

Ekonomická  
fakulta  
Faculty  
of Economics

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta

Katedra aplikované matematiky a informatiky

Diplomová práce

# Metody detekce přítomnosti v místnosti a jejich využití v kontextu chytrých domácností

Vypracoval: Bc. Petr Voldán

Beránek Ladislav, doc. Ing. CSc., MBA

České Budějovice 2023

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Ekonomická fakulta  
Akademický rok: 2022/2023

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Petr VOLDÁN  
Osobní číslo: E20396  
Studijní program: N0613A140025 Aplikovaná informatika  
Specializace: Softwarové inženýrství  
Téma práce: Metody detekce přítomnosti v místnosti a jejich využití v kontextu chytrých domácností  
Zadávající katedra: \*\*\*Katedra aplikované matematiky a informatiky

### Zásady pro vypracování

Cílem práce je analyzovat možnosti detekce osob na úrovni místnosti v interiéru a navrhnout nejlepší řešení pro využití v kontextu chytré domácnosti. V metodice práce budou rozpracovány vybrané dílčí kroky, které povedou k nalezení optimálního řešení pro detekci přítomnosti osob v chytrých domácnostech na úrovni místnosti a praktického využití těchto metod.

Metodický postup:

1. Rešerše problematiky zjišťování přítomnosti a lokalizace osob a problematiky aktuálně používaných nástrojů a technologií v oblasti chytrých domácností.
2. Analýza aplikovatelných možností detekce přítomnosti v kontextu chytrých domácností a porovnání těchto možností.
3. Výběr optimální metody detekce přítomnosti.
4. Tvorba prakticky využitelných automatizací a scénářů závisících na detekci osob.
5. Vyhodnocení
6. Závěr.

Rozsah pracovní zprávy: 50 – 60 stran  
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

1. GRUEN, F. O. (2022). *Handbuch Smart Home*. Muenchen: Stiftung Warentest.
2. HANES, D. et al. (2017). *IoT fundamentals: networking technologies, protocols, and use cases for the Internet of things*. Indianapolis, Indiana, USA: Cisco Press.
3. MCEWEN, A., & CASSIMALLY, H. (2013). *Designing the Internet of Things*. London: John Wiley & Sons Inc.
4. SENDLER, U. (2018). *The internet of things: Industrie 4.0 unleashed*. Berlin: Springer Vieweg.
5. WU, CH. K. (2021). *Internet of things security: architectures and security measures*. Singapore: Springer.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Ladislav Beránek, CSc., MBA  
\*\*\*Katedra aplikované matematiky a informatiky

Datum zadání diplomové práce: 22. listopadu 2022

Termín odevzdání diplomové práce: 14. dubna 2023



doc. Dr. Ing. Dagmar Škodová Parmová  
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUĎEJOVICÍCH  
EKONOMICKÁ FAKULTA  
Studentská 13 (26)  
370 05 České Budějovice



doc. RNDr. Jana Kličnarová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. listopadu 2022

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to – v nezkrácené podobě – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 14. dubna 2023

Podpis.....

## **Poděkování**

Rád bych vyjádřil své poděkování všem, kteří přispěli ke vzniku této diplomové práce a přispěli tak k nalezení řešení zkoumané problematiky. Dále bych chtěl vyjádřit své díky všem, kteří se přímo podíleli na realizaci experimentů provedených v rámci této práce a vystupovali v roli pokusných subjektů.

## Obsah

1	Úvod .....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Chytré domácnosti.....	13
3.1	System.....	13
3.1.1	Informační systém.....	14
3.1.2	Klasifikace informačních systémů.....	15
3.2	Internet věcí (IoT) .....	16
3.3	Chytrá domácnost.....	18
3.4	Historie chytrých domácností .....	19
4	Účel chytrých domácností .....	21
5	Základní pojmy v oblasti domácí automatizace .....	22
5.1.1	Automatizace .....	22
5.1.2	Spouštěč .....	22
5.1.3	Podmínka .....	22
5.1.4	Akce .....	23
5.1.5	Scéna.....	23
6	Technická zařízení chytrých domácností .....	24
6.1	Světla.....	24
6.2	Zásuvky .....	24
6.3	Senzory.....	25
6.3.1	Teploměry .....	25
6.3.2	Kontaktní senzory .....	25
6.3.3	Pohybové senzory .....	25
6.3.4	Ostatní senzory .....	25
6.4	Specifická zařízení .....	26
6.4.1	Bílé spotřebiče .....	26

