplikací.

## **Otevřenost platformy**

Jedním z klíčových principů operačního systému Android je otevřenost této platformy. To znamená, že vývojáři mohou snadno vytvářet mobilní aplikace pro tento operační systém a mohou také přispívat k vývoji a zlepšování samotného operačního systému. Toto přispívání může být provedeno prostřednictvím komunitních fór nebo prostřednictvím open source projektů.

## **Zabezpečení systému**

Bezpečnost systému je velmi důležitá pro operační systém Android. Tento operační systém má vestavěná opatření, jako jsou například sandboxing, oprávnění aplikací, šifrování dat a další. Tato opatření pomáhají chránit uživatele před hrozbami, jako jsou například malware, phishing a další.

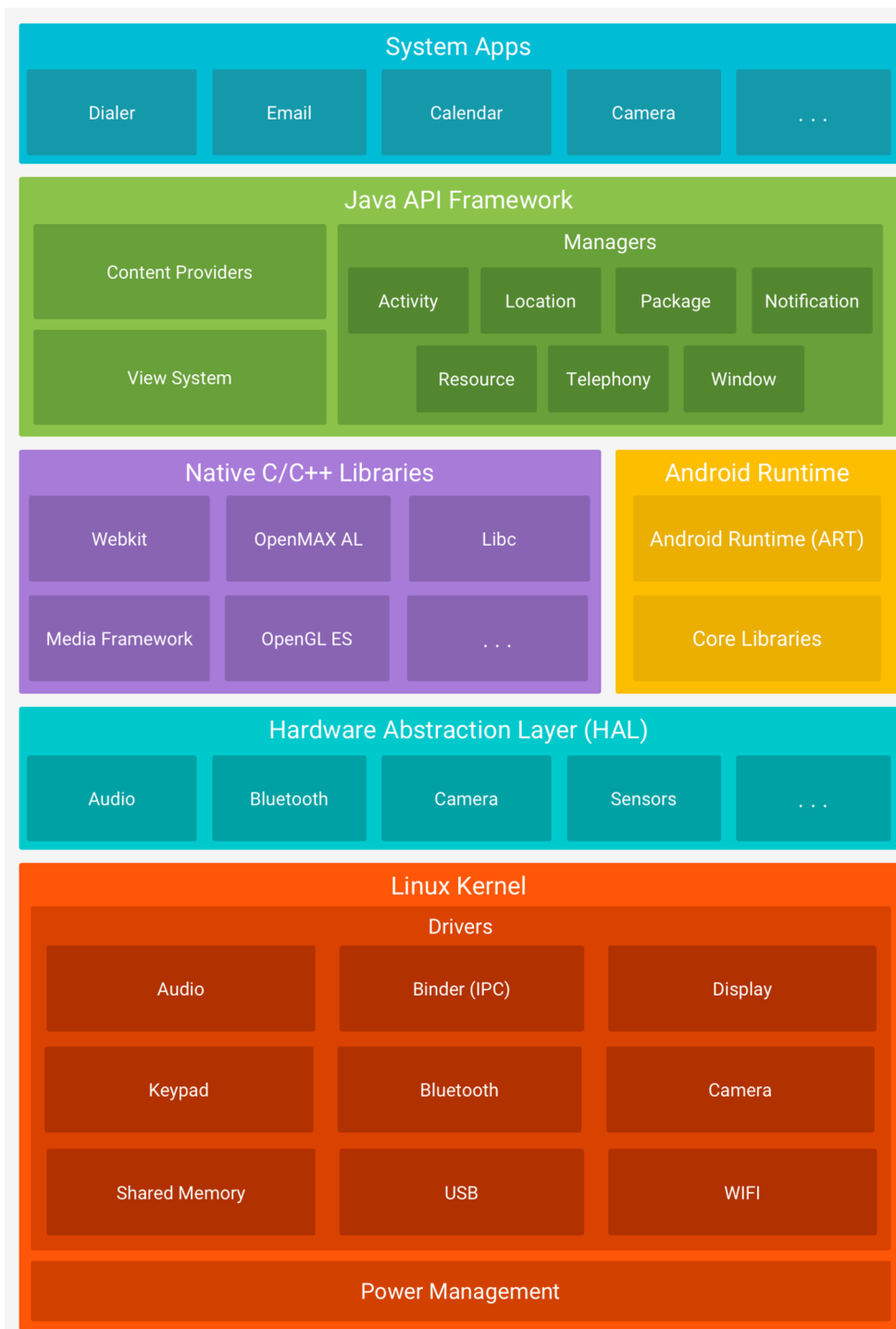
## **Aktualizace a podpora**

Poskytování aktualizací a podpory je důležité pro zajištění stability a bezpečnosti systému. Operační systém Android obsahuje systém automatických aktualizací, který umožňuje uživatelům snadno aktualizovat svůj systém na nejnovější verzi. Také zde existuje podpora pro různé vývojářské nástroje a komunitní fóra, které umožňují uživatelům najít řešení problémů a získat pomoc od ostatních uživatelů či vývojářů.

### **7.1.2 Architektura**

Architektura operačního systému Android je rozdělena do celkem šesti vrstev. Každá vrstva má na starost různé operace a vystupuje samostatně. Takovou architekturu je možné využívat pro širokou škálu zařízení jako jsou mobilní telefony, tablety, televize, systémy v automobilech nebo dalších mobilní zařízení jako chytré náramky, hodinky nebo brýle [105].

V praxi dochází ke spolupráci jednotlivých částí, a proto vrstvy nejsou mezi sebou striktně odděleny. Každá vrstva obsahuje specifické knihovny a třídy. Kvůli potřebné znalosti všech vrstev pro vývoj Android aplikací je nutné alespoň v několika větech každou z nich představit.



Obrázek 14: Architektura operačního systému Android [106]

### Linux Kernel

Základem operačního systému Android je na míru upravené linuxové jádro. Jádro tvoří abstraktní vrstvu mezi softwarem ve vyšších vrstvách a používaným hardwarem. Úpravy představují vypuštění funkcí, které by mobilní zařízení nevyužilo a přizpůsobení těch možností, které jsou pro mobilní zařízení naopak potřebné. Mezi hlavní možnosti vrstvy je

možné zařadit správu paměti, sítí, procesů, napájení nebo zabudované ovladače. Důvodem použití linuxového jádra byla také možnost snadného sestavení na mnoha různých zařízeních a tím i zaručená přenositelnost.

Vývojáři standardních Android aplikací se do přímého styku s jádrem nedostanou. Přímý kontakt s hardwarem mobilního zařízení má na starost právě linuxové jádro.

### **Hardware Abstraction Layer (HAL)**

Hardwarová abstrakční vrstva (HAL) nabízí rozhraní pro hardwarové možnosti zařízení. Vrstva HAL se skládá z více modulů, z nichž každý implementuje rozhraní pro konkrétní typ hardwarové komponenty, jako je například fotoaparát, senzory, Bluetooth a další. V případě, že API vyvolá přístup k hardwaru, operační systém Android načte knihovní modul pro danou hardwarovou komponentu.

### **Android Runtime**

Vrstva Android Runtime obsahuje aplikační virtuální stroj DVM (Dalvik Virtual Machine), který je analogií JVM (Java Virtual Machine) pro klasické osobní počítače. Vznik nového virtuálního stroje bylo nutné uskutečnit kvůli licenčním právům JVM a především kvůli úspoře energie a optimalizaci potřebného výkonu mobilního zařízení.

V této vrstvě jsou zároveň zahrnuty základní knihovny jazyka Java. Ty se blíží svým obsahem platformě Java SE, avšak nejsou přítomny knihovny pro uživatelské rozhraní Swing a AWT, ale vlastní knihovny Android. Přibyly také knihovny Apache pro práci se sítí. Každá spuštěná aplikace pracuje na vlastní instanci DVM.

### **Native C/C++ Libraries**

Vrstva knihoven, které umožňují přístup aplikacím k různým komponentám operačního systému. Jedná se o nativní knihovny napsané v jazycích C a C++. Funkce těchto knihoven jsou vývojářům poskytovány prostřednictvím Android Application Framework. Knihovny nabízejí jednoduchou spolupráci s např. OpenGL, Webkit, SQLite nebo Surface Manager.

### **Java API Framework**

Pro vývojáře Android aplikací je tato vrstva nejdůležitější. Aplikační rámec dovoluje vývojářům ve svých aplikacích přistupovat k různým službám, které jim umožní např. pracovat s prvky graficko-uživatelského rozhraní, používat možnosti hardwaru, nastavovat alarmy nebo spouštět další aplikace na pozadí.

## **System Apps**

Nejvyšší vrstvou architektury operačního systému Android jsou již samotné aplikace. Systémové aplikace jsou předinstalované vývojáři operačního systému nebo výrobcem zařízení. Tyto aplikace jsou využívány již samotnými uživateli konkrétního chytrého zařízení. Jedná se o aplikace, které byly vyvinuty různými vývojáři nebo byly nainstalovány již při zakoupení mobilního zařízení.

### **7.1.3 Verze operačního systému**

Operační systém Android od vydání své první oficiální verze 1.0 prošel řadou změn. Většina vývojářů a uživatelů OS Android žije v domněnku, že společnost Google navrhla OS Android. To však není pravda. V říjnu roku 2003 byla založena společnost Android Inc., a o dva roky později, v srpnu roku 2005 byla odkoupena společností Google.

Cíl uskupení OHA představoval vyvinout standard pro mobilní zařízení. Toto uskupení v USA v září roku 2008 zveřejnilo první chytrý telefon HTC Dream, známý též jako T-Mobile G1, s operačním systémem Android 1.0. V únoru roku 2009 přišla na trh verze Android 1.1, která však nepřinesla žádné zásadní změny. První velký zvrat přinesl Android 1.5 Cupcake. Od této verze nese operační systém mimo číselného označení i kódové, které představuje název amerického zákusku [107].

O velmi progresivním vývoji OS Android svědčí především krátké období mezi jednotlivými verzemi, kdy každá verze přináší vždy něco zajímavého a užitečného.

### **7.1.4 Bezpečnost**

Operační systém Android převzal základní mechanismy zabezpečení z operačního systému Linux, na kterém je postaven. OS Android představuje otevřenou platformu, která má kvalitní bezpečnost i přesně definovanou bezpečnostní politiku.

Každá aplikace musí mít nastavená všechna oprávnění, která chce pro svůj plnohodnotný běh využívat. Aplikace tak nemohou přistupovat k některým službám a údajům, pokud k tomu nemají schválená oprávnění. Vývojář musí veškerá oprávnění definovat v souboru AndroidManifest.xml [108]. Uživatel si pak při instalaci jednoduše přečte všechna oprávnění, která po něm aplikace požaduje a musí je povolit [109]. Teprve potom může aplikace přistupovat např. ke kontaktům, textovým zprávám nebo k internetu.



### 7.1.5 Nástroje pro vývoj

Vývoj Android aplikací je možný na standardních desktopových operačních systémech (Windows, Mac OS, Linux). Tvorba mobilních aplikací pro OS Android je doporučena provádět v prostředí Android Studio. Toto vývojové prostředí je založené na IntelliJ IDEA a vyvíjené přímo společností Google. Ve vývojovém prostředí jsou integrovány všechny nástroje pro vývoj včetně ADT (Android Development Tools) pluginu. Velkou výhodou je možnost grafického návrhu uživatelského rozhraní. To lze vytvářet v grafickém režimu nebo pomocí klasického psaní XML kódu. Designer v Android Studio má ovšem výhodu automatického zpracování změn vzhledu a zobrazení na připraveném orientačním zařízení.

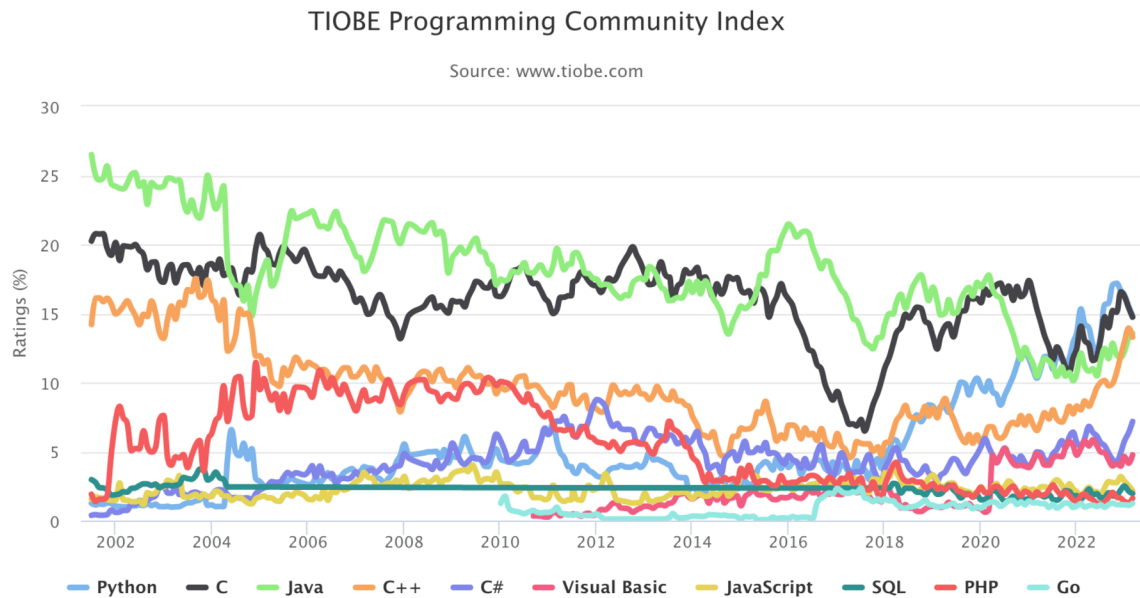
Android Studio nabízí průvodce pro vytváření standardních grafických prvků. Grafický návrh designu aktivit je velkým přínosem oproti dříve používanému nástroji Eclipse IDE. Vývojář při práci na grafickém návrhu většinou získá právě to, co od nástroje pro vývoj očekával.

Instalace vývojového prostředí Android Studio je jednoduchá. Není nutné přidávat žádný doplněk nebo složitě konfigurovat nastavení. Neodmyslitelnou pomůckou pro vývoj aplikací Android je emulátor. I pokud má vývojář k dispozici velké množství mobilních zařízení, rozhodně je tato pomůcka velmi užitečná. Díky ní je možné testovat aplikaci na více verzích OS Android a na obrazovkách v mnoha rozlišeních. Pomocí služby AVD (Android Virtual Devices) je možné vytvářet a spravovat emulátory. V nastavení emulátoru je k dispozici několik připravených zařízení. Pokud ovšem vývojář potřebuje konkrétní typ, je možné si detailně emulátor nastavit. Při testování aplikace je jednoduše možné zvolit emulátor, na kterém se aplikace spustí.

Vývoj nativních Android aplikací je možné prostřednictvím programovacího jazyka Java nebo jazyka Kotlin, který byl 17. května 2017 označen společností Google jako oficiálně podporovaný programovací jazyk pro vývoj Android aplikací [110].

#### Java

Programovací jazyk Java je vysokoúrovňový objektově orientovaný programovací jazyk pracující nad JVM (Java Virtual Machine). Jazyk je celosvětově používaný a již několik let je jedním z nejpoužívanějších programovacích jazyků [111].



Obrázek 15: Oblíbenost programovacích jazyků od roku 2002 [111]

## Kotlin

Kotlin je staticky typovaný programovací jazyk používaný pro JVM, Android a JavaScript. Je vyvíjen společností JetBrains jako open-source projekt od roku 2010. Jazyk Kotlin klade důraz především na [112]:

- **interoperabilitu** – je možné nadále využívat knihovny napsané v jazyku Java a je samozřejmostí v rámci jednoho projektu používat kombinaci jazyků jako například Java a Kotlin nebo JavaScript a Kotlin,
- **bezpečnost** – Kotlin je tzv. „null safe“ jazyk, což znamená, že pracuje s možnými null situacemi v době kompilace, aby bylo zabráněno výjimkám za běhu aplikace,
- **jednoduchost** – zápis zdrojového kódu je mnohem stručnější než u jazyku Java, díky využití mnoha konceptů z funkcionálního programování,
- **rozšíření** – Kotlin umožňuje vytvářet rozšíření stávajících tříd pro přidání nové funkcionality i bez přístupu k daným zdrojovým kódům.

### 7.1.6 Publikování aplikací

Abyste vývojáři mobilních aplikací mohli publikovat aplikace mezi ostatní uživatele mobilních zařízení, je nutné zvolit možnost, jakým způsobem bude aplikace dostupná. Nejnavštěvovanější obchod s aplikacemi pro OS Android je Google Play. Tento obchod umožňuje uživatelům vyhledat a používat vytvořené aplikace. Nejedná se ovšem o výhradní

distribuci vytvořených aplikací. Pokud však je zvolen tento způsob, je nutné, aby aplikace splňovala všechna pravidla, která Google Play definuje.

Vývojář mobilních aplikací, který má v plánu publikovat aplikaci na Google Play, je povinen se zde zaregistrovat jako vývojář. Poplatek za takovou registraci je 25 USD. Aplikaci je možné šířit zcela zdarma nebo za vývojářem stanovenou cenu. Google Play poté za každé stažení placené aplikace získává 30 % stanovené ceny.

Ve vývojovém prostředí je nutné vytvořit soubor aplikace s příponou APK, který se na Google Play pod vývojářským účtem nahraje. Při exportování je zároveň nutné vytvořit nebo použít již vytvořený klíč. Ten slouží pro kontrolu a identifikaci aplikace. Aplikace i její záznam v obchodě po nahrání podstoupí několik kontrol a ověření. Tyto kontroly by měly odhalit, zda aplikace splňuje veškeré definované požadavky nebo není nějakým způsobem nebezpečná. Pokud aplikace kontrolou neprojde, vývojář dostane k dispozici seznam požadavků, které aplikace nesplňuje.

