

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektroniky a informačních technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Asistenční systémy pro stárnoucí osoby a osoby se
zdravotním postižením**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš KRÁL**
Osobní číslo: **E19N0062P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a aplikovaná informatika**
Téma práce: **Asistenční systémy pro stárnoucí osoby a osoby se zdravotním postižením**
Zadávající katedra: **Katedra elektroniky a informačních technologií**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte stručnou rešerši životních situací, které by měly být u asistovaných osob v domácnosti nebo ve speciálních zařízeních sledovány.
2. Zpracujte stručnou rešerši probíhajících výzkumů nebo praktického nasazování asistenčních technologií v zahraničí s ohledem na druhy používaných senzorů a jejich využití.
3. Realizujte praktickou demonstraci využití vybraných senzorů pro asistenční služby se zaměřením na stárnoucí osoby žijící samostatně v domácnosti nebo ve speciálních zařízeních.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Singh, Deepika & Kropf, Johannes & Hanke, Sten & Holzinger, Andreas. (2017). Ambient Assisted Living Technologies from the Perspectives of Older People and Professionals. 255-266. 10.1007/978-3-319-66808-6_17.
2. Ganesan, Balasankar & Gowda, Tejashwini & Al-Jumaily, Adel & Fong, Kenneth & Meena, Surendra & Tong, Raymond Kai-Yu. (2019). Ambient assisted living technologies for older adults with cognitive and physical impairments: a review. European review for medical and pharmacological sciences. 23. 10470-10481. 10.26355/eurrev_201912_19686.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Veřtát, Ph.D.**
Katedra elektroniky a informačních technologií

Datum zadání diplomové práce: **9. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2021**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
vedoucí katedry

Abstrakt

Cílem předložené diplomové práce je seznámit čtenáře s technologiemi asistovaného bydlení v domácnosti (AAL – Ambient assisted living) a s jejich využitím pro dohled nad samostatně žijícími stárnoucími osobami. Hlavním důvodem, proč se zabývat technologií Ambient Assisted Living, je stárnutí populace jak u nás, tak i v celém světě. Obsahem práce je seznámit čtenáře s technologií AAL systémů a jejím využitím v reálném prostředí a následném hodnocení jak od monitorovaných osob, tak od pečovatelských pracovníků. Přínosem diplomové práce je mimo jiné také praktická demonstrace možnosti využití termokamery v AAL systémech a vyhodnocení různých modelových situací.

Klíčová slova:

AAL, AAL DOME0, AlarmNet, asistenční systémy, asistované bydlení, CASAS, EvAAL, chytrá domácnost, chytrý dům, SOPRANO, stárnutí populace, termokamera

Abstract

This diploma thesis aims to acquaint readers with the technologies of assisted living in the home (AAL – Ambient assisted living) and their use for the supervision of single elderly people. The main reason to deal with Ambient Assisted Living technology is the aging of the population both in our country and around the world. The content of the work is to acquaint the reader with the technology of AAL systems and their use in the real environment and subsequent evaluation from both monitored persons and caregivers. The contribution of the diploma thesis is, among other things, a practical demonstration of the possibility of using a thermal camera in AAL systems and evaluation of various model situations.

Key words:

AAL, AAL DOME0, AlarmNet, assistance systems, assisted living, CASAS, EvAAL, smart household, smart house, SOPRANO, population aging, thermal camera

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.



.....
podpis

V Plzni dne 26.5.2021

Bc. Lukáš Král

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Ivo Veřtátovi, Ph.D, za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

ÚVOD	11
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	12
1 ASISTENČNÍ SYSTÉMY	13
1.1 VÝVOJ AAL TECHNOLOGIE	15
1.1.1 <i>Technologie 1. generace</i>	16
1.1.2 <i>Technologie 2. generace</i>	16
1.1.3 <i>Technologie 3. generace</i>	17
1.2 SENZORY V AAL SYSTÉMECH	17
1.2.1 <i>Využití videokamery mobilního telefonu</i>	19
1.2.2 <i>Využití mikrofonu mobilního telefonu</i>	22
1.2.3 <i>WBAN</i>	24
1.3 AAL SYSTÉMY V DOMÁCNOSTI	25
1.3.1 <i>Pohybový senzor PIR</i>	26
1.3.2 <i>Magnetický kontakt</i>	26
1.3.3 <i>Teplotní senzor</i>	27
1.3.4 <i>Požární senzor</i>	27
1.3.5 <i>Tlakové podložky</i>	28
1.3.6 <i>Průtokoměr</i>	29
1.3.7 <i>Zvukové senzory</i>	29
1.4 PŘIJETÍ AAL SYSTÉMU	30
1.5 SLEDOVANÉ ŽIVOTNÍ SITUACE	30
1.5.1 <i>Detekce pádu</i>	30
1.5.2 <i>Detekce nemoci</i>	31
1.5.3 <i>Detekce aktivity</i>	31
1.5.4 <i>Životní funkce</i>	31

1.5.5	Noční aktivity.....	31
1.5.6	Kognitivní poruchy.....	32
1.5.7	Demence.....	32
1.5.8	Užívání léků.....	32
1.5.9	Detekce požáru.....	32
1.5.10	Detekce povodně.....	33
1.5.11	Detekce otevřených oken a dveří.....	33
2	VÝZKUMNÉ PRÁCE VE SVĚTĚ A JEJICH VÝSLEDKY.....	33
2.1	ZUYDERLAND V SITTARD-GELEEN (NIZOZEMSKO).....	33
2.1.1	Analýza denního života pacientů.....	34
2.1.2	Sociální zapojení a aktivita.....	35
2.1.3	Přijetí moderní technologie.....	36
2.1.4	Návrhy začlenění AAL technologie.....	36
2.1.5	Závěr ze studie.....	37
2.2	CASAS.....	37
2.3	ALARMNET.....	40
2.4	SOPRANO.....	41
2.5	ROBOTI PRO ASISTOVANÝ ŽIVOT.....	43
2.5.1	Robotický pes Aibo.....	43
2.5.2	Robot NAO.....	44
2.6	TESTOVÁNÍ AAL SYSTÉMŮ.....	46
2.6.1	EvAAL.....	46
2.6.2	Výherní technologie soutěže EvAAL roku 2020.....	47
3	PRAKTICKÁ DEMONSTRACE VYUŽITÍ TERMOKAMERY V AAL.....	51
3.1	TERMOKAMERA.....	52
3.1.1	Adafruit AMG8833.....	52

3.1.2	MLX90640	54
3.1.3	Případová studie s MLX90640	56
3.2	WIPY 3.0	58
3.3	CENTRÁLNÍ ZAŘÍZENÍ	58
3.4	SPOTŘEBA ENERGIE	59
3.5	ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA BLUETOOTH ZAŘÍZENÍ	64
ZÁVĚR		66
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ		1
PŘÍLOHY		7

Úvod

Cílem předložené diplomové práce je seznámit čtenáře s technologiemi asistovaného bydlení v domácnosti (AAL – Ambient assisted living) a s jejich využitím pro dohled nad samostatně žijícími stárnoucími osobami. Zvyšující se počet stárnoucí populace, jak u nás, tak i ve světě, má za příčinu řadu zdravotních a sociálních problémů, proto je potřebné se zabývat technologií Ambient Assisted Living. V poslední době roste poptávka po pečovatelských domech, které s nárůstem stárnutí osob začínají být přeplněné. Proto tato nová technologie může být řešením, jak lidem zkvalitnit stáří, umožnit jim pobyt v domácím prostředí na co nejdelší dobu a zároveň by mohla snížit vytíženost pečovatelských domovů. Momentálně dochází k rychlému rozvoji technologií pro asistovaný život v domácím prostředí, aby lidé snáze překonávali zdravotní a sociální problémy. Tato technologie se dá použít také přímo v pečovatelských domovech, kde může v akutních případech urychlit péči o pacienta. Obsahem práce je seznámit čtenáře s technologií AAL systémů a její realizací v reálném prostředí a následném hodnocení jak od monitorovaných osob, tak od pečovatelských pracovníků. V práci se nachází popis vybraných studií a jejich výsledky.

V praktické části je cílem vyzkoušet možnosti nasazení jednoduché infračervené kamery v AAL systémech, stanovit modelové situace dohledu nad osobou v domácnosti a ověřit využitelnost infračervené kamery pro jejich rozpoznávání. V České republice zatím AAL systémy nejsou příliš rozšířené. U nás se v současné době velmi často využívají pouze nositelná zařízení (nouzová tlačítka, přívěsky, chytré hodinky). Zmíněná zařízení vyžadují určitou míru spolupráce sledované osoby ve smyslu neustálého nošení nebo aktivace zařízení stiskem tlačítka. Například u osob se začínající stařeckou demencí se na tuto míru aktivity nemůžeme plně spolehnout. V praktické části je proto využita technologie, která nevyžaduje spolupráci dané osoby. Podstatou diplomové práce je dostat asistenční systémy do povědomí veřejnosti a předvést jejich možnou činnost v praktickém využití.

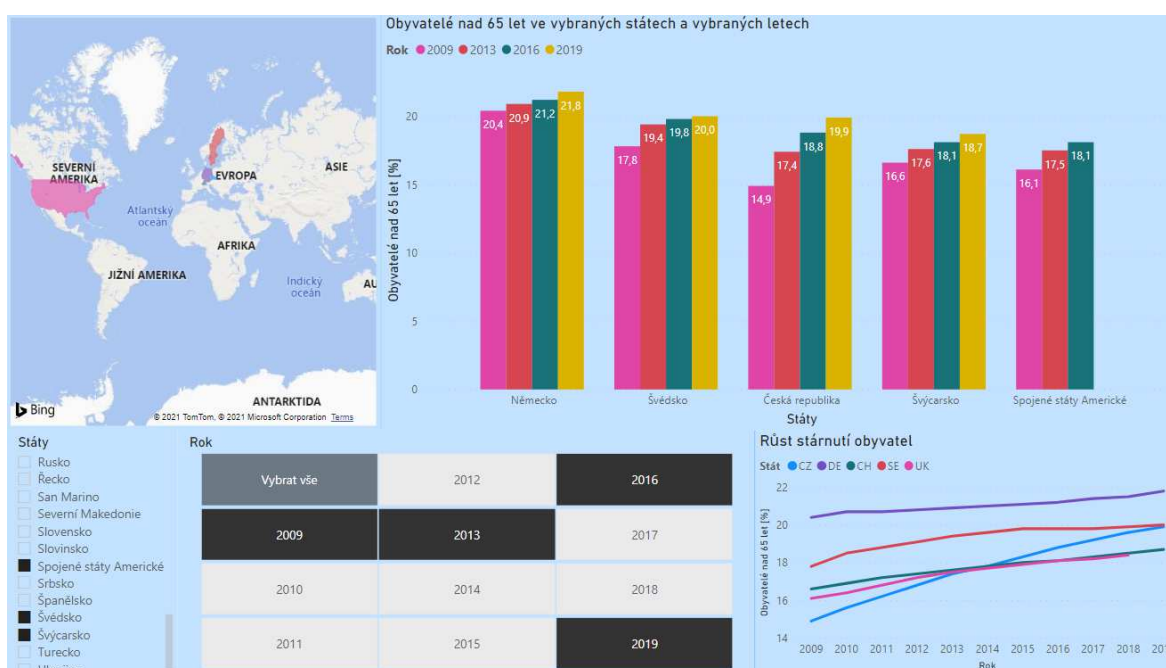
Seznam symbolů a zkratk

AAL	Ambient Assisted Living, Asistované bydlení
CASAS	Center for Advanced Studies in Adaptive Systems
CCD	Charge-Coupled Device, zařízení s vázanými náboji
CIR	Committed information rate, Míra potvrzených informací
EKG	Elektrokardiografie
GPS	Global position system, Globální polohový systém
HSV	Hue-Saturation-Value, Barevný model
I2C	Inter-Integrated Circuit bus, Interní datová sběrnice
IMU	Inertial measurement unit, Inerciální měřící jednotka
IP	Internet Protocol
LED	Light-Emitting Diode, Elektroluminiscenční dioda
Li-ion	Lithium-iontová baterie
MATLAB	Matrix laboratory, Vývojové prostředí
MCI	Mild Cognitive Impairment, Mírná kognitivní porucha
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems, Mikroelektromechanické systémy
OLED	Organic light-emitting diode, Organický LED display
PIR	Passive infrared sensor, Pasivní infračervené čidlo
RGB	Red-Green-Blue, Barevný model
RSS	Rich site summary, Souhrn bohatých stránek
SOPRANO	Service-oriented programmable smart environments for Older Europeans
WBAN	Wireless body area network, Bezdrátová síť v oblasti těla
Wi-Fi	Wireless fidelity, Bezdrátová komunikace
WLAN	Wireless Local Area Network, Bezdrátová lokální síť
4G, 5G	Generace bezdrátových systémů

1 Asistenční systémy

Důležitým faktorem zařazení AAL do domovů je, že náklady na zdravotní potřeby se masivně zvyšují. Míra porodnosti se rapidně snižuje a při zvýšeném pokroku v lékařském průmyslu se průměrná délka života prodloužila o více než 10 let. Díky tomu dochází ke stárnutí populace způsobující přeplnění pečovatelských domovů. Zavedení AAL systémů podporuje samostatný život starších lidí a snižuje míru zaplnění pečovatelských domovů. Dále také lidé mohou díky těmto technologiím zůstat déle v pohodlí vlastního domova, což je momentálním trendem dnešní doby. [1]

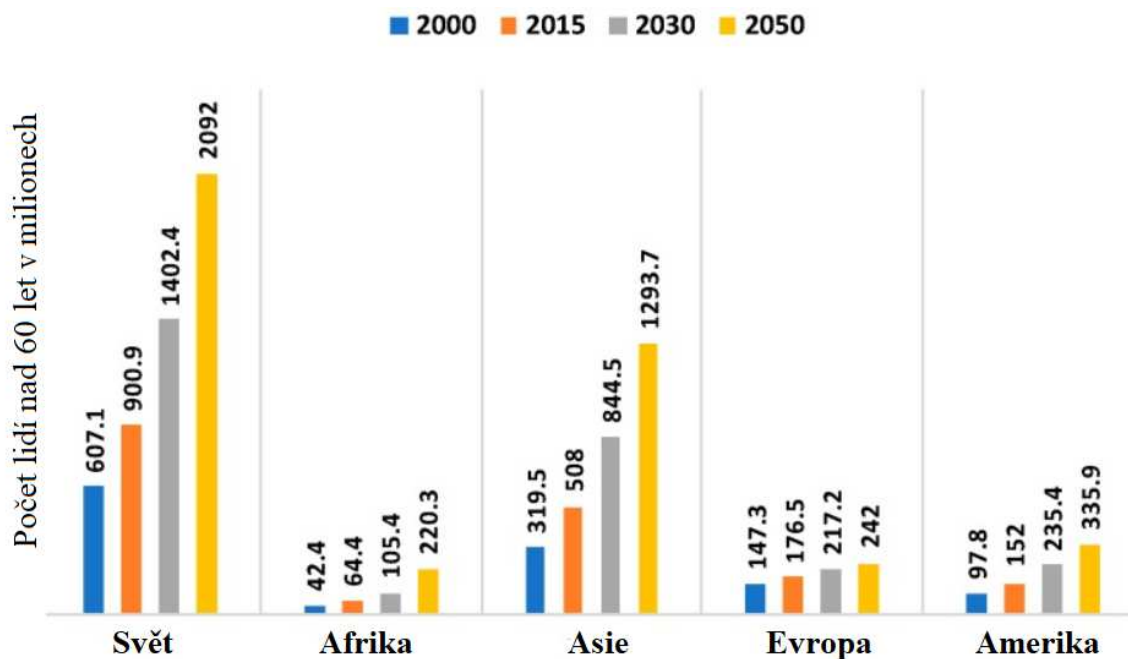
V rámci diplomové práce jsou analyzována a porovnávána data z tabulek uvedených ve zdroji [2]. Hodnoty z tabulek jsou zpracovány v programu Power BI a výsledné grafy jsou uvedené v příloze diplomové práce. Na obr. 1 je vidět, že od roku 2009 se za 10 let zvedl počet obyvatel v České republice nad 65 let o celých 5 %. V České republice je nárůst stárnutí populace z níže zobrazených států vyšší, než mají například Spojené státy Americké nebo Švýcarsko. Z pěti níže vybraných zemí má nejvyšší procento obyvatel nad 65 let Německo, ve kterém k roku 2019 žilo 21,8 % lidí starších 65 let.



Obr. 1: Stárnutí populace od roku 2009

Na obr. 2 je znázorněn podobný výzkum v rámci kontinentů a celého světa. Z levé části grafu je patrný vysoký nárůst stárnutí obyvatel (nárůst téměř o 300 milionů lidí). Sloupce vyznačené šedě a žlutě znázorňují predikovaný počet lidí a nárůst stárnutí obyvatelstva dle předpokládaného vývoje v medicíně a aktuálních dat. Nejvíce starších

obyvatel žije v Asii. Od roku 2000 se v Asii za 15 let zvýšil počet lidí starších 60 let o 188,5 milionů. Z uvedených hodnot vyplývá, že růst stárnutí populace stále enormně stoupá, a proto je potřeba se věnovat systémům pro pomoc starším lidem v domácnosti a zařídit jim ve stáří bezpečný a pohodlný život.



Obr.2: Počet lidí nad 60 let ve světě [3]

AAL je technika, která zahrnuje elektronické systémy, metody a koncepty pro podporu žití starších nebo postižených osob. Používané technologie jsou vybírány tak, aby dotyčné lidi žádným způsobem neomezovaly v jejich soukromí, a aby správně fungovaly i bez neustálého nošení na těle. Proto se předložená práce nebude zabývat různými náramky a hodinkami. Nositelná zařízení lze totiž sundat, odložit nebo zapomenout na jejich pravidelné nošení. Z tohoto důvodu je můžeme použít pouze jako doplňkové zařízení pro ostatní asistenční systémy. [4]

Často využívané příklady aplikací AAL systémů patří do oblasti bezpečnosti, pohodlí, sledování aktivity a zábavy. Z hlediska bezpečnosti si můžeme například představit termokameru, která hlídá, zda se nevyskytuje v jejím zorném poli nadměrná teplota. Například při vaření, když se zapomene vypnout sporák a podobně. Lze také zařadit automatické vypnutí sporáku nebo kamen v případě nepřítomnosti. Starší lidé jsou více náchylní k pádům, a proto je nutné tyto situace hlídat, včas na ně reagovat a v případě potřeby přivolat pomoc. Dále je také žádoucí hlídat případné nemoci. Detekce kašle nebo zvýšené tělesné teploty je velmi důležitá pro rychlou reakci a léčení dané nemoci včas.

Běžně se také dělají zabezpečovací systémy, které chrání obyvatele před vloupáním a zároveň přinášejí komfort do jejich života. Lze například z detekce hlasu poznat volání o pomoc. Mezi tyto systémy se řadí také detektory kouře, které dokáží odhalit požár v místnosti nebo speciální pokrývky, které zaznamenávají pravidelnost dýchání při spánku.

Do oblasti zvýšení pohodlí patří například automatické stahování a vytahování rolet, termostaty hlídající nastavenou teplotu v místnosti a automatické vypnutí světel po dané večerní hodině.

Předložená diplomová práce se zabývá v praktické části převážně termokamerami a jejich využitím v AAL systémech. Dobře se dají využít pro sledování aktivity pohybu starších lidí po místnosti. Toto je velmi důležitá součást AAL systémů a pomáhá určit, zda si člověk sám vaří, využívá lednici, zda chodí pravidelně na toaletu nebo například jen neleží u televize a přes den nezařazuje žádnou větší tělesnou aktivitu. Tato data velmi dobře ukazují, zda je člověk schopen se o sebe dále postarat nebo je již třeba dotyčnou osobu přemístit do pečovatelského domova, kde o ni bude náležitě pečováno. Termokamera má výhodu v tom, že může kontrolovat více situací naráz. Dokáže také sledovat nepřiměřeně velkou teplotu v místnosti, kdežto pohybové čidlo by snímalo jen pohyb samotný. Jednou z mnoha výhod je, že data z termokamery nijak významně neovlivňují soukromí, na což je kladen velmi velký důraz při aplikaci AAL systémů. [5]

1.1 Vývoj AAL technologie

Historie podpůrných technologií pro pomoc při konání různých úkonů sahá daleko do minulosti. Ve stáří často přichází zhoršení zraku, a proto lidé nosí brýle, aby si zvýšili kvalitu svého života. S přibývajícím věkem se chůze stává stále obtížnější, a tak lidé mohou použít chodítka ke zvýšení životní úrovně. AAL systémy pro starší osoby a lidi se zdravotním postižením se neustále vyvíjí. Vývoj probíhal od jednotlivých zařízení pomáhajících s jedním úkonem, k okolním systémům v životním prostředí sledovaných osob, které dokáží sledovat více situací najednou. Dokáží odhalovat nemoci včas pomocí zpracování dat z běžného života. Vývoj AAL systémů se dle několika článků třídí do tří generací. [6]



Obr. 3: Generace AAL systémů [7]

1.1.1 Technologie 1. generace

Mezi technologie 1. generace patří nejstarší pomocná zařízení určená pro diagnostiku stavu nouze. Jedná se o nositelné přívěsky či výstražná tlačítka, která upozorní rodinu nebo odbornou pomoc, že se něco děje (například pád osoby). Tato technologie už se používá dlouhou řadu let a dle výzkumů přináší sníženou hladinu stresu jak u pacientů, tak i u jejich rodin a opatrovníků. Díky tomu bylo možné opustit nemocniční zařízení dříve nebo naopak ho navštívit až později. Samozřejmě mezi základní nevýhody této varianty patří, že při pádu nemusí mít člověk nouzové tlačítko u sebe nebo pád může být tak zlý, že osoba není schopna buď z fyzické nebo duševní neschopnosti vyslat nouzový signál. [6]

1.1.2 Technologie 2. generace

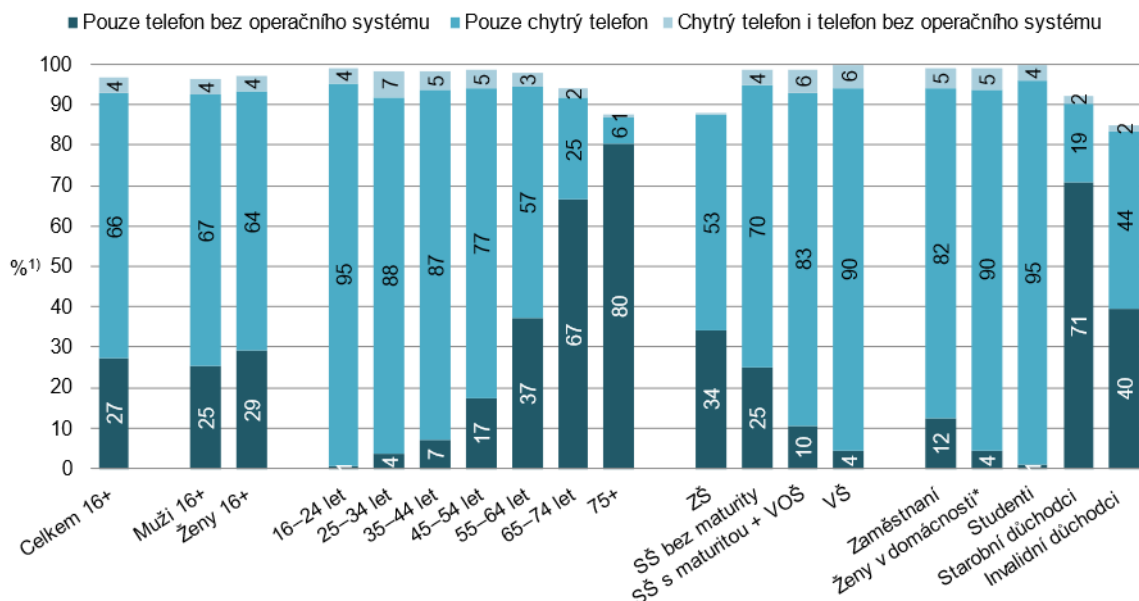
V této technologii dochází k integraci elektronických součástí pro odstranění nevýhod 1. generace. Detektory 2. generace dokáží sami detekovat pád a poslat informaci ošetřovatelům bez nutnosti stlačení tlačítka. Jedná se již o senzory rozmístěné po domácnosti, které přivolají pomoc i při situaci, kdy hlídaná osoba není sama schopna pomoc zavolat. Dokáží také detekovat požár a včas na něj upozornit. Velmi prospěšné jsou tyto senzory pro lidi trpící mírnými kognitivními poruchami (MCI). Kognitivní poruchy mají vliv na paměť, řešení problému a porozumění okolním věcem včetně používání různých spotřebičů, ale lidé s nimi mohou být schopni žít soběstačný život. Tito starší lidé často po dokončení úkolu zapomínají vypínat elektrické spotřebiče jako je sporák, žehlička a podobně. Díky 2. generaci AAL systémů je možné těmto nebezpečným událostem předejít, a tím značně usnadnit život s MCI. Z několika výzkumů ale také vyplynulo, že na starší lidi působí technologie 2. generace rušivě. To má vliv na přijetí systému a jeho následné využití. [6]

1.1.3 Technologie 3. generace

Nejnovější vlna technologií se objevila společně s rozvojem informační a komunikační technologie. Zde se již nejedná pouze o detekci a hlášení problémů. Sběrem dat z takzvaného inteligentního prostředí jsme schopni různým problémům i předcházet. Systémy za pomoci vyhodnocení dat přijímaných z detektorů si dokáží vytvořit a porovnávat vzorce změny aktivit (pohyblivost) nebo změnu vitálních funkcí. Zmíněná technologie nepůsobí tolik rušivým dojmem. To je podstatné proto, aby lidé neměli zábrany v používání asistenčních služeb. Výhodou je možnost využití inteligentních senzorů z přístrojů, které běžně používají. Typickým příkladem je mobilní telefon. V současné době je tato generace stále v oblasti vývoje a vylepšování. [6]

1.2 Senzory v AAL systémech

Z průzkumu v roce 2019 vyplývá, že v dnešní době má v České republice mobilní telefon 97 % lidí. Z toho 70 % vlastní smartphone. Rok od roku se počet lidí se smartphonem pomalu zvyšuje. S rostoucím věkem ale klesá počet lidí s chytrým telefonem, což může být důsledkem obav z moderních technologií nebo nedostatek motivace se s ním učit pracovat, a proto zůstávají u svých původních přístrojů. Jak vyplývá z obr. 4, ve věku v rozmezí 65-74 let používá smartphone pouze 28 % lidí a ve věku 75 let a více tento počet klesá na pouhých 8 %. Většina starších lidí je schopna mobilní telefon využívat pouze pro příjem hovorů a volání v případě nouze. Proto chytrý telefon v oblasti AAL nelze využít pro všechny osoby, ale jen pro osoby ochotné naučit se pracovat s moderními technologiemi.