6.4.2	Multimédia.....	27
6.4.3	Chytré telefony .....	28
7	Komunikační protokoly chytrých domácností .....	29
7.1	Zigbee.....	29
7.2	Wi-Fi .....	31
7.3	Bluetooth.....	32
7.4	Thread .....	33
7.5	Matter .....	34
8	Současné rozšířené platformy chytrých domácností .....	35
8.1	Google Home .....	35
8.2	Amazon Alexa.....	38
8.3	Apple Home (HomeKit).....	39
8.4	Home Assistant .....	42
9	Detekce a lokalizace .....	45
9.1	Detekce.....	45
9.1.1	Ultrazvuk .....	46
9.1.2	Infračervené (IR) senzory .....	47
9.1.3	Milimetrové vlny .....	49
9.2	Lokalizace .....	50
9.2.1	GPS .....	50
9.2.2	Wi-Fi.....	51
9.2.3	Bluetooth.....	53
9.2.4	Kamery.....	55
10	Představení řešeného problému.....	58
11	Představení domácnosti .....	59
11.1	Použitá platforma (Home Assistant) .....	60
11.2	Další používané aplikace v rámci systému.....	61

11.2.1	Deconz .....	61
11.2.2	ESP Home.....	61
11.2.3	Frigate .....	62
11.3	Používaný IoT hardware.....	62
11.3.1	Světla .....	62
11.3.2	Zásuvky.....	62
11.3.3	Topení .....	63
11.3.4	Žaluzie .....	63
11.3.5	Multimediální zařízení .....	63
11.3.6	Mobilní telefony/Tablety .....	64
11.3.7	Senzory .....	64
11.3.8	Specifická zařízení.....	66
12	Metodika experimentů.....	67
13	Úvod do použitých metod .....	68
14	Metoda s použitím NFC nálepek.....	72
15	Metoda s použitím pohybových senzorů .....	75
16	Metoda s použitím MM Wave senzorů .....	80
17	Metoda s použitím kamer .....	83
18	Metoda s použitím Bluetooth tagů .....	87
19	Řešení detekce u komerčních platforem.....	94
19.1.1	Google Home .....	94
19.1.2	Alexa .....	94
19.1.3	HomeKit.....	95
19.1.4	Loxone .....	95
20	Vyhodnocení experimentů.....	97
20.1	Metoda s použitím NFC nálepek.....	97
20.2	Metoda s použitím pohybových senzorů .....	98



20.3	Metoda s použitím MM Wave senzorů .....	99
20.4	Metoda s použitím kamer .....	101
20.5	Metoda s použitím Bluetooth tagů .....	102
21	Návrh optimálního řešení .....	104
21.1	Pohybová čidla + tlakové senzory .....	104
21.2	Bluetooth tagy + pohybová čidla.....	105
21.3	Bluetooth tagy + MM Wave senzory .....	107
22	Automatizace založené na přítomnosti v místnostech.....	108
22.1	Úvod .....	108
22.2	Šetření energie .....	109
22.3	Zvýšení komfortu .....	110
22.4	Řízení přístupu.....	111
22.5	Konkrétní automatizace.....	112
22.5.1	Automatizace – Šetření energie .....	112
22.5.2	Automatizace – Zvýšení komfortu .....	114
22.5.3	Automatizace – Řízení přístupu.....	119
23	Závěr.....	122
I.	Summary + keywords.....	124
II.	Seznam literatury.....	125
III.	Seznam obrázků.....	131
IV.	Přílohy .....	134

# 1 Úvod

Informační technologie v dnešním světě představují neodmyslitelnou součást našich životů. Téměř všichni z nás je každý den využíváme ke své práci, komunikaci nebo zábavě. S postupující digitalizací se tak informační technologie objevují tam, kde by je před pár lety jen málokdo čekal.