### **Alternativní možnosti publikování aplikací**

Existuje několik způsobů, jak publikovat aplikace pro chytrá mobilní zařízení jinak než jen na Google Play Store, který je největším a nejznámějším obchodem s aplikacemi pro zařízení s operačním systémem Android. Tyto alternativní způsoby publikace aplikací mohou být užitečné pro vývojáře, kteří chtějí získat větší kontrolu nad distribucí svých aplikací a dosáhnout určitého publika.

Jedním z alternativních způsobů publikace aplikací pro Android je tzv. "sideloading", což znamená instalaci aplikací z externích zdrojů. Tento způsob je však doporučován pouze pokročilým uživatelům, protože může být riskantní a může vést k instalaci škodlivého softwaru. Uživatelé musí povolit instalaci aplikací z externích zdrojů a následně stáhnout instalační soubor aplikace z webové stránky nebo z jiného zdroje. Tento způsob publikace aplikací se však nedoporučuje pro běžné uživatele.

Dalším způsobem publikace aplikací je využití alternativních obchodů s aplikacemi, jednou z možností je Amazon Appstore. Tento obchod s aplikacemi je k dispozici pro uživatele po celém světě a může být vhodným místem pro vývojáře, kteří chtějí publikovat své aplikace pro širší publikum. Existuje řada dalších alternativních obchodů s aplikacemi, jako jsou například F-Droid, GetJar nebo APKMirror.

Vývojáři také mohou publikovat své aplikace přímo na webových stránkách nebo pomocí cloudových služeb, jako je například Dropbox nebo Google Drive. Tyto služby umožňují uživatelům stáhnout a nainstalovat aplikace na svá zařízení bez nutnosti stahovat aplikaci z obchodu s aplikacemi. Tento způsob publikace aplikací však může být omezen funkcemi a možnostmi, které jsou k dispozici pouze v obchodech s aplikacemi.

Tyto alternativní způsoby mohou být užitečné pro vývojáře, kteří chtějí získat větší kontrolu nad distribucí svých aplikací, ale zároveň mohou mít omezení v možnostech vydělávání, podpoře uživatelů a přístupu k analytickým datům.

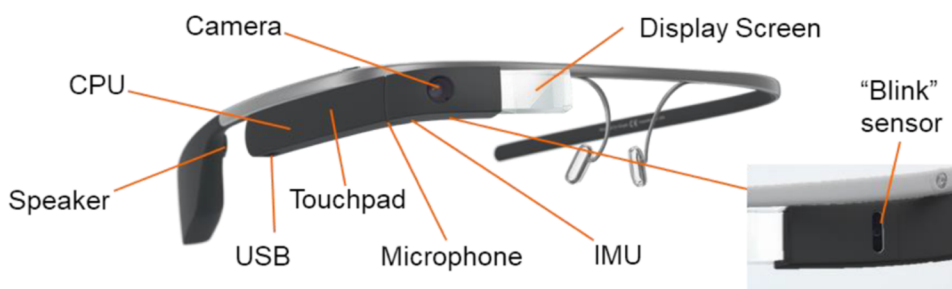
Vývojáři, kteří se rozhodnou publikovat své aplikace mimo Google Play Store, by měli mít na paměti, že mohou přijít o řadu výhod, jako jsou například lepší možnosti monetizace, podpora uživatelů a přístup k analytickým datům. Je také důležité, aby vývojáři věnovali zvýšenou pozornost zabezpečení svých aplikací, pokud se rozhodnou publikovat své aplikace jinak než na Google Play Store. Je důležité zajistit, aby aplikace byly bezpečné a chránily uživatele před škodlivým softwarem.

## 7.2 Chytré brýle Google Glass

Chytré brýle Google Glass umožňují rozšířit realitu o obrazovou informaci a zároveň o zvukový vjem. Ovládání zařízení Google Glass je založeno především na hlasových pokynech a dotykovém touchpadu, který je umístěn na pravé straně zařízení.

V květnu roku 2012 ji představila společnost Google project Glass jako nositelnou mobilní technologii s náhlavním displejem. Další rok v květnu 2013 začala být tato technologie dostupná v prodeji v omezené edici. Projekt Glass prošel celkem čtyřmi generacemi vývoje.

- **První generace** – první verze se soustředila především na práci s kamerou.
- **Druhá generace** – zvaná jako Enterprise Edition, získala nový procesor Intel, oproti původnímu Texas Instruments.
- **Třetí generace** – získala dvounásobnou operační paměť, z původních 1 GB na 2 GB a zároveň se snížila energetická náročnost o 20 %.
- **Čtvrtá generace** – nabízí mnoho aktualizací, a především lepší práci s rozšířenou realitou.



**Obrázek 16: Zařízení Google Glass [113]**

Autoři [114] dospěli k závěru, že čtvrtá a generace zařízení Google Glass se stala zařízením, které je velmi přínosné pro vývoj podobných technologií. Google Glass změnilo přístup mobilních zařízení a efektivně využilo potenciál brýlí a ovládání hlasem. Další autoři [115] shrnuli výhody zařízení Google Glass do sedmi následujících bodů:

1. Velmi jednoduché použití a ovládání.
2. Použitelná technologie pro různé kategorie uživatelů.
3. Rychlý přístup k dokumentům, obrázkům, videím nebo mapám.
4. Mnoho použití: navigace, komunikace, sociální sítě, pomocné aplikace.
5. Možnost efektivního ovládání hlasem.
6. Připojení k mobilnímu zařízení pomocí Bluetooth nebo Wi-Fi.
7. Inovativní a nevšední zařízení pro výzkumné záměry.

Vybrané zařízení Google Glass disponuje dostatečným výkonem, který shrnuje následující tabulka.

**Tabulka 4: Specifikace zařízení Google Glass [autor]**

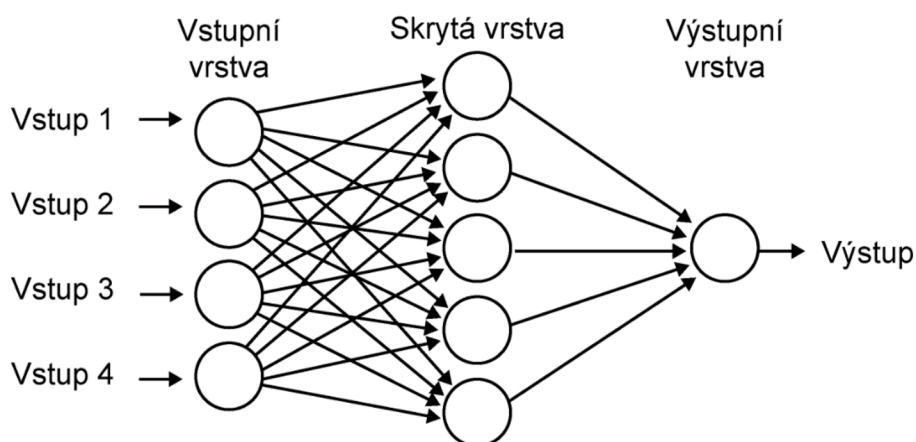
<b>Procesor</b>	OMAP 4430 SoC
<b>Operační Paměť</b>	2 GB RAM
<b>Projekce</b>	Mini-projektor, který používá poloprůhledný hranol, 640 x 360 pixelů (ekvivalent 25 "plátna ze vzdálenosti 8 stop).
<b>Úložiště</b>	16 GB Flash celkem (12 GB použitelné paměti)
<b>Operační Systém</b>	Android OS, ver. 4.0.4. (API 19)
<b>Konektivita</b>	Wi-Fi 802.11 b/g & Bluetooth
<b>Senzory</b>	Gyroskop, akcelerometr a magnetometr (kompas), snímání okolního světla / okolí a senzor přiblížení
<b>Distribuce</b>	1. Pro vývojáře (USA): únor 2013 2. Pro spotřebitele: 2014

### 7.3 Umělé neuronové sítě

Umělá neuronová síť je jeden z výpočetních modelů používaných v umělé inteligenci. Jejím vzorem je chování odpovídajících biologických struktur. Tyto sítě jsou složeny ze vzájemně propojených neuronů. Každý neuron je definovaný funkcí, která kombinuje vektor vstupů ze vstupních neuronů do jednoho výstupu. Každý neuron má obvykle u každého vstupu přiřazenu skalární váhu, která definuje sílu propojení se vstupním neuronem. Výstup neuronu je pak vypočítán jako skalární součin vektoru vstupů a vektoru vah, na který je aplikována nelineární aktivační funkce:

$$n = a(\vec{w}_n \cdot \vec{z})$$

kde  $n$  je výstup neuronu,  $a$  je aktivační funkce,  $\vec{w}_n$  vektor vah a  $\vec{z}$  vektor vstupů.



Obrázek 17: Ukázka umělé neuronové sítě [116]

Výzkum umělých neuronových sítí započal již ve 40. letech 20. století. Umělou neuronovou síť je možné si představit jako datovou strukturu, která je schopna reagovat na předem neznámé vstupy. Cílem učení neuronové sítě je nastavit síť tak, aby vracela co nejpřesnější výsledky. V biologických sítích jsou zkušenosti uloženy v dendritech. V umělých neuronových sítích jsou zkušenosti uloženy v jejich matematickém ekvivalentu (váhách). Učení neuronové sítě se rozlišuje na učení s učitelem a učení bez učitele [117].

- **Učení s učitelem** – Podobně jako v biologických sítích je zde využita zpětná vazba. Neuronové síti je předložen vzor. Na základě aktuálního nastavení je zjištěn aktuální výsledek. Ten je porovnán s vyžadovaným výsledkem a určí chybu. Poté je spočtena nutná korekce a upravena hodnota vah, aby se snížila hodnota chyby. Toto se opakuje až do dosažení stanovené minimální chyby. Poté je síť adaptována.

- **Učení bez učitele** – Při učení bez učitele není vyhodnocován výstup. Síť dostává na vstup sadu vzorů, které si sama třídí. Buď si vzory třídí do skupin a reaguje na typického zástupce, nebo si přizpůsobí topologii vlastnostem vstupu.

V posledních desetiletích vzniká celá řada dalších algoritmů na učení neuronových sítí – některé se snaží budovat strukturu sítě nikoli pomocí zpětné vazby, nýbrž evolučními algoritmy. Takovému přístupu říkáme neuroevoluce. Neuroevolucí může být např. šlechtěna populace kandidujících sítí s tím, že necháváme reprodukovat, křížit a mutovat ty sítě, které se chovají nejlépe [118].

### 7.3.1 Zpracování obrazu a detekce objektů

Zpracování obrazu pomocí umělých neuronových sítí se v posledních letech stalo velmi populárním. Neuronové sítě jsou trénovány na obrovských datasetech, aby se naučily rozpoznávat různé vzory a podobnosti. Pomocí neuronových sítí lze detekovat objekty na obrázcích ale i na videích, což má mnoho aplikací v různých oblastech, jako je například zpracování obrazu pro bezpečnostní kamery, autonomní vozidla nebo rozpoznávání tváří.

Princip fungování spočívá v tom, že vstupní obraz se rozdělí na menší oblasti, které jsou analyzovány a klasifikovány jako oblasti obsahující nebo neobsahující objekt. Neuronová síť se snaží naučit se rozpoznávat různé vlastnosti objektů, jako jsou tvary, barvy, textury, aby mohla objekty správně detekovat. Pro trénování neuronové sítě se používá velké množství anotovaných trénovacích dat, aby byla neuronová síť co nejefektivnější v rozpoznávání různých objektů.

Mezi komerční služby, které využívají detekci objektů pomocí umělých neuronových sítí, patří:

- **Amazon Rekognition** – služba pro rozpoznávání obrazů a videí, která může rozpoznávat tváře, objekty a scény.
- **Google Cloud Vision** – platforma pro rozpoznávání obrazů, která umožňuje detekovat objekty, tváře a text na obrázcích.
- **Microsoft Azure Computer Vision** – nástroj pro rozpoznávání obrazů, který může detekovat objekty, tváře, text a scény na obrázcích a videích.

### 7.3.2 Zpracování zvukové stopy a detekce mluvené řeči

Rozpoznávání slov a frází umožňuje automatizované zpracování zvukového obsahu a jeho transformaci na text. Tato technologie se používá například v hlasových asistentech, které dokáží rozpoznat příkazy a dotazy uživatele a poskytnout mu odpověď. Princip fungování spočívá v tom, že zvukový signál obsahující mluvené slovo je digitalizován a rozdělen na kratší úseky, tzv. rámce. Poté se pro každý rámec vypočítají tzv. příznaky, což jsou hodnoty, které popisují zvuk v daném okamžiku (např. intenzita, frekvence atd.). Tyto příznaky jsou následně zpracovány umělou neuronovou sítí, která je trénována na velkém množství zvukových záznamů. Na základě vypočtených příznaků model určí, o jaké slovo se pravděpodobně jedná, a vygeneruje odpovídající akci nebo odpověď.

Jedním z neznámějších příkladů komerčního využití této technologie je asistentka Amazon Alexa, která dokáže rozpoznat hlas uživatele a splnit jeho příkazy, jako je například přehrání hudby, nastavení budíku, nebo získání informací o počasí. Dalším příkladem je Google Voice Assistant, který umožňuje uživatelům hledat informace na internetu, ovládat domácí spotřebiče nebo posílat zprávy bez nutnosti psaní na klávesnici.

Mezi komerční služby, které dokáží zpracovat zvukovou stopu a detekovat mluvenou řeč, patří:

- **Google Speech-to-Text** – umožňuje převést mluvené slovo do textové podoby. Využívá strojového učení a rozpoznávání řeči na základě akustického signálu. Podporuje mnoho jazyků a umožňuje i rozpoznávání různých řečnických stylů.
- **IBM Watson Speech-to-Text** – převod mluvené řeči na text. Podporuje rozpoznávání mluveného slova v mnoha jazycích a umožňuje konverzi audio souborů v různých formátech do textu. IBM Watson Speech-to-Text také nabízí přizpůsobení transkripce podle konkrétních potřeb uživatele.
- **Amazon Transcribe** – služba pro rozpoznávání řeči, která umožňuje konverzi audio souborů do textové podoby. Podporuje mnoho jazyků a umožňuje rozpoznávání různých řečnických stylů. Amazon Transcribe je navržen tak, aby byl snadno integrovatelný s jinými službami AWS, jako je například Amazon S3 pro ukládání audio souborů.



## 8 Návrh prototypu obecné architektury

Po důkladné rešeršní části následuje návrh prototypu obecné architektury, která bude velmi vhodně použitelná pro vývoj mobilních aplikací, které mohou řešit představenou problematiku. Obecně se ukazuje, že návrh a vývoj softwarové architektury není jednorázová záležitost, ale jedná se o záležitost iterativního charakteru.

Architektura reprezentuje množinu rozhodnutí, která jsou těžce změnitelná a mají velký dopad na další vývoj systému [119]. Proto je nutné navrhnout architekturu takovým způsobem, aby bylo dosaženo maximálního naplnění požadovaných kvalitativních atributů na systém. Kvalitativní atributy mohou být rozděleny do dvou kategorií. Do první kategorie spadají atributy, které mohou být zjištěny měřením běžícího systému (výkon, spolehlivost, bezpečnost). Do druhé kategorie spadají především nefunkční požadavky na systém. Jedná se o atributy, které jsou zjištěny pozorováním vývoje a údržby systému.

Kazman identifikuje šest základních operací, kterými je možné formovat softwarovou architekturu [23]. Jedná se o separaci, abstrakci, kompresi, uniformní kompozici, replikaci a sdílení zdrojů. Konkrétní vliv těchto základních operací je prezentován v následující tabulce. Tabulka 5 identifikuje nejvýznamnější vliv, ať už kladný nebo záporný, za předpokladu správného použití základních operací. Tyto poznatky byly zohledněny při návrhu architektury.

Tabulka 5: Identifikace významných vlivů [23]

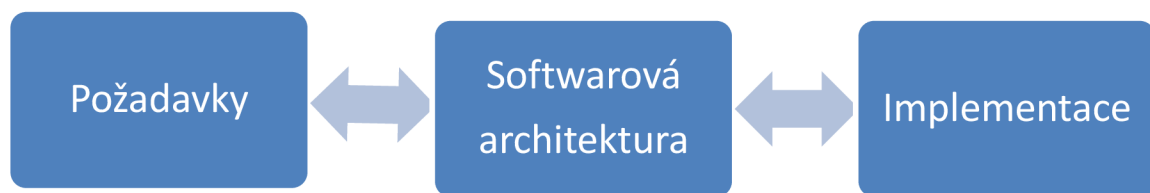
	Přízpůsobení rozsahu	Modifikovatelnost	Integrovatelnost	Přenositelnost	Výkon	Spolehlivost	Snadnost	Znovupoužitelnost
Separace	+	+	+	+	+/-		+/-	+
Abstrakce	+	+	+	+	-		+	+
Kompresce	-	-	-	-	+		+/-	-
Unif. kompozice	+		+				+	
Replikace	-	-		-	+/-	+	-	-
Sdílení zdrojů		+	+	+	+/-	-	+	+/-

Po nastudování veškerých principů mobilních zařízení a technologií, se kterými tato zařízení pracují, byla nastíněna představa prototypu architektury. Cílem architektury je dedikovat veškeré výpočetně náročné úlohy na server. Architektura má za úkol efektivně komunikovat a využívat potenciál každého svého článku.