Obr. 4: Přehled využití telefonů v České republice [8]

Existuje spousta možností využití telefonu v oblasti AAL. V různých aplikacích se používají akcelerometry, gyroskopy, GPS, teplotní senzory a lze také uplatnit fotoaparát nebo mikrofon jako multimediální detekční systém. [9]

Akcelerometry slouží ke sledování pádu hlídané osoby. Sledujeme jednotlivá zrychlení ve třech osách a máme nastavené hranice citlivosti, abychom eliminovali plané poplachu. Jakmile zrychlení v dané ose dosáhne nastavené hodnoty signalizující pád osoby, můžeme vyčkat určitý čas. Pokud se dle dat z akcelerometru osoba nezvedne, telefon vyšle varovný signál s žádostí o pomoc.

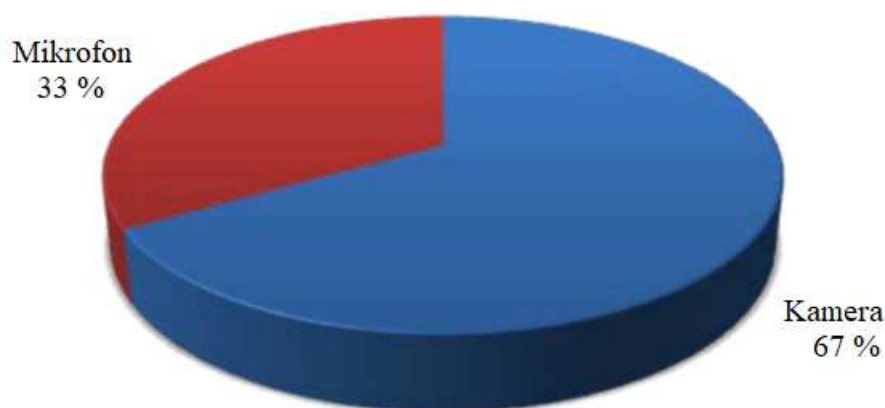
Chytrý telefon lze v domácnosti asistované osoby použít pasivně jako samostatné zařízení trvale umístěné v dokovací stanici a využívající své senzory pro monitorování okolí. Takto je mobilní telefon schopen například naslouchat okolí a společně s rozpoznáním hlasu identifikovat volání o pomoc. Mezi další využití se řadí výpočetní výkon chytrého telefonu pro podporu ostatních senzorů v domácnosti nebo jako datová brána s 4G nebo 5G konektivitou pro přenos údajů z AAL senzorů. V pasivním využití telefonu odpadá nutnost starších lidí se se zařízením učit zacházet, což je pozitivní vlastnost této metody.

Výhodou mobilních telefonů je, že mohou různá data sledovat i mimo prostor domova. U aktivních a soběstačných lidí se očekává, že nebudou svůj volný čas trávit pouze doma, ale budou chodit ven do společnosti. Takže díky tomu můžeme sledovat

neobvyklé situace i mimo domov pacienta.

Nedostatkem mobilních telefonů pro využití sběru dat je často jejich nízká paměťová kapacita. Proto se začalo používat ukládání dat na Cloud. Dalším mírným nedostatkem může být, že při aktivitě Wi-Fi, Bluetooth a GPS v mobilu je výrazně zvýšená spotřeba a ta má vliv na vybíjení baterie.

Pro lidi se zrakovým postižením nebo horší manuální zručností nejsou smartphony ideální variantou pro běžné zacházení, ale i tak mohou najít své využití. Pro pomoc lidem se zrakovým postižením lze použít multimediální systémy jako je videokamera nebo mikrofon. [9]

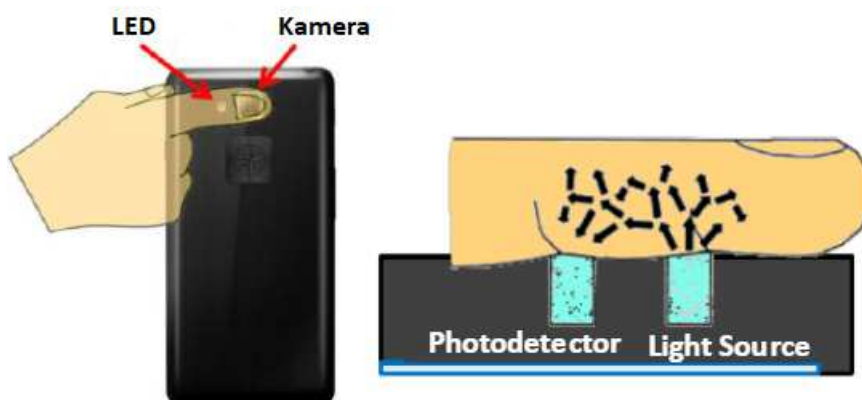


Obr.5: Procenta využití videokamery oproti mikrofonu v AAL systémech [9]

1.2.1 Využití videokamery mobilního telefonu

Pro měření fotopletysmografie je vhodná videokamera. Jedná se o optickou metodu pro detekci objemových změn v krevním oběhu. Tato metoda provádí měření na povrchu kůže. Označujeme ji jako neinvazivní a nízkonákladovou, protože je k tomu možné použít náš mobilní telefon. Využívá se zde skutečnosti, že při změně srdečního rytmu se také mění barva kůže. Pomocí LED diody (používaná jako blesk) osvětlíme část prstu a zachycením barevných změn jsme schopni dopočítat srdeční tep za minutu. Důležité je prst přiložit správně, aby překrýval jak zdroj světla, tak i detektor světla. Pro správné vyhodnocení je nutné dodržet správné přiložení prstu. Aplikace vyhodnotí, zda je prst přiložen chybně a případně uživatele upozorní. Měření je poté nutno opakovat. Při měření je důležité brát v potaz změny ohledně různé intenzity přitlačení prstu, pohyb prstu nebo rozdílnou sytost barev videa. Všechny tyto parametry mohou negativně ovlivnit výsledné měření. Běžně se tento parametr měří pulzním oxymetrem u doktora. Při porovnání dat z oxymetru a měření pomocí videokamery se potvrdila platnost dat získaných touto

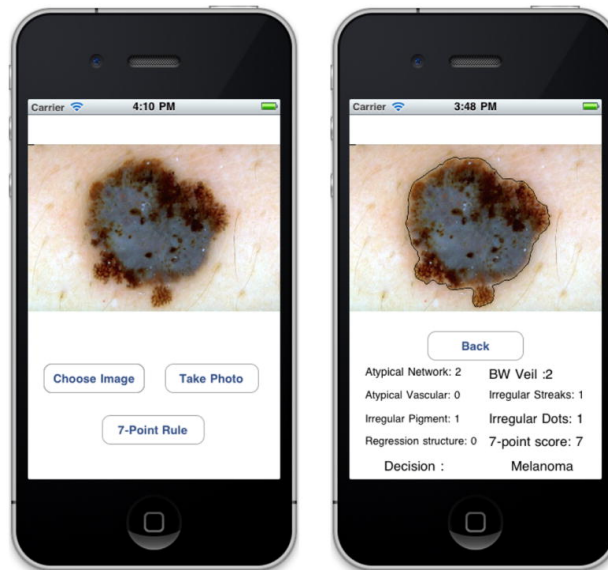
metodou. [9]



Obr. 6: Princip a správné přiložení prstu [9]

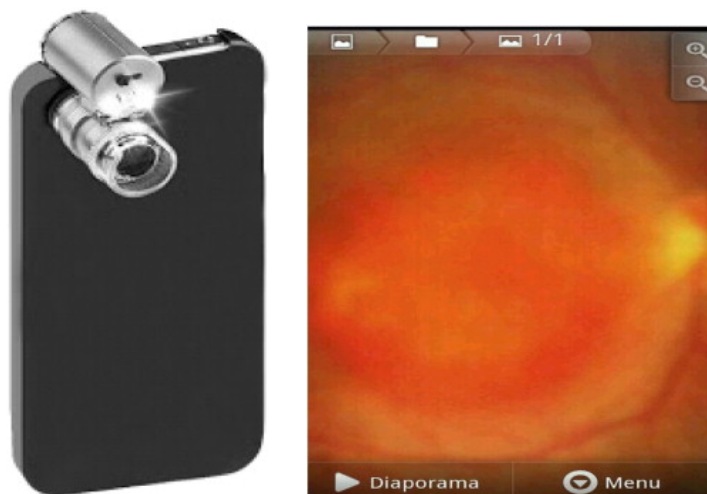
J. A. J. Heathers navrhl alternativu měření EKG pomocí videokamery. Metoda probíhá obdobně jako u měření tepu. Data se vyhodnocují z období nečinnosti a dále při kontrolovaném pohybu paží a nohou. Výsledky oproti klasickému měření za použití elektrokardiografu vykazovaly konzistentní zkreslení, které bylo korekčními metodami zmírněno. Přesnost této metody po korekci je $\pm 2\%$ pro nízkofrekvenční spektrální výkon a $\pm 5\%$ pro vysokofrekvenční spektrální výkon. Tyto výsledky jsou přijatelné pro orientační měření EKG. Výhodou této metody je především přístupnost a nízké náklady. [9]

Dále byla vytvořena aplikace pro detekci melanomů. Její princip vyhodnocení se zakládá na známých diagnostických postupech, které používají dermatologové. Dermatolog rozpoznává přítomnost určitých rysů a barvy z analýzy vzorků. V této aplikaci se využívá kritérium zvané sedmibodový kontrolní seznam. Toto kritérium pojednává o sedmi dermatoskopických znacích, které mohou detekovat i méně zkušení lékaři. V aplikaci je sedm zmíněných příznaků rozděleno do tří hlavních a čtyř vedlejších kritérií, což odráží jejich míru významnosti při jejich výskytu. Oblast hlavních příznaků je ohodnocena dvěma body a vedlejší příznaky po jednom bodu. Aplikace prozkoumá přítomnost zmíněných sedmi znaků a pokud je výsledný součet bodů větší nebo rovno třem, jedná se o melanom. [10]



Obr. 7: Ukázka aplikace pro detekci melanomů [10]

Diagnostika sítnice a onemocnění oka, jako například šedý zákal, můžeme také provést za pomoci aplikace v mobilním telefonu. Jedná se o algoritmus na principu neuronové sítě k analýze obrazů sítnice zachycené integrovanou mikroskopickou čočkou. Připojení mikroskopické čočky výrazně zvýší rozlišení snímku, a tím zlepší detekci neuronové sítě. Algoritmus je nejprve trénován rozpoznávat zdravé a infikované oko na počítači a z toho je integrován do mobilní aplikace. Každý barevný obraz sítnice se rozdělí na 32 x 32 pixelů. Každý pixel používá RGB systém k reprezentaci barvy daného bodu. Vstupní vrstva má proto 3 072 vstupních uzlů (32 x 32 x 3). Spolehlivost této metody diagnostiky je konkurence schopných 87 %. [11]

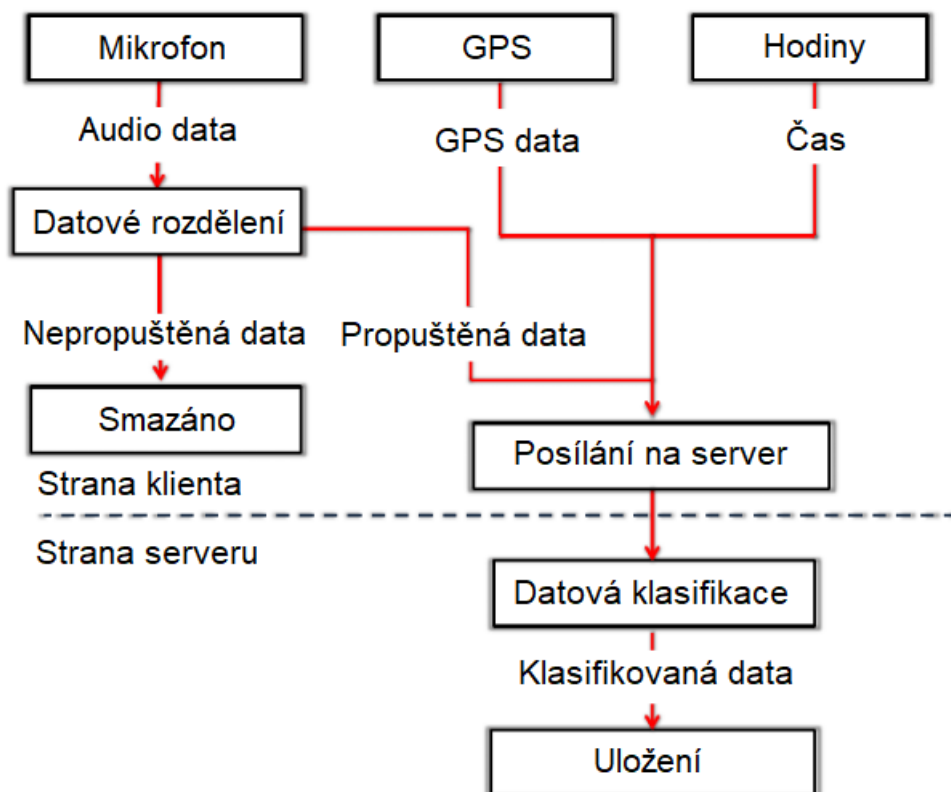


Obr. 8: Zachycený obraz sítnice na zařízení Samsung Galaxy S [11]

Mobilní telefon s videokamerou připevněný na hrud' zrakově postiženého člověka dokáže detekovat překážky, které jsou před danou osobou a akustickým signálem včas varovat před nebezpečím. Další podobnou variantou využití videokamery je rozpoznávání osob. Tuto funkci lze využít pro detekci nestandardních situací nebo pro zrakově postižené lidi. Videokamerou lze detekovat počet osob a zda se jedná o známé osoby uložené v databázi. Pokud systém v bytě seniora odhalí neznámou osobu, lze na tuto skutečnost upozornit. Pro zrakově postižené lidi se nabízí využití tohoto systému pro identifikaci příchozího člověka. Ke známým osobám uloženým v databázi přiřadíme zvukový podnět pro jejich snadné rozpoznání. Díky tomuto systému se zrakově postižení lidé mohou cítit sebejistěji při sociálních aktivitách. [12]

1.2.2 Využití mikrofonu mobilního telefonu

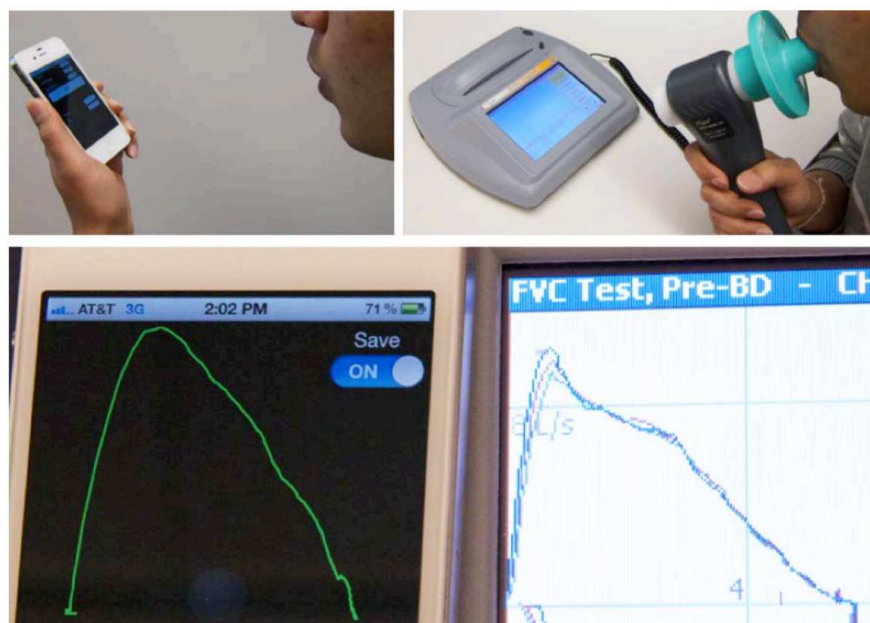
V oblasti využití mikrofonu lze odposlouchávat a diagnostikovat různé charakteristické zvuky, například kašel a rýmu. Tyto zvuky jsou charakterizovány dle akustického vzoru rozpoznávání nemoci a běžné zvuky jako je konverzace nebo ticho neukládá. Při detekci kašle nebo rýmy je společně se zvukem zaznamenávána i venkovní poloha pomocí GPS a čas. To pomáhá určit různé alergické reakce. [9]



Obr. 9: Práce s daty v mobilním telefonu [9]

Ve zdroji [13] je popsána uživatelsky přívětivá aplikace pro monitorování spánkové apnoe. Apnoe je porucha spánku charakterizovaná opakovaným snížením průtoku vzduchu spící osoby. Mikrofon smartphonu dokáže při spánku detekovat přerušované dýchání a v kombinaci s akcelerometrem získat dechové a pohybové vzorce. Aplikace se může použít ke zjištění začínajících problémů. Zaznamenávaná data se přenášejí na vzdálený server pomocí Wi-Fi. Na straně serveru se provádí statistická analýza přijatých dat pro diagnostikování zdravotního stavu pacientů. Lékař daného pacienta může mít povolený přístup do databáze a data si před případnou prohlídkou prohlédnout a vyhodnotit.

Pomocí mobilní aplikace můžeme provádět také spirometrii. Uživatel drží telefon od sebe přibližně na délku paže, nadechne se na plný objem plic a poté vydechuje na obrazovku telefonu, dokud není veškerý vzduch z plic vydechnutý. Výdech je zaznamenán pomocí mikrofonu a data jsou poslána dále na server, kde se vypočítá vydechovaný průtok vzduchu pomocí odhadu modelu hlasivek a dozvuku kolem uživatelovy hlavy. Průtok se odhaduje výpočtem obálky zvuku jako funkce časového sledování rezonance v oblasti frekvence, zatímco se měří zisk bílého šumu prostřednictvím lineární predikce. Z dat je možno vytvořit graf podobný tomu ze Spirometru. Nevýhodou může být, že oproti spirometru pomocí této aplikace nelze změřit inhalaci, jelikož je neslyšitelná. Další nevýhoda je, že prostředí, ve kterém se test provádí, musí být velmi tiché, aby tento proces nebyl rušen. Jedná se tedy pouze o orientační měření, které může napovědět, zda je třeba jít k lékaři na důkladné vyšetření případného problému. [14]



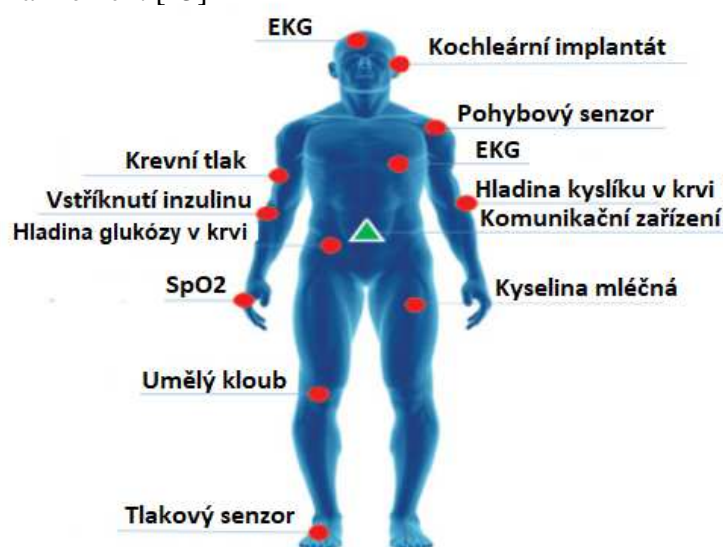
Obr. 10: Vlevo je graf vytvořen pomocí aplikace, vpravo graf ze spirometru [14]

1.2.3 WBAN

WBAN jsou zařízení s bezdrátovou sítí, která se nosí na těle nebo se implementují do těla člověka. Díky nim můžeme snadno a přesně monitorovat činnost orgánů a životní funkce, jako je například tep a celková vitalita. Pomocí bezdrátové sítě senzory posílají data do centrálního zařízení, které výsledky dále vyhodnocuje a ukládá. Údaje ze sensorů mohou být velmi nápomocné při lékařské kontrole. Lékař si může prohlédnout funkci jednotlivých orgánů pacientů při běžné každodenní činnosti v pohodlí domova. Krom zdravotnictví se tyto technologie využívají například ve vojenství nebo i ve vrcholovém sportu.