Oblast chytrých domácností se tak postupně stala předmětem zájmu nejen technologických nadšenců, kutilů, nebo programátorů. Takzvaná chytrá zařízení dnes nalezneme opravdu všude, v domácnostech obyčejných lidí, ať už se jedná o pračku, která pošle notifikaci na telefon po dokončení programu, ovladatelné žárovky, na kterých je pomocí aplikace možné měnit barvu, teplotu a jas světla, nebo například chytré kamery, které uživatele upozorní v případě, že na jeho pozemku zaznamenají nežádoucí osobu.

Účelem chytré domácnosti je propojit všechna tyto zařízení do jednoho uceleného celku tak, aby společně přinášely přidanou synergickou hodnotu pro obyvatele takové domácnosti, zejména prostřednictvím automaticky prováděných akcí při splnění určitých podmínek, jako je například řízení vytápění nebo klimatizace domu, v závislosti na tom, jestli se v něm někdo nachází či nikoliv, či automatické zatahování rolet po setmění nebo zavření oken při nepříznivém počasí. Takové automatizace zvyšují komfort obyvatel tím, že díky nim odpadají starosti s „rutinními“ úkony a mohou představovat i celkovou úsporu energií. Zároveň, jak již bylo zmíněno, hlavní výhodou je integrace zdánlivě nesouvisejících zařízení do jedné platformy a díky tomu možnost ovládat domácnost jen z jedné aplikace oproti několika aplikacím od různých výrobců.

Právě v kontextu současné energetické krize vyvstala otázka, jak posunout již existující chytrou domácnost o krok dále a pomocí systematických změn vyřešit již dlouho opomíjený problém a mimo jiné tak přispět i k omezení zbytečného plýtvání energií současně se zvýšením komfortu a možností vytvářet personalizované scénáře na míru jednotlivým obyvatelům.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce se tak stalo vyřešit problém, který se týká detekce osob, případně konkrétních osob, v jednotlivých místnostech. V době psaní této práce se tato funkcionalita zajišťovala pomocí nespolehlivých metod, především pomocí senzorů pohybu, které však nedokážou osobu v místnosti detekovat v případě, že se nehýbe, a proto by mohla chytrá domácnost nabýt mylného dojmu, že se v místnosti nikdo nenachází, a v rámci úspor zhasnout světla nebo vypnout mediální zařízení, což by vedlo k nedůvěře obyvatel k takovému úspornému řešení, podobně jako když se samy zhasínají světla ve veřejných prostorech a na chodbách.

Tento problém má být vyřešen pomocí současných dostupných metod, které jsou aplikovatelné na domácnost, s přihlédnutím ke spolehlivosti a ekonomické efektivitě takového řešení.

V další části této diplomové práce je cílem tuto optimální metodu aplikovat na chytrou domácnost, a vytvořit přínosné efektivní scénáře a automatizace, které by bez takové funkcionality nebyly vůbec možné.

V rámci této diplomové práce bude kladen důraz na jednoduchost, replikovatelnost, a ekonomickou nenáročnost takového řešení, tzn. využití běžně dostupných prostředků a zařízení, a využití open source softwaru takovým způsobem, aby byly závěry této práce aplikovatelné bez obtíží na jakoukoliv chytrou domácnost obdobného typu.

# **Teoretická část**

### 3 Chytré domácnosti

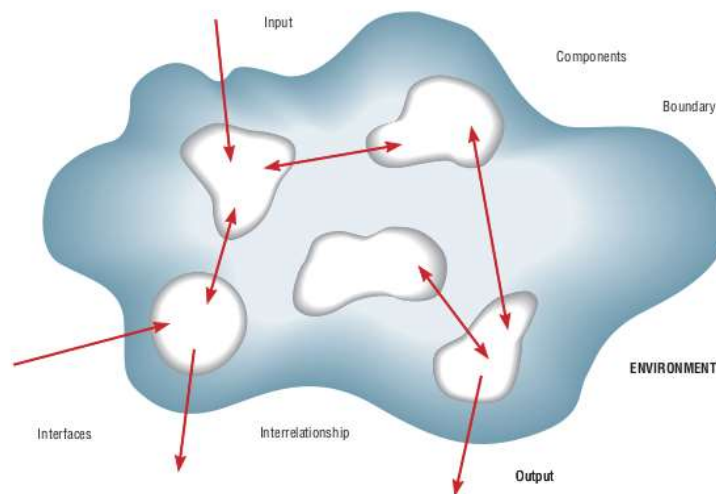
Pro pochopení toho, co je to vlastně chytrá domácnost, je nutné si vysvětlit některé základní, technické i netechnické pojmy, ze kterých samotná chytrá domácnost vychází.