I přesto, že je možné jeden softwarový systém namodelovat mnoha různými způsoby a není možné jednoznačně označit, která softwarová architektura je vhodnější, existují

přístupy pro vyhodnocení. Jedná se o vyhodnocení na základě scénářů. Mezi velmi používané metody patří SAAM (Scenario-Based Architecture Analysis), ALMA (Architecture Level Modifiability Analysis), PASA (Performance Assessment of Software Architecture) a ATAM (Architecture Tradeoff Analysis Method) [120]. Pro výslednou architekturu budou připraveny scénáře, díky kterým bude moci být porovnána s jinými přístupy.

Pro správný návrh softwarové architektury je nutné respektovat veškeré požadavky na výsledný systém. Další klíčovou rolí softwarové architektury je komunikační spojení mezi původními požadavky na software a jeho finální implementací [121].



**Obrázek 18: Role softwarové architektury [autor]**

V případě mobilních zařízení – chytré brýle nebo hodinky samy o sobě nenabízejí velký výpočetní výkon nebo kapacitu baterie kvůli své malé velikosti. Je proto vhodné tato zařízení nechat pracovat minimálně a vykonávat co nejjednodušší operace.

Oproti tomu chytrý mobilní telefon disponuje obrovským výkonem pro některé z operací. Je tedy možné mobilní telefon využít pro předzpracování dat, nebo vyhodnocovat jednodušší operace, aniž by se musel dotazovat serveru. I tak není vhodný pro složité výpočty nebo zatěžování velkými daty. Veškerý výpočetní výkon je vhodné umístit na jedno centrální místo, na serverovou část. Takováto architektura se tedy bude skládat ze tří stěžejních článků, kdy každý z nich má svůj úkol a řeší ho maximálně efektivně.

Pro efektivní fungování takovéto architektury je stěžejní komunikace mezi jednotlivými částmi. Pro komunikaci mezi aplikacemi je dnes běžně používán protokol SOAP (Simple Object Access Protocol), architektura REST (Representational State Transfer), protokol WebSocket nebo moderní dotazovací jazyk GraphQL. Jedná se o čtyři zcela odlišné přístupy komunikace, kdy každý má své výhody a nedostatky. Architektura kombinuje tyto přístupy a čerpá především benefity, aby byla zajištěna rychlá a kvalitní komunikace pro potřeby efektivního přenosu dat.

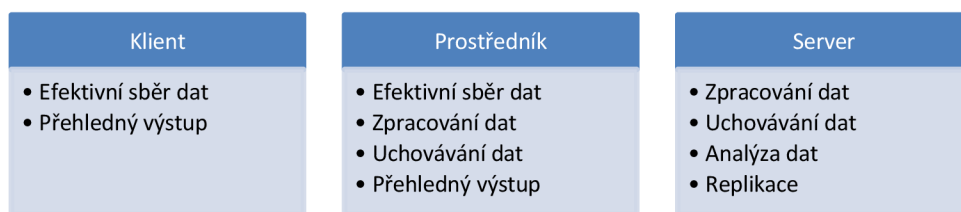
**SOAP** – protokol postavený na principu Remote Procedure Call (RPC), jenž umožňuje síťovou výměnu dat reprezentovaných formátem XML. Jedná se o objektový přístup, kde je určen seznam operací a striktních definic podporovaných datových typů. Definice jsou realizovány pomocí jazyka Web Services Description Language (WSDL). SOAP se jeví jako neefektivní, především z důvodu komplexního a objemného zápisu definic, které zapouzdřují dotaz z klienta i odpověď ze serveru. Zpracování každého požadavku si nárokuje větší výpočetní složitost [122].

**REST** – oproti SOAP je REST založený na datovém přístupu. Architektura definuje přístup ke vzdáleným zdrojům distribuované sítě prostřednictvím Uniform Resource Identifier (URI). Komunikace může probíhat v jakémkoliv textovém formátu, nejvíce rozšířený je formát JSON. REST vystavuje rozhraní s koncovými body, na které je možné se dotazovat pomocí HTTP a získávat definovaná data [123].

**GraphQL** – hlavní inspirací pro vznik specifikace GraphQL byla architektura REST, která je vhodná spíše pro heterogenní systémy. Hlavní výhodou specifikace GraphQL je dotazovací jazyk. Aplikace si pomocí tzv. schéma vyžádá, jaká data od serveru očekává. Server reaguje na požadavek a vrací data přesně v takové hierarchii, jak bylo vyžádáno. Běžně používaný formát dat je opět JSON [124].

**WebSocket** – jedná se o komunikační protokol, který poskytuje obousměrnou komunikaci mezi aplikací a serverem. Jedná se o nezávislý protokol založený na základě TCP. Velmi usnadňuje a zrychluje real-time komunikaci. Oproti předchozím principům nabízí WebSocket možnost odezvy i přímo ze serveru. Není nutné se tedy pro odpověď dotazovat např. v pravidelných intervalech [125].

Kromě efektivní komunikace je velmi důležité i rozdělení jednotlivých úloh do konkrétních článků. Na Obrázku 19 je znázorněn diagram, který definuje několik základních úloh, které architektura musí splňovat. Největší benefit serverové části je výpočetní výkon, dlouhodobá persistence dat, možnost replikace a analýzy nad uchovávanými daty. Některé z úloh mohou být prováděny na více částech architektury, avšak v různě náročných implementacích.



**Obrázek 19: Rozdělení základních úloh prototypu obecné architektury [autor]**

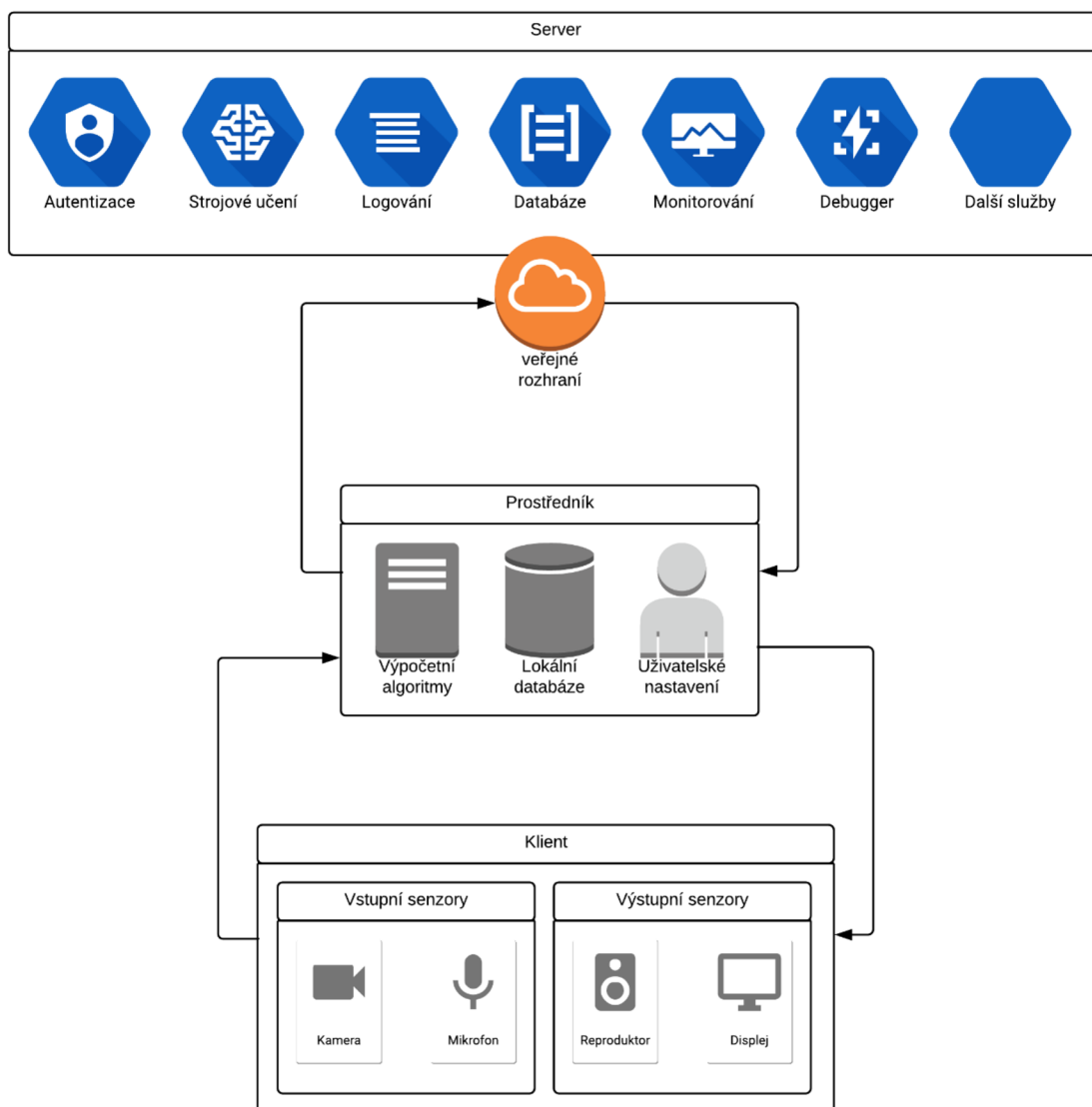
Uživatel by vždy měl správně přijít do styku pouze s úlohami, které nabízí přítomné mobilní zařízení. Na Obrázku 19 je zřejmé, že některé úlohy jsou zastoupeny na více částech architektury. To nabízí možnost úspory v přenesených datech při komunikaci a zároveň je zde šance rychlejší odezvy na dotaz. Další služby už využívá dané zařízení nebo nainstalovaná aplikace. Nastínění architektury rozděluje požadavky na výsledné softwarové řešení do tří kategorií. Jedná se o klienta, prostředníka a server. Tyto tři části mezi sebou mohou komunikovat a efektivně si předávat data a informace.

Klient bude vnímán jako část architektury, která zpracovává co nejméně požadavků a soustředí se pouze na efektivní sběr vstupních dat a srozumitelnou reprezentaci výsledných dat a informací.

Prostředníkem se rozumí část architektury, která dokáže pracovat obdobně jako klient, tedy sbírat data a předávat výsledné informace, avšak nabízí i služby navíc, jako např. jednoduchá zpracování dat, předzpracování dat pro složitější operace dedikované na serverou část nebo lokální úložiště.

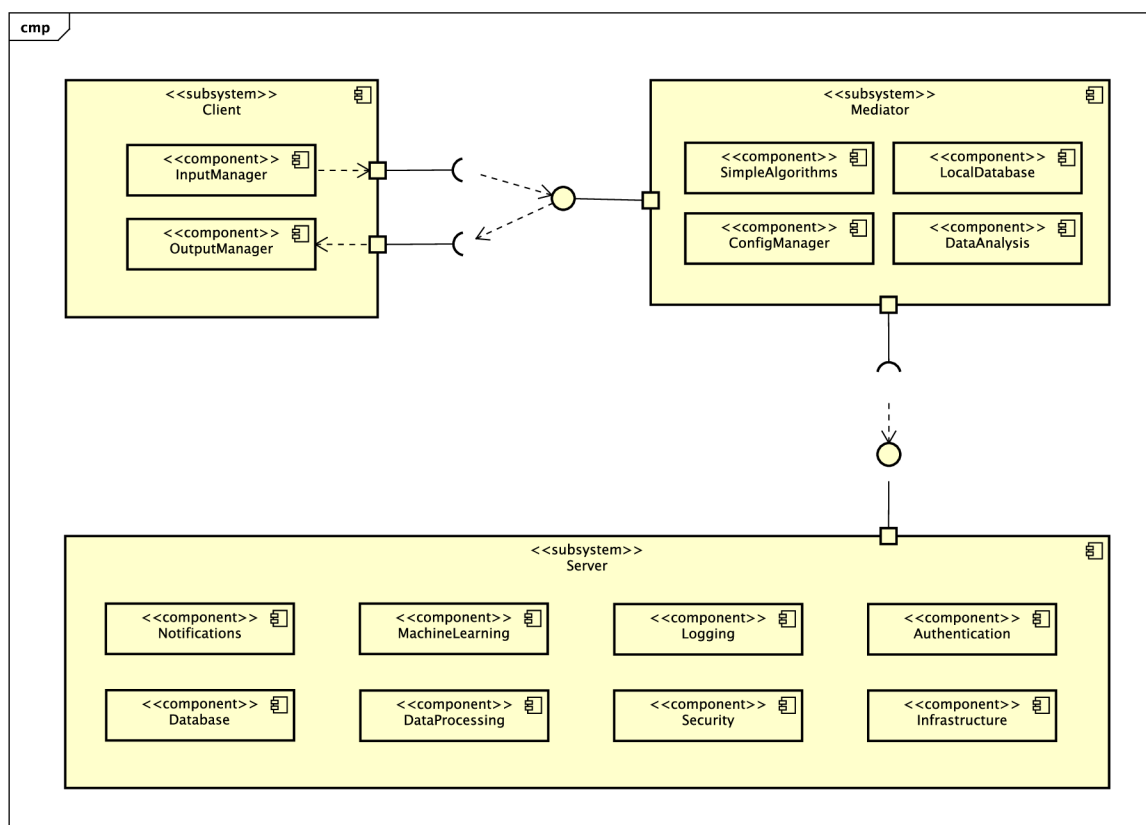
Samotné zpracování dat a výpočetně či datově náročné služby se prodávaději především na serveru, třetí části architektury. Server bude nabízet komunikační rozhraní, prostřednictvím kterého bude zasílat konkrétní data a zároveň získávat výsledky.

Diagram na Obrázku 20 zobrazuje již konkrétní nastíněné služby, které se mohou v jednotlivých částech nacházet. Komunikace mezi částmi poté probíhá prostřednictvím veřejných rozhraní.



**Obrázek 20: Návrh prototypu obecné architektury [autor]**

Na základě definovaných požadavků a návrhu prototypu obecné architektury byla tato architektura reprezentována i diagramem komponent v notaci UML. Tento diagram umožňuje snadné porozumění interakcím mezi částmi systému a umožňuje vývojářům identifikovat případné problémy v architektuře a navrhnout efektivní řešení. Diagram komponent je velmi užitečný nástroj, který pomáhá při vývoji a údržbě softwarových systémů, protože umožňuje lépe porozumět struktuře systému a interakcím mezi jednotlivými částmi systému.



Obrázek 21: Diagram komponent obecné architektury [autor]

Diagram komponent popisuje jednotlivé části systému jako své subsystemy. Jednotlivé subsystemy pak definují své služby jako komponenty systému. Klient a prostředník mezi sebou komunikují asynchronně. Klient jedním směrem odesílá data prostředníkovi, avšak nečeká na okamžitou odpověď. Klient dostává odpověď až na základě vyhodnocení prostředníka, případně serveru. Oproti tomu komunikace mezi prostředníkem a serverem je synchronní. Pokud prostředník vyžaduje komunikaci na server, odesílá svůj požadavek a čeká na odpověď ze serveru. Následně získané informace zpracuje a předá klientovi.

## 8.1 Server

Server již od začátku technologie klient-server má na starost výpočetně náročné úlohy, dlouhodobou persistenci dat nebo uchování logiky na jednom místě. Server v obecné architektuře není představen jedním konkrétním hardwarovým počítačem, ale množinou na sobě nezávislých služeb, se kterými je možné komunikovat prostřednictvím jednoho veřejného rozhraní.

Moderní cloudové služby nabízejí obrovský výkon, a proto je efektivní přenést všechny náročnější úlohy právě na toto místo. Výpočetní výkon, škálovatelnost a kapacita datového úložiště je dnes díky cloudovým službám v podstatě neomezená a finančně dostupná.

## **8.2 Prostředník**

Označení prostředník bylo použito kvůli postavení mezi klientem a serverem. Prostředník zastává v navržené architektuře dvě role. V jedné chvíli vystupuje prostředník jako server a druhé chvíli jako klient. Díky vysokému výkonu dnešních chytrých mobilních telefonů je možné implementovat logiku i v tomto místě obecné architektury. Prostředník tak dokáže v některých případech vyhodnotit požadavek od klienta bez nutnosti dotazování se na server. Část aplikační logiky je možné umístit i na prostředníka. Zároveň je možné přidělit prostředníkovi chování klienta – tedy sběr určitých dat ze senzorů a zároveň možnost prezentace výsledků.

Prostředník je důležitým prvkem v architektuře, který se stará o zpracování a předzpracování dat pro složitější operace, které jsou následně provedeny na serverové části. Prostředník může mít lokální úložiště pro ukládání části dat, což umožňuje snížit množství dat, která musí být přenesena na server, což zlepšuje celkovou rychlost a efektivitu komunikace.

Kromě již zmíněného může prostředník nabízet také nástroje pro řízení toku dat, které umožňují optimalizovat přenos dat a zlepšit celkovou rychlost a účinnost komunikace mezi klientem a serverem.

## **8.3 Klient**

V obecné architektuře může být klientem jakékoliv chytré zařízení, které je možné propojit např. pomocí Bluetooth s prostředníkem. Úkolem klienta je především efektivně sbírat a předávat data. Neprovádí se zde žádné složité výpočetní operace a zařízení není nijak náročně výpočetně zatíženo. Nejdůležitějším prvkem této části je uživatelské rozhraní, senzory a komunikace s prostředníkem. Klient v této architektuře nemá žádné informace o serveru nebo dalších službách, na kterých je serverová část architektury závislá. Klient se odkazuje pouze na prostředníka.

Klient je základním prvkem architektury a jeho hlavním úkolem je zpracovávat minimální množství požadavků a poskytovat uživateli srozumitelnou reprezentaci výsledných poznatků a informací. Klient bude obvykle umístěn na mobilním zařízení a bude zajišťovat sběr dat od uživatele, vytváření požadavků a předávání výsledků.