Protože do WBAN technologie se řadí například i kardiostimulátor, je naprosto nezbytná spolehlivost a funkčnost zařízení. Jakákoliv porucha, která přístroj vyřadí z provozu, může být pro člověka závislého na této technologii životu nebezpečná. WBAN senzory implementované do těla člověka musí být také velmi energeticky úsporné. Proto je třeba využívat systémy s nízkou spotřebou a podřídit tomuto požadavku návrh zařízení. Data odesílané jednotlivými senzory jsou velmi citlivá, a proto je nutné odesílat informace se zabezpečením proti chybovosti a zajistit dostatečnou odolnost dat. K těmto zařízením jsou ale starší lidé často velmi zdrženliví a z tohoto důvodu je často nechtějí.

Přínos těchto zařízení pro zdravotnictví je ten, že lidé již nemusí zůstat na pozorování přímo v nemocnici, ale lze sledovat a zaznamenávat důležitá data z pohodlí pacientova domova. WBAN zařízení šetří místo a náklady na sledování člověka v nemocničních zařízeních. [15]



Obr. 11: WBAN technologie v lidském těle [15]

1.3 AAL systémy v domácnosti

Požadavky na asistenční systémy:

- Přizpůsobitelnost pro odlišné potřeby jednotlivých lidí
- Vhodnost pro různá prostředí
- Nízká spotřeba energie a šířky frekvenčního pásma
- Nízké náklady
- Snadné použití
- Možnost přidávání nových senzorů (podpora různých výrobců)
- Bezpečnost a spolehlivost získaných dat
- Nenarušené soukromí sledovaných lidí

V domácím prostředí jsme schopni nainstalovat různé druhy senzorů, které dohlížejí na mnoho faktorů člověka v budově. Tyto senzory se dají rozdělit na dvě oblasti. Senzory pro sběr a analýzu dat z okolí a na senzory reagující v reálném čase. V domácnosti pro bezpečné a komfortní bydlení starších a postižených osob s výhodou využíváme kombinace obou zmíněných oblastí. Například při monitorování demence je nutné dokázat reagovat na konkrétní situace v reálném čase. Jedná se o odchod hlídané osoby v noci z bytu nebo o detektory kouře a plynu. Na druhou stranu je také velice žádané využití senzorů pro sběr dat. Tato oblast umožňuje dlouhodobou analýzu chování pro včasnou detekci snížení nezávislosti osoby a sledování kognitivních poruch. Mezi kognitivní poruchy se řadí ztráta paměti, pomalá ztráta logického myšlení, problémy s řečí a artikulací a mnoho dalších. Na základě provedeného výzkumu, za pomoci pečovatелů o lidi postižené demencí, se vytyčily tři základní oblasti technologické podpory pro usnadnění a zlepšení péče.

Jednou z oblastí je monitorování osoby v noci. Kdy a jak často osoba opouští postel a po jaké době se vrátí zpět. Také je potřeba sledovat, kolik času hlídaná osoba tráví na toaletě a v neposlední řadě monitorování vstupních dveří a oken pro kontrolu, zda pacient, zejména v noci, neopouští dům. Jedná se o velmi citlivá data zasahující do soukromí uživatele, a proto klíčový bod pro přijetí systému je bezpečnost získaných dat. Snímače mohou využívat webové aplikace a ty poskytují přístup k nezpracovaným datům ze zařízení. Další možností je Cloud omezující typ a počet použitých IoT zařízení, avšak sběr

dat a následná analýza je jednodušší.

Základním prvkem při monitorování je upozornit pečovatele na události, které nastaly. Díky své přenositelnosti a mnoha komunikačním rozhraním je smartphone ideální volba pro pečovatele. Je možné vyvinout aplikaci pro komunikaci se serverem, kde se ukládají informace pomocí Wi-Fi nebo WAN. Pečovatel může pomocí smartphonu dostávat informace, pokaždé když jakýkoliv sensor detekuje neobvyklou událost. Ta se zobrazí společně se zvukovým signálem. Pomocí zvukových signálů je možné detekovat důležité a méně důležité události nastavením odlišných tónů. Při odpojení smartphonu ze sítě se veškeré zprávy odesílají na server a při připojení smartphonu zpět do sítě se všechny výstrahy odešlou. Tímto lze zabránit ztrátě důležitých oznámení. [4]

Zde je přehled jednotlivých senzorů a situací, které je možné detekovat.

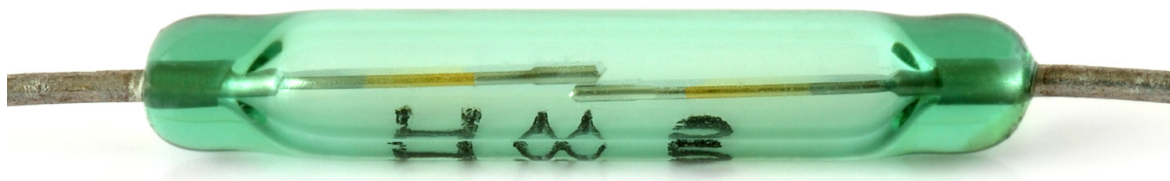
1.3.1 Pohybový sensor PIR

Snadno dostupný a velmi často používaný sensor pohybu pracuje na základě PIR (Passive infrared) technologie. Jak již z názvu napovídá, tento druh snímače pracuje na základě měření infračerveného záření, které vyzařuje z objektů v zorném poli snímače. To znamená, že PIR čidla jsou citlivá na teplo a detekce probíhá na základě změn teploty ve sledované místnosti. Díky této technologii jsme schopni určit míru pohyblivosti pacienta v domácnosti a sledovat míru aktivity v závislosti na míře soběstačnosti osoby. Vyjma své hlavní funkce lze PIR čidlo využít také k analýze rychlosti chůze, času stráveném mimo domov a nočních aktivit v závislosti na nespavosti nebo nadměrném chození na toaletu.

1.3.2 Magnetický kontakt

Magnetický nebo také jinak nazývaný jazýčkový kontakt funguje na principu magnetického pole. Sensor nazýváme jako jazýčkový kontakt, protože uvnitř hermeticky uzavřené trubice se nachází dva feromagnetické jazýčky. Jedná se o mechanický spínač, který je v klidném stavu rozpojený.[16] Jeho běžná aplikace spočívá v tom, že se magnetický kontakt umístí do rámu dveří a na dveře se proti němu v jeho blízkosti umístí permanentní magnet. Permanentní magnet drží feromagnetické jazýčky u sebe, a tím je spínač sepnutý. Tento stav značí, že dveře jsou zavřeny. Po otevření dveří se permanentní magnet oddálí a jazýčky se vrátí do své původní rozepnuté polohy. Kromě detekce otevírání a zavírání dveří se tyto kontakty také běžně umísťují na okna. Využití v AAL systémech nachází jazýčkový kontakt v detekci otevření/zavření vstupních dveří nebo

k upozornění otevřených oken při odchodu z domova.



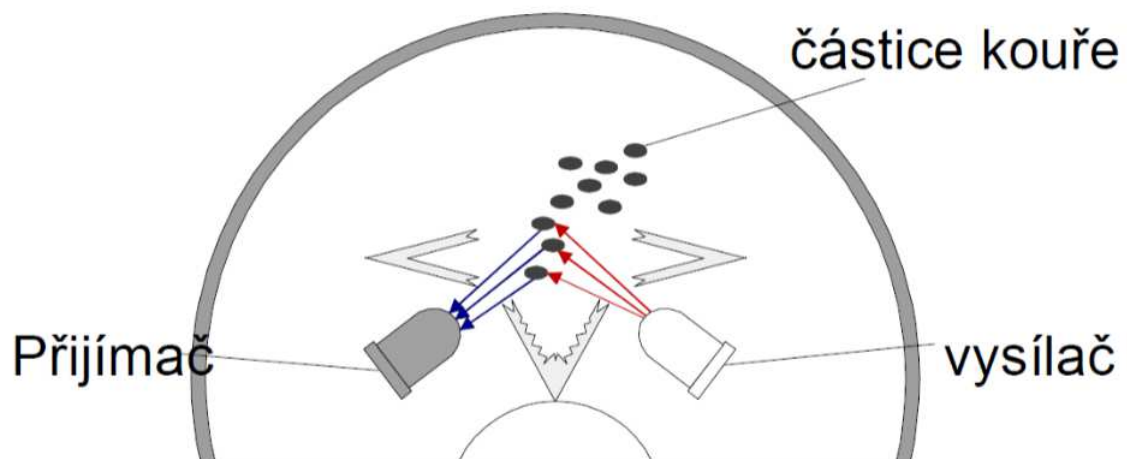
Obr. 12: Reedův jazýčkový kontakt [16]

1.3.3 Teplotní senzor

Jako bezkontaktní teplotní senzor můžeme využít například termokamery, kterými se budeme více zabývat později v praktické aplikaci. Termokamera analyzuje infračervené záření z těles a zobrazuje teplotní pole měřeného objektu. Zobrazená matice teplot změří hodnotu teploty v každé jednotlivé oblasti. Čím větší má termokamera rozlišení, tím více oblastí se v teplotní matici nachází. Termokamery se v AAL systémech využívají k detekci nadměrných teplot a pohybu. Jak již bylo zmíněno dříve, jedná se například o opomenuté vypnutí plotýnky nebo upozornění na rozpálená kamna v době nepřítomnosti sledované osoby. Výhoda termokamery spočívá v tom, že ji lze využít i k detekci pohybu. Tudíž jsme schopni jedním snímačem sledovat více faktorů najednou.

1.3.4 Požární senzor

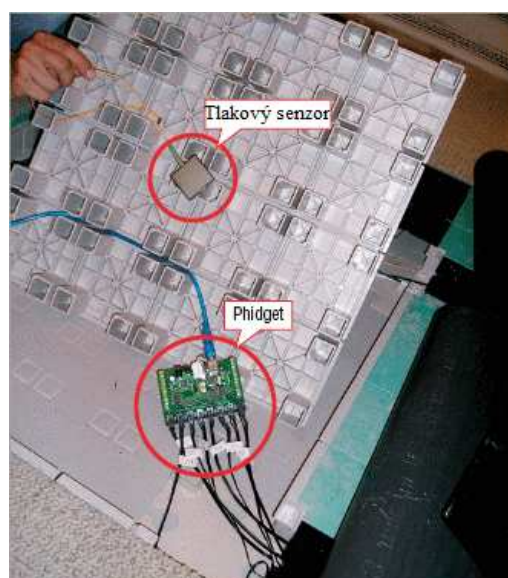
Využívá se nejčastěji v aplikacích spojených s bezpečnostními systémy. Požární senzor má za úkol vyhlásit poplach v případě výskytu požáru. Včasné upozornění dokáže zabránit škodám a varovat osoby v objektu, že došlo k požáru a přivolat hasiče. Existuje mnoho různých technologií požárních hlásičů. Nejčastěji se praktikuje princip opticko-kouřový. Využívá se Tyndallův jev o rozptylu světla na pevných částicích a nabízí vysokou spolehlivost detekce požáru. V komůrce čidla se nachází infračervená dioda a přijímač světla. Při vniknutí kouře do komůrky se změní odrazové schopnosti a paprsek z infračervené diody se dostane na přijímač a spustí poplach. [17]



Obr. 13: Princip opticko-kouřového detektoru [18]

1.3.5 Tlakové podložky

Tlakové podložky nám umožňují měřit tlak na jakémkoliv povrchu. Možným řešením může být umístění podložky pod matraci a tímto monitorovat vstávání a ukládání do postele. Další možné využití je pro snímání pohybu pomocí tlakové podložky v podlaze. To může být vhodná varianta detekce přítomnosti, pohybu lidí a možného ovládní elektronických systémů. Například v noci při příchodu do místnosti se po stlačení senzoru automaticky rozsvítí světla. Lze s nimi ale také detekovat nebezpečné pády pacienta. Další výhodou je, že podložky nepůsobí rušivým dojmem a pro hlídané osoby se takto vylepšená podlaha jeví jako podlaha standardní. [19]



Obr. 14: Tlakový senzor v podlaze [19]

Obr. 14 zobrazuje instalaci tlakové podlahy. Z obrázku je patrné, že podlaha je vyvýšená zhruba o 2 palce. Vyvýšený povrch zjednodušuje vedení kabelů v celém domě. Navíc mírná pružnost celé podlahy kladně působí na zátěž kolenou a dolní části zad, takže přináší i pro seniory potřebné ergonomické výhody. Instalace podlahy s vyvýšeným povrchem nám nabídla i jednu neočekávanou výhodu. Umožňuje výrazně rozšířit dosah umístěných tlakových senzorů. Po vstupu na dlaždici se síla došlapu rozloží rovnoměrně po celém bloku, a proto k detekci kroku kdekoliv na desce stačí jediný snímač umístěný ve středu dlaždice. Bylo nutné přidat rezistory ke kabelům a k senzoru z důvodu snížení citlivosti a eliminace kolísání naměřených hodnot. [19]

1.3.6 Průtokoměr

Průtokoměry mají v AAL systémech své využití. Měří průtok vody ve vodovodních kohoutcích a dávají nám informaci o spotřebě vody a zda dotyčná osoba nezapomíná puštěnou vodu z vodovodních baterií. Průtokoměr v kombinaci s AAL systémem dokáže upozornit lidi trpící demencí na tekoucí vodu a její případné zastavení.

1.3.7 Zvukové senzory

Zvukové senzory, mezi které řadíme například mikrofony, se dají využít pro rozpoznávání zvuků a odhalování různých událostí. Detekujeme běžné činnosti jako je příprava jídla nebo řeč. Také jsme ale schopni pomocí zvuku zjistit pády předmětů nebo dotyčné osoby.



Obr. 15: Rozmístění senzorů v bytě [3]

1.4 Přijetí AAL systému

Jak již bylo zmíněno výše, velmi důležitá je vysoká míra přijetí systému. Zařízení nesmí působit rušivě na monitorované osoby. S tím souvisí i volba snímačů se snadnou a rychlou montáží. Bezdrátové a skryté zařízení bývá přijato lépe než zařízení s nutnou kabeláží.

Také je potřeba se zaměřit na jasnou strukturu a příjemný dojem uživatelského rozhraní, se kterým pacient přichází do styku. Aby ho uživatel náležitě využíval, musí z něj mít dobrý pocit a cítit, že je systémem odměňován (zprávy pro povzbuzení, zprávy o svých přátelích nebo rodině a podobně). Pacient musí být přesvědčen o užitečnosti AAL systému, znát výhody, které ze zmíněného systému plynou a vnímat zvýšenou kvalitu svého života. Z tohoto důvodu mnoho asistenčních systému zařazuje doplňkové služby, které sice technicky nesouvisejí s jejich hlavním účelem, ale přinášejí přidanou hodnotu pro uživatele, který díky tomu je ochoten AAL systém lépe přijmout jako součást svého života. Jako uživatelské rozhraní můžeme považovat téměř cokoliv, od krabice se signalizačními světly, až po mobilní aplikace. Správná volba typu uživatelského systému pro vybranou osobu je velmi důležitým faktorem pro přijetí celého systému. [4]

1.5 Sledované životní situace

Hlavním účelem AAL technologie je zajištění pohodlí, větší míry bezpečí a delší možnost pobytu v domácím prostředí. Aby starší lidé mohli bez obav samostatně žít v domácím prostředí, je nutné sledovat jejich zdravotní stav a nebezpečné situace. Zde se nachází výčet několika situací, které je třeba u starších lidí sledovat.

1.5.1 Detekce pádu

Pro starší osoby může být pád velmi nebezpečný pro jejich zdraví. Když to bude nutné, je důležité abychom dokázali včas reagovat a přivolat pomoc. Jedná se o jednu z velmi důležitých situací, které je třeba monitorovat. Pád můžeme odhalit různými způsoby a senzory. Jednou z možných variant je využití akcelerometru ať už v mobilním telefonu nebo v nositelném náramku. Další možností je využití senzorů zabudovaných v podlaze, které reagují na tlak působící při pádu osoby. V neposlední řadě se také nabízí alternativa využití chytrého robota. Robot NAO, popisovaný dále v diplomové práci, dokáže pomocí algoritmu detekovat pád a přivolat pomoc.

1.5.2 Detekce nemoci

Odhalení začínající nemoci je důležitá z toho důvodu, že starší lidé nemoci hůře snášejí a více komplikují jejich život. Proto jsme schopni včasnou detekcí snížit dopad nemoci na oslabené tělo pacienta. Pomocí mikrofону lze zachytit kašel osoby, a tím identifikovat počátek nemoci. Pomocí bezdotykového měření teploty, které může být integrováno například v chytrých hodinkách, je možné zjistit zvýšenou tělesnou teplotu. Nemoc jedince také můžeme identifikovat pomocí sledování aktivity. Nemocný člověk se bude zdržovat v posteli více času než obvykle. Tato změna aktivity může být varovný signál pro začínající nemoc.

1.5.3 Detekce aktivity

Jedním z ukazatelů samostatnosti osoby je detekce aktivity. Pokud je člověk aktivní a přes den se pohybuje po bytě a chodí ven mezi lidi, je tím splněna jedna z důležitých podmínek schopnosti samostatně žít. Aktivitu můžeme sledovat pomocí mnoha senzorů. Můžeme sledovat pohyb pomocí PIR čidel, termokamery, tlakových podlah nebo také integrovaným snímačem polohy v mobilním zařízení či náramku.

1.5.4 Životní funkce

Životní funkce pacienta je možné sledovat pomocí WBAN, chytrých hodinek nebo mobilních telefonů. Senzory pro sledování životních funkcí stále ukládají získaná data a vyjma náhlých neobvyklých událostí jsme schopni sledovat dlouhodobé změny ve zdraví pacienta. Tyto snímače dokáží poskytnout důležité informace pro lékaře při pravidelné prohlídce.

1.5.5 Noční aktivity

Spánek je důležitou součástí dne. Proto je vhodné měřit kvalitu spánku, kolikrát jde během noci člověk na toaletu nebo také sledovat vlhkost postele. Existuje mnoho senzorů, které se dají využít pro sledování zmíněných situací. Termokamerou lze zjistit, zda se osoba nachází v oblasti určené ke spánku. Může se stát, že člověk během spánku spadne z postele a ublíží si. Termokamera detekuje osobu mimo postel a pošle varování rodině nebo ošetřujícím osobám. Pomocí mikrofону a akcelerometru lze sledovat pravidelnost dýchání a pohybovou aktivitu během spánku. Tímto způsobem lze včas odhalit spánkovou apnoe. Spánková apnoe je porucha spánku, která způsobuje snížený průtok vzduchu člověka. K monitorování pravidelnosti dýchání lze využít i speciální pokrývky, které jsou

zatím spíše využívané pro monitorování dechu u malých dětí. Aktivitu během noci lze sledovat i pomocí PIR čidel v bytě. Pohybovým čidlem je možné zaznamenat, jak často se člověk v noci budí a chodí na toaletu nebo do jiné místnosti. Detekcí pravidelného chování na toaletu lze také usoudit, zda je člověk schopen samostatného bydlení bez cizí pomoci. Samostatnost také souvisí s měřením vlhkosti v posteli. Tím lze monitorovat, zda člověk během spánku udrží moč a zvládne si bez pomoci dojít na toaletu.

1.5.6 Kognitivní poruchy

Starší lidé v pokročilém věku často trpí kognitivními poruchami. Pod pojmem kognitivní poruchy si můžeme představit problémy s pamětí, pohybem, plánováním činností, orientací v prostoru a v čase, problémy s poznávacími funkcemi a chápáním souvislostí. Jedná se například o Parkinsonovu a Alzheimerovu nemoc. U kognitivních poruch bývá problém pouze s některými částmi paměti a zbylé bývají velmi dobře zachovalé. [20] AAL systém dokáže odhalit začínající mírné kognitivní poruchy, a tím umožní včas reagovat a svěřit pacienta do rukou odborníka. Díky včasné reakci lze vývoj kognitivních poruch rapidně zpomalit, a tím prodloužit osobám nezávislý život.

1.5.7 Demence

Jedná se o pokročilé stádium kognitivních poruch. Kromě problémů s pamětí a jiných kognitivních poruch, ve fázi demence již dochází k různým selháním v běžných denních aktivitách a během pracovních nebo sociálních činností. Lidé s demencí se často stávají nesoběstačnými a potřebují každodenní dohled. Nástup demence je možné zpomalit včasnou detekcí kognitivních poruch a patřičným věnováním se postiženým lidem. To vše může zvýšit kvalitu jejich života. [20] Lidem s demencí se věnuje projekt CASAS a roboti určený pro asistovaný život.

1.5.8 Užívání léků

Starší lidé mívají často problém s pravidelným užíváním léků, ať už z důvodu zhoršené paměti nebo jednoduše léky brát nechtějí. AAL systém pomocí zvukových podnětů pravidelně připomíná, že je čas si vzít léky. Je také vhodné upozornit zdravotní personál, když člověk léky úmyslně nebere i přes zvukové upomínky.

1.5.9 Detekce požáru

Pro zajištění bezpečí je možné do domu seniora instalovat detektory kouře.

Detektor zaznamená počátek požáru a spustí poplach. Pro tyto účely lze také využít termokameru. Ta dokáže upozornit na situace, kdy osoba po vaření zapomene vypnout sporák, a tím požáru účinně předejít.

1.5.10 Detekce povodně

Lidé s demencí mají problém s dokončováním různých úkonů. Jedním z nich může být opomenutí puštěné vody v umyvadle. Abychom dokázali upozornit na unikající vodu, je možné instalovat průtokoměry nebo detektory úniku vody. Zmíněné detektory využívají vodivosti vody. Při povodni voda spojí dva kontaktní body, a tím se spustí poplach.

1.5.11 Detekce otevřených oken a dveří

V asistovaném domě jsou trendem magnetické kontakty na dveře a okna. Díky magnetickému kontaktu lze člověka upozornit, že zapomněl zavřít okna při odchodu z domova nebo nechal otevřené dveře, když šel spát.

2 Výzkumné práce ve světě a jejich výsledky

2.1 Zuyderland v Sittard-Geleen (Nizozemsko)

Jedna z mnoha výzkumných prací byla provedena v pečovatelském domě v Nizozemsku. Konkrétně v domě Zuyderland v Sittard-Geleen a trvala po dobu 4 týdnů. Studie si kladla za cíl získat informace o každodenním životním stylu starších lidí v pečovatelském domě. Z těchto informací dále měla prozkoumat jejich každodenní potřeby a problémy. Kromě toho bylo také prospěšné zjistit názory obyvatel a pečujícího personálu na stávající řešení AAL systémů. Pečovatelský dům v době výzkumu ubytoval 273 obyvatel a byl rozdělen na 3 části. První část obsahovala malé obytné byty, kde přebývalo 48 obyvatel. Druhá část se skládala z bytů pro seniory a obsahovala 100 obyvatel. Poslední částí jsou 3 bytové domy určené pro samostatný život se 125 lidmi. Studie se účastnili obyvatelé bytů pro seniory a bytových domů pro samostatný život.