Pro naprostý začátek se jedná o pojmy „systém“ a „internet věcí (IoT)“.

#### 3.1 Systém

Pojmem, který je nutné objasnit pro pochopení problematiky je pojem „systém“. V obecné definici se pojem „systém“ vysvětluje jako uspořádaná množina prvků, které jsou ve vzájemné interakci a tyto interakce se nazývají vazbami a jehož samotná existence má nějaký účel. Neméně důležitou část systému vytváří okolí takového systému, tedy prostředí, ve kterém se systém nachází. Prvky systému tak mohou být v interakci i s vnějším světem (otevřený systém) nebo nikoliv (uzavřený systém). [56]

**FIGURE 1-4**  
Seven characteristics  
of a system.



Obrázek 1 – Vizuální reprezentace systému (zdroj: <https://padakuu.com/image/chsyst.png>)

Dalšími důležitými pojmy v oblasti systému systému jsou **struktura a chování**.

### **Struktura**

Strukturou systému rozumíme složení systému, jaké se v něm nacházejí prvky a vazby, způsob, jakým jsou vnitřně uspořádány, a jaké mají atributy.

### **Chování**

Chování systému reprezentuje způsob, jakým systém reaguje na vzniklé podněty a situace. Struktura systému určuje jeho chování, ale stejného chování může být dosaženo různými strukturami. [54]

#### **3.1.1 Informační systém**

Jelikož v této práci jde i o využití progresivních moderních technologií, je důležité vysvětlit si další pojem, která je specializací pojmu „systém“. Jedná se o „informační systém“.

Z výše uvedených definic pojmu „systém“ jsme schopni odvodit následující reprezentaci toho, čím je vlastně informační systém speciální.

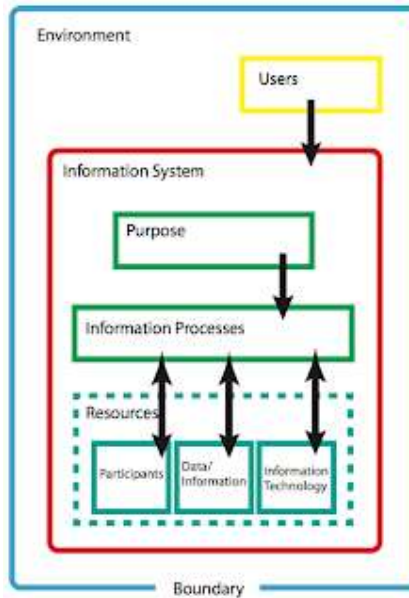
Jedná se tedy o uspořádaný celek uzlů, do kterého vstupují a zároveň z něho vystupují informace, a v rámci něj jsou informace tvořeny, shromažďovány, zpracovávány, a předávány.

Informační systém tedy chápeme jako celek, který společně integruje využívaný software využívaný k činnosti, dostupný a využívaný hardware, osoby, které se systémem přicházejí do kontaktu, procesy, a informačních zdroje, které jsou potřebné k plánování, rozhodování, a řízení.