Klient může poskytovat různé funkce, včetně ukládání dat, uživatelského rozhraní, navigace a komunikace se serverem skrze prostředníka. Protože klient není schopen vykonávat složité výpočty nebo zpracovávat velké objemy dat, jeho role je omezena na získávání dat od uživatele a odesílání požadavků na prostředníka a server.

Příklady komerčních služeb, které využívají klienta jako klíčový prvek, zahrnují mobilní aplikace pro shromažďování dat o zdravotním stavu, sportovní výkonech a jiných osobních informacích. Tato data jsou poté předána prostředníkovi nebo serveru pro další zpracování.



## 9 Experimentální implementace

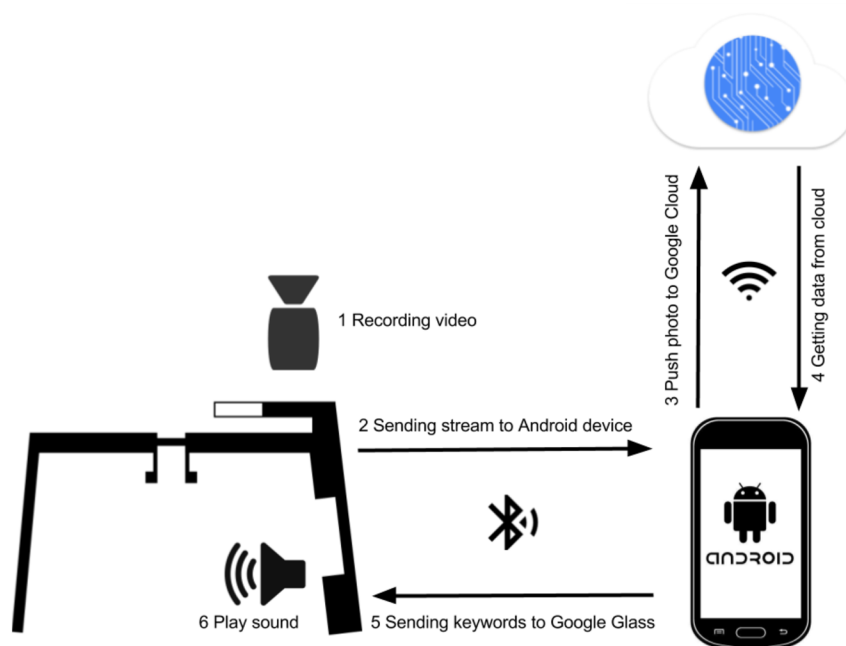
Po nastínění návrhu prototypu obecné architektury byla provedena softwarová implementace pro dva konkrétní případy, které mají za cíl usnadnit každodenní život osobám z cílových skupin popsanych v kapitole 5.

### 9.1 Prototyp pro zrakově postižené

První implementací obecné architektury byl prototyp pro pomoc zrakově postiženým lidem. Po analýze v kapitole 5 byl zvolen cíl přiblížit se jejich hlavnímu nedostatku a snažit se ho kompenzovat řešením postaveným na principu obecné architektury. Částečnou inspirací pro tuto implementaci bylo řešení společnosti Aira Tech Corp [126]. Společnost vyvíjí platformu, která díky chytrým mobilním zařízením dokáže v reálném čase snímat a odesílat nahrávané video operátorovi. Operátor poté dokáže reagovat a pomocí reproduktoru předá informaci zrakově postiženému člověku. Autorova implementace se má snažit vyřadit z celé platformy účast lidského faktoru a celou myšlenku obohatit o rozpoznávání obrazu a strojové učení. Pokud by implementace ukázala, že kombinace obecné architektury, technologií, zařízení a softwaru je užitečná jako pomocná technologie pro zrakově postižené, mohou poté tyto osoby snadno nahradit např. sociálního asistenta nebo jiné asistivní technologie.

#### 9.1.1 Architektura

Chytré brýle na pokyn uživatele streamují video do mobilního zařízení, prostředník rozhoduje, zda se v obraze vyskytuje významný objekt nebo ne. Pokud ano a samotný prostředník není schopný objekt rozeznat, zasílá snímek na server, který mu vrací odpověď ve formátu JSON. Tyto informace předává prostředník do klienta, který vhodným způsobem předává informaci prostřednictvím mikrofonu uživateli.

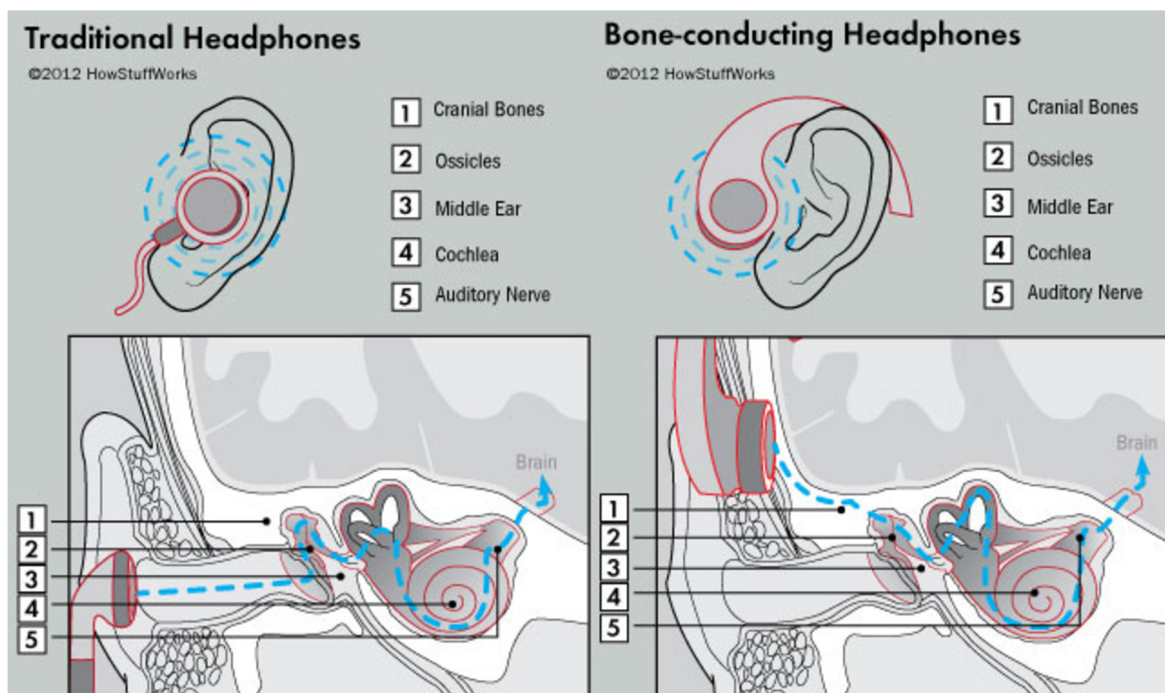


Obrázek 22: Architektura pro zrakově postižené [autor]

### 9.1.2 Potenciál Google Glass

Zařízení Google Glass nabízí pro tento prototyp dva zajímavé hardwarové doplňky. Jedná se o kameru s rozlišením 2 MPx a speciální typ integrovaného reproduktoru.

Klasická sluchátka přenášejí zvukové vlny prostřednictvím vnějšího sluchu, přes ušní bubínek a na vnitřní ucho. Standardně procházejí zvukové vlny několika strukturami v uchu předtím, než jsou přenášeny přes naše nervové systémy do mozku. Zvukové vlny vstupují do vnějšího ucha přes ušní boltec, který pomáhá zaměřit zvuk. Odtud se zvuk dostává do středního ucha, které zahrnuje sluchový kanál a ušní bubínek, klapku kůže, která vibruje při vystavení energii zvukovým vlnám. Sluchové kůstky (latinsky: ossicula auditus) kůstky středního ucha či ušní kůstky jsou tři kůstky – kladívko (malleus), kovadlinka (incus) a třmínek (stapes) – uložené v dutině středního ucha v bubínkové dutině a napojené na bubínek. Tyto tři kůstky přenášejí vibraci na vnitřní ucho, strukturu naplněnou tekutinami, která tyto vibrace přenáší a přemění je na elektrické impulsy, které jsou posílány podél sluchového nervu do mozku [127].



Obrázek 23: Princip vedení zvuku kostí [128]

Tento způsob však není jediný, jak lidské tělo dokáže zpracovat zvuk. Zvuková vlna může být také přenášena skrze kosti v hlavě. Když kosti vibrují, zvuk dosáhne do vnitřního ucha, stejně jako by procházel středním uchem a bubínkem a vede ke stejnému druhu nervových impulzů přenášených do mozku. Tato metoda přenosu zvuku se nazývá kostní vedení [129].

### 9.1.3 Rozpoznávání obrazu

Historicky probíhal vývoj od nejjednodušších typů objektů, jako jsou čáry či kruhy na obrazech s nízkým šumem a zkreslením. Již v roce 1962 byla představena po autorovi dnes pojmenovaná Houghova transformace, která na základě bodů v obraze umožňuje určit parametry přímek, které tyto body tvoří [130].

Snímek z kamer či fotoaparátů operujících ve viditelném spektru je v počítači reprezentován jako obraz, tj. dvourozměrná mřížka vektorů, které obsahují barevnou informaci. Průběh zpracování a rozpoznávání obrazu reálného světa je obvykle rozdělen do několika základních kroků. Rozdělení není vždy zcela jednoznačné. Některé části obrazu jsou pro detekci objektů důležitější než jiné – například hrany či rohy obvykle přinášejí více informací o objektu než jednobarevné velké plochy. Při implementaci jsou často určujícími podmínkami i paměťová náročnost a výpočetní složitost. Nejčastěji se však proces rozpoznávání obrazu rozděluje na následující kroky [131].

## **Předzpracování obrazu**

Obraz získaný např. kamerou může být zkreslený nebo zdeformovaný díky způsobu snímání. Pokud je charakter zkreslení známý, je možné tuto chybu opravit pomocí korekcí, které jsou jednou z metod předzpracování obrazu. Existuje však velké množství dalších metod, které usnadňují další analýzu obsahu obrazu, identifikaci objektů nebo jen zvýrazňují důležité rysy obrazu pro snazší pozorování člověkem. Jedná se např. o jasové transformace, geometrické transformace nebo obrazové filtrace a ostření [132].

## **Segmentace**

Jedná se o analýzu obrazu vedoucí k nalezení objektů v obraze. Za objekty se zde považují části obrazu, které jsou bodem zájmu v dalším průběhu zpracování. Cílem segmentace tedy je rozdělení obrazu do částí odpovídající předmětům či oblastem reálného světa. Výsledkem segmentace by měl být soubor oblastí, které odpovídají objektům ve vstupním obraze. Jedná se pak o tzv. kompletní segmentaci [133].

## **Popis obrazu**

Existují dva základní způsoby popisu. Jeden je založen na kvantitativním přístupu, což znamená popis objektů pomocí souboru číselných charakteristik. Mohou jimi být např. velikost objektu, kompaktnost apod. Druhou možností je kvalitativní přístup, ve kterém jsou popisovány relace mezi objekty a jejich tvarové vlastnosti. Způsob popisu je zvolen vždy podle toho, k čemu bude dál využit. Ve většině případů je tento popis vstupní informací pro rozpoznávání (klasifikaci) objektů. Výběr popisu je pak závislý na použitém rozpoznávacím algoritmu.

## **Klasifikace**

Ve většině případů se jedná o zařazení objektů nalezených v obraze do skupiny předem známých tříd. Metody klasifikace objektů se dělí do dvou základních skupin, které jsou úzce spjaty se způsobem popisu objektů. Jedná se o příznakové rozpoznávání a strukturální rozpoznávání. Příznakové metody jsou založeny na principu využití příznaků, což je skupina číselných charakteristik objektu. Učení vlastního klasifikátoru zde může být s trénovací množinou i bez ní na principu shlukové analýzy. Strukturální rozpoznávání využívá jako vstupu kvalitativní popis objektů. Objekty jsou zde popsány primitivy. Dále je definována abeceda, jazyk popisu a gramatiky jednotlivých tříd [134].

## **Google Vision API**

Služba Google Cloud Vision API nabízí nespočetně natrénovaných modelů prostřednictvím veřejného rozhraní, které umožňuje vývojářům využít tuto technologii v rámci svých vlastních aplikací. Jedná se o službu umělé inteligence, která má za úkol identifikovat stěžejní prvky předaného obrazu. Tato služba nabízí vývojářům jednoduché rozpoznání obrazu za pomoci obrovského výpočetního výkonu na cloudových serverech. Rychle a s velkou přesností definuje statisíce různých objektů v obraze. Služba umožňuje detekovat různé prvky v obraze, jako jsou tváře, náhledy, loga, zvířata, zboží, stopy nebo rozpoznat text v obraze [135]. Služba nabízí také rozpoznávání scény a zjistí tak z obrazu širší kontext.

Pro práci s Google Vision API je nutné vytvořit projekt v Google Cloud Console a aktivovat službu Vision API. Poté je možné využít API klíč pro autentizaci volání a následně vytvořit požadavek na analýzu daného obrázku. Výsledky jsou vráceny v JSON formátu a obsahují informace o detekovaných prvcích v obraze.

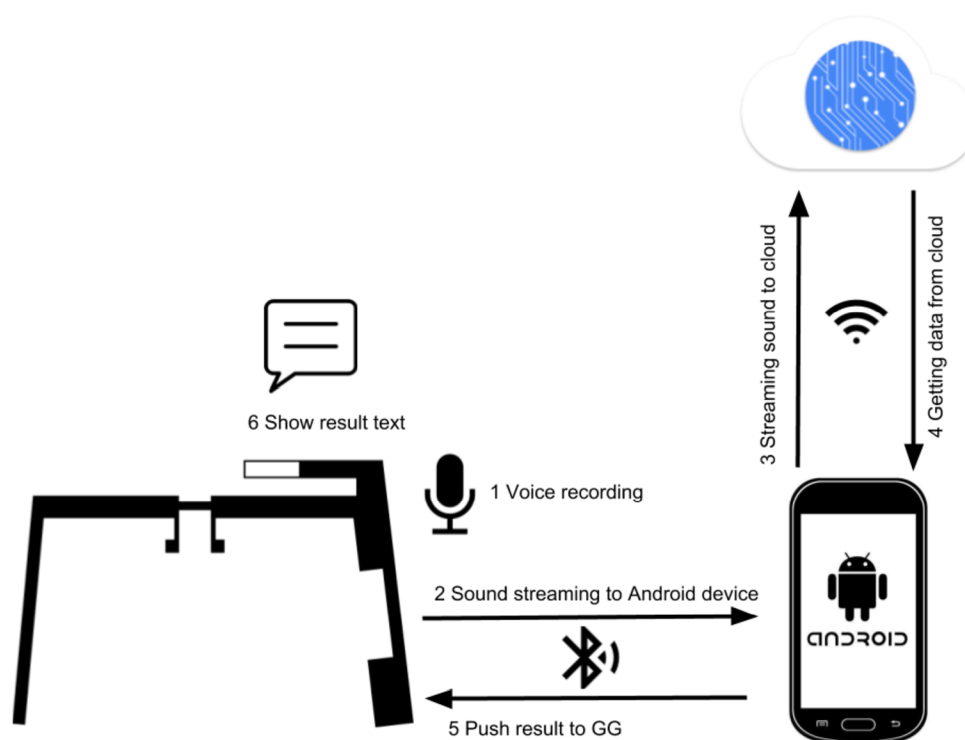
Google Vision API je jedním z mnoha konkurenčních produktů, které nabízí rozpoznávání obrazu a analýzu. Mezi konkurenční služby patří Microsoft Azure Cognitive Services, Amazon Rekognition a IBM Watson Visual Recognition.

## **9.2 Prototyp pro sluchově postižené**

Rozpoznávání zvuku v současné době nabízí také veřejně dostupné služby třetích stran postavené na robustních neuronových sítích, které mohou okamžitě převést nahranou zvukovou stopu odlišné kvality na text. Existuje mnoho komerčních řešení, které dokážou v reálném čase převádět mluvenou řeč na text. Platforma Next Generation Text [136] funguje na podobném principu jako Aira Tech Corp [126]. Chytré zařízení posílá nahrávaný zvuk z mikrofону k operátorovi a operátor reaguje uživateli pomocí zpráv. Aplikace SpeakSee [137], nebo TextHear [138] detekují pomocí chytrého mobilního telefonu okolní zvuk a automaticky rozpoznávají překlad. Autorovo řešení bude tuto funkcionalitu implementovat s využitím zařízení Google Glass. Klíčovým prvkem je připravit si klienta, který dokáže zachytit okolní zvuk, zpracovat získaná data a znovu je uživateli vyjasnit ve formě konkrétních informací. Ve srovnání s běžnými kompenzačními pomůckami toto řešení pracuje s moderní technologií a otevírá možnosti pro zdokonalení a přizpůsobení.

### 9.2.1 Architektura

Principem je nahrávat okolní zvuk mikrofonom v Google Glass a přenést je přes Bluetooth do připojeného mobilního zařízení. Prostředník dokáže rozhodnout, zda se v dané zvukové stopě nachází pouze šum. Pokud ne, komunikuje se serverem a přijímá odpověď ve formě objektů JSON. Pro každý krátký záznam jsou získávána slova obsažená v záznamu a procentuální odhad, na kolik si je neuronová síť jistá, že určila pravdivá slova. V aplikaci pro Google Glass uživatelé vidí pouze přeložený text, na který už mohou nějakým způsobem reagovat.