Obyvatele, kteří se zúčastnili experimentu, s jejich souhlasem vybral personál pečovatelského domu. Výhoda tohoto výběru byla ta, že pečovatelé přesně znali zdravotní stav každého vybraného pacienta. Díky tomu z experimentu byly vyřazeny osoby se závažnými chronickými chorobami a osoby s monitorovacími zařízeními (EKG) nebo s kardiostimulátory. Skupina obsahovala 7 vybraných obyvatel a 6 odborníků. Skupina odborníků zahrnuje fyzioterapeuta, ergoterapeuta, dietologa, odborníky na inovace a postoj

a pečující personál. Základní informace 13 účastníků jsou uvedeny v tabulkách níže. Každý účastník má přiřazeno své ID. „P“ označuje pacienta a „O“ odborníka. Průměrný věk pacientů je 80 let a průměrná doba praxe odborníků činí 17 let. [21]

Tabulka 1: Odborníci [21]

ID	Věk	Pohlaví	Specializace	Roky praxe
O1	53	Žena	Dietoložka	20
O2	39	Muž	Fyzioterapeut	16
O3	33	Žena	Ergoterapeutka	11
O4	37	Muž	Pečovatel	21
O5	39	Muž	Inovační expert	17
O6	40	Muž	Inovační expert	18

Tabulka 2: Vybraní pacienti [21]

ID	Věk	Pohlaví
P1	90	Muž
P2	82	Muž
P3	80	Žena
P4	74	Žena
P5	65	Muž
P6	86	Žena
P7	81	Žena

Jednotlivé výzkumné činnosti se rozdělily po týdnech. První týden bylo plánované zaměření na shromáždění informací o technologiích poskytnutých pacientům v nemocnici a pečovatelském domově. Druhý týden byly v plánu rozhovory s jednotlivými obyvateli a profesionálními pracovníky nemocnice a pečovatelského domu. Zbylé dva týdny byly určeny k analýze dat z poskytnutých rozhovorů. Pacienti byli rozděleni do dvou skupin, ve kterých následně probíhala diskuze. První skupina byla tvořena z obyvatel samostatných bytů (P1-P4) a druhá skupina byli obyvatelé rezidenčních bytů (P5-P7). Rozhovory s profesionálními pracovníky probíhaly jednotlivě. [21]

2.1.1 Analýza denního života pacientů

Po dobu 4 týdnů byl sledován každodenní život 7 samostatně žijících obyvatel s dostupnou péčí personálu 24 hodin denně. Jednotliví účastníci mají různé problémy a každodenní potřeby, které jsou převážně ovlivněny jejich zdravotním stavem. Například lidé, trpící určitým tělesným postižením, mají problém s chůzí, dojít si na toaletu, dojít se

najíst nebo se sprchovat. Tito lidé potřebují větší pomoc od pracovníků pečovatelského domu než ostatní, jejichž zdravotní stav je v tomto ohledu příznivější. Pečovatelé se snaží udržovat denní rutinu svých pacientů. Ergoterapeutka (O3) říká, že pravidelně sleduje a analyzuje u obyvatel potíže s chůzí a hledá možnosti, aby se lidé mohli pohybovat ve svém pokoji a aktivně se účastnit společenských akcí. Dále také hovoří o tom, že první věcí, kterou pacienti chtějí dělat samostatně bez pomoci, je jít na toaletu. Závislost na pečujících zaměstnancích v tomto ohledu přináší mezi pacienty pocit rozpaků. [21]

Někteří starší lidé těžce nesou svoji nesoběstačnost a jsou rozpačití, když musejí požádat sestřičku o jídlo, protože si ho nedokáží sami obstarat. Stud, říci si o pomoc, je častým problémem a způsobuje špatnou a nevyváženou stravu. Dietoložka (O1) ve studii popisuje její osobní zkušenost s pacientem, který ji řekl, že jí méně, protože nechce nikoho volat a obtěžovat donášením občerstvení. Nejde jen o jídlo, jsou i další věci, které lidé potřebují a nedokáží je sami udělat. Občas se jedná i o maličkosti jako je přinést oblečení ze skříně, roztáhnout závěsy nebo zapnout/vypnout televizi. Tyto činnosti samozřejmě sestry stojí hodně času a úsilí.

Hlavní faktory, které významně ovlivňují pacienty, jsou rozpaky, pocit bezmoci, osamělosti, deprese a nedostatek motivace. Jednou z běžných výzev pro ošetřovatele je sledování pacienta, který odmítá komunikovat a po celý den se zdržuje pouze ve svém bytě. Potom je těžké, aby pečovatel sledoval aktivitu pacienta uvnitř bytu a jeho denní činnosti. Pacienti totiž dokážou i lhát o tom, co dělají, a dokonce odmítají pomocnou ruku. Někteří pacienti při nabídce pomoci reagují tak, že nic nepotřebují a ať pro ně sestry nic nedělají.

2.1.2 Sociální zapojení a aktivita

Společenské zapojení obyvatel a jejich fyzické aktivity závisí převážně na osobních preferencích a jejich zdravotním stavu. Společenské aktivity jednotlivým lidem přinášejí motivaci dbát o sebe, což je jedna z důležitých vlastností pro možnost soběstačného bydlení. Z rozhovorů bylo analyzováno, že většina obyvatel se ráda účastní aktivit pro ně připravených přímo v pečovatelském domě. Ale fyzické aktivitě, jako jsou procházky nebo plavání, se věnuje jen velmi malá část pacientů. Většinou chodí ven jen s návštěvami z rodiny nebo při zvláštních příležitostech. Jedním z faktorů této neochoty může být například strach z pádu nebo z vyčerpání, a proto se odváží jít ven jen s nějakým společníkem. Pacienti, kteří trpí chronickými onemocněními se zase obávají chodit ven

z pocitu bezmoci a rozpaků. Dalším důvodem neochoty chodit na procházky může být také bolest, kterou to pacientům může přinášet. [21]

2.1.3 Přijetí moderní technologie

Přijetí a přizpůsobení se technologiím inteligentního domu je jedním z důležitých bodů pro návrh systému. Pokud technologie není obyvateli přijata, její potenciál se ztrácí. Z rozhovorů s pacienty plyne, že AAL technologii pokládají za užitečnou, hlavně co se týká bezpečnostního hlediska a ochrany zdraví. Ale také mají své omezení a výhrady. Fyzioterapeut (O2) ve výzkumu zmínil fakt, že když uživatelé vidí ostatní, jak zařízení používají, tak ho potom používají také.

Z tabulky 3 vyplývá, že starší lidé z výzkumu nejraději používají tablet a považují jeho užívání za pohodlnější než mobilní telefon. Při rozhovorech s obyvateli byl položen dotaz ohledně robotů a nositelných zařízení. Nositelná zařízení lidé přijali daleko otevřeněji než robota, kterého ve svém bytě často nechtějí. V souvislosti s bezpečností a ochranou zdraví byla položena otázka, zda by souhlasili s umístěním kamery za dveře svého bytu, aby například mohli vidět, kdo za nimi přišel v době, kdy nejsou doma. I proti kamerám byli obyvatelé skeptičtí. Říkají, že pokud se s nimi někdo chce setkat, může přijít znovu. [21]

Tabulka 3: Využívání moderní technologie účastníky projektu [21]

ID	Telefon	Tablet	PC
P1	✗	✓	✗
P2	✗	✓	✓
P3	✗	✓	✗
P4	✓	✓	✗
P5	✓	✓	✓
P6	✗	✓	✗
P7	✗	✗	✓

2.1.4 Návrhy začlenění AAL technologie

Pečovatelé a někteří členové rodin zúčastněných lidí by rádi aplikovali technologii, díky které by mohli sledovat zdravotní stav sledovaných lidí a aktuální dění v bytě. Znalost míry aktivity pacienta a kolik energie za den přibližně spálí, by velmi usnadnila tvorbu dietního plánu a jeho přizpůsobení. Pacienti uvažovali také o tom, že by bylo dobré, kdyby existoval systém, který pomáhá při vaření a přípravě jídel. Například zmínili automatické

vypínání kamen, když se zrovna nepoužívají. Dále také aplikace, která sbírá data a dokázala by upozornit rodinu nebo pečovatele v případě nouze, je z jejich pohledu velmi žádoucí. Ze získaných dat by bylo užitečné také dokázat sledovat, zda uživatel pravidelně chodí na toaletu nebo zda chodí do kuchyně pro jídlo a pití. Mezi další zmíněná využití se řadí systémy ovládání světel, roztažení/zatažení rolet, úroveň vnitřní teploty nebo také monitorování spánkového vzorce a aktivity při spánku.

Hlavním zájmem využití technologie z pohledu obyvatel je jejich bezpečnost. V pečovatelském domě má každý člen nouzové tlačítko, které považují za velice užitečné a přínosné. Pacienti doporučili, že by rádi měli nouzové tlačítko přenosné, aby ho mohli využívat i při procházkách, a tím odbourat strach z fyzických aktivit kvůli pádům nebo vyčerpání. [21]

2.1.5 Závěr ze studie

Tato studie poukazuje na problémy každodenního života starších lidí a popisuje výzvy, které musejí ošetřovatelé řešit. Při rozhovorech vyšlo najevo, že skupina lidí, kteří žijí nezávisle v bytech (P1-P4), odmítá veškerou automatizaci, protože jsou stále schopni vykonávat běžné každodenní činnosti. Naopak si myslí, že by potom nemuseli být tak fyzicky aktivní. Z druhého pohledu, obyvatelé bytů pro seniory, kteří potřebují pravidelnou pomoc od ošetřovatelů domova, tak je zde evidentní potřeba automatizovaného života pomocí AAL systému. Tato technologie by ošetřovatelům usnadnila spoustu práce ohledně roztahování/zatahování žaluzií, ovládání světel a podobně. Díky tomu by mohli mít více času se věnovat jiným potřebným věcem okolo péče o seniory. Všichni obyvatelé souhlasili s technologií, která by dokázala sledovat jejich fyzickou aktivitu. Systém tohoto typu by byl pro ošetřovatele také užitečný, protože by byli schopni poznat míru aktivity pacienta a různé odchylky od běžného chování. AAL systémům jsou pacienti otevření, co se týká nositelných zařízení, analýzy spánku, detekcí pádu, sledování míry aktivity a vzorce chůze. Shodují se, že tyto prvky mohou mít příznivý dopad na kvalitu jejich života. Mezi systémy, které obyvatelé nepřijali, patří kamery a roboti pro pomoc v domácnosti. [21]

2.2 CASAS

Projekt CASAS vznikl na fakultě Elektrotechniky a Informatiky ve Washingtonu. Jedná se o výzkum, který využívá reálná data z prostředí inteligentních domů v areálu Washingtonské státní univerzity Pullman. Tato architektura je jedinečná v tom, že je celý

systém uschován v krabici a umožňuje velmi rychlou a snadnou instalaci. CASAS architektura pracuje s bezdrátovou sítí ZigBee, která umožňuje přímou komunikaci mezi senzory a akčními členy. Tento systém je bateriový a umí dopředu upozornit majitele, že baterie dochází. Je vyzkoušeno, že v praxi baterie vydrží déle než rok, takže výměna baterií by neměla představovat velký problém tohoto systému.

V rámci otestování systému univerzita provedla studii s 20 účastníky (8 mužů, 12 žen) ve věku 21 až 62 let, s odlišnými technologickými znalostmi. Každý z účastníků dostal k dispozici sadu CASAS v krabici a návod k instalaci inteligentní domácnosti. Všichni zúčastnění dokončili instalaci bez větších problémů a průměrná doba instalace byla okolo jedné hodiny. To potvrzuje splnění cíle jednoduchosti instalace CASAS architektury.



Obr. 16: CASAS architektura [22]

CASAS architektura obsahuje software pro rozpoznávání aktivity člověka v reálném čase. To pomáhá zjistit lidské potřeby během dne dle detekování jejich aktivity. Pro vyhodnocení funkce detekce systému bylo zařízení umístěno do 18 bytových jednotek po jednom obyvateli. Pohybový senzor pomáhal například monitorovat spánkovou aktivitu osoby a zaznamenával pohyby během spánku. Rozpoznání aktivit fungovalo na principu času stráveném v určitém prostoru. Každá aktivita má svůj časoprostorový podpis, dle kterého lze s určitou pravděpodobností určit denní aktivitu sledované osoby. Senzory pracovaly po dobu jednoho měsíce a poté došlo k vyhodnocení dat. Průměrná přesnost rozpoznání aktivity (vaření, spánek, cestování mezi postelí a toaletou) byla dle výsledků 84 %. K nepřesnostem dochází vlivem časoprostorového podpisu zkoumaného

pohybovými senzory. Například vaření má poměrně jedinečný podpis, proto byla identifikace snazší než například konzumace jídla. Výsledky z diagnostiky jsou znázorněny v tabulce 4. [22]

Tabulka 4: Výsledky z výzkumu rozpoznávání aktivit [22]

Skutečná aktivita	Naměřená aktivita										
	Cesta mezi postelí a toaletou	Vaření	Konzumace	Příchod domů	Odchod z domova	Hygiena	Telefonování	Relaxace	Spánek	Práce	Přesnost
Cesta mezi postelí a toaletou	18 288	143	261	0	0	22 233	0	3	5 866	38	0,39
Vaření	3	370 300	1 616	11	11	172	4	140	28	1 917	0,99
Konzumace	53	20 528	9 871	4	0	41	1	979	118	27 052	0,17
Příchod domů	0	195	0	1 606	107	3	0	4	57	126	0,77
Odchod z domova	0	5	0	59	316	3	0	0	1	4	0,81
Hygiena	15 769	928	81	3	3	295 616	0	77	1 216	921	0,94
Telefonování	0	21	2	0	0	4	0	34	73	1 072	0,01
Relaxace	6	1 282	322	13	0	178	0	2 030	1 459	2 735	0,25
Spánek	33 900	66	33	1	0	279	0	60	65 189	306	0,65
Práce	37	2 875	10 544	66	17	489	20	497	237	71 684	0,83

Rozpoznávání druhů činností sledovaných osob z dat v reálném čase přináší velkou výzvu. Algoritmus musí být schopen zařadit data, které nespádají do žádné definované podkategorie. V CASAS systému se používá technologie strojového učení, která dokáže nerozpoznané aktivity rozdělit do menších tříd a dále s nimi pracovat. Pro získání většího přehledu o denních činnostech je potřeba nezařazené aktivity více zkoumat a modelovat. Výhodou je, že všechny aktivity, které systém ještě neumí rozpoznat nejsou zařazeny do velké složky „ostatní“. Takto byla řešena spousta předchozích systémů. Bližší rozdělení umožňuje snazší práci a identifikaci nezařazených dat.

Díky informacím o činnosti pacienta během dne jsme schopni rozpoznat, zda je dále schopen žít samostatně bez cizí pomoci. Na toto téma proběhla studie, kde byly sledované tři typy lidí. Do projektu byli zařazeni zdraví dospělí lidé, zdraví lidé staršího věku a starší lidé s demencí. Výsledky studie umožnily bližší pohled na odlišnosti provádění denních činností mezi třemi sledovanými skupinami lidí a zda se projeví problémy s pamětí u lidí trpících demencí. Výsledky projektu ukazují, že je možné ze sledování změn denních aktivit a denní rutiny dříve identifikovat příznaky nastávající

demence u starších lidí.

Právě pomoci lidem s demencí zůstat co nejdéle v domácím prostředí je jedním z dalších cílů projektu. Pro zmíněný typ lidí je velmi náročné pamatovat si jednotlivé kroky zvoleného úkolu, který chtějí provést. Z tohoto důvodu by mělo být inteligentní prostředí schopné detekovat, kdy mají pacienti problém daný úkon dokončit. Pomocí zvukových podnětů lze pacienty upozornit, že stanovený úkol ještě nebyl dokončen. Například pokud sledovaná osoba vaří a zapomene vypnout plotnu. Inteligentní systém tuto skutečnost musí umět rozpoznat a osobu varovat, aby dokončila vaření vypnutím plotny. Lidé, kteří nebyli schopni dokončit jednoduché činnosti každodenního života, díky inteligentní domácnosti a zvukovým podnětům již dokáží tyto činnosti vykonávat. Výzkum v této oblasti zatím přináší velmi pozitivní výsledky. [23]

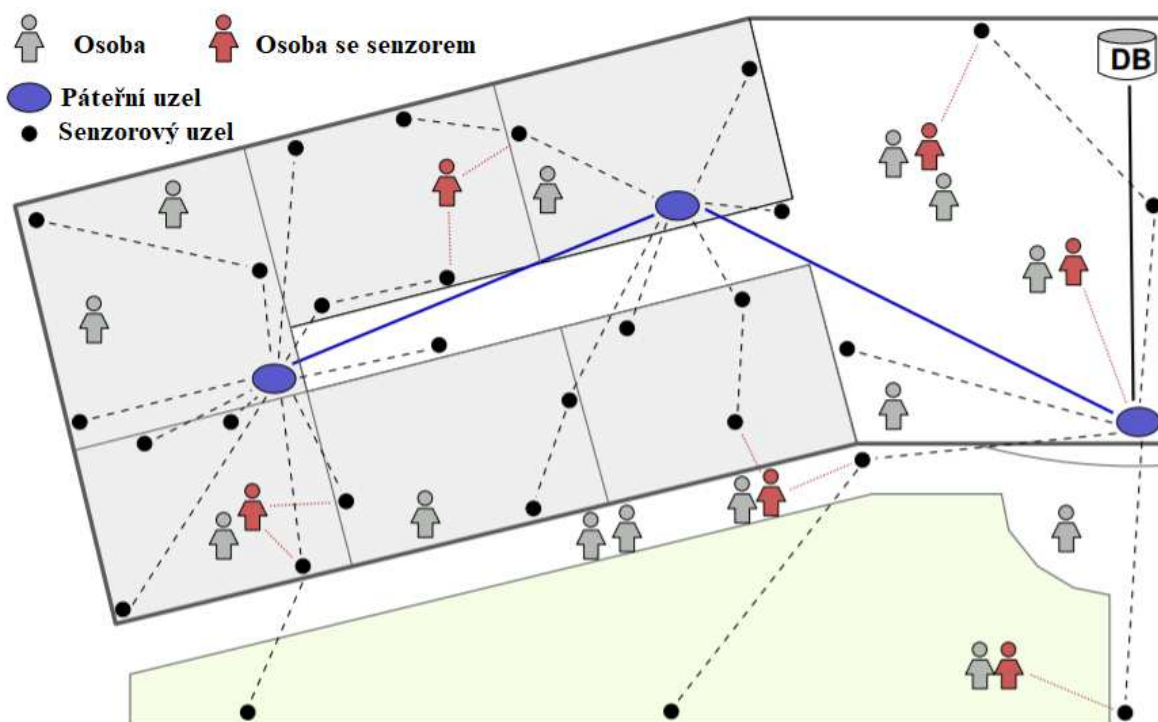
2.3 AlarmNet

Jedná se o bezdrátovou síť senzorů určených k asistovanému životu. Její velkou výhodou je rozšiřitelnost, která zaručuje možnost doplnění nejnovějších technologií. Na obr. 17 je názorná ukázka funkce zařízení v pečovatelském domově. Každý pacient nosí senzory, které jsou přizpůsobené jeho individuálním potřebám určeným dle jeho zdravotního stavu. Pacient, který má tendence častěji padat, nosí akcelerometry pro upozornění při pádu. Jiný pacient může mít problémy se srdcem, a proto používá EKG senzor. Jedná se většinou o sledování aktivity rezidenta pomocí akcelerometru a fyziologického snímání (EKG, měření pulzu a podobně). Kromě toho každý pacient dostává zvukové upozornění v daný čas pro pravidelné užívání léků. Data ze senzorů se odesílají přes sensorový uzel až do páteřní uzlu sítě.

Senzorová síť je rozmístěna v obytných prostorech. Pokud se v dosahu nachází obyvatel s nositelným tělním senzorem, udržuje s ním spojení. Kromě toho tyto senzory kontrolují kvalitu okolního prostředí, zejména teplotu v místnosti, detekují pohyb, světlo a množství prachu. Detekce pohybu napomáhá s určením aktivity pacienta.

Aplikace AlarmGate slouží jako páteřní síť na úrovni mezi bezdrátovým senzorem a IP sítí. Tento uzel umožňuje uživatelským sítím připojení a komunikaci se systémem. Připojení k databázi poskytuje dlouhodobé ukládání dat.

Databázové systémy umožňují analýzu a ukládání dat ze senzorů, informace o uživateli a zásady ochrany osobních údajů. [24]



Obrázek 17: Architektura AlarmNet [24]

Uživatelská rozhraní systému AlarmNet slouží pro autorizované uživatele (lékaři, zdravotní sestry, pacienti, rodina) sledovat data ze senzorů. Z důvodu ochrany soukromí mají uživatelé nastavené přístupy, které určují, jaké údaje jsou pro přihlášeného uživatele viditelné.

Důležitou funkcí jsou dotazy na reálná data, které zajišťují interakci uživatele se systémem. Používá se flexibilní dotazovací protokol. Senzory mohou obsluhovat více dotazů současně dle jejich priority. Dotaz představuje požadavek na odeslání určitého typu dat ze senzoru. Jsou dva druhy dotazů. Na žádost uživatele a pravidelné dotazy. Například lékař si může vyžádat data z EKG pacienta v reálném čase a sledovat jeho aktivitu. Pravidelné dotazy se opakují po nastaveném časovém období, například pravidelné užívání léků. [24]

2.4 SOPRANO

SOPRANO, projekt financovaný Evropskou unií, byl založen v červnu roku 2008. Jedná se o konsorcium komerčních společností, poskytovatelů služeb a výzkumných ústavů s více než 25 partnery z Řecka, Německa, Velké Británie, Nizozemska, Španělska, Slovinska, Irska a Kanady. Cílem projektu je vývoj AAL systému ke zlepšení života

postižených a starších lidí. Inteligentní technologie SOPRANO využívá senzory a akční členy k ovládní osvětlení a vytápění. Dokáže upozornit asistenční službu v případě pádu, nehody nebo na ponechané otevřené okno. [25, 26]

Velkou výzvou projektu je vyvinout systém, který mohou starší lidé intuitivně používat, aniž by se museli zdlouhavě učit všechny jeho funkce a bez pocitu, že jsou neustále sledováni. Elena Avatangelou, vedoucí výzkumná pracovnice projektu SOPRANO, poznamenala, že i když starší lidé vidí výhody okolní technologie, mnoho z nich ji nikdy nepoužilo, protože je zastrašuje učení se s těmito systémy. Vytvářený systém je navržený nejen odborníky na dané technologie, ale i právě cílovou skupinou starších lidí. Veškerý vývoj byl konzultován se staršími lidmi tak, aby splňoval jejich požadavky na přijetí. V projektu byla zvolena cesta neustálých konzultací s koncovými uživateli a přijímání jejich osobních názorů. Důkazem tohoto přístupu je fakt, že vývojáři nejdříve připravili dotykové obrazovky s barevnými ikonami za předpokladu, že toto bude pro starší lidi intuitivní a snadno použitelné uživatelské rozhraní. Koncoví uživatelé překvapivě ale lépe reagovali na pouhá číselná označení daných akcí, protože se rozhraní více podobalo dálkovému ovladači k televizi, který byli zvyklí používat. Dalším zjištěním bylo, že se starším lidem lépe cvičí s aplikací, kde je zobrazen virtuální avatar než aplikace s lidskou cvičitelkou. Díky avatarovi neměli pocit, že se snaží konkurovat mladší a zdatnější osobě. [26]

Hlavním rozdílem SOPRANO přístupu je, že upozorňuje pečující personál, jen když je vážně něco v nepořádku. Zatímco AAL systémy většinou upozorňují personál pokaždé, když si pacient nevezme léky, tak SOPRANO projekt zvolil jiný přístup. Zde je vždy první upozorněn pacient. Pokud jsou připomenutí neustále ignorována nebo jiné senzory naznačují, že mohlo dojít k vážnému problému, až poté je upozorněn ošetřující personál. Konfigurace, kdy se výstrahy objeví a kdy už je přivolán ošetřující personál, je nastavena s ohledem na požadavky uživatele.