Nedílnou součástí informačního systému jsou právě osoby, které systém využívají. Díky němu mají přístupné informace a zároveň mohou poskytovat zpětnou vazbu k dalšímu zlepšování. [53] [54]

Informační systém nám umožňuje strukturovaný přehled o informacích a jejich pohybu, díky kterému můžeme podpořit optimalizaci fungování, například v oblasti financí nebo výroby. [53]

Definice mají společný základ v tom, že jde o účelnou formu využití informačních technologií v sociálně-ekonomických systémech. [56]



Obrázek 2 - Repräsentace informačního systému (zdroj: [https://sites.google.com/site/ipttask4pjs/\\_/rsrc/1468869499427/home/representations/Diagram.png](https://sites.google.com/site/ipttask4pjs/_/rsrc/1468869499427/home/representations/Diagram.png))

### 3.1.2 Klasifikace informačních systémů

Informační systémy můžeme rozdělovat a kategorizovat podle několika hledisek, z nichž pro nás důležité je následující rozdělení:

#### **Tvrdé systémy**

Tvrdé systémy jsou systémy postavené zejména na technickém řešení, pomocí kterých jsou řešeny jasně definované, strukturované, a snadno algoritmovatelné problémy, do jejichž fungování nevstupuje člověk jako aktivní prvek, ale používá je pouze jako podporu ke své jiné nezávislé činnosti.

#### **Měkké systémy**

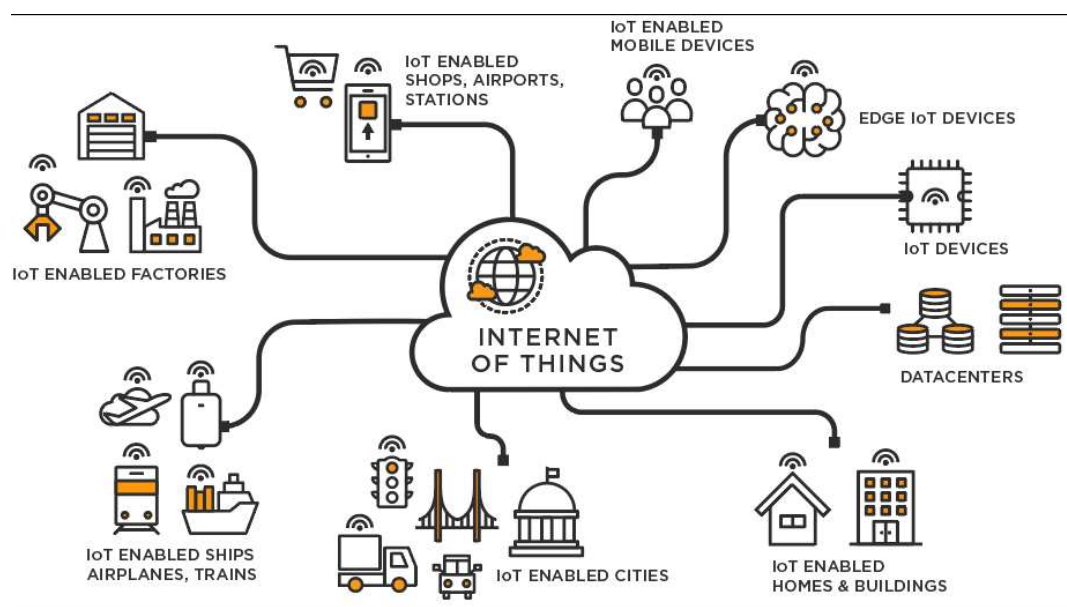
Měkké systémy jsou opakem tvrdých systémů, problémy, které jsou pomocí nich řešeny není možné algoritmovat, vstupní data bývají neúplné, nestrukturované, a chování prvků systému není deterministické. Součástí takových systémů je člověk jako aktivní prvek.

[56]

## 3.2 Internet věcí (IoT)

Dalším pojmem, který je nutné si vyjasnit pro pochopení pojmu „chytrá domácnost“ je pojem internet věcí (internet of things, zkr. IoT).