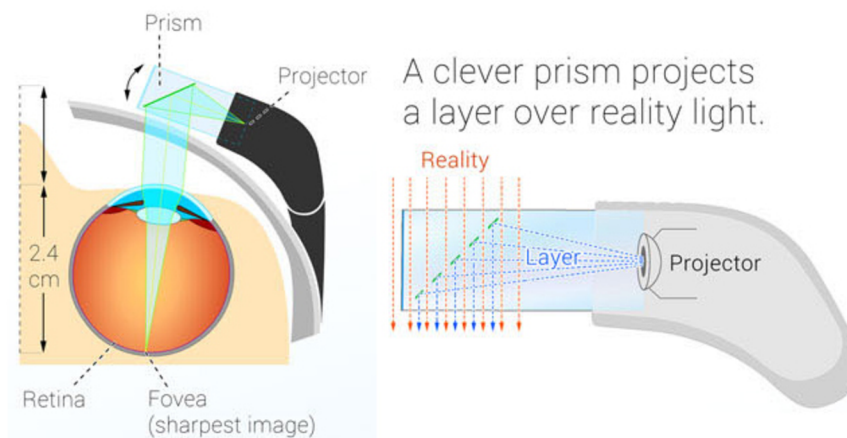


Obrázek 24: Architektura pro sluchově postižené osoby [autor]

### 9.2.2 Potenciál Google Glass

Zařízení Google Glass nabízí pro tento prototyp stejně jako v předchozí implementaci dva hardwarové doplňky. Jedná se o klasický mikrofon a velmi originálně řešený displej.

Google Glass obsahuje miniprojektor, který vytváří rozšířenou vrstvu prostřednictvím poloprůhledného skleněného hranolu přímo na sítnici v oku. Z tohoto důvodu je obraz ostrý a jasný, přestože je umístěný tak blízko oku. Skleněný hranol je snadno manipulovatelný, aby bylo optimalizované zaostření pro každého uživatele.



**Obrázek 25: Princip displeje integrovaného v zařízení Google Glass [139]**

Na Obrázku 24 je pohled na oko, které ostří na skleněný hranol zařízení Google Glass. Konstrukce zařízení je navržena tak, že uživatel Google Glass má displej na pravém oku. Rozšířená vrstva se uživateli objevuje v pravém horním rohu nebo ve středu zorného pole. Vzhledem k tomu, že skleněný hranol je poloprůhledný, uživatel může vidět ostrou vrstvu přímo před očima bez nutnosti posouvání zařízení.

Velkou výzvou pro společnost Google je, aby bylo zařízení Google Glass také použitelné pro osoby se slabším zrakovým postižením. Už u tohoto zařízení může uživatel umístit displej Google Glass za skla svých brýlí.

### 9.2.3 Detekce mluvené řeči

Detekce řečové aktivity (Voice Activity Detection) je již známá a často řešená úloha. V tichém prostředí bylo již v některých úlohách dosaženo opravdu vysoké úspěšnosti a přesnosti. Většina aktuálních studií se soustředí na řešení této úlohy v rušném prostředí. V práci je nutné definovat některé základní pojmy této problematiky.

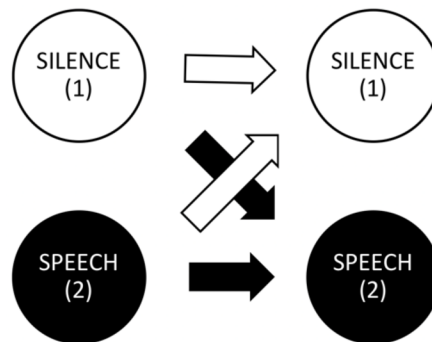
Akustický signál řeči obsahuje o mnoho více informací, než je obsaženo v jeho skutečném významu. Člověk využívá vnitřní mechanismy [140], které mu umožní potlačit v řečovém signálu nepotřebné údaje (barva hlasu, intonace, ...) a zdůraznit pouze několik hlavních zvukových příznaků, které jsou shodné pro všechna stejná slova. Důsledkem tohoto plného porozumění řeči je i schopnost poznat, zda je řeč v promluvě přítomná či nikoliv. Mechanismy vnímání řeči člověkem jsou neznámé, a proto ani nelze využít jejich analogie při návrhu prostředků pro její automatické zpracování.



Zdrojem řečového signálu jsou lidské řečové orgány, které se skládají z hlasivek, dutiny hrdelní, ústní a nosní, měkkého a tvrdého patra, zubů a jazyka. Zdrojem hlasové energie jsou plíce a s nimi spjaté dýchací svaly. Kmitající hlasivky jsou zdrojem znělých hlásek, tj. samohlásek a znělých souhlásek. Frekvence kmitů hlasivek závisí na tlaku vzduchu a na svalovém napětí hlasivek, pohybuje se kolem 150-400 Hz a charakterizuje základní tón lidského hlasu. Pro automatické zpracování řeči je možné řeč vhodným způsobem modelovat, což se s výhodou používá pro popis některých jejích akustických parametrů [141].

Díky relativně velkému výpočetnímu výkonu, který nabízí i prostředník, tedy chytrý mobilní telefon, je možné využít tento výkon pro úsporu přenesených dat. Při analýze, jakým způsobem je možné šetřit datový tok, byla zvolena jako použitelná metoda HMM (Hidden Markov Model). Tato metoda je postavená na natrénovaném modelu, který je reprezentován jako soubor jednotlivých stavů a přechodovou maticí.

V tomto řešení se jedná o filtraci částí zvukové stopy, které v žádném případě neobsahují žádný významný zvuk. Tento model bude obsahovat pouze dva stavy, tedy stav, kdy se nemluví a stav, kdy pravděpodobně ano.



Obrázek 26: Princip aplikace Hidden Markov Model [autor]

HMM nejsou schopny klasifikovat samostatný vektor parametrů. Pravděpodobnost, že současný vektor patří do jedné konkrétní třídy závisí na pravděpodobnosti přechodu z předchozího do aktuálního stavu modelu a pravděpodobnosti, že aktuální vektor parametrů přísluší do přiřazované třídy. Využití tohoto modelu vede k celkovému zlepšení rozpoznávání řeči. Prezentace využití HMM přímo pro detekci řečové aktivity lze najít například v článku [142]. Zde je základem dvoustavový model, kde první stav přísluší řeči



a druhý šumu. Algoritmus předpokládá, že úvodní segment signálu je šum, což je velmi častý předpoklad i u ostatních algoritmů. Dále adaptuje parametry HMM v průběhu detekce řeči.

### **Google Cloud Speech-to-Text**

V současné době není smysluplné zabývat se trénováním vlastní neuronové sítě pro rozpoznávání zvuku, jelikož existuje mnoho veřejných služeb, které tuto funkcionalitu nabízejí. Je proto vhodné využít službu, která umožňuje převádět mluvenou řeč na text pomocí strojového učení bez nutnosti trénování vlastního modelu. Mezi známé poskytovatele těchto služeb patří IBM, Google, Amazon a Microsoft.

Služba Speech-to-Text v balíku služeb Google Cloud nabízí vývojářům transformaci zvukové stopy na text pomocí robustních neuronových sítí. Služba využívá volání veřejného rozhraní, které dokáže v současné době pracovat až se 120 světovými jazyky. Tato služba nabízí širokou škálu funkcí, včetně rozpoznávání různých jazyků a dialektů, rozpoznávání řeči v reálném čase a vysoké přesnosti při převodu mluvené řeči na text. V případě implementovaného prototypu bude využito rozpoznávání uživatelských příkazů a převádění mluveného slova z audio nahrávky na text. Zpracování se děje v reálném čase díky obrovskému výpočetnímu výkonu [143].

Konkurenčními službami jsou například Microsoft Azure Speech-to-Text nebo Amazon Transcribe. Tyto služby nabízejí podobné funkce jako Google Cloud Speech-to-Text, ale mohou se lišit v rychlosti, přesnosti a ceně.

## **9.3 Rozšířená realita pro sluchově postižené**

Detekce obličeje a rozpoznávání řeči jsou témata, kterým je mezi výzkumníky věnována značná pozornost. V minulých letech nebyla výpočetní síla zařízení dostatečná pro provádění těchto operací v reálném čase, ale v dnešní době se tato skutečnost změnila. Díky moderním technologiím jsou tyto operace schopny být prováděny i na chytrých telefonech v reálném čase. Tento prototyp se zaměřuje především na kombinaci detekce obličeje a detekce aktivity rtů s rozpoznáváním řeči.

Detekce obličeje je problém počítačového vidění, který se snaží lokalizovat a extrahovat obličej osoby z obrazového signálu. Je využívána v mnoha aplikacích, jako jsou systémy rozpoznávání osob a automatické zaostření obličeje u kamery. Existuje mnoho

přístupů k řešení tohoto problému, od jednoduchých algoritmů založených na hledání rysů a detekci hran až po složité konvoluční neuronové sítě.

Hjelmås a Low [144] prezentují podrobný průzkum algoritmů pro detekci obličeje. Možné metody dělí do dvou skupin – založené na vlastnostech a založené na obraze. Metoda založená na vlastnostech typicky pracuje s hledáním rysů nebo detekcí hran, ale má svá omezení v důsledku nepředvídatelnosti vzhledu obličeje. Metoda detekce založená na obraze používá vzory obličeje jako příklady. Tyto přístupy jsou děleny do lineárních podprostorových metod, neuronových sítí a statistických metod.

Li a kol. [145] prezentují moderní přístup k detekci obličeje, který využívá neuronové sítě. Navrhují kaskádu konvoluční neuronové sítě, která pracuje na několika rozlišeních. Klíčem je rychlé zamítnutí oblastí obrazu v nízkém rozlišení a následné vyhodnocení malého počtu kandidátů vysokým rozlišením.

Pro rozpoznání mluvčí osoby na obrázku je nutné provést detekci aktivity rtů. To umožní přiřadit rozpoznanou řeč ke správné osobě. Siatras a kol. [146] vytvořili řešení detekce aktivity rtů využívající pouze informace ze vstupního obrazu. Jejich metoda je založena na variabilitě intenzity oblasti úst v obraze při mluvení osoby. Otevřená ústa odhalují tmavší interiér úst, a výslovnost mnoha fonémů vyžaduje otevřená ústa, což způsobuje velký nárůst počtu pixelů úst s nízkou intenzitou. Na druhé straně, když osoba nemluví, ústa jsou uzavřena a intenzita se málo mění. Autoři tvrdí, že jejich řešení bylo úspěšně testováno při simultánní řeči více osob. Jiné metody se snaží použít pouze zvukové informace k určení mluvčího a jeho umístění, například využitím zpracování signálu z mikrofonového pole k odhadu směru příchodu zvukových zdrojů.

## 10 Testování

Během výzkumu proběhlo na obou prototypech i několik testování a ověření, že navržené řešení je funkční a dává smysl dál ho rozvíjet.

### 10.1 Využití navigace pro zrakově postižené

Po návrhu a implementaci prototypu pro základní navigační záležitosti, které jsou použitelné pro každodenní podporu nevidomých nebo zrakově postižených osob, přichází na řadu testování. Během testování bylo osloveno celkem 15 účastníků, kteří trpí různými úrovněmi zrakového postižení. Jednalo se o 8 žen (3 z nich jsou zcela nevidomé) a 7 mužů (2 z nich jsou zcela nevidomí). Průměrný věk osob je 45 let.

Během prvního provedeného experimentu účastníci testování dostali za úkol dojít na předem určenou adresu. Navržený prototyp disponoval upravenou navigací, kdy uživatel dostává informace prostřednictvím reproduktoru v chytrých brýlích. Trasy byly měřeny celkem třikrát. Jednou bez pomoci, podruhé za pomoci asistenta a potřetí za pomoci chytrého řešení.

Tabulka 6: Výsledky experimentu se zrakově postiženými uživateli [autor]

Osoba	Sama (1)	Asistent (2)	GG & SP (3)	Změna (4) (1) – (2)	Změna (5) (1) – (3)
1.	69.15	55.03	58.22	+ 14 min	+ 10 min
2.	45.01	41.12	42.50	+ 3.5 min	+ 3 min
3.	35.18	34.46	33.10	+ 1 min	+ 2 min
4.	28.33	25.54	25.14	+ 3 min	+ 3 min
5.	38.26	32.14	30.35	+ 6 min	+ 8 min
6.	56.20	51.11	50.20	+ 5 min	+ 6 min
7.	39.59	35.32	37.55	+ 4.5 min	+ 2 min
8.	35.09	33.10	32.15	+ 3 min	+ 3 min
9.	40.01	37.55	38.01	+ 2 min	+ 2 min
10.	25.59	24.17	23.20	+ 1.5 min	+ 2.5 min
11.	75.45	69.35	69.55	+ 6 min	+ 6 min
12.	61.47	59.22	62.11	+ 2 min	- 0.5 min
13.	53.35	45.13	43.02	+ 10.5 min	+ 10.5 min
14.	30.58	28.50	26.39	+ 4 min	+ 4 min
15.	36.45	31.59	32.30	+ 4.5 min	+ 4 min
<b>AVG</b>	<b>44.55</b>	<b>40.22</b>	<b>41.25</b>	<b>+ 4.5 min</b>	<b>+ 4.36 min</b>

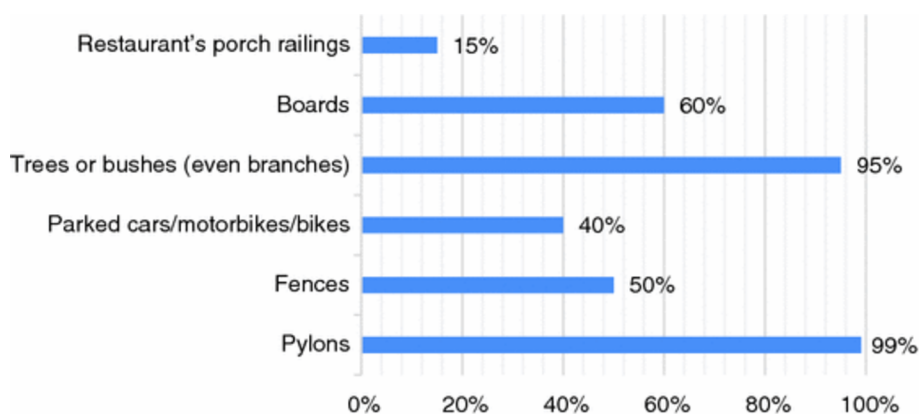
Z tohoto pohledu je možná nazývat Google Glass a vyvinutou aplikaci jako užitečnou a pomocnou technologii, protože pomáhají účastníkům dostat se na určené místo rychleji,

jednodušeji a bez pomoci další osoby. Vyvinutá aplikace s využitím principů obecné architektury byla v tomto směru označena jako velmi slibná.

## 10.2 Rozpoznávání objektů pro zrakově postižené

Druhý experiment se zabývá problematikou rozpoznávání objektů. Během testování bylo účastníkům představeno 30 různých objektů z denního života (stromy, keře, automobily, lavičky, lidé, zvířata). Oproti vlastnímu zraku nebo dotázání se další osoby měli opět k dispozici chytré brýle s autorovým řešením. Na pokyn uživatele chytré řešení zpracovalo obraz a uživateli předalo informaci opět pomocí přehráni informace prostřednictvím reproduktoru. Uživatelé získali ve více než 75% správnou informaci o tom, co se před nimi skutečně nachází. Nevýhodou tohoto řešení je skutečnost, že existuje mnoho dalších objektů, které toto řešení není schopné rozpoznat. Obecně je však možné říct, že přínos pro uživatele tu existuje.

Účastníci byli požádáni, aby uvedli tři různé překážky nebo bariéry, které se nejčastěji vyskytují při jejich procházce městem a nejsou spolehlivě rozpoznány. Výsledky jsou znázorněny na Obrázku 26. Nejhuře jsou na tom stožáry (99 %) a stromy/keře (95 %), které označila většina uživatelů.

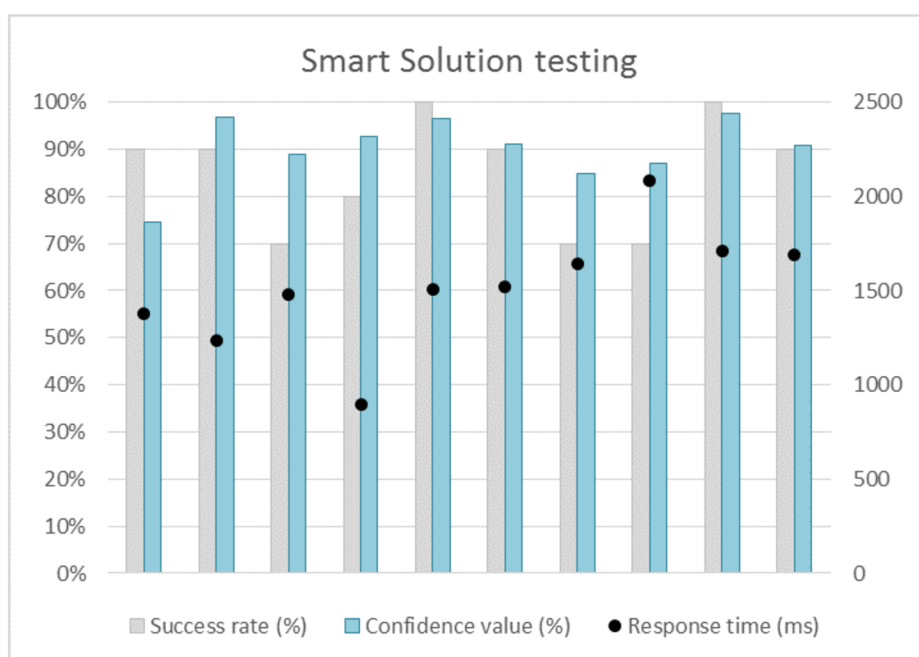


Obrázek 27: Nejčastější problémy při rozpoznávání překážek [autor]

## 10.3 Spolehlivost pro sluchově postižené

Testování prototypu pro sluchově postižené uživatele probíhalo se skupinou 10 účastníků bez sluchových problémů. Toto testování ukázalo, že prototypová architektura navržená autorem je funkční; nicméně stále existuje několik aspektů, které je třeba zlepšit.