Laboratorních a domácích studiích ve Španělsku, Nizozemsku a Velké Británii se zúčastnilo více než 300 lidí. Velmi kladně byly hodnoceny aplikace, které napomáhaly k zapamatování si důležitých věcí. Starší lidé mají často tendence zapomínat užívat léky, vypínat plotnu nebo zavírat okna při odchodu. Dále byl oceněn pocit bezpečí. Pacienti věděli, že když dojde k nehodě nebo k pádu na zem, že jim bude poskytnuta pomoc. To vše ale bez pocitu, že by byla monitorována každá jejich akce během dne. Bas Goossen ze společnosti Stichting Smart Homes, nizozemský partner projektu, zdůrazňuje, že využitá

technologie by se měla dokázat přizpůsobit jednotlivým lidem a ne, že by lidé měli svůj život přizpůsobovat dané technologii. [26]

2.5 Roboti pro asistovaný život

Projekt AAL DOME0 je zaměřen na využití robotů ke zlepšení každodenního života starších osob se zdravotním postižením. Myšlenkou projektu je využití doprovodného robota pro usnadnění komunikace s pečovatelkou, která nemůže trávit čas s každým pacientem 24 hodin denně. Z tohoto důvodu byla provedena studie na přijatelnosti využití robotů. 15 starších lidí (přibližně polovina zdravých lidí a polovina s mírnou kognitivní poruchou) se zúčastnilo výzkumu ohledně přijatelnosti vzhledu robota. Byly jim prezentovány obrázky 26 různých robotů. Humanoidní roboti se setkali s nejnižší mírou přijatelnosti. Akceptovatelnější pro lidi byli menší roboti. S největší mírou přijetí u lidí s kognitivní poruchou se setkal robotický pes Aibo. [27]

2.5.1 Robotický pes Aibo

Robot Aibo s umělou inteligencí vzhledem připomíná psa. V nepřítomnosti lidí Aibo obsluhuje vlastní program. Když se objeví člověk, Aibo s ním začne interagovat. Robot je naprogramovaný, aby simuloval 6 lidských emocí (štěstí, smutek, zlost, strach, nevoli a překvapení) a 4 instinkty (lásku, pohyb, hledání a hlad). Hlad je zde reprezentován nutností dobít baterií. Na první pohled zaujmou velké OLED oči, kterými Aibo mrká, ale ve skutečnosti vidí CCD kamerou uloženou v nose. Díky kameře se dokáže orientovat v prostoru a rozpoznávat barvy. Pro vyhýbání se překážkám využívá Aibo infračervený senzor, kterým od nich měří vzdálenost. Zde je problém s tmavým prostředím, protože tmavé překážky pohlcují infračervené záření a Aibo tak nedokáže spolehlivě odhadnout vzdálenost od jednotlivých předmětů. Robot má zabudované dva stereo mikrofony pro možnost naslouchat lidským příkazům.

Pro co nejlepší napodobení reálného psa Aibo štěká, reaguje na pohlazení nebo na potrestání. Na hlavě je umístěn senzor, přes který když uživatel přejede, tak Aibo detekuje pohlazení a je šťastný. Když však uživatel na senzor klepne, je to známka trestu a Aibo tomu přizpůsobí své chování. Také je schopen vydávat zvuky pomocí robotického hlasu a měnit barvu očí dle aktuální nálady. Hlavní je jeho schopnost učení, která je na základě podnětů z jeho okolí nebo ho uživatel může učit určité činnosti.



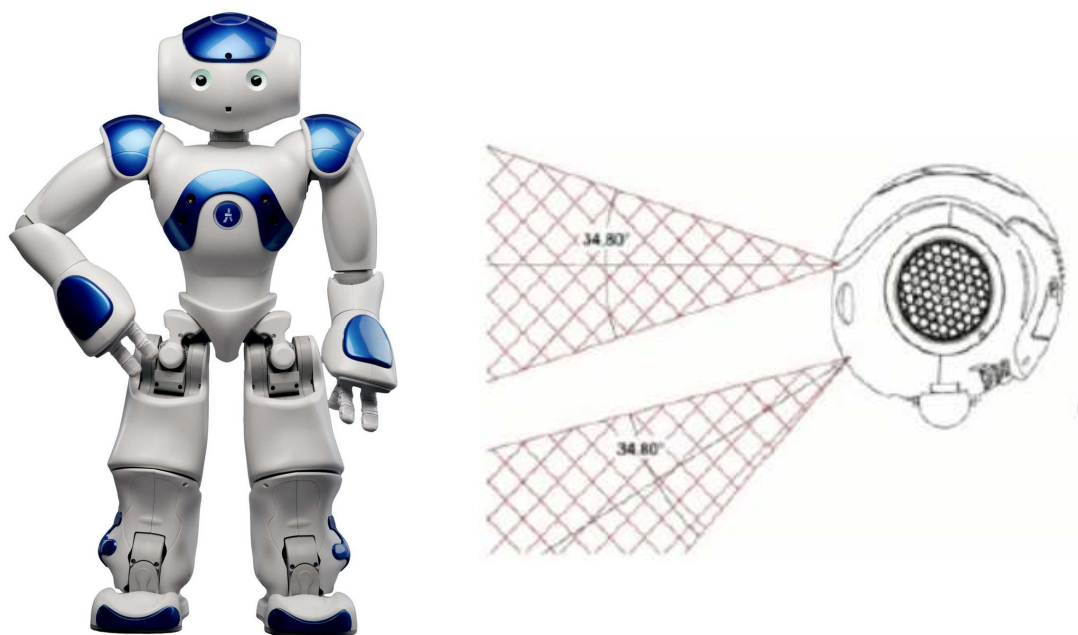
Obr. 18: Robotický pes Aibo [28]

Pes může být užitečný společník pro osoby, které žijí samy doma, a tak se mohou vyhnout pocitu osamělosti. Studie prokázaly zvýšenou komunikaci mezi pacientem a Aibem. Lidé o něj během studie pečovali. Aibo dosáhl pozitivních výsledků ve zlepšení zdravotního stavu u pacientů s těžkou demencí. [29, 30]

2.5.2 Robot NAO

Důležitým faktorem při samostatném žití je v AAL systémech detekce pádu. Při pádu staršího člověka může dojít k vážnému zranění a je třeba ihned přivolat pomoc. Pro tento účel byl vyvinut robot NAO, který monitoruje pohyb a detekuje pád člověka. Při detekci pádu spustí robot poplach, mikrofonem přivolá pomoc a pokusí se s osobou mluvit.

NAO je vysoký 57,3 cm, široký 27,3 cm a váží méně než 4,3 kg. Okolí snímá pomocí 2 kamer. Jedna kamera je umístěná na čele pro snímání horní části a druhá místo úst pro spodní část okolí. Pro detekci dotyku má dotykové senzory a pro sluch využívá 4 směrové mikrofony. Dále je robot vybaven dvouosým gyroskopem a ultrazvukovým senzorem. [31]



Obr. 19: Humanoid NAO a jeho zorný úhel [31, 32]

Algoritmus detekce pádu byl implementován v MATLABU. Obraz z robota se převede z RGB na HSV. Zobrazování historie pohybu se vypočítává změnou polohy pixelů v časovém období. Dle zadaného vzorce se vyhodnotí historie pohybu, a tím detekuje pád.

Pro ověření funkce se provedl experiment s 5 dobrovolníky. Míra úspěšnosti detekce pádu se měnila s počtem osob v místnosti. Pokud se ve sledované oblasti nachází jedna osoba, tak míra úspěšnosti zachycení pádu byla 92 %. Pokud se v oblasti nacházelo více osob, spolehlivost snímání klesla na 86 %. Z výsledků je patrné, že algoritmus není stoprocentní. Pokles spolehlivosti při více osobách v prostoru není pro praktické využití nijak zvlášť podstatný, protože pomoc může případně přivolat osoba, která se nachází ve stejné místnosti. [31]



Obr. 20: Detekce pádu [31]

2.6 Testování AAL systémů

2.6.1 EvAAL

EvAAL je mezinárodní soutěž zavedená roku 2010 a specializuje se na srovnání AAL systémů. Tato soutěž si klade za cíl sloučit jak prototypové, tak i vyspělé systémy a porovnat jejich využitelnost a přesnost. Smyslem soutěže je podpořit růst a neustálý vývoj asistenčních systémů a objevit nová originální řešení dané problematiky. Aby se držel krok s technologickým vývojem, koná se každý rok veřejná diskuze k určení témat, na která se bude soutěž specializovat. Jedním z hlavních témat každého roku bývá lokalizace osob v interiéru. Informace o poloze jsou zde omezené nedostupností GPS systému pro vnitřní lokace. Dále se uvažuje o kombinaci lokalizace pozice s rozpoznáním aktivit člověka. V posledních letech je trendem využívání chytrých telefonů, proto má i soutěž každý rok minimálně jedno téma ohledně této technologie. Výhodou chytrých telefonů je integrace velkého množství využitelné elektroniky (akcelerometry, gyroskopy, LTE, GPS) jak pro lokalizaci osob, tak i pro různá další využití.

V tabulce níže je příklad bodovací tabulky a kritérií lokalizace osoby, které byly na výrobcích hodnoceny. Nejvíce bodů je udělováno za přesnost lokalizace, ale není to dominantní prvek s ohledem na zbylá kritéria. V praktickém použití systémy AAL nepotřebují vždy vysokou přesnost, a proto jsou i další bodovací měřítka velmi důležitá pro celkové hodnocení využitelnosti systému v reálném životě. Důraz by mohl být kladen například na pořizovací náklady zařízení. Tento poznatek zde ale není uveden z důvodu, že se v této soutěži hodnotí prototypy společně s finálními produkty a porovnávání nákladů mezi nimi by bylo příliš obtížné a nepředvídatelné. [33]

Tabulka 5: Kritéria pro hodnocení systémů [33]

Kritéria		Váha
Tvrdá	Přesnost	5
	Dostupnost	3
Měkká	Náročnost instalace	4
	Přijetí uživatelem	4
	Integrovatelnost v systémech AAL	2

Tvrdá kritéria jsou stanovena na základě referenčního měření a poté vyhodnocena. Mezi tato kritéria patří přesnost a dostupnost. Přesnost systému je určena na základě rozdílu lokalizace uživatele pomocí měřeného systému a skutečnou pozicí uživatele. Dostupnost měří kapacitu systému pro nepřetržité vytváření nových dat. Výsledná hodnota se vypočítá na základě poměru mezi počtem přijatých a očekávaných vzorků.

Měkká kritéria se nijak neměří, záleží zde pouze na rozhodnutí poroty. Složitost instalace se posuzuje dle doby instalace vynásobenou počtem lidí. Měří se od okamžiku, kdy soutěžící vstoupí do laboratoře až do doby, kdy prohlásí, že je instalace dokončena. Pokud je instalace provedena do deseti minut, je hodnocena maximálním počtem bodů, pokud instalace trvá přes hodinu tak nezískává bod žádný.

Přijetí uživatelem posuzuje porota dle toho, jak rušivě působí systém pro použití v každodenním životě uživatele. [33]

Integrovatelnost v systémech AAL byla posuzována dle předem určených kritérií uvedených ve zdroji [33]:

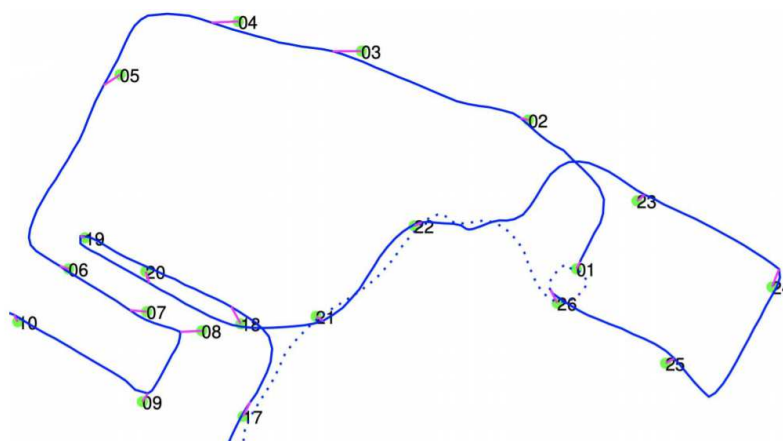
- dostupnost knihoven pro integraci (2 body)
- použití open source knihoven (2 body)
- použití norem (2 body)
- nástroje pro testování a monitorování systému (2 body)
- ukázkové aplikace (1 bod)
- dokumentace (1 bod)

2.6.2 Výherní technologie soutěže EvAAL roku 2020

V roce 2020 EvAAL vyhlásila 5 okruhů zaměřených na problematiku AAL systému, ve kterých mohli účastníci představit své technologie. [33]

- Smartphone: Technologie chytrých telefonů jsou v dnešní době velmi aktuální téma. Z tohoto důvodu se vyhlásila kategorie zaměřená právě na využití chytrých telefonů v AAL systémech. V soutěži byly navržené technologie s využitím dat poskytovaných běžným smartphonem realisticky testovány pomocí figuranta, který chodil ve vícepodlažní budově v běžných podmínkách daného prostředí. Na obr. 21 je znázorněna cesta, kterou figurant absolvoval a zeleně jsou označena stanoviště, kde se figurant nacházel. Fialově je znázorněna odchylka získané polohy od

skutečné. Výherci této soutěže byli členové týmu WHU-Five s průměrnou odchylkou 1,05 m. [34]



Obr. 21: Nejlepší výsledek roku 2020 [34]

- Food-mounted IMU: Tato kategorie se zaměřuje na odhad polohy osoby pomocí technologie detekce kroků, založené na IMU namontovaném na noze. Jedná se o sloučení akcelerometrů, gyroskopů a magnetometrů. Výhodou této skupiny senzorů je výpočet skutečné polohy bez pomoci jakýchkoliv map. Výherci této soutěže pocházeli z týmu WHO-GNSS se vzorkovací chybou 0,5 m. [35]

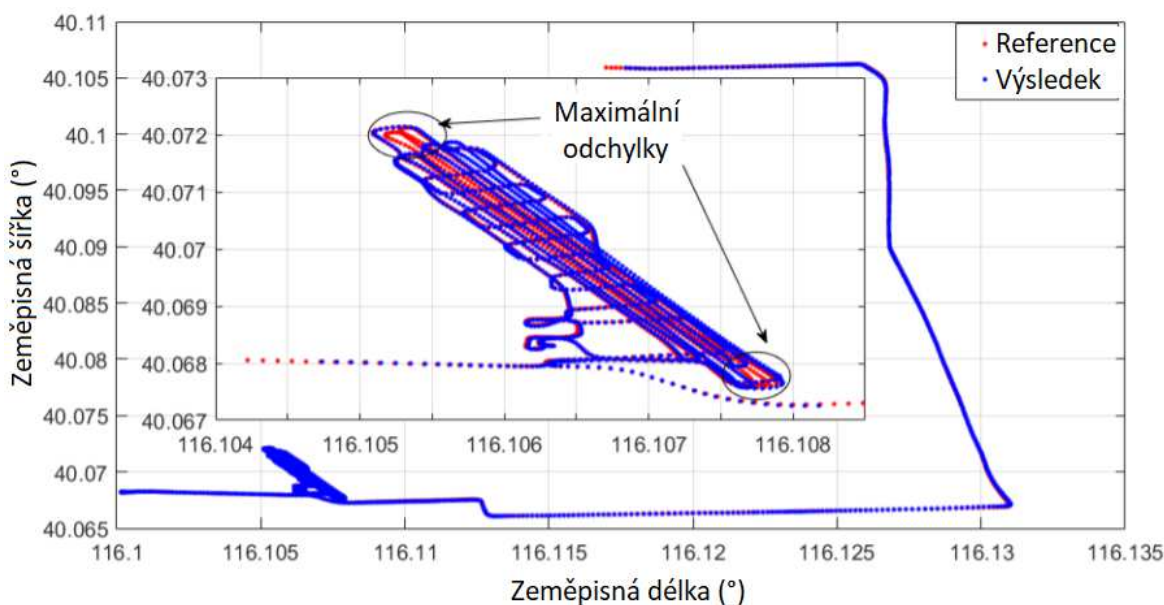


Obr. 22: Food-mounted IMU [35]

- xDR ve výrobě: Soutěžící mají za úkol sledovat trajektorii pracovníků a vysokozdvíhových vozíků (VDR) v továrně, pomocí jejich původního algoritmu vyvinutého pro lokalizaci uvnitř budov. Cílem soutěže je povzbudit vědce k vývoji algoritmů pro systémy xDR, které mohou být využity v průmyslovém prostředí. V roce 2019 byla cílovou oblastí restaurace a továrna na výrobu. V roce 2020 se

soutěž zaměřila na výrobní závod. Výstupní data z pohybu pracovníků a vysokozdvizných vozíků mohou být velmi důležitým údajem pro objektivní analýzu a zvyšování produktivity práce v dané oblasti. Nejlépe si vedl tým Kawaguchi Lab z Nagoya univerzity s odchylkou 6,8 m při 75 percentilu. [36]

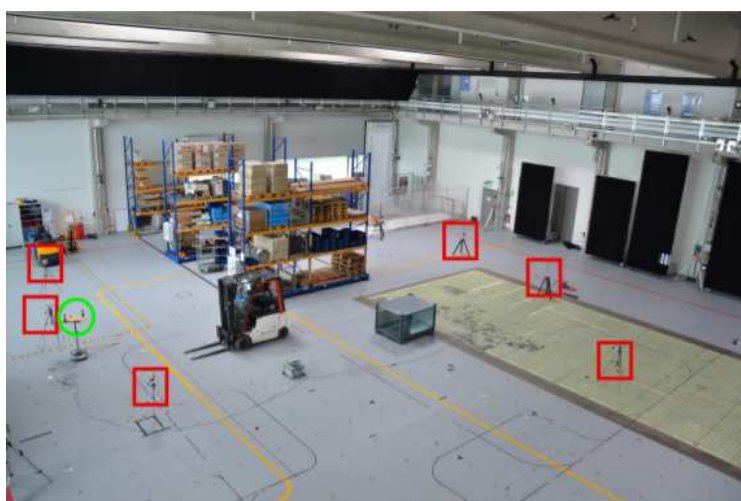
- Smartphone ve vozidle: Tato soutěž je zaměřena na udávání polohy vozidla pomocí chytrého telefonu. Testovací vozidlo se pohybuje jak po venkovní, tak i po vnitřní cestě a chytrý telefon je upevněn ve vnitřní části vozidla. Cílem této soutěže je vyhodnotit výkon různých navigačních řešení na základě integrovaných senzorů telefonu (MEMS, magnetometr). Testovací dráha automobilu protíná tři oblasti. Venkovní část cesty s ničím nerušeným výhledem telefonu představuje 40 % z celé dráhy, ale nezapočítává se do celkového hodnocení. Důležité je, s jakou přesností je zařízení schopno udávat polohu s částečně omezeným výhledem nebo se zcela zakrytým výhledem ve vnitřní části trati. Jedná se převážně o navigaci v tunelu nebo v garážích, která je pro obyčejné navigace velmi komplikovaná. Nejlepších výsledků dosáhl tým WHU-Autonavi z Wuhanské univerzity s odchylkou 7 m při 75 percentilu. [37]



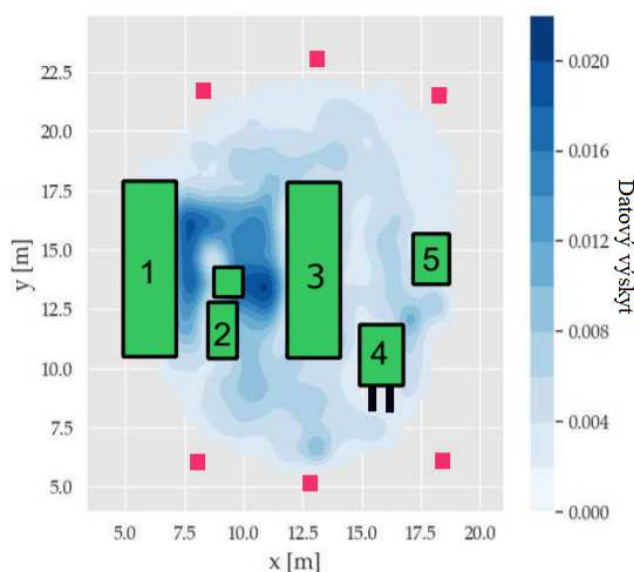
Obr. 23: Výsledná odchylka polohy od skutečnosti [37]

- Impulzní odezva kanálu: Zde se berou v potaz různé objekty cestující přes překážkovou vnitřní oblast s přechody s přímou viditelností a bez přímé viditelnosti. V průmyslovém prostředí se vyskytuje hojnost kovových předmětů způsobujících absorpci, odraz, difrakci a rozptyl signálů. Tyto efekty znesnadňují

výsledné zpracování dat. V tomto prostředí se po mnoho let používá technologie RSS, která je založená na síle přijatého signálu. V poslední době se začalo využívat technologie CIR (Channel Impulse Responce - impulzní odezva kanálu), která obsahuje informace o celé cestě šíření signálu. Na obr. 24 můžeme vidět červeně vyznačené přijímače a zeleně vyznačený mobilní telefon využitý jako vysílač. S telefonem se pohybujeme po místnosti a udržujeme konstantní výšku. Obr. 25 ukazuje získaná data z prostředí. Zeleně jsou zobrazeny kovové police se zbožím (číslo 1 a 3), průmyslová vozidla (číslo 2 a 4) a velká kovová skříň (číslo 5). Červeně jsou označené přijímače signálu. První místo získal tým YAI z Yuan Ze univerzity a National Ilan univerzity s odchylkou 1,38 m při 75 percentilu. [38]



Obr. 24: Testovací místnost s připravenými přijímači [38]



Obr. 25: Získaná data a identifikované překážky v místnosti [38]

3 Praktická demonstrace využití termokamery v AAL

V předložené diplomové práci jsem se rozhodl prakticky realizovat a otestovat funkci termokamery v AAL systémech. Jak již bylo zmíněno dříve, termokamera má několik výhod. Jednou z nich je možnost pomocí jednoho senzoru detekovat pohyb osoby v domácnosti a zároveň kontrolovat teplotu rizikových míst vzniku požáru. Další výhodou je, že termokamera sledované osobě nezasahuje do soukromí, jako například klasická kamera. Díky tomu je její využití pro monitorované lidi přijatelnější.

Celý systém se skládá z následujících prvků:

- Termokamera
- WIPY modul
- Li-ion dobíjecí baterie
- Centrální zařízení

Funkce zařízení je následující. Použitá termokamera posílá matici dat přes I2C sběrnici do WIPY modulu. Velikost matice dat je dána rozlišením jednotlivé termokamery. K dispozici jsem měl termokamery s rozlišením 8x8 pixelů a 32x24 pixelů. Později v diplomové práci popíši a názorně předvedu rozdíl mezi nimi. Data přijatá WIPY modulem se pomocí bezdrátové technologie posílají do centrálního zařízení. V mém případě jsem využíval přenos pomocí Bluetooth. Pro úsporu energie je Bluetooth vypnuto a zapíná se pouze při požadavku o přenos dat. Pod pojmem centrální zařízení si můžeme představit například mobilní telefon nebo tablet. V centrálním zařízení dochází pomocí aplikace nebo webové stránky k zobrazení a vyhodnocení přijatých dat. Jelikož se jedná o velmi citlivá data, je velice důležité klást důraz na zabezpečení, ať už mobilní aplikace nebo zmíněné webové stránky. Jedním z druhů zabezpečení může být například přihlášení pod jedinečným jménem a dostatečně silným heslem. Pro mé praktické otestování využití termokamery v AAL systémech nebylo zapotřebí se zabývat zabezpečením vytvořené webové stránky, ale pro praktické použití by zabezpečení muselo být bezpodmínečně doplněno. Celý systém je napájen z 3,6 V dobíjecí baterie Li-ion o kapacitě 3100 mAh. Výhoda bateriového řešení spočívá opět v přijetí systému staršími osobami. Není nutné totiž přivádět napájecí kabel, který by i v kabelové liště mohl působit rušivým dojmem. Také má tento přístup vliv na jednoduchou a rychlou instalaci celého systému.