Toto testování bylo založeno na 10 náhodně vybraných anglických frázích, které se běžně používají v denní komunikaci. Tyto věty byly vyslovovány účastníky testování (s odlišnou výslovností a akcenty) a byl testován správný překlad a zobrazování výstupu. Celkový počet provedených testů prokazujících úroveň úspěšného rozpoznávání hlasu a jeho překlad je 100 testovacích případů. Úroveň úspěšného uznání a překladu je vyjádřena v procentech. Během testování byl zároveň měřen čas odezvy v milisekundách. Během těchto 100 testovacích případů autor také testoval hodnotu spolehlivosti. Hodnota spolehlivosti je odhad mezi 0,0 a 1,0. Vyšší číslo označuje odhadovanou větší pravděpodobnost, že rozpoznaná slova jsou opravdu správná. Tato hodnota může být například použita, aby se uživatel rozhodl, zda chce zobrazit i alternativní výsledky. Pokud je spolehlivost vysoká, je pravděpodobné, že hodnota je správná. Pokud je důvěra v nejvyšší hodnotu nižší, existuje větší šance, že jedna z ostatních alternativ je přesnější [147].



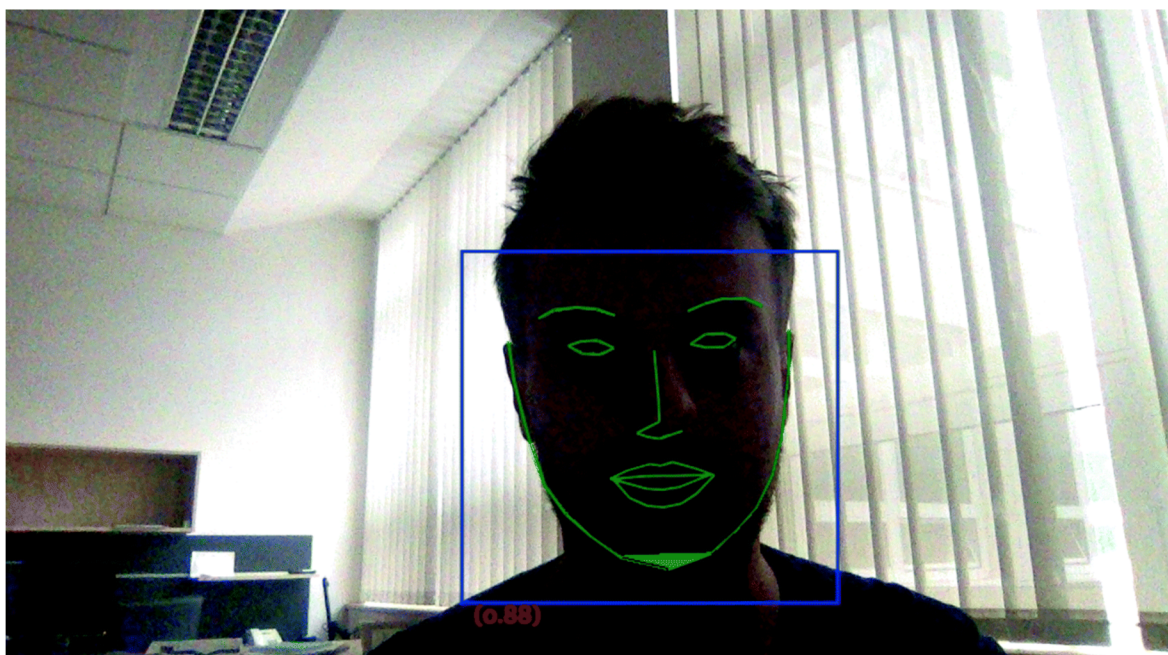
**Obrázek 28: Výsledky testování prototypu pro sluchově postižené [autor]**

Podrobné výsledky jsou zobrazeny v přechodzím Obrázku 27. Nejvýznamnějším výsledkem je, že v 85 % (85 testovacích případů) bylo navržené řešení úspěšné. Pouze 15 % případů nevyšlo správně. Tato míra úspěšnosti vyvinutého řešení je poměrně vysoká a poskytuje velmi slibné výsledky pro další výzkum. Ukazatel s názvem "Confidence value" dosáhl hodnoty 90 %, což je vysoké číslo pro první fázi testování. Průměrná doba odezvy je 1515 ms, což není označeno jako ideální a je zde prostor pro zrychlení.

Účastníci testování však byli spokojeni s výsledky, fungováním a celou myšlenkou směřující k vyšší nezávislosti sluchově postižených osob při komunikaci s ostatními lidmi bez potřeby překladatele nebo asistentky. Tyto informace byly získány z rozhovorů po provedení experimentu.

#### 10.4 Korelace mezi rozpoznáváním obličeje a mluveného slova

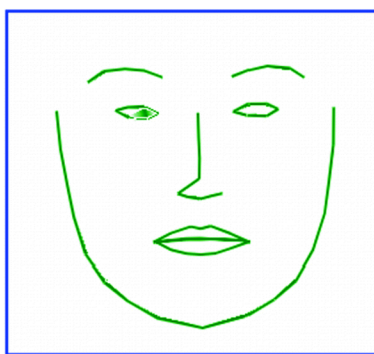
Během výzkumu byla otestována i nadstavba pro sluchově postižené uživatele v podobě jednoduché rozšířené reality. Testování se převážně účastnili autorovi spolupříslušníci a cílem testování bylo zjistit, zda použitá technologie a principy skutečně fungují. Zpracování obrazu pro detekci obličeje se provádí přímo na mobilním zařízení. Není nutné komunikovat se serverem a čekat tak na odezvu v závislosti na kvalitě internetového připojení. Rychlost zpracování obrazu a rozpoznávání obličejů je tedy závislá na výkonu mobilního zařízení.



Obrázek 29: Detekce obličeje pomocí neuronové sítě v chytrém mobilním zařízení [autor]

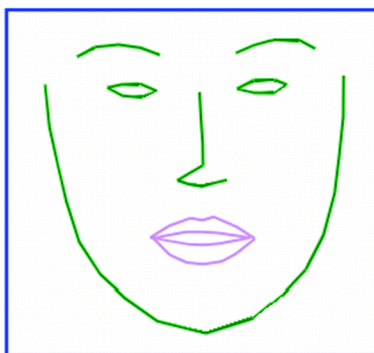
Díky tomu, že detekce obličeje nabízí kompletní popis obličejových kontur včetně rtů, je možné získat informace o rozdílu v poloze rtů v závislosti na čase. V případě minimální nebo žádné změny je aktivita úst neaktivní. Jak ukazuje Obrázek 29, ústa jsou nakreslena stejnou barvou jako zbytek obličeje.





**Obrázek 30: Ukázka detekovaného obličeje, který nemluví [autor]**

V druhém případě, kdy se bodům na obrázku změní vzdálenost mezi sebou, se mluvící aktivita označuje jako aktivní a vykresluje se v jiné barvě. Intenzita barvy zároveň indikuje, jak moc aktivní činnost detekovaný obličej projevuje.



**Obrázek 31: Ukázka detekovaného obličeje, který mluví [autor]**

Čísla na obrázcích také ukazují hodnotu napsanou červeně. Toto je hodnota spolehlivosti. Tato hodnota je pro každé detekování a strojové rozpoznání velmi důležitá. Systémy rozpoznávání obrazu předpovídají, zda je na obrázku nakreslen obličej s odpovídající úrovní důvěry v předpověď. Vývojáři aplikací, kteří tyto služby používají, by měli zvážit limit spolehlivosti (prahovou hodnotu) ve svých řešeních, když je výsledek stále použitelný [148]. Například při návrhu aplikace pro identifikaci rodinných příslušníků by měla být nastavena prahová hodnota pro vrácení výsledků s úrovní důvěry nejméně 85 %. Aplikace vrátí pouze ty shody, které překročí nastavenou prahovou hodnotu a vrátí přesnější výsledky než při nižší nastavené úrovni důvěry. Prahová hodnota je nastavena individuálně v každém případě, některé aplikace vyžadují vyšší a některé nižší prahovou hodnotu. V autorově řešení se používá prahová hodnota 75 %. Pokud je hodnota nižší, objekt obličeje už není použit.

## 10.5 Předzpracování zvukové stopy pro detekci mluvené řeči

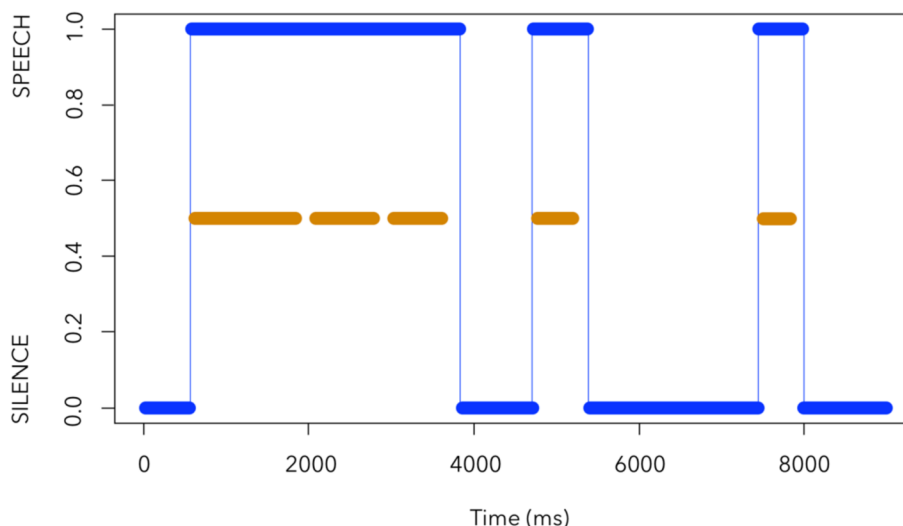
Mezi další testování, který je zajímavé zařadit do disertační práce, patří i předzpracování zvukové stopy ještě na prostředníkovi. Cílem je zjistit, zda konkrétní zvukový záznam obsahuje stopy lidské řeči nebo ne. Základním předpokladem je, že jednotlivá konkrétní slova nejsou brána v úvahu. Další předpoklad se týká mluvené řeči. Mluvená řeč má velmi specifický frekvenční rozsah, je možné zjistit, zda někdo mluví ve zvukové stopě, nebo ne. Na základě zkušeností s Hidden Markov Models (HMM) bylo předzpracování zvukové stopy implementováno následujícím způsobem. HMM je součástí statistické analýzy a je používán pro aplikace rozpoznávání řeči více než dvacet let. Vylepšená sada testů je založena na tomto statistickém postupu.

Pro natrénování modelu se autor rozhodl použít zvukové nahrávky z databáze TIMIT. Databáze TIMIT obsahuje mnoho řečí od mnoha mluvčích. Z této databáze bylo vybráno 300 různých řečí od co nejvíce mluvčích, stejně zastoupených mužů a žen [149]. Specifikovány jsou testovací a tréninkové podmnožiny vyvážené pro fonetické a dialektické pokrytí. Tabulární strojově čitelné informace jsou také zahrnuty spolu se psanou dokumentací.

Pro účely trénování modelu HMM je nutné projít všechny audio soubory a postupně je zpracovávat. Na začátku byl stanoven krátký časový rámec, ve kterém se zjišťovalo, zda obsahuje řečovou aktivitu nebo ne. Pro prezentované testování, byl časový rámec stanoven na 20 ms. V prvním kroku testovací fáze je nutné každou audio stopu rozdělit právě po 20 ms. Díky doplňujícím informacím, které databáze TIMIT nabízí, je možné zjistit, která část slova se v této sekci nachází.

Posledním krokem je implementace algoritmu, který hledá nejpravděpodobnější sekvenci stavů modelu. Na základě rešerše byl zvolen Viterbiho algoritmus [150]. Tento algoritmus slouží k nalezení nejpravděpodobnější sekvence stavů modelu  $\mathcal{M}$ , který generoval pozorování  $P$ , stejně jako k výpočtu její pravděpodobnosti. K definici pravděpodobnosti cesty pomocí modelu, která vychází ze stavu inicializace a končí ve stavu  $j$  v čase  $t$  a zároveň generuje řečové vektory  $p_1, \dots, p_t$ . Hledání požadované sekvence stavů lze představit jako hledání cesty v mřížce. Na vertikální ose jsou zakresleny jednotlivé stavy Markovova modelu a na horizontálních osách jsou časové sloty  $1, \dots, T$  [141].





**Obrázek 32: Klasifikace zvukové stopy pomocí algoritmu založeném na HMM [autor]**

Výsledný graf na Obrázku 31 zobrazuje 9000 ms dlouhý audio záznam s modrou barevnou funkcí, kde je s největší pravděpodobností umístěný mluvený projev v tomto časovém rámci. Druhá oranžová funkce reprezentuje časové rámce s reálnou řečovou aktivitou. První sada analýz zkoumala dopad testování vybraného audio záznamu. Díky využití HMM autor dokázal ušetřit více než 30 % délky testovaného audio záznamu při přenosu dat. Představené řešení nevynechalo žádný časový rámec, kde by skutečně byl mluvený projev. Předpokládá se, že výsledky nebudou tak úspěšné, když bude řešení nasazeno v reálném prostředí s významnými interferencemi, hlukem a jinými faktory. Prototypové řešení se jeví jako prospěšně.

Po fázi testování bylo předzpracování zvukové stopy za pomoci HMM označeno za použitelné a bylo integrováno do chytrého prototypu pro sluchově postižené osoby. Pro experimentální řešení tento výzkum znamená významné úspory přenesených dat, úspory výkonu serveru, sběr nových dat pro další výzkum, otevření více možností pro výzkum úspory baterie a další pohled na lepší modelování detekce řeči.

## 11 Vyhodnocení

Rešerše existujících řešení ukazuje, že téma chytrých mobilních zařízení a jejich využití pro běžný každodenní život má svoje výhody a je možné díky nim šetřit čas nebo zvyšovat efektivitu práce. Navržená obecná architektura napomáhá ke smysluplnému rozdělení jednotlivých funkčních částí v rámci konkrétního implementovaného systému. Disertační práce zahrnuje následující dílčí cíle práce, k jejichž řešení přispěl autor svým výzkumem:

- Komplexní seznámení s mobilními zařízeními a jejich principy,
- představení aktuální situace mobilních a chytrých mobilních zařízení na českém i světovém trhu, představení aktuálních trendů v této oblasti,
- představení a definice softwarové architektury,
- vysvětlení principu hardwarových doplňků dnešních mobilních zařízení, srovnání populárních operačních systémů, představení nejrozšířenějšího z nich,
- identifikace potenciálu chytrých mobilních zařízení,
- identifikace podstatných klíčových prvků architektury a specifických rysů architektury,
- výběr a analýza cílové skupiny uživatelů pro nejvhodnější implementaci navržené architektury,
- vývoj experimentální implementace architektury s ohledem na definovaná pravidla a její prvky.

Implementace obou prototypů pro sluchově a zrakově postižené osoby se jeví jako přínosná. Oproti komerčním řešením, které vyžadují pro detekci obrazu nebo zvuku účast třetí osoby, využívají strojového učení. Oproti řešením, která jsou implementována v chytrém mobilním telefonu, nabízejí inovativní přístup a usnadněné ovládání díky zařízení Google Glass. Výsledky testování prototypu pro zrakově postižené osoby napovídají skutečnosti, že po dalším zdokonalení může zrakově postiženým lidem tato platforma kompenzovat standardní pomůcky nebo v ideálním případě i sociálního asistenta. Prototyp pro sluchově postižené osoby se jeví také jako přínosný a nabízí více prostoru pro výzkum uživatelského rozhraní a návrhu, jakým způsobem předat uživateli co nejvíce informací za

co nejkratší čas. Oba prototypy však mohou svým uživatelům nabídnout významné usnadnění jejich každodenního života.

Autor hodlá na výzkumu uživatelského rozhraní pro sluchově postižené dále pokračovat a směřovat ho na stále modernější technologie a především zařízení. Vývoj technologií je extrémně rychlý a není jednoduché udržet tempo s okolním světem a konkurencí. V zájmu dalšího a následného výzkumu bude vyvinuta snaha se ještě více přiblížit ke komunitě sluchově postižených osob.

## 12 Závěr

Disertační práce ve svém úvodu představuje problematiku softwarové architektury, samotného vývoje software a definuje konkrétní cíle disertační práce.

Následuje rešeršní část práce, která seznamuje čtenáře se stěžejními tématy. Jedná se o analýzu současného stavu mobilních zařízení a představení technologií, které je možné v dnešní době implementovat. Práce popisuje konkrétní případy užití chytrých mobilních zařízení jako asistivní technologii, a zkoumá tak přístupy různých řešení, které se autorovu výzkumu přibližují. Dalším tématem je výběr a analýza cílové skupiny uživatelů, pro které může experimentální implementace dle definovaných pravidel nabídnout každodenní usnadnění. Autor se zaměřil na osoby se zdravotním postižením a po důkladné analýze se orientoval konkrétně na pomoc zrakově a sluchově postiženým osobám. Chytrá mobilní zařízení jsou schopna nabídnout právě těmto osobám pomoc ve formě rozpoznávání obrazu či zvuku a částečně tak kompenzovat jejich zdravotní postižení.