Možnou nevýhodou této konstrukce je nutná pravidelná výměna dobíjecích baterií.

Optimalizace spotřeby energie systému je tedy podstatným faktorem pro prodloužení doby výměny baterií.

3.1 Termokamera

V této kapitole představím použité termokamery. Popíši rozdíly mezi nimi a zhodnotím, v jakých případech by bylo možné daný typ termokamery využít.

3.1.1 Adafruit AMG8833

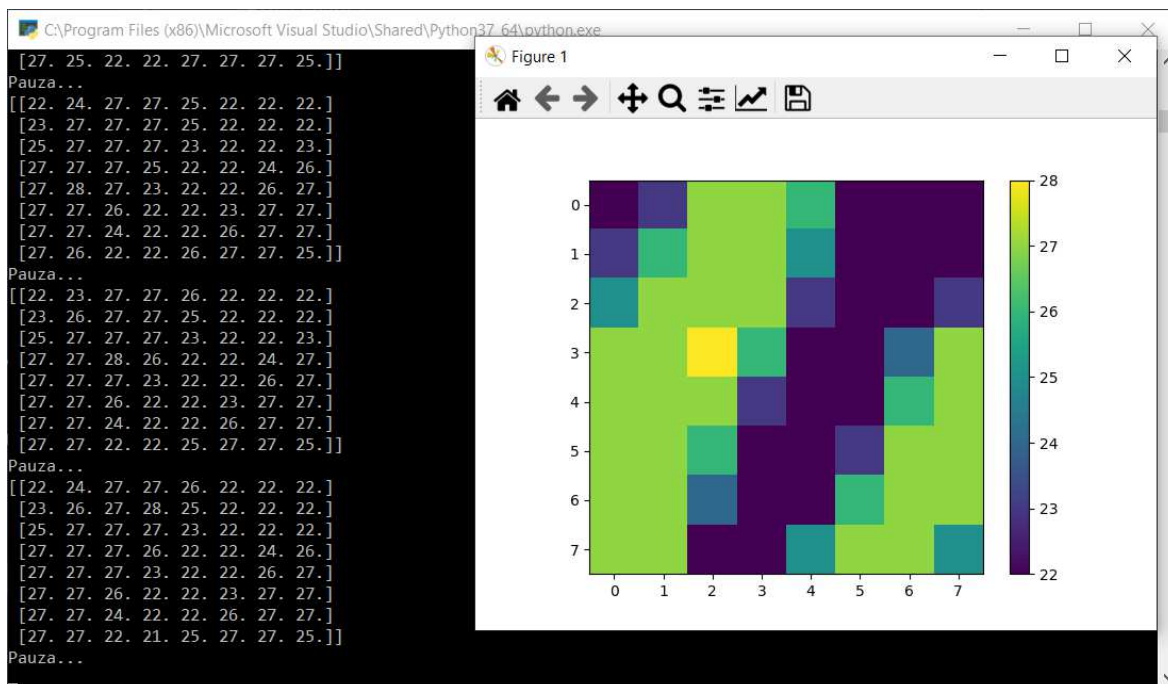
Teplotní senzor Adafruit AMG8833 od výrobce Panasonic je pole infračervených senzorů, které měří teplotu od 0 °C do 80 °C s uvedenou přesností $\pm 2,5$ °C. Rozlišení termokamery je 64 pixelů. Použité infračervené senzory jsou založeny na MEMS technologii. Vzorkovací frekvence je 10 snímků za vteřinu. Dle výrobce je maximální vzdálenost detekce člověka 7 m. Pozorovací úhel termokamery je pouze 60° a pro potřeby pokrytí celého prostoru bytu bychom potřebovali velké množství senzorů. Senzor má operační napětí 3,3 V a je napájen z výstupu napěťového regulátoru WIPY modulu. Spotřeba proudu za běhu snímače je 4,5 mA. V pohotovostním režimu se spotřeba sníží na 0,8 mA. Dále je také možné senzor dostat do režimu spánku, kdy jeho spotřeba činí pouze 0,2 mA. Této vlastnosti je vhodné využít kvůli snížení spotřeby systému a prodloužit tak výdrž baterií. [39]



Obr. 26: Termokamera Adafruit AMG8833 [39]

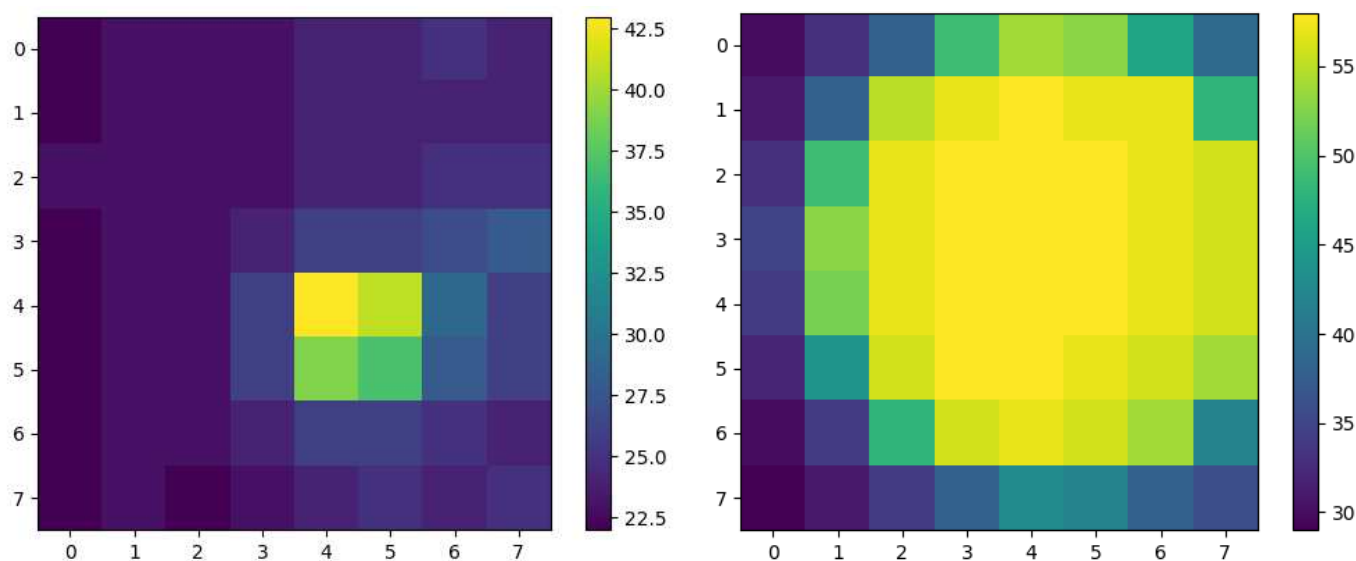
Na obr. 27 je výsledná teplotní matice termokamery Adafruit AMG8833. Pomocí kódu v microPythonu běžícím na WIPY dochází k ukládání hodnot teplotní matice a odesílání na webové stránky. Poté v Pythonu pomocí knihovny Matplotlib byla jednotlivá data převedena na teplotní matice, které se při detekci teploty vyšší než 27 °C uložily do souboru. Tím bylo zajištěno, aby se ukládaly jen matice, které zachytily člověka nebo zvýšenou teplotu. Na první pohled je zřejmé, že rozlišení kamery 8x8 pixelů není

dostačující. Na obrázku jsou detekovány prsty ve vzdálenosti asi 20 cm od senzoru. Se zvětšující se vzdáleností klesá přesnost měření teploty a také je obtížnější objekt detekovat.



Obr. 27: Teplotní matice AMG8833 a její grafické znázornění

Na obr. 28 je vidět rozdíl vzdálenosti předmětu od snímače. Vlevo je předmět 40 cm od snímače a změřená teplota hrnku se pohybuje okolo 42,5 °C. Kdežto na obrázku vpravo je výsledek měření při vzdálenosti objektu 10 cm a změřená teplota přesahuje 55 °C. To znamená, že přesnost měření se se zvyšující se vzdáleností rapidně snižuje, a proto se tato termokamera stává téměř nepoužitelnou pro monitorování osob v AAL systémech. Zařízení by bylo možné použít pro hlídání vysokých teplot v rizikových a předem určených místech. V praxi by se mohlo jednat o kontrolu, zda není dlouho zapnutá varná deska bez dozoru. Pro naše zařízení se svými detekčními vlastnostmi jeví jako vhodnější termokamera MLX90640.



Obr. 28: Hrnek s horkou kávou vlevo ve vzdálenosti od snímače 40 cm, vpravo ve vzdálenosti 10 cm

3.1.2 MLX90640

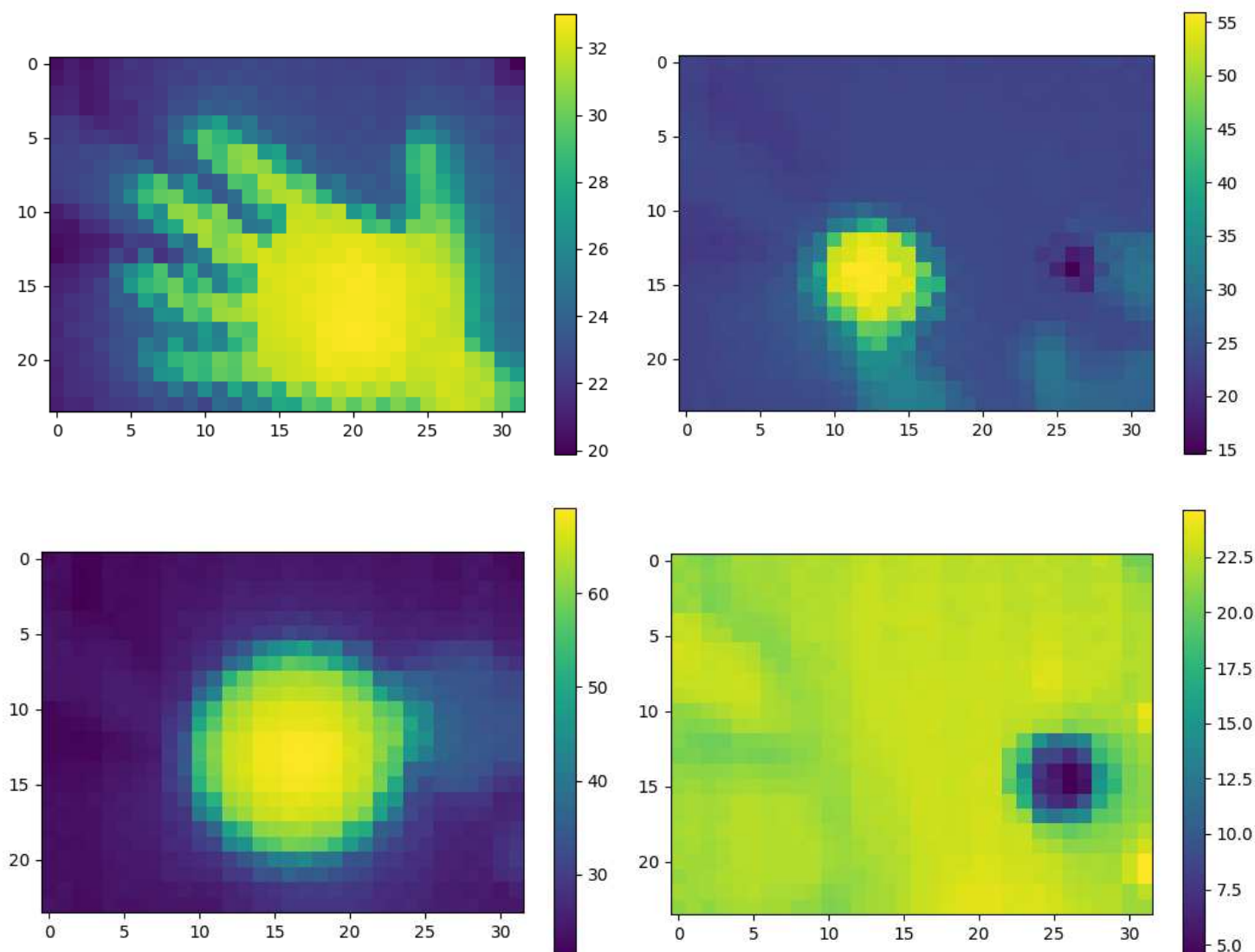
Hlavní výhodou termokamery MLX90640 oproti AMG8833 je vyšší rozlišení. MLX90640 má 768 (32 x 24) samostatných obrazových bodů přenášených do WIPY přes sběrnici I2C. Zorné pole je nastavitelné mezi dvěma možnostmi (55° x 35° nebo 110° x 75°). Termokamera MLX90640 má provozní teplotu od -40 °C do 85 °C. Cílový rozsah měřených teplot se pohybuje od -40 °C do 300 °C. [40] Zmíněná termokamera má ale svou podstatnou nevýhodu oproti AMG8833. Odběr proudu může být až 23 mA a to je pro bateriové zařízení velmi vysoká hodnota.



Obr. 29: Termokamera MLX90640 [41]

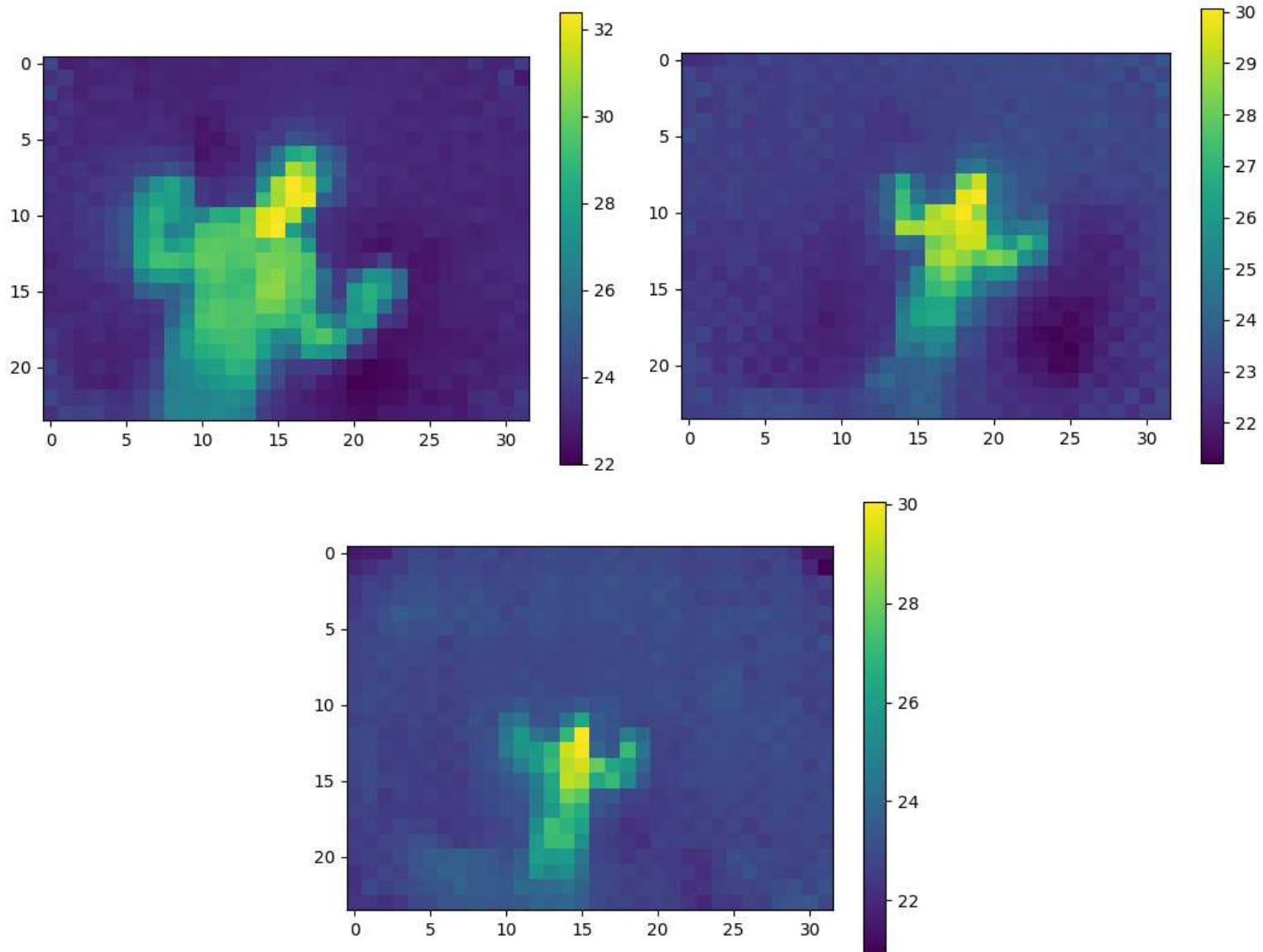
Na obr. 30 je viditelné podstatné zlepšení rozlišení oproti AMG8833. V horní řadě vpravo jsou zachyceny dva objekty (vlevo hrnek s horkou vodou, vpravo kostka ledu) pro otestování kvality měření při velkém rozsahu teplot v zorném poli. V dolní řadě už jsou

jednotlivé objekty snímány samostatně pro přesnější měření teplot jednotlivých objektů.



Obr. 30: Teplotní matice z MLX90640

Na obr. 31 je zobrazený výsledný snímek osoby se zdviženýma rukama v různých vzdálenostech od senzoru. První obrázek vlevo je pořízen ze vzdálenosti 1 m. Obrázek vpravo od něj je ze vzdálenosti 2 m a na třetím obrázku pod nimi se osoba nachází ve vzdálenosti 3 m od termokamery. Z obrázků je patrné, že i ve vzdálenosti 3 m od senzoru je rozpoznatelná silueta člověka.



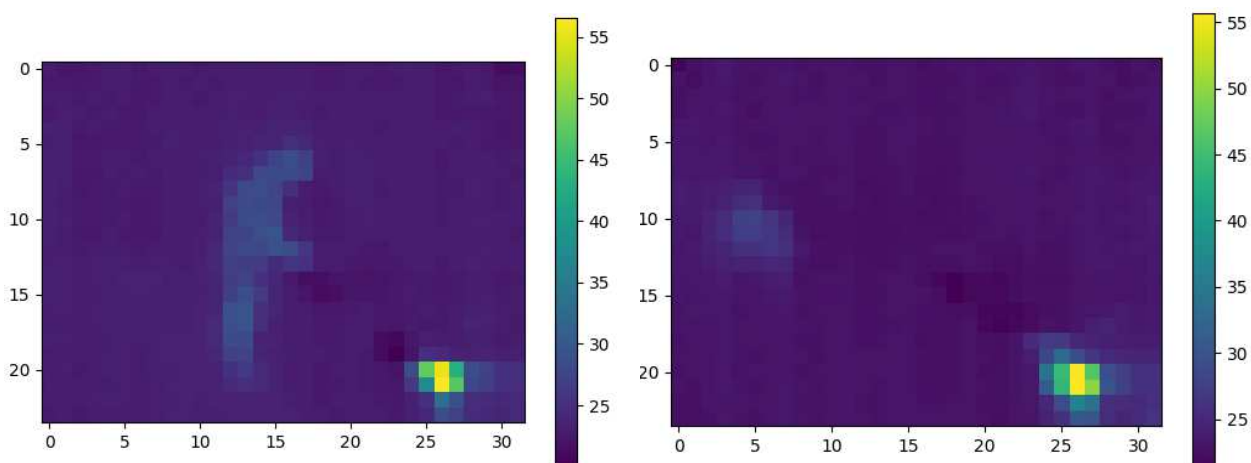
Obr. 31: Rozpoznání člověka v různé vzdálenosti od senzoru

3.1.3 Případová studie s MLX90640

Předchozí kapitola naznačila, že kvalita snímků MLX90640 by mohla být dostačující k použití v inteligentní domácnosti. Otestování funkčnosti termokamery pro potřebné účely bylo provedeno pomocí modelových situací v reálném prostředí. Termokamera byla testována ve dvou místnostech bytové jednotky a experimentu se účastnili dva lidé. V ložnici o rozměrech 4 x 4 m byl snímač umístěn do protilehlých rohů a lze jej využít pro pozorování spánkové aktivity, zda člověk neleží mimo postel a kolikrát za noc sledovaná osoba odchází na toaletu. Dále byl snímač umístěn do kuchyně o velikosti 4 x 2 m. Mezi sledované situace v kuchyni se řadí aktivita při vaření, zda není plotna zapnutá příliš dlouho, jak často osoba chodí do lednice nebo zda se nenachází delší

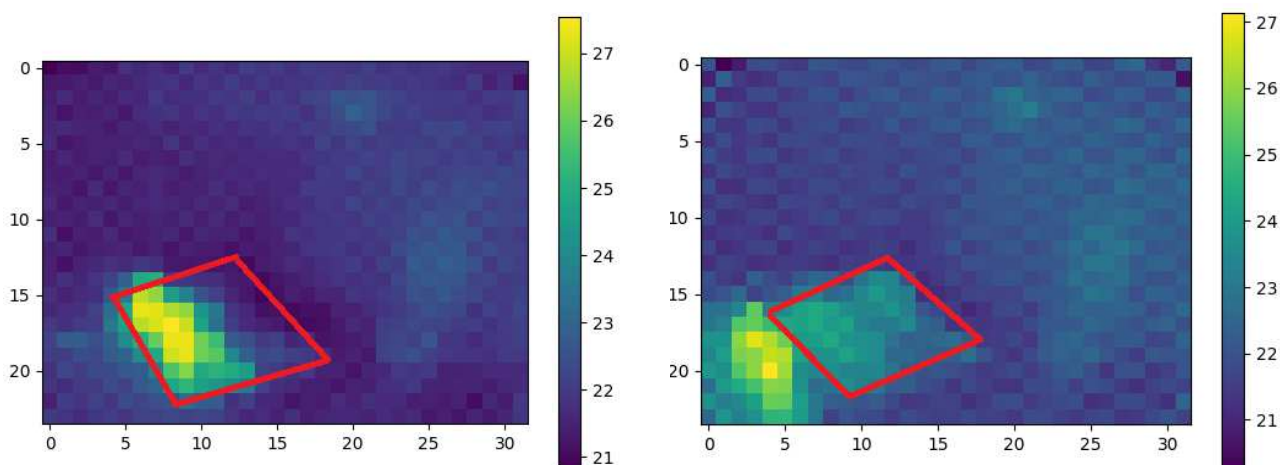
dobu na místě, které k tomu není určené (leží na podlaze).

Na obr. 32 jsou pro ukázkou přiložené snímky z kuchyně při vaření. Na levém obrázku je vidět, že je plotýnka zapnutá s osobou stojící u dřezu. Na pravém obrázku osoba sedí u stolu v kuchyni a varná deska je stále zapnutá. Při odchodu osoby z místnosti na delší dobu nebo po delším časovém úseku, kdy osoba k varné desce nepřijde, je žádoucí na tuto skutečnost upozornit a varovat, že je varná deska stále v provozu.



Obr. 32: Zapnutá plotýnka v kuchyni s detekcí člověka

Na obr. 33 je modelová situace z ložnice. Na obrázku je červeně zvýrazněna přibližná hranice postele, kde by se osoba měla v noci při spánku nacházet. Vlevo leží osoba v určených hranicích znázorňující spánek v posteli. Osoba vpravo se nachází mimo vytyčené hranice. Pokud by v tomto místě osoba setrvala po delší dobu, mohlo by se jednat o pád osoby z postele a nebezpečnou situaci. V tomto případě by bylo žádoucí upozornit ošetřující personál nebo rodinu, že mohlo dojít k úrazu.



Obr. 33: Vlevo osoba ležící v posteli a vpravo osoba ležící mimo postel

3.2 WIPY 3.0

Modul WIPY je vývojová platforma od firmy Pycom vybavená čipovou sadou Espressif ESP32 a duálním procesorem. Modul je programovatelný pomocí microPythonu s podporou pro Wi-Fi, Bluetooth, Lora a Sigfox. Pomocí sběrnice I2C přijímá data z termokamery a přes Bluetooth technologii je posílá do centrálního zařízení. Napájen je z 3,6 V baterie Li-ion a pomocí napěťově regulovaného výstupu napájí použitou termokameru napětím 3,3 V. [42]



Obr. 33: WIPY 3.0 [42]

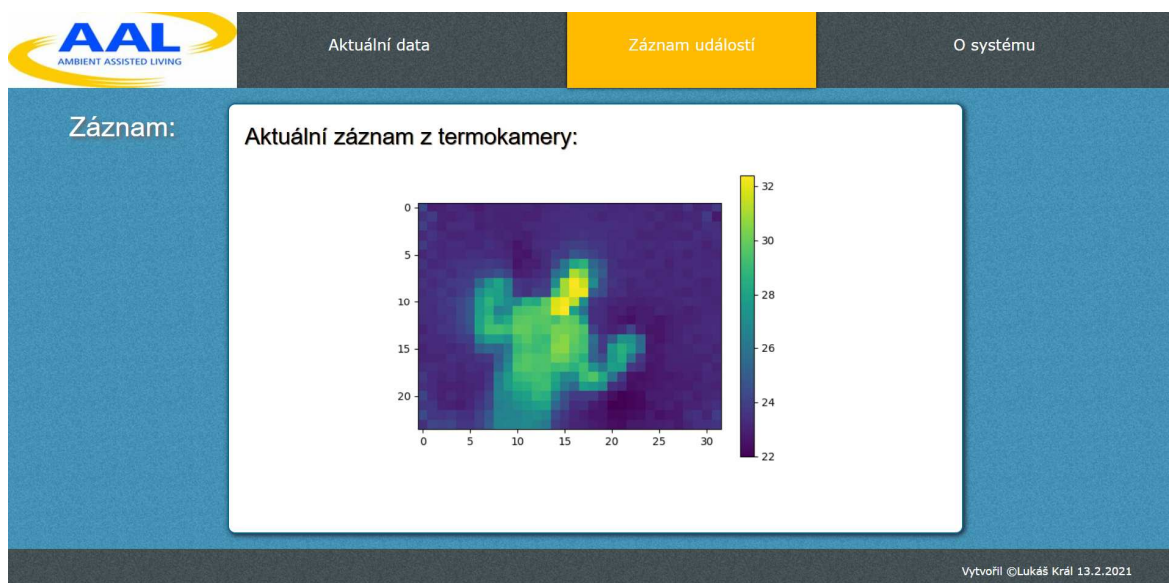
3.3 Centrální zařízení

Jako centrální zařízení pro příjem dat z WIPY 3.0, ať už pomocí Wi-Fi nebo Bluetooth, může být například mobilní telefon nebo tablet. Na obr. 34 je pro představu ukázka z vytvořených webových stránek pro příjem a zpracování dat ze systému.

AAL AMBIENT ASSISTED LIVING		Aktuální data	Záznam událostí	O systému
Systém:		<p>Wipy 3.0</p> <p>Wipy 3.0</p> <p>Jádrem systému je Wipy 3.0, který pracuje v jazyce MicroPython. Přijímá data z termokamery a posílá je přes bluetooth do mobilního telefonu.</p>	<p>AMG8833</p> <p>AMG 8833</p> <p>Použitá termokamera je firmy Adafruit AMG8833. AMG8833 má teplotní matici o velikosti 8x8.</p>	
				
Vytvořil ©Lukáš Král 13.2.2021				

Obr. 34: Webové stránky pro zobrazení dat

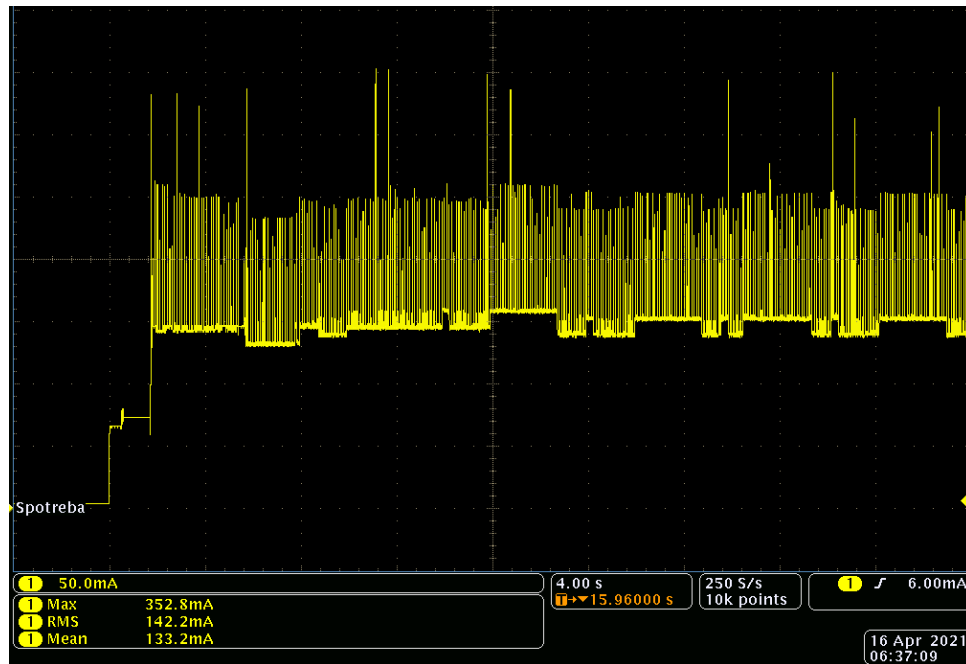
Na webových stránkách je také možné sledovat aktuální snímky z termokamery. V záložce Záznam událostí se zobrazuje teplotní matice v reálném čase. Stránka se automaticky obnovuje každé 4 vteřiny. Jak jsem již popisoval dříve, nezaobíral jsem se řešením bezpečnosti webových stránek. Bylo by potřebné zabezpečit citlivá data ze soukromí sledovaných osob například jedinečnými přístupovými údaji a silným heslem.



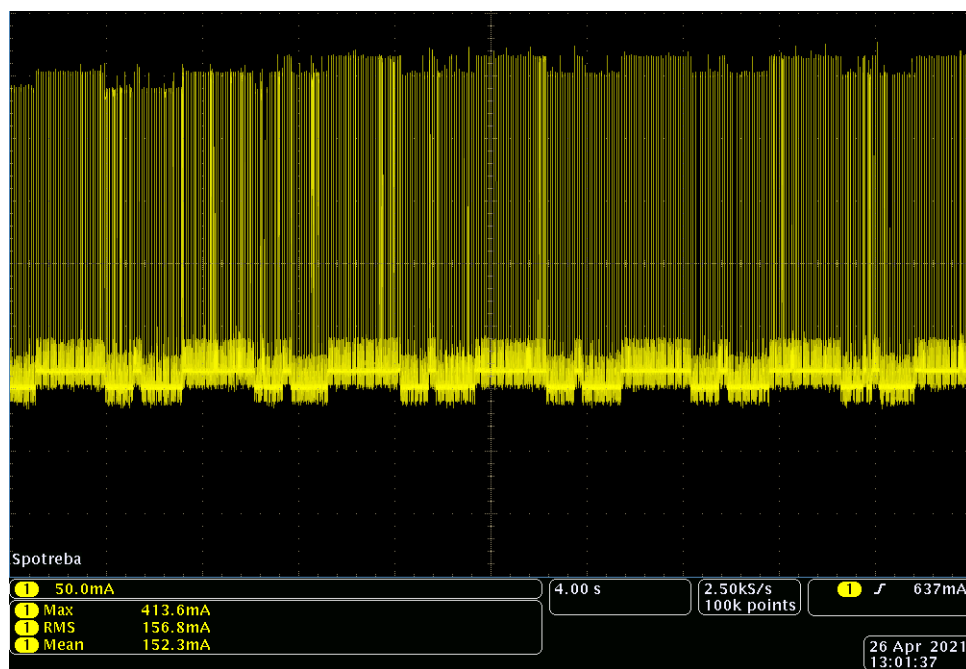
Obr. 35: Zobrazení aktuálních snímků z termokamery na webových stránkách

3.4 Spotřeba energie

Spotřeba energie se považuje jako velmi důležitý aspekt u každého bateriového zařízení. Pro dlouhou životnost baterie je nutné se pokusit snížit spotřebu zařízení na minimum. Na obr. 36 je pomocí osciloskopu znázorněn náběh celého zařízení před snížením spotřeby. Průměrná spotřeba zařízení je 152,3 mA. Při takto vysoké spotřebě by se použitá Li-ion baterie vybila za necelý den provozu.



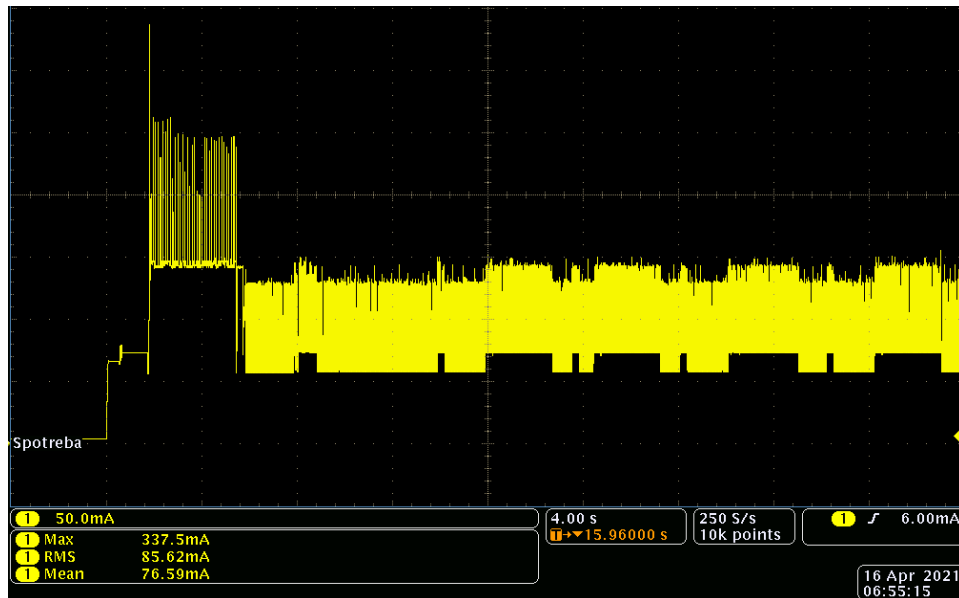
Obr. 36: Spotřeba po zapnutí zařízení



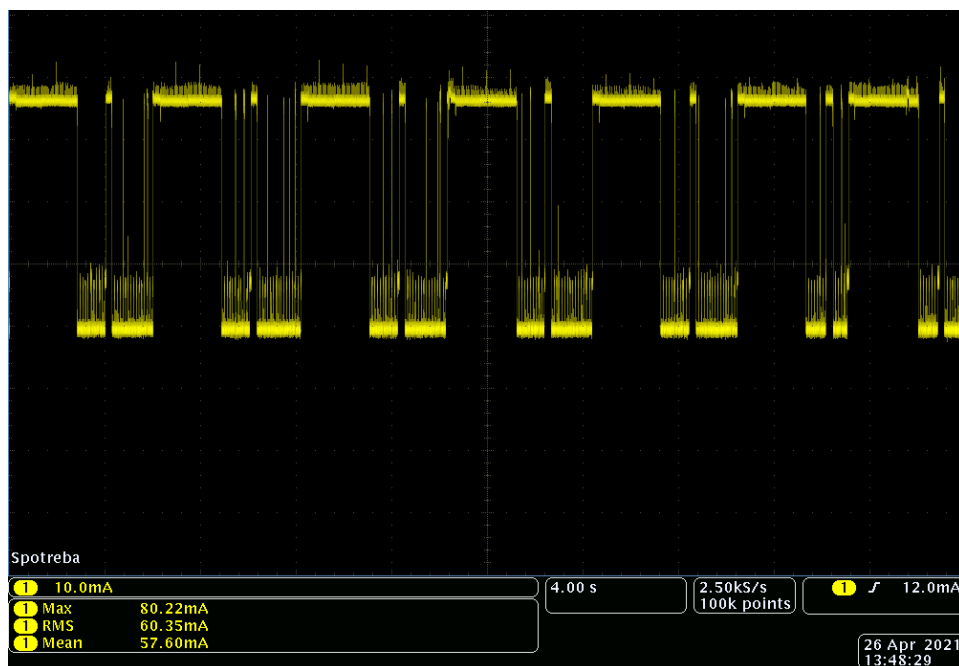
Obr. 37: Původní průměrná spotřeba zařízení

Velké množství energie spotřebovávají Wi-Fi síť a Bluetooth. Pro odesílání dat do centrálního zařízení využíváme Bluetooth. Wi-Fi síť je tedy pro naše použití nadbytečná, a proto je vhodné ji na WIPY zařízení vypnout. Na obr. 38 je průběh snížené spotřeby energie po vypnutí Wi-Fi sítě. Při spuštění nastane špička o hodnotě 337,5 mA a poté se spotřeba energie sníží. Průměrná hodnota odebíraného proudu klesla na 57,6 mA. Jedná se

o téměř trojnásobné snížení spotřeby energie. Ale i přesto by 3100 mAh baterie dokázala pracovat přibližně 54 hodin.

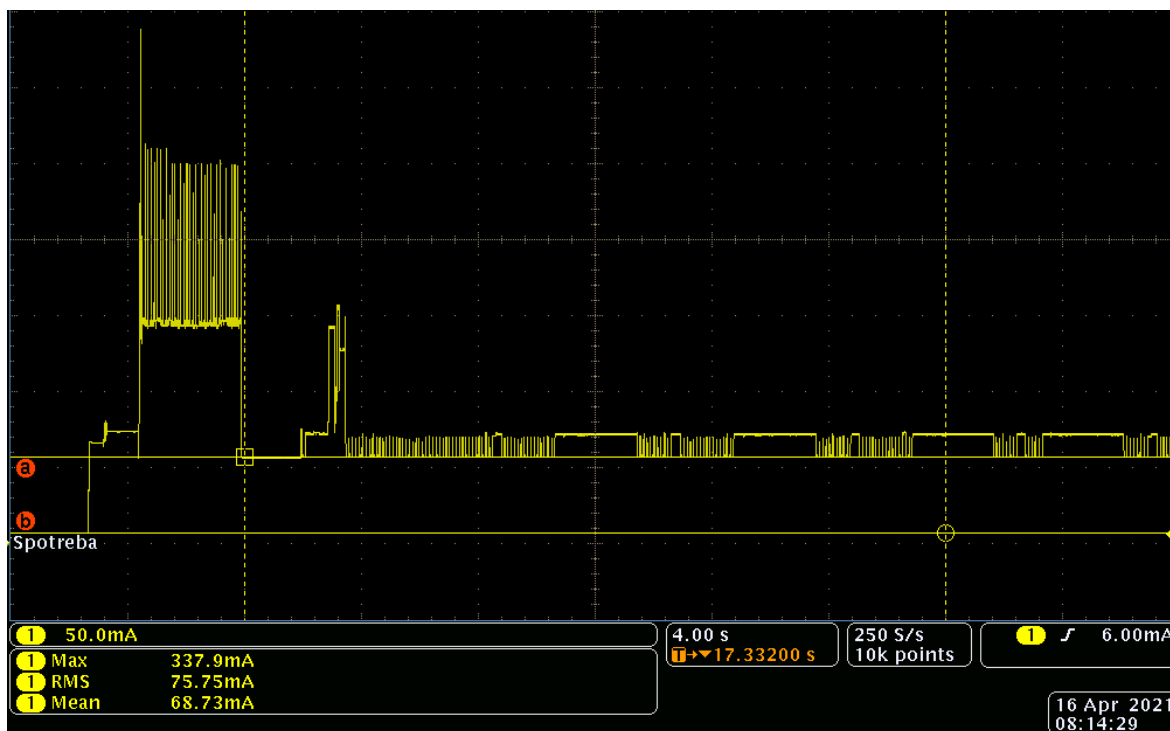


Obr. 38: Spotřeba energie po vypnutí Wi-Fi



Obr. 39: Průměrná spotřeba po vypnutí Wi-Fi

Na obr. 40 je průběh spotřeby energie po vypnutí Wi-Fi i Bluetooth.



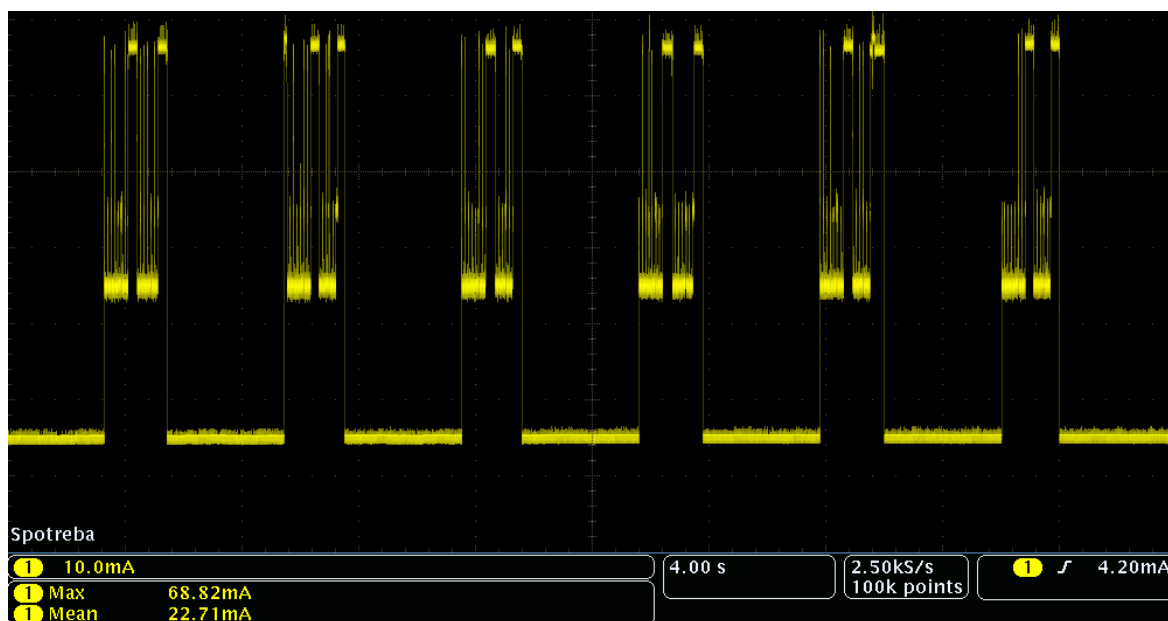
Obr. 40: Spotřeba po vypnutí Wi-Fi i Bluetooth

Další možností pro snížení spotřeby zařízení je využití sleep režimu pro WIPY modul. Z předložených průběhů vyplývá, že Bluetooth technologie má výrazný vliv na spotřebu. Proto pro co nejvyšší optimalizaci spotřeby zařízení je kromě využití režimu spánku také nutné Bluetooth zapínat jen v případě požadavku o odeslání dat. Program funguje tak, že pokud termokamera v zorném poli nevidí člověka, tak WIPY modul se na 4 vteřiny uspí a poté znovu přijme data z termokamery, zda již v místnosti nikdo není. Pokud se v místnosti osoba objeví, WIPY modul stále běží a do sleep režimu se dostane, až když člověk opustí místnost. Snímky, na kterých je detekována vyšší teplota než 27 °C jsou ukládány do vnitřní paměti. Při jejich větším množství nebo pokud je v paměti uloženo více než 5 snímků a termokamera nezaznamenává zvýšenou teplotu, data se odešlou. Díky sleep režimu a vypínání Bluetooth jsme schopni průměrnou spotřebu při nečinnosti snížit až na 22,71 mA. I přes velké vylepšení spotřeby bohužel systém není možné delší dobu provozovat na baterii.

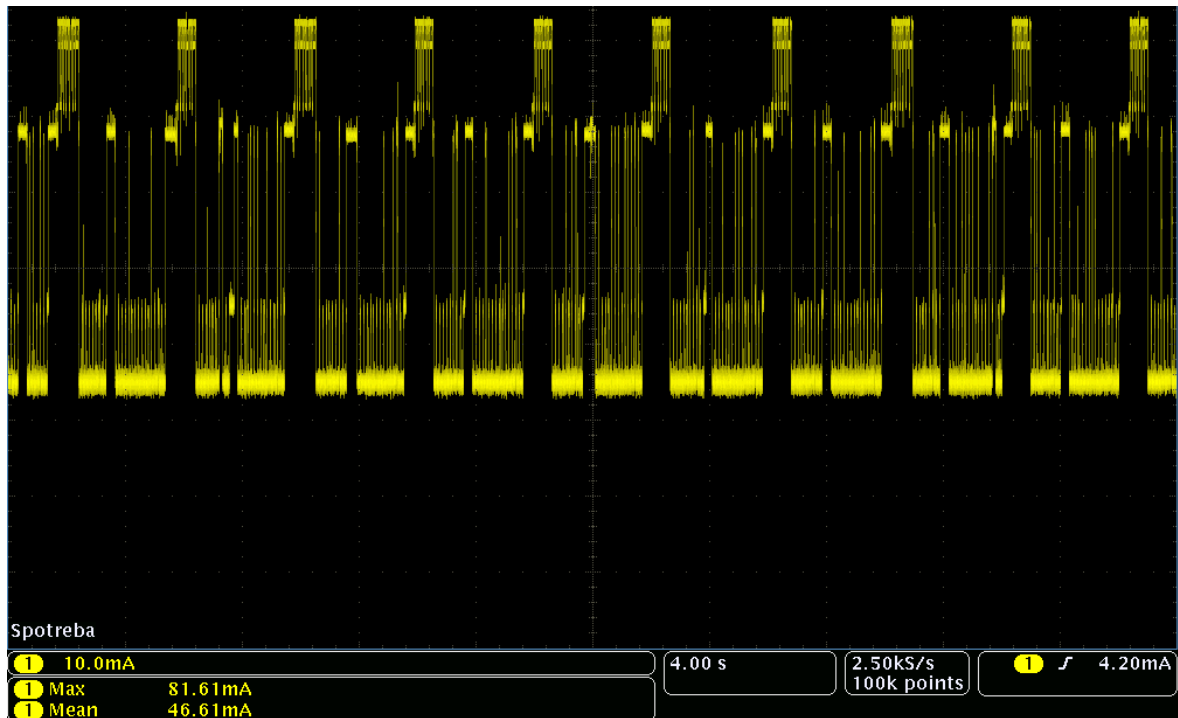
Nevýhodou využití úspory energie je odesílání velkého množství dat přes Bluetooth. Odeslání všech matic, kdy každá matice obsahuje 768 hodnot trvá poměrně dlouhou dobu. Po dobu odesílání dat se neukládají nové snímky a tím přicházíme o část informace z okolního prostředí.