Druhá část práce popisuje princip obecné architektury. Práce definuje pravidla pro vývoj aplikací, aby byl maximálně využit potenciál zakomponovaných moderních zařízeních a služeb, se kterými tyto zařízení pracují. Navržená architektura dbá na vhodné členění jednotlivých částí systému. Z autorova výzkumu vzešly tři stěžejní prvky architektury – klient, prostředník a server. Kolem těchto prvků vznikla pravidla, která popisují, jaký typ úloh má konkrétní prvek architektury zpracovávat a jakým způsobem bude s ostatními prvky architektury komunikovat.

V této práci je dále představeno, jakým způsobem byly implementovány dva experimentální prototypy, které splňují požadavky navržené architektury. U obou prototypů proběhlo testování a dle získaných výsledků bylo usouzeno, že architektura i konkrétní implementace jsou pro obor aplikované informatiky přínosné.

V poslední kapitole bylo podrobně popsáno, jakým způsobem byly jednotlivé dílčí cíle disertační práce splněny a u kterých témat je vhodné pokračovat ve výzkumu. Disertační práci hodlá autor představit americké organizaci IHMC, se kterou svůj prvotní výzkum v roce 2015 započal.

## 13 Citovaná literatura

- [1] The Institute for Human and Machine Cognition. IHMC. URL: <https://www.ihmc.us/>.
- [2] HASSELBRING, Wilhelm. Software architecture: Past, present, future. In: The Essence of Software Engineering. Springer, Cham, 2018. p. 169-184..
- [3] AKHERFI, Khadija; GERNDT, Micheal; HARROUD, Hamid. Mobile cloud computing for computation offloading: Issues and challenges. Applied computing and informatics, 2018, 14.1: 1-16..
- [4] CHEN, Xu, et al. Efficient multi-user computation offloading for mobile-edge cloud computing. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2016, 24.5: 2795-2808..
- [5] ABRAHAMSSON, Pekka, et al. Mobile-D: an agile approach for mobile application development. In: Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications. ACM, 2004. p. 174-175..
- [6] TAMMINEN, Sakari, et al. Understanding mobile contexts. Personal and ubiquitous computing, 2004, 8: 135-143..
- [7] WASSERMAN, Tony. Software engineering issues for mobile application development. FoSER 2010, 2010..
- [8] PRAKASH, Alok; WANG, Siqi; MITRA, Tulika. Mobile application processors: Techniques for software power-performance optimization. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2020, 9.4: 67-76..
- [9] TARUTE, Asta; NIKOU, Shahrokh; GATAUTIS, Rimantas. Mobile application driven consumer engagement. Telematics and Informatics, 2017, 34.4: 145-156..
- [10] JAHANGIRI, Arash; RAKHA, Hesham A. Applying machine learning techniques to transportation mode recognition using mobile phone sensor data. IEEE transactions on intelligent transportation systems, 2015, 16.5: 2406-2417..
- [11] HEITKÖTTER, Henning; HANSCHKE, Sebastian; MAJCHRZAK, Tim A. Evaluating cross-platform development approaches for mobile applications. In: International Conference on Web Information Systems and Technologies. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 120-138..
- [12] HAM, Hyung Kil; PARK, Young Bom. Mobile application compatibility test system design for android fragmentation. In: International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 314-320..

- [13] MARTÍNEZ-PÉREZ, Borja; DE LA TORRE-DÍEZ, Isabel; LÓPEZ-CORONADO, Miguel. Privacy and security in mobile health apps: a review and recommendations. *Journal of medical systems*, 2015, 39.1: 181..
- [14] JOHNSON, Jeff. *Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design guidelines*. Elsevier, 2013..
- [15] BARR, Earl T., et al. The oracle problem in software testing: A survey. *IEEE transactions on software engineering*, 2014, 41.5: 507-525..
- [16] AMINE, Dahane; NASSREDDINE, Berrached; BOUABDELLAH, Kechar. Energy efficient and safe weighted clustering algorithm for mobile wireless sensor networks. *Procedia Computer Science*, 2014, 34: 63-70..
- [17] SIEVI-KORTE, Outi; RICHARDSON, Ita; BEECHAM, Sarah. Software architecture design in global software development: An empirical study. *Journal of Systems and Software*, 2019, 158: 110400..
- [18] SMOLÍK, Tomáš. *Softwarová architektura*. Profinit. 2007..
- [19] LANE, Thomas G. *Studying software architecture through design spaces and rules*. 1990..
- [20] SHAW, Mary; GARLAN, David. *Characteristics of Higher-Level Languages for Software Architecture*. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA DEPT OF COMPUTER SCIENCE, 1994..
- [21] SHA, Lui; RAJKUMAR, Ragunathan; GAGLIARDI, Michael. *A Software Architecture for Dependable and Evolvable Industrial Computing Systems*. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 1995..
- [22] CLEMENTS, Paul C. Coming attractions in software architecture. In: *Proceedings of 5th International Workshop on Parallel and Distributed Real-Time Systems and 3rd Workshop on Object-Oriented Real-Time Systems*. IEEE, 1997. p. 2-9..
- [23] KAZMAN, Rick; BASS, Len. *Toward deriving software architectures from quality attributes*. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 1994..
- [24] GHEORGHE, Alina-Mădălina; GHEORGHE, Ileana Daniela; IATAN, Ioana Laura. Agile Software Development. *Informatica Economica*, 2020, 24.2..
- [25] FLORA, Harleen K.; CHANDE, Swati V. A review and analysis on mobile application development processes using agile methodologies. *International Journal of Research in Computer Science*, 2013, 3.4: 9..

- [26] ARORAL, Harkirat Kaur. Waterfall Process Operations in the Fast-paced World: Project Management Exploratory Analysis. *International Journal of Applied Business and Management Studies*, 2021, 6.1: 91-99..
- [27] Top 7 software development methodologies with Pros and Cons. URL: <https://ddi-dev.com/blog/programming/7-best-software-development-methodologies-pros-and-cons/>.
- [28] MARTIN, James. *Rapid application development*. Macmillan Publishing Co., Inc., 1991..
- [29] 8 Fundamental SDLC Models. URL: <https://www.ishir.com/blog/10130/8-fundamental-sdlc-models-every-developer-should-know-about.htm>.
- [30] STOICA, Marian; MIRCEA, Marinela; GHILIC-MICU, Bogdan. *Software Development: Agile vs. Traditional*. *Informatica Economica*, 2013, 17.4..
- [31] BECK, Kent. *Extreme programming: A gentle introduction*. URL <http://www.extremeprogramming.org>, 2013..
- [32] ANWER, Faiza, et al. Comparative Analysis of Two Popular Agile Process Models: Extreme Programming and Scrum. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, 2017, 8.2: 1-7..
- [33] KUMAR, Gaurav; BHATIA, Pradeep Kumar. Impact of agile methodology on software development process. *International Journal of Computer Technology and Electronics Engineering (IJCTEE)*, 2012, 2.4: 46-50..
- [34] TOP 12 SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGIES. URL: <https://www.tatvasoft.com/blog/top-12-software-development-methodologies-and-its-advantages-disadvantages/>.
- [35] DARWISH, Nagy Ramadan; MEGAHED, Salwa. Requirements engineering in scrum framework. *International Journal of Computer Applications*, 2016, 149.8: 24-29..
- [36] AHMAD, Muhammad Ovais; MARKKULA, Jouni; OIVO, Markku. Kanban in software development: A systematic literature review. In: 2013 39th Euromicro conference on software engineering and advanced applications. IEEE, 2013. p. 9-16..
- [37] CORONA, Erika, et al. A review of lean-kanban approaches in the software development. *WSEAS transactions on information science and applications*, 2013, 10.1: 1-13..
- [38] Platform Market Share Worldwide. URL: <https://gs.statcounter.com/platform-market-share#yearly-2009-2023>.

- [39] Number of mobile phone users worldwide 2015-2020. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/>.
- [40] Mobile phone penetration worldwide 2013-2019. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/470018/mobile-phone-user-penetration-worldwide/>.
- [41] Mobile connections worldwide by country 2013-2019. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/203636/mobile-connections-worldwide-by-country/>.
- [42] Smartphone mobile phone user penetration worldwide 2014-2019. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/285596/forecast-smartphone-penetration-amongst-mobile-users-worldwi>.
- [43] Number of smartphone users worldwide 2014-2020. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>.
- [44] Global smartphone market share 2018. Statista. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies.  
URL: <https://www.statista.com/statistics/271496/global-market-share-held-by-smartphone-vendors-since-4th-quarter-2009/>.
- [45] App Download Data (2023). URL: <https://www.businessofapps.com/data/app-statistics/>.
- [46] BRIZ-PONCE, Laura; JUANES-MÉNDEZ, Juan Antonio. Mobile devices and apps, characteristics and current potential on learning. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 2015, 8.4: 26-37..
- [47] AL-MAROOF, Rana Saeed, et al. User acceptance of smart watch for medical purposes: an empirical study. *Future Internet*, 2021, 13.5: 127..
- [48] WEISS, Gary M.; YONEDA, Kenichi; HAYAJNEH, Thaier. Smartphone and smartwatch-based biometrics using activities of daily living. *IEEE Access*, 2019, 7: 133190-133202..



- [49] KIM, Dawon; CHOI, Yosoon. Applications of smart glasses in applied sciences: A systematic review. *Applied Sciences*, 2021, 11.11: 4956..
- [50] SULTAN, Nabil. Reflective thoughts on the potential and challenges of wearable technology for healthcare provision and medical education. *International Journal of Information Management*, 2015, 35.5: 521-526..
- [51] Mobile Operating System Market Share Worldwide. StatCounter Global Stats.  
URL: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/#yearly-2009-2012>.
- [52] Glass gestures. Google Help.  
URL: <https://support.google.com/glass/answer/3064184?hl=en>.
- [53] TERZOPOULOS, George; SATRATZEMI, Maya. Voice assistants and smart speakers in everyday life and in education. *Informatics in Education*, 2020, 19.3: 473-490..
- [54] HALPERN, Matthew; ZHU, Yuhao; REDDI, Vijay Janapa. Mobile cpu's rise to power: Quantifying the impact of generational mobile cpu design trends on performance, energy, and user satisfaction. In: 2016 IEEE International Symposium on High Performance Compute.
- [55] Download Speeds: Comparing 2G, 3G, 4G & 5G Mobile Networks. Ken's Tech Tips: UK Mobile Networks & Smartphone Advice.  
URL: <https://kenstechtips.com/index.php/download-speeds-2g-3g-and-4g-actual-meaning>.
- [56] EZHILARASAN, E.; DINAKARAN, M. A Review on mobile technologies: 3G, 4G and 5G. In: 2017 second international conference on recent trends and challenges in computational models (ICRTCCM). IEEE, 2017. p. 369-373..
- [57] COSKUN, Vedat; OZDENIZCI, Busra; OK, Kerem. A survey on near field communication (NFC) technology. *Wireless personal communications*, 2013, 71.3: 2259-2294..
- [58] 10 Most Important Sensors in Mobile Phones & Their Uses. URL:  
<https://www.techbii.com/10-most-important-sensors-in-mobile-phones-their-uses/>.
- [59] Duální fotoaparáty mobilních telefonů: Výhody, princip a funkce. Alza.cz - největší obchod s počítači a elektronikou. URL: <https://www.alza.cz/dualni-fotoaparaty-mobilnich-telefonu>.
- [60] KARMEEL, A., et al. IoT based assistive device for deaf, dumb and blind people. *Procedia Computer Science*, 2019, 165: 259-269..
- [61] SHUBANKAR, B.; CHOWDHARY, Mallika; PRIYAADHARSHINI, M. Iot device for disabled people. *Procedia Computer Science*, 2019, 165: 189-195..

- [62] KUMAR, R. Senthil, et al. Implementation of IoT based smart assistance gloves for disabled people. In: 2021 7th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS). IEEE, 2021. p. 1160-1164..
- [63] GUO, Yang; BAI, Guohua. An IOT architecture for home-based elderly healthcare. In: International Conference on Management and Engineering (CME 2014). DEStech Publications, Inc, 2014. p. 329..
- [64] HUSSAIN, Aamir, et al. Health and emergency-care platform for the elderly and disabled people in the Smart City. *Journal of Systems and Software*, 2015, 110: 253-263..
- [65] KUMAR, Mithiles; KABIR, Faysal; ROY, Sahadev. Low cost smart stick for blind and partially sighted people. *International Journal of Advanced Engineering and Management*, 2017, 2.3: 65-68..
- [66] LATIF, Ghazanfar, et al. IoT based real-time voice analysis and smart monitoring system for disabled people. *Asia Pacific Journal of Contemporary Education and Communication Technology (APIAR)*, 2017, 3.2: 227-234..
- [67] KHAN, Muiz Ahmed, et al. An AI-based visual aid with integrated reading assistant for the completely blind. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 2020, 50.6: 507-517..
- [68] BEMPONG, Joan; STAINSLAW, Joseph; BEHM, Gary. Accessible smart home system for the deaf and hard-of-hearing. 2015..
- [69] KIM, Dong-Keun, et al. A mobile telemedicine system for remote consultation in cases of acute stroke. *Journal of telemedicine and telecare*, 2009, 15.2: 102-107..
- [70] AHMED, Mateen, et al. Deaf talk using 3D animated sign language: A sign language interpreter using Microsoft's kinect v2. In: 2016 SAI Computing Conference (SAI). IEEE, 2016. p. 330-335..
- [71] TUNA, Gurkan; DAS, Resul; TUNA, Ayse. Wireless sensor network-based health monitoring system for the elderly and disabled. *International Journal of Computer Networks and Applications (IJCNA)*, 2015, 2.6: 247-253..
- [72] SENDRA, Sandra, et al. Smart collaborative mobile system for taking care of disabled and elderly people. *Mobile Networks and Applications*, 2014, 19: 287-302..
- [73] AKHUND, Tajim Md Niamat Ullah, et al. IoT based low-cost robotic agent design for disabled and Covid-19 virus affected people. In: 2020 fourth world conference on smart trends in systems, security and sustainability (WorldS4). IEEE, 2020. p. 23-26..

- [74] CHAUDHARI, Nikhil; GUPTA, Akash; RAJU, S. S. V. ALED system to provide mobile IoT assistance for elderly and disabled. *International Journal of Smart Home*, 2016, 10.8: 35-50..
- [75] NADA, Ayat A.; FAKHR, Mahmoud A.; SEDDIK, Ahmed F. Assistive infrared sensor based smart stick for blind people. In: *2015 science and information conference (SAI)*. IEEE, 2015. p. 1149-1154..
- [76] SUMI, Lucy; LONGCHAR, Imlijungla; DEY, Shouvik. IoT-based fall prevention and detection for senior citizens, physically and intellectually disabled. In: *2019 International Conference on Information Technology (ICIT)*. IEEE, 2019. p. 190-195..
- [77] ISYANTO, Haris; ARIFIN, Ajib Setyo; SURYANEGARA, Muhammad. Design and implementation of IoT-based smart home voice commands for disabled people using Google Assistant. In: *2020 International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA)*. IEEE,.
- [78] SCHMITT, Ara J., et al. Use of reading pen assistive technology to accommodate post-secondary students with reading disabilities. *Assistive Technology*, 2012, 24.4: 229-239..
- [79] YI, Chucai; TIAN, Yingli; ARDITI, Aries. Portable camera-based assistive text and product label reading from hand-held objects for blind persons. *IEEE/ASME Transactions On Mechatronics*, 2013, 19.3: 808-817..
- [80] Khan, M. A., Paul, P., Rashid, M., Hossain, M., & Ahad, M. A. R. (2020). An AI-based visual aid with integrated reading assistant for the completely blind. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 50(6), 507-517..
- [81] Rozdělení zdravotně postižených osob do skupin. Žiju s handicapem.  
URL: <https://www.zijushandicapem.cz/clanky/zamestnani/rozdeleni-zdravotne-postizenych-osob-do-skupin.html>.
- [82] JENSEN, Eric. *Brain-based learning: The new paradigm of teaching*. Corwin Press, 2008..
- [83] SELLS, Saul B.; FIXOTT, Richard S. Evaluation of research on effects of visual training on visual functions. *American journal of ophthalmology*, 1957, 44.2: 230-236..
- [84] BOURNE, Rupert RA, et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 2017, 5.9: e888-e897..
- [85] *Blindness: Vision 2020 - The Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness*. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs213/en/>.

- [86] Kolik je v České republice zrakově postižených lidí? POSLEPU. POmoc SLEPým Uživatelům – přístupnost webu, aplikací a informací; asistivní technologie pro uživatele se specifickými potřebami; inkluzivní design. URL: <https://poslepu.cz/kolik-je-v-ceske-repu>.
- [87] LEGOOD, Rosa; SCUFFHAM, Paul; CRYER, Caroline. Are we blind to injuries in the visually impaired? A review of the literature. *Injury prevention*, 2002, 8.2: 155-160..
- [88] VVZP. Zpráva o situaci zdravotně postižených a nejnáléhavějších úkolech, které je třeba vyřešit, 1992. URL: <https://www.vlada.cz/assets/ppov/vvzpo/dokumenty/zp1992.pdf>.
- [89] HRUBÝ, Jaroslav. Kolik je u nás sluchově postižených? *Speciální pedagogika*, č. 2, s. 5 – 19, 1998a. ISSN 1211 – 2720..
- [90] HRUBÝ, Jaroslav. Tak kolik těch sluchově postižených u nás vlastně je? *Speciální pedagogika*, č. 4, s. 269 – 289, 2009. ISSN 1211 – 2720..
- [91] BOI, Raffaella, et al. Hearing loss and depressive symptoms in elderly patients. *Geriatrics & gerontology international*, 2012, 12.3: 440-445..
- [92] GATES, George A.; MILLS, John H. Presbycusis. *The lancet*, 2005, 366.9491: 1111-1120..
- [93] Deafness and hearing loss. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [94] CORREIA, Susana, et al. A stress “deafness” effect in European Portuguese. *Language and speech*, 2015, 58.1: 48-67..
- [95] SHEARER, A. Eliot, et al. Utilizing ethnic-specific differences in minor allele frequency to recategorize reported pathogenic deafness variants. *The American Journal of Human Genetics*, 2014, 95.4: 445-453..
- [96] BODSWORTH, Sarah M., et al. Deafblindness and mental health: Psychological distress and unmet need among adults with dual sensory impairment. *British Journal of Visual Impairment*, 2011, 29.1: 6-26..
- [97] KYLE, Jim G.; WOLL, Bencie. *Sign language: The study of deaf people and their language*. Cambridge University Press, 1988..
- [98] SORGINI, Francesca, et al. Haptic-assistive technologies for audition and vision sensory disabilities. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 2018, 13.4: 394-421..
- [99] ROBLES, Rosslin John; KIM, Tai-hoon. Applications, systems and methods in smart home technology: A. *Int. Journal of Advanced Science And Technology*, 2010, 15..

- [100] ROLFE, Crystal; GARDNER, Benjamin. Experiences of hearing loss and views towards interventions to promote uptake of rehabilitation support among UK adults. *International journal of audiology*, 2016, 55.11: 666-673..
- [101] GANTZ, Bruce J., et al. Preservation of hearing in cochlear implant surgery: advantages of combined electrical and acoustical speech processing. *The Laryngoscope*, 2005, 115.5: 796-802..
- [102] WILSON, Blake S., et al. Better speech recognition with cochlear implants. *Nature*, 1991, 352.6332: 236-238..
- [103] Android 9 Pie: Powered by AI for a smarter, simpler experience that adapts to you. The Keyword. Google. URL: <https://blog.google/products/android/introducing-android-9-pie/>.
- [104] What is the Open Handset Alliance (OHA)? - Definition from Techopedia. Techopedia - Where Information Technology and Business Meet. URL: <https://www.techopedia.com/definition/16273/open-handset-alliance-oha>.
- [105] Device compatibility overview. Android Developers. URL: <https://developer.android.com/guide/practices/compatibility>.
- [106] Platform Architecture. Android Developers. URL: <https://developer.android.com/guide/platform/>.
- [107] Distribution dashboard. Android Developers. URL: <https://developer.android.com/about/dashboards/>.
- [108] Understand the Activity Lifecycle. Android Developers. URL: <https://developer.android.com/guide/components/activities/activity-lifecycle>.
- [109] Services overview. Android Developers. URL: <https://developer.android.com/guide/components/services>.
- [110] Kotlin on Android. Now official. JetBrains. URL: <https://blog.jetbrains.com/kotlin/2017/05/kotlin-on-android-now-official>.
- [111] TIOBE Index. TIOBE - The Software Quality Company. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>.
- [112] LEIVA, Antonio. Kotlin for Android Developers: Learn Kotlin the easy way while developing an Android App. Leanpub, 2017..
- [113] VAHABZADEH, Arshya, et al. Improvement of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder Symptoms in School-Aged Children, Adolescents, and Young Adults With Autism via a

Digital Smartglasses-Based Socioemotional Coaching Aid: Short-Term, Uncontrolled Pilot Stu.

- [114] DESHPANDE, Miss Shimpali; UPLENCHWAR, G.; CHAUDHARI, D. N. Google Glass. International Journal of Scientific & Engineering Research, 2013, 4: 12..
- [115] PATHKAR, Namrata S.; JOSHI, Neha S. Google Glass: Project Glass'. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), 2014, 3.10: 031-035..
- [116] HOLČÍK, Jiří, KOMENDA, Martin (eds.) a kol. Matematická biologie: elearningová učebnice. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-8095-9..
- [117] HAGAN, Martin T., et al. Neural network design. Boston: Pws Pub., 1996..
- [118] FLOREANO, Dario; DÜRR, Peter; MATTIUSI, Claudio. Neuroevolution: from architectures to learning. Evolutionary Intelligence, 2008, 1.1: 47-62..
- [119] FALESSI, Davide, et al. Decision-making techniques for software architecture design: A comparative survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 2011, 43.4: 1-28..
- [120] KAZMAN, Rick, et al. Scenario-based analysis of software architecture. IEEE software, 1996, 13.6: 47-55..
- [121] GARLAN, David. Software architecture: a roadmap. In: Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering. 2000. p. 91-101..
- [122] TIHOMIROVS, Juris; GRABIS, Jānis. Comparison of soap and rest based web services using software evaluation metrics. Information Technology and Management Science, 2016, 19.1: 92-97..
- [123] FENG, Xinyang; SHEN, Jianjing; FAN, Ying. REST: An alternative to RPC for Web services architecture. In: 2009 First International Conference on Future Information Networks. IEEE, 2009. p. 7-10..
- [124] NOGATZ, Falco; SEIPEL, Dietmar. Implementing GraphQL as a query language for deductive databases in SWI-prolog using DCGs, quasi quotations, and dicts. arXiv preprint arXiv:1701.00626, 2017..
- [125] PIMENTEL, Victoria; NICKERSON, Bradford G. Communicating and displaying real-time data with websocket. IEEE Internet Computing, 2012, 16.4: 45-53..
- [126] Aira Tech Corp. URL <https://aira.io/>.

- [127] SCHREIBER, Simeon B. Bone conduction audio listening device and method. U.S. Patent No 4,791,673, 1988..
- [128] How Bone Conduction Works. HowStuffWorks.  
URL: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/audio-music/bone-conducting-headphones1.htm>.
- [129] STANLEY, Raymond M.; WALKER, Bruce N. Lateralization of sounds using bone-conduction headsets. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications, 2006. p. 1571-1575..
- [130] HOUGH, Paul VC. Method and means for recognizing complex patterns. U.S. Patent No 3,069,654, 1962..
- [131] FÍŘT, Jaroslav; HOLOTA, Radek. Digitalizace a zpracování obrazu. Digitální mikroskopie a analýza obrazu v metalografii, 2002..
- [132] YADAV, Ravi Kant. Image Preprocessing Techniques. Journal of Computer Technology & Applications, 2019, 3.2: 20-29..
- [133] CHEN, Hao, et al. Deep contextual networks for neuronal structure segmentation. In: Proceedings of the Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2016. p. 1167-1173..
- [134] WANG, Keze, et al. Cost-effective active learning for deep image classification. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2016, 27.12: 2591-2600..
- [135] Cloud Vision. Google Cloud. URL: <https://cloud.google.com/vision/>.
- [136] Next Generation Text. URL: <https://www.ngts.org.uk/>.
- [137] SpeakSee. URL: <https://speak-see.com/>.
- [138] TextHear. URL: <https://texthear.com/>.
- [139] How does Google glass work? (Infographic). Varifocals: Perfect vision - Smart eyes.  
URL: <https://www.varifocals.net/google-glass/>.
- [140] PSUTKA, Josef. Komunikace s počítačem mluvenou řečí. Academia, 1995..
- [141] TATARINOV, Jiri; POLLÁK, Petr. Hidden Markov Models in voice activity detection. In: COST278 and ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Robustness Issues in Conversational Interaction. 2004..

- [142] OTHMAN, Hisham; ABOULNASR, Tyseer. A semi-continuous state-transition probability HMM-based voice activity detector. *EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing*, 2007, 2007.1: 043218..
- [143] Cloud Speech-to-Text. Google Cloud. URL: <https://cloud.google.com/speech-to-text/>.
- [144] HJELMÅS, Erik; LOW, Boon Kee. Face detection: A survey. *Computer vision and image understanding*, 2001, 83.3: 236-274..
- [145] LI, Haoxiang, et al. A convolutional neural network cascade for face detection. In: *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2015. p. 5325-5334..
- [146] SIATRAS, Spyridon, et al. Visual lip activity detection and speaker detection using mouth region intensities. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2008, 19.1: 133-137..
- [147] MANZI, Alessandro, et al. Design of a cloud robotic system to support senior citizens: The KuBo experience. *Autonomous Robots*, 2017, 41.3: 699-709..
- [148] Overview of Face Detection and Face Recognition - Amazon Rekognition. URL: <https://docs.aws.amazon.com/rekognition/latest/dg/face-feature-differences.html>.
- [149] GAROFALO, John S., et al. TIMIT Acoustic-Phonetic Continuous Speech Corpus LDC93S1. Web Download. Philadelphia: Linguistic Data Consortium, 1993..
- [150] LOU, H.-L. Implementing the Viterbi algorithm. *IEEE Signal processing magazine*, 1995, 12.5: 42-52..



## 14 Vlastní publikace

1. **BERGER, Ales; MALY, Filip.** Smart Solution in Social Relationships Graphs. In: International Conference on Mobile Web and Information Systems. Springer, Cham, 2016. p. 393-405.
2. **BERGER, Ales, et al.** Google glass used as assistive technology its utilization for blind and visually impaired people. In: International Conference on Mobile Web and Information Systems. Springer, Cham, 2017. p. 70-82.
3. **BERGER, Ales; MACINKA, Michal.** Chytré řešení pro mobilní a interaktivní vzdělávání anglického jazyka. In: Sborník příspěvků z konference a soutěže eLearning 2017. Hradec Králové, 2017. p. 10-15. ISBN 978-80-7435-691-9.
4. **BERGER, Ales; MALY, Filip.** Prototype of a Smart Google Glass Solution for Deaf (and Hearing Impaired) People. In: International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems. Springer, Cham, 2018. p. 38-47.
5. **BERGER, Aleš; KLÍMOVÁ, Blanka.** Mobile Application for the Teaching of English. In: Advanced Multimedia and Ubiquitous Engineering. Springer, Singapore, 2018. p. 1-6.
6. **KLÍMOVÁ, Blanka; BERGER, Aleš.** Evaluation of the Use of Mobile Application in Learning English Vocabulary and Phrases—A Case Study. In: International Symposium on Emerging Technologies for Education. Springer, Cham, 2018. p. 3-11.
7. **BERGER, Ales; MALY, Filip.** Smart Google Glass Solution Used as Education Support Tool. In: 2019 International Symposium on Educational Technology (ISET). IEEE, 2019. p. 265-267.
8. **BERGER, Ales; MALY, Filip.** Speech Activity Detection for Deaf People: Evaluation on the Developed Smart Solution Prototype. In: Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems. Springer, Cham, 2019. p. 55-66.
9. **BERGER, Ales; KLÍMOVÁ, Blanka; POULOVÁ, Petra.** Mobile application as support of English on-line learning. In: 11th International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2019. Heraclion: SciTePress, 2019. p. 647-653. ISBN 978-989-758-367-4.
10. **BERGER, Ales; KOSTAK, Milan; MALY, Filip.** Mobile AR Solution for Deaf People. Correlation Between Face Detection and Speech Recognition. In: International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems. Springer, Cham, 2019. p. 243-254

11. KLIMOVA, Blanka; **BERGER, Ales**. Interactive English Language Mobile Application. In: International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics. Springer, Cham, 2020. p. 203-209.
12. PIKHART, Marcel; KLIMOVA, Blanka; **BERGER, Ales**. Computational Linguistics and Mobile Devices for ESL: The Utilization of Linguistics in Intelligent Learning. In: Smart Education and e-Learning 2020. Springer, Singapore, 2020. p. 199-206.
13. KOSTAK, Milan; **BERGER, Ales**; SLABY, Antonin. Migration of Artificial Neural Networks to Smartphones. In: International Conference on Computational Science and Its Applications. Springer, Cham, 2020. p. 845-858.
14. **BERGER, Aleš**; KOŠT'ÁK, Milan; JEŽEK, Bruno. Online Application for Bitcoin Price Visualization. In: International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems. Springer, Cham, 2021. p. 74-81.
15. **BERGER, Ales**. Exploring Former & Modern Views: A Catch-All to Assistive Technology Applications. In: E&M Economics and Management, 26(1), 2023. p. 206–218.

## **Shrnutí zaindexovaných publikačních výstupů**

	<b>Celkem publikací</b>	<b>Celkem citací</b>	<b>h-index</b>
<b>Google Scholar</b>	14	102	5
<b>Scopus</b>	13	63	5
<b>Web of Science</b>	7	35	3

Aktuální ke dni 31. března 2023

## **15 Přehled odborných vědecko-výzkumných aktivit**

### **Účast na zahraničních stážích**

Během svého studia jsem se účastnil několika zahraničních vědecko-výzkumných stáží, které mi umožnily rozšířit mé znalosti a dovednosti v oboru. Tyto stáže mi poskytly příležitost pracovat s odborníky z různých oblastí a nabrat cenné zkušenosti z jejich práce. Navázal jsem také cenné kontakty s odborníky z různých oblastí. Zahraniční stáže mi poskytly nezapomenutelné zkušenosti.

- **2015** – Institute for Human and Machine Congnition, USA Florida (4 měsíce)
- **2016** – City University of Hong Kong, Hong Kong (1 měsíc)
- **2016** – Institute for Human and Machine Congnition, USA Florida (1 měsíc)
- **2018** – Leaders in Industry-University Cooperation, Sun Moon University, Jižní Korea (2 týdny)
- **2018** – Universidad Pablo de Olavide, Španělsko (4 měsíce)
- **2019** – Huawei HQ, Čína (2 týdny)

### **Účast na projektech specifického výzkumu FIM UHK**

Jako účastník specifických výzkumů jsem se podílel na projektech, které měly blízko k chytrým mobilním zařízením. Během těchto výzkumů jsem získal hluboké znalosti o chytrých mobilních zařízeních a jejich funkcích. Účast na těchto výzkumných projektech mi umožnila rozšířit mé znalosti a dovednosti v oblasti chytrých mobilních zařízení a poskytla mi cenné zkušenosti, které jsem mohl uplatnit při svém studiu.

- **2015** – Indoor lokalizace a její využití v oblasti chytrých řešení (Dr. Kříž)
- **2016** – Vliv sociálních medií a mobilních technologií na rozvoj kognitivních procesů (doc. Poulová)
- **2017** – Vliv mobilních technologií a sociálních sítí na rozvoj kognitivních procesů (doc. Poulová)
- **2017** – SmartLOC (Dr. Kříž)

- 2018 – Prostorová lokalizace a vizualizace (Dr. Kříž)
- 2018 – Kognitivní procesy a jejich ICT podpora (doc. Poulová)
- 2018 – Manažerská elektronická komunikace: využití mobilních technologií ve firemní komunikaci (Dr. Pikhart)
- 2019 – ICT podpora kognitivních procesů (doc. Poulová)
- 2020 – Kognitivní a technologické aspekty komunikace (Dr. Pikhart)
- 2020 – ICT podpora kognitivních procesů (doc. Poulová)
- 2021 – ICT jako podpůrný nástroj kognitivních procesů (doc. Poulová)
- 2021 – Human-computer interaction in relation to L2 acquisition (Dr. Pikhart)
- 2022 – ICT jako podpůrný nástroj kognitivních procesů (doc. Poulová)
- 2022 – Human-computer interaction in relation to L2 acquisition 2 (Dr. Pikhart)
- 2023 – IT jako podpůrný nástroj kognitivních procesů (doc. Poulová)

### **Účast v projektu superdoktorand FIM UHK**

- 2017 - Chytré řešení pro podporu výuky anglického jazyka na FIM UHK
- 2018 - Návrh architektury pro rozpoznávání zvuků a mluvené řeči prostřednictvím chytrého zařízení Google Glass

## Zadání disertační práce

<b>Autor:</b>	<b>Ing. Aleš Berger</b>
Studium:	I1900780
Studijní program:	P1802 Aplikovaná informatika
Studijní obor:	Aplikovaná informatika
<b>Název disertační práce:</b>	<b>Využití potenciálu chytrých mobilních zařízení</b>
Název disertační práce AJ:	Exploiting the potential of smart mobile devices

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Definice problému, Cíle disertační práce, Analýza současného stavu mobilních zařízení, Cílová skupina uživatelů, Představení aplikovaných technologií, Návrh prototypu obecné architektury, Experimentální implementace, Testování, Nastínění představy o dalším směřování disertace

- WASSERMAN, Tony. Software engineering issues for mobile application development. FoSER 2010, 2010.
- KAZMAN, Rick; BASS, Len. Toward deriving software architectures from quality attributes. CARNEGIE-MELLON UNIV PITTSBURGH PA SOFTWARE ENGINEERING INST, 1994.
- BRIZ-PONCE, Laura; JUANES-MÉNDEZ, Juan Antonio. Mobile devices and apps, characteristics and current potential on learning. Journal of Information Technology Research (JITR), 2015, 8.4: 26-37.
- SULTAN, Nabil. Reflective thoughts on the potential and challenges of wearable technology for healthcare provision and medical education. International Journal of Information Management, 2015, 35.5: 521-526.
- PATHKAR, Namrata S.; JOSHI, Neha S. Google Glass: Project Glass'. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), 2014, 3.10: 031-035.
- BERGER, Ales, et al. Google glass used as assistive technology its utilization for blind and visually impaired people. In: International Conference on Mobile Web and Information Systems. Springer, Cham, 2017. p. 70-82.
- BERGER, Ales; MALY, Filip. Prototype of a Smart Google Glass Solution for Deaf (and Hearing Impaired) People. In: International Conference on Mobile Web and Intelligent Information Systems. Springer, Cham, 2018. p. 38-47.
- BERGER, Ales; MALY, Filip. Speech Activity Detection for Deaf People: Evaluation on the Developed Smart Solution Prototype. In: Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems. Springer, Cham, 2019. p. 55-66.

Zadávací pracoviště: Katedra informatiky a kvantitativních metod,  
Fakulta informatiky a managementu

Vedoucí práce: doc. Ing. Filip Malý, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 1.9.2019