Případné další snížení spotřeby by mohlo být docíleno pomocí odpojení termokamery při přechodu WIPY do režimu spánku nebo použit jiný senzor s možností přechodu do úsporného režimu. Další variantou by mohlo být využití senzoru, který by při detekci překročení nastavené teploty dokázal vygenerovat přerušení a pomocí něj probouzet WIPY z režimu spánku. Tím by se odstranila nutnost cyklického probouzení WIPY modulu pro kontrolu okolního prostředí. Také se nabízí možnost využití WIPY pro vyhodnocení nezvyklé události z přijatého snímku z termokamery a přes Bluetooth odesílat pouze snímky nezvyklých událostí (osoba ležící na zemi, delší dobu zapnutý vaříč bez přítomnosti osoby a podobně). Tyto varianty ale již nebyly v diplomové práci využity a otestovány.

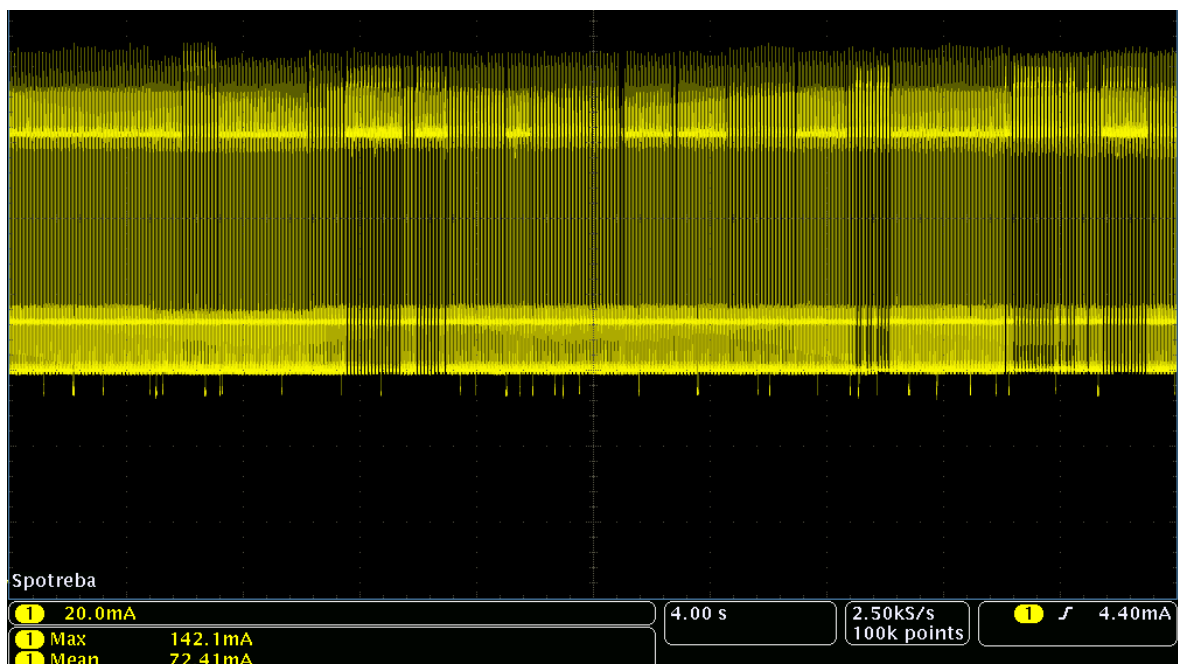
Na obr. 41 až 43 jsou zobrazeny výsledky spotřeby energie při usínání WIPY modulu na 4 vteřiny. Na obr. 41 termokamera nezaznamenává zvýšenou teplotu a systém běží v úsporném režimu. Obr. 42 ukazuje spotřebu při neustálé činnosti. Nakonec obr. 43 zobrazuje přenos dat pomocí Bluetooth technologie.



Obr. 41: Průměrná spotřeba při vypnutém Bluetooth a uspávání WIPY po 4 vteřinách, když se v zorném úhlu termokamery neobjevuje vysoká teplota



Obr. 42: Průměrná spotřeba, když termokamera detekuje vyšší teplotu



Obr. 43: Spotřeba zařízení při přenosu dat přes Bluetooth

3.5 Elektromagnetická kompatibilita Bluetooth zařízení

Dle článku ze zdroje [43], kde bylo provedeno EMC měření, bylo potvrzeno, že komunikace pomocí Bluetooth dokáže koexistovat i s jinými zařízeními používající Bluetooth přenos v dané oblasti bez ztráty propustnosti a poruch komunikace. Naopak

tomu bylo v blízkosti zdroje IEEE 802.11b (Wi-Fi2), který má ve stejném pásmu 2,4 GHz přenosovou rychlost 11 Mbit/s. Bezdrátový komunikační systém IEEE 802.11b je určen k vytváření sítí WLAN s výkonem 1 W a dosahem až 100 m. Kdežto Bluetooth třídy 2 má výkon pouze 2,5 mW a dosah okolo 10 m. Avšak zvýšením výstupního výkonu na 100 mW jsme schopni dosáhnout na Bluetooth třídy 1 a mít dosah až 100 m. Rychlost Bluetooth je omezena na 1 Mbit/s. Pásmo 2,4 GHz je přeplněné a náchylné k rušení. V blízkosti zdroje IEEE 802.11b se prokázalo významné snížení propustnosti a poruchy komunikace.

Při bezdrátové koexistenci Bluetooth zařízení bylo pozorováno určité snížení propustnosti při síle rušení 0,5 V/m, ale k poruše došlo až nad 5 V/m. Průměrné zařízení 802.11b by muselo být blíže než 10 cm, aby vyzařovalo sílu elektrického pole 5 V/m a způsobilo přerušení spojení. Propustnost byla zaznamenána od 0,5 V/m do 5 V/m. Z toho vyplývá, že Bluetooth je celkem robustní signál. Omezená rychlost přenosu dat a dosah Bluetooth jsou vyváženy jeho schopností koexistovat se zařízeními, která mohou být v jeho prostředí. Výsledky nevykazují žádné poruchy, pokud jsou zařízení od sebe vzdálena více než 10 cm. Z uvedených výsledků je využití Bluetooth v AAL systémech podmíněno tím, že se této vadě vyhneme a poblíž zařízení nebudeme mít uvedený zdroj rušení a podnikneme nutná opatření pro zabezpečení přenosu dat.

Závěr

Předmětem uvedené diplomové práce bylo zpracovat řešerši životních situací v domácnosti nebo ve speciálních zařízeních, které by měly být u starších osob nebo osob se zdravotním postižením sledovány. Dále jsou v práci uvedeny příklady výzkumů, které se ve světě zabývají asistenčními systémy. Podstatou práce bylo realizovat praktickou demonstraci AAL systému za použití termokamery. Také jsou znázorněny příklady použití termokamery a přiloženy výsledky z vykonané případové studie.

První pasáž práce se blíže zaměřuje na důvody, proč je vývoj v oblasti asistenčních systémů tak důležitý. Stárnutí populace rychle roste. V práci jsou na toto téma zpracované grafy, ze kterých je vidět, že za posledních 10 let v České republice vzrostl počet lidí nad 65 let o 5 %. Dále jsou představeny AAL systémy, jejich přínos, výhody a co všechno díky nim můžeme u potřebných osob sledovat. Byly popsány možnosti využití mobilního telefonu v asistenčních systémech a model chytrého domu pro samostatné bydlení starších osob. V neposlední řadě se v práci nachází výpis sledovaných událostí a senzory, které využíváme k jejich detekci.

Druhá část diplomové práce popisuje vybrané světové projekty, které se zaměřují jak na technickou stránku asistenčních systémů, tak i na sociální přijetí moderní technologie staršími lidmi. Ze světových výzkumů vyplývá, že starší lidé jsou ochotni využívat moderní technologii v případě, že doopravdy věří v její prospěch pro jejich život a zároveň je výrazně neomezuje v jejich soukromí. Ke konci druhé části je nastíněna problematika robotů pro AAL systémy, jejich možné využití a typy robotů, které jsou pro pacienty přijatelné.

Ve třetí kapitole je popsána soutěž EvAAL. Tato soutěž podporuje vývoj AAL systémů a hodnotí jednotlivé projekty mezi sebou. Každý rok se vybere několik kategorií, ve kterých poté jednotlivé týmy porovnají dosažené výsledky. Práce obsahuje popis vybraných kategorií roku 2020 a jejich nejlepší dosažené výsledky.

Poslední kapitola se zabývá praktickým využitím termokamery v asistenčních systémech. Výsledný využitý systém se skládá z termokamery MLX90640, WIPY modulu, který zpracovává data z termokamery a dále je posílá do centrálního zařízení a Li-ion baterie pro napájení celého systému. WIPY modul je naprogramován v MicroPythonu. Pomocí vytvořeného kódu modul přijímá hodnoty z termokamery přes I2C sběrnici, které dále posílá pomocí Bluetooth technologie na webové stránky. Pro lepší znázornění hodnot

z termokamery je napsaný kód v Pythonu, který pomocí knihovny Matplotlib přijaté číselné hodnoty z termokamery překresluje do teplotní matice. Výsledné teplotní matice byly ukládány do souboru při detekci teploty vyšší než 27 °C. Tato podmínka je zde proto, aby byly ukládány pouze snímky, kdy se v zorném poli termokamery pohybuje člověk nebo je naměřena nadměrná teplota, která může signalizovat nebezpečí požáru. Pro tyto systémy jsou vytvořeny webové stránky, na které se posílají hodnoty z termokamery. V budoucnu by bylo dobré webové stránky zabezpečit z důvodu ochrany informací. Zobrazují se zde velmi citlivá data ze soukromí sledovaných uživatelů, a proto je zde kladen velký důraz na bezpečnost informací. V této kapitole je také provedena případová studie, kdy byl systém umístěn do dvou místností a sledoval aktivitu osob. Z tohoto testu vyplynulo, že jsme schopni detekovat nebezpečí požáru a případný pád osoby ležící mimo očekávaná místa jako je postel nebo pohovka. Bohužel při měření celkové spotřeby systému se ukázalo, že odběr proudu je příliš velký na to, aby systém byl napájen z Li-ion baterie. Průměrnou spotřebu se podařilo výrazně snížit pomocí režimu spánku, vypnutí Wi-Fi modulu a zapínání Bluetooth jen pro přenos dat. V této kapitole jsou popsány další případné možnosti snížení celkové spotřeby. Jedním z nich je například využití termokamery, která nabízí režim spánku.

V poslední kapitole byl proveden výzkum ohledně koexistence Bluetooth zařízení s ostatními přístroji využívající Bluetooth technologii. Bluetooth je robustní signál a dokáže koexistovat s ostatními přístroji.

Uvedené zadání diplomové práce se podařilo splnit a využitý systém s termokamerou splnil očekávání ohledně kvality snímků. Pomocí případové studie se ověřila funkčnost celého systému. Výsledné snímky z termokamery jsou dostatečně kvalitní pro použití v asistenčních systémech. Bohužel spotřebu celého systému se nepodařilo snížit pod přijatelnou mez, a proto v této podobě systém není možné dlouhodobě provozovat na baterie. V práci jsou popsány případné další možnosti řešení tohoto problému.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] COSTA, Ângelo, Francisco ANDRADE a Paulo NOVAIS. Privacy and Data Protection towards Elderly Healthcare. CRUZ-CUNHA, Maria Manuela, Isabel Maria MIRANDA a Patricia GONÇALVES, ed. *Handbook of Research on ICTs for Human-Centered Healthcare and Social Care Services* [online]. IGI Global, 2013, 2013, s. 330-346 [cit. 2021-4-25]. ISBN 9781466639867. Dostupné z: doi:10.4018/978-1-4666-3986-7.ch017
- [2] *Population-demography-migration-projections* [online]. <https://ec.europa.eu/>, 2019 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/data/main-tables>
- [3] UDDIN, Md., Weria KHAKSAR a Jim TORRESEN. Ambient Sensors for Elderly Care and Independent Living: A Survey. *Sensors* [online]. 2018, **18**(7) [cit. 2021-4-25]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s18072027
- [4] Ambient Assisted Living. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Ambient_Assisted_Living
- [5] AL-SHAQI, Riyad, Monjur MOURSHED a Yacine REZGUI. Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly. *SpringerPlus* [online]. 2016, **5**(1) [cit. 2021-4-25]. ISSN 2193-1801. Dostupné z: doi:10.1186/s40064-016-2272-8
- [6] BLACKMAN, Stephanie, Claudine MATLO, Charisse BOBROVITSKIY, et al. Ambient Assisted Living Technologies for Aging Well: A Scoping Review. *Journal of Intelligent Systems* [online]. 2016, **25**(1), 55-69 [cit. 2021-4-25]. ISSN 2191-026X. Dostupné z: doi:10.1515/jisys-2014-0136
- [7] ALEXANDRU, Adriana a Marilena IANCULESCU. Enabling Assistive Technologies to Shape the Future of the Intensive Senior-Centred Care: A Case Study Approach. *Studies in Informatics and Control* [online]. 2017, **26**(3) [cit. 2021-4-25]. ISSN 12201766. Dostupné z: doi:10.24846/v26i3y201710
- [8] *Využívání informačních a komunikačních technologií v domácnostech a mezi jednotlivci - 2019* [online]. <https://www.czso.cz>, 2019 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/5-komunikace-na-internetu>

- [9] PARRA, Lorena, Sandra SENDRA, José Miguel JIMÉNEZ a Jaime LLORET. Multimedia sensors embedded in smartphones for ambient assisted living and e-health. *Multimedia Tools and Applications* [online]. 2016, **75**(21), 13271-13297 [cit. 2021-4-25]. ISSN 1380-7501. Dostupné z: doi:10.1007/s11042-015-2745-8
- [10] WADHAWAN, T., NING SITU, HU RUI, K. LANCASTER, XIAOJING YUAN a G. ZOURIDAKIS. Implementation of the 7-point checklist for melanoma detection on smart handheld devices. In: *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [online]. IEEE, 2011, 2011, s. 3180-3183 [cit. 2021-4-25]. ISBN 978-1-4577-1589-1. Dostupné z: doi:10.1109/IEMBS.2011.6090866
- [11] BOUROUIS, A., M. FEHAM, M.A. HOSSAIN a L. ZHANG. An intelligent mobile based decision support system for retinal disease diagnosis. *Decision Support Systems* [online]. 2014, **59**, 341-350 [cit. 2021-4-25]. ISSN 01679236. Dostupné z: doi:10.1016/j.dss.2014.01.005
- [12] V. Aza, Indrabayu a IS Areni, „Rozpoznávání tváře pomocí místního binárního vzoru histogramu pro zrakově postižené lidi“, *2019 Mezinárodní seminář o aplikaci pro technologii informací a komunikace (iSemantic)*, 2019, s. 241-245, doi: 10.1109 / ISEMANTIC.2019.8884216.
- [13] ALQASSIM, Shamma, Madhumeta GANESH, Shaheen KHOJA, Meher ZAIDI, Fadi ALOUL a Assim SAGAHYROON. Sleep Apnea Monitoring using mobile phones. In: *2012 IEEE 14th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)* [online]. IEEE, 2012, 2012, s. 443-446 [cit. 2021-4-25]. ISBN 978-1-4577-2040-6. Dostupné z: doi:10.1109/HealthCom.2012.6379457
- [14] SpiroSmart: Using a Microphone to Measure Lung Function on a Mobile Phone [online]. Washington: <https://homes.cs.washington.edu>, 2012 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://homes.cs.washington.edu/~shwetak/papers/SpiroSmart.CR.Final.pdf>
- [15] SALAYMA, Marwa, Ahmed AL-DUBAI, Imed ROMDHANI a Youssef NASSER. Wireless Body Area Network (WBAN). *ACM Computing Surveys* [online]. 2017, 50(1), 1-38 [cit. 2021-4-25]. ISSN 0360-0300. Dostupné z: doi:10.1145/3041956

[16] Jazýčkový kontakt. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Jaz%C3%BD%C4%8Dkov%C3%BD_kontakt

[17] 6800-0-2719 HLÁSIČ KOUŘE BUSCH-RAUCHALARM® PROFESSIONALLINE, ALKALICKÁ BATERIE [online]. <https://shop.elektrosms.cz> [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://shop.elektrosms.cz/cs/6800-0-2719-hlasic-koure-busch-rauchalarm-professionalline-alkalicka-baterie-abb-s-r-o-skl000155564>

[18] *Bezpečnostní inženýrství. - Detektory požárů a senzory plynů* [online]. <https://docplayer.cz/>, 2016 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8188292-Bezpecnostni-inzenyrstvi-detektory-pozaru-a-senzory-plynu.html>

[19] HELAL, S., W. MANN, H. EL-ZABADANI, J. KING, Y. KADDOURA a E. JANSEN. The Gator Tech Smart House: a programmable pervasive space. *Computer* [online]. 2005, **38**(3), 50-60 [cit. 2021-4-26]. ISSN 0018-9162. Dostupné z: doi:10.1109/MC.2005.107

[20] *Kognitivní poruchy ve stáří* [online]. Havlíčkův Brod, 2005 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.psychiatriepropraxi.cz/pdfs/psy/2005/05/04.pdf>

[21] *Ambient Assisted Living technologies from the perspectives of older people and professionals* [online]. <https://arxiv.org/>, 2018 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/1804.07151.pdf>

[22] COOK, Diane J., Aaron S. CRANDALL, Brian L. THOMAS a Narayanan C. KRISHNAN. CASAS: A Smart Home in a Box. *Computer* [online]. 2013, **46**(7), 62-69 [cit. 2021-4-26]. ISSN 0018-9162. Dostupné z: doi:10.1109/MC.2012.328

[23] *Ambient Assisted Living technologies from the perspectives of older people and professionals* [online]. <http://casas.wsu.edu/>, 2021 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <http://casas.wsu.edu/>

[24] *ALARM-NET: Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring* [online]. Virginia: <http://www.ece.sunysb.edu/>, 2014 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <http://www.ece.sunysb.edu/~slin/Publications/tr06-alarmnet.pdf>

[25] SIXSMITH, Andrew, Sonja MEULLER, Felicitas LULL, Michael KLEIN, Ilse BIERHOFF, Sarah DELANEY a Robert SAVAGE. SOPRANO – An Ambient Assisted

Living System for Supporting Older People at Home. MOKHTARI, Mounir, Ismail KHALIL, Jérémy BAUCHET, Daqing ZHANG a Chris NUGENT, ed. *Ambient Assistive Health and Wellness Management in the Heart of the City* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, 2009, s. 233-236 [cit. 2021-4-26]. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-642-02867-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-02868-7_30

[26] *Ambient technology for older people, designed by older people* [online]. Spain: <https://ec.europa.eu>, 2011 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ambient-technology-older-people-designed-older-people>

[27] RUMEAU, P., N. VIGOUROUX, B. BOUDET, G. LEPICARD, G. FAZEKAS, F. NOURHACHEMI a M. SAVOLDELLI. Home deployment of a doubt removal telecare service for cognitively impaired elderly people: A field deployment. In: *2012 IEEE 3rd International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* [online]. IEEE, 2012, 2012, s. 407-412 [cit. 2021-4-26]. ISBN 978-1-4673-5188-1. Dostupné z: doi:10.1109/CogInfoCom.2012.6422015

[28] *Sony revives pet AI project with updated AIBO robot dog* [online]. <https://www.egypttoday.com>, 2017 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.egypttoday.com/Article/6/30422/Sony-revives-pet-AI-project-with-updated-AIBO-robot-dog>

[29] Aibo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2019 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Aibo>

[30] *Loving a robot dog is about so much more than not cleaning up poop* [online]. <https://www.cnet.com/>, 2019 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/features/loving-a-robot-dog-is-about-so-much-more-than-not-cleaning-up-poop/>

[31] ZHANG, Tianxiao, Wanting ZHANG, Lin QI a Li ZHANG. Falling detection of lonely elderly people based on NAO humanoid robot. In: *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)* [online]. IEEE, 2016, 2016, s. 31-36 [cit. 2021-4-26]. ISBN 978-1-5090-4102-2. Dostupné z: doi:10.1109/ICInfA.2016.7831793

- [32] NAO [online]. <https://uwaterloo.ca/>, 2011 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://uwaterloo.ca/robohub/people-profiles/nao>
- [33] BARSOCCHI, Paolo, Stefano CHESSA, Francesco FURFARI a Francesco POTORTI. Evaluating Ambient Assisted Living Solutions: The Localization Competition. *IEEE Pervasive Computing* [online]. 2013, **12**(4), 72-79 [cit. 2021-4-26]. ISSN 1536-1268. Dostupné z: doi:10.1109/MPRV.2013.23
- [34] EvAAL [online]. <http://eval.aaloa.org/> [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eval.aaloa.org/>
- [35] *IPIN Competition 2020 Track 3 Smartphone-based (off-line)* [online]. <http://eval.aaloa.org/>, 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eval.aaloa.org/images/2020/presentations/t3-2020-track.pdf>
- [36] *Fout-Mounted IMU based Positioning (off-site)* [online]. <http://eval.aaloa.org/>, 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eval.aaloa.org/images/2020/presentations/t4-2020-track.pdf>
- [37] *Summary of IPIN 2020 Competition Track6* [online]. <http://eval.aaloa.org/>, 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eval.aaloa.org/images/2020/presentations/t6-2020-track.pdf>
- [38] *IPIN OFFLINE COMPETITION – CHANNEL IMPULSE RESPONSES* [online]. <http://eval.aaloa.org/>, 2020 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://eval.aaloa.org/images/2020/presentations/t7-2020-track.pdf>
- [39] AMG8833 [online]. <https://cz.farnell.com>, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://cz.farnell.com/panasonic-electronic-components/amg8833/temperature-sensor-ir-2-5deg-c/dp/2576419?gclid=CjwKCAjw07qDBhBxEiwA6pPbHpXW9dmqTCfcH2fjSBrAiVacWQH3iP1ShOCL3Q4cpJV10Sn9160qGBoCXTAQAvd_BwE&mckv=sKjNDjDWx_dc|pcrid|490629366904|plid||keyword||match||slid||product|2576419|pgrid|104912140262|ptaid|pla-321225392396|&CMP=KNC-GCZ-SHOPPING-Whoop-ME-31-Aug-20&gross_price=true
- [40] *Far infrared thermal sensor array (32x24 RES)* [online]. <https://www.melexis.com/>, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90640/far-infrared-thermal-sensor-array>
- [41] *Melexis MLX90640 Far Infrared Thermal Sensor* [online]. <https://cz.mouser.com>, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/new/melexis/melexis-mlx90640-fir-sensor/>
- [42] *WIPY 3.0* [online]. <https://docs.pycom.io> [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://docs.pycom.io/datasheets/development/wipy3/>

[43] SEIDMAN, Seth, Wolfgang KAINZ, Paul RUGGERA a Gonzalo MENDOZA. Wireless Coexistence and EMC of Bluetooth and 802.11b Devices in Controlled Laboratory Settings. *The Open Biomedical Engineering Journal* [online]. 2011, **5**(1), 74-82 [cit. 2021-4-25]. ISSN 1874-1207. Dostupné z: doi:10.2174/1874120701105010074

Přílohy

<https://github.com/lukykral97/Diplomova-prace>