Internet věcí je součástí rozvíjejících se informačních technologií, kdy nějakým způsobem komunikují různá jednotlivá zařízení mezi sebou, případně komunikují s člověkem – uživatelem. Ve většině případů je tato komunikace postavena na lokálních bezdrátových komunikačních protokolech a dále pomocí internetu. Taková zařízení nalézají uplatnění ve všech odvětvích, jelikož se nemusí jednat pouze o vysoce komplexní zařízení typu osobního počítače, chytrého mobilního telefonu, nebo samořiditelného autonomního auta, ale i o jednoúčelové předměty určené k jednoduché činnosti jako jsou například čidla (např. teploměr, čidlo pohybu, čidlo zatopení vodou) ale i například kuchyňské či jiné bílé spotřebiče (rychlouhárna konvice, lednice, pračka). [3][62]



Obrázek 3 - Vizualizace IoT (zdroj: <https://editor.analyticsvidhya.com/uploads/22929banner-1.png>)

Samotná definice „internetu věcí“ zní následovně:

Internet věcí je „sít fyzických zařízení, vozidel, domácích spotřebičů a dalších zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory, pohyblivými částmi a síťovou konektivitou, která umožňuje těmto zařízením se propojit a vyměňovat si data.“



*Každé z těchto zařízení je jasně identifikovatelné díky implementovanému výpočetnímu systému, ale přesto je schopno pracovat samostatně v existující infrastruktuře internetu. “.*

[3]

Z výše uvedené definice vyplývá, že do pojmu „internet věcí“ lze tedy zařadit jakékoliv elektronické zařízení, které je schopné poskytovat data o svém stavu nebo fungování. Data z takových zařízení lze pak dále zpracovávat a používat k dalšímu využití v různých odvětvích, jako je například logistika, meteorologie, věda a výzkum, lékařství, a například také marketing. [6]

Integrovaním těchto rozličných zařízení do jednoho informačního systému je tak možné získat komplexní bázi dat a informací, díky čemuž je následně možné analyzovat veškerá data dohromady, a hledat jejich vzájemné souvislosti a v závislosti na nich samotná zařízení řídit.

Objem zařízení připojených k internetu, ať už jde o senzory, výrobní stroje, automobily, nebo kamery neustále stabilně roste. Podle předpovědi by v roce 2025 na světě mělo existovat 41.6 miliardy IoT zařízení, která za tento rok vytvoří 79.4 zetabytů ( $10^{21}$ ) dat.

[4][5]

### 3.3 Chytrá domácnost

Nyní se již konečně dostáváme k samotnému pojmu „chytrá domácnost“.

Spojením definicí systému a technologického zajištění jeho implementace jsme schopni vytvořit spojení „Systém složený ze zařízení internetu věcí určený k obsluze a zajištění fungování domácnosti“. Dá se tak říct, že chytrá domácnost je jakákoliv domácnost, která je vybavena IoT prvky, které jsou monitorovány nebo aktivně ovládány pomocí nějakého informačního systému, který s nimi umožňuje pracovat a zpracovávat data z nich. Díky sjednocení jednotlivých IoT prvků pod jednou platformou nám vzniká synergická přidaná hodnota, kdy na sebe mohou mít zdánlivě nesouvisející zařízení určitý vliv, na rozdíl od využití pouze jed noučelových oddělených řešení. [2][63]

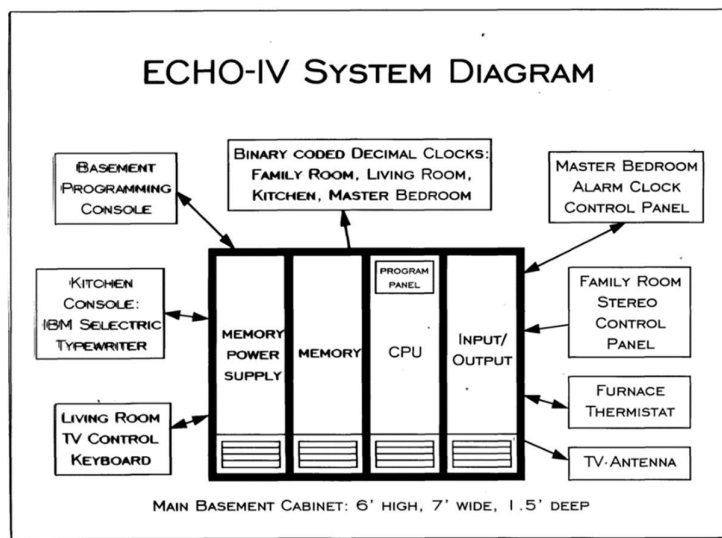
Horší je to s klasifikací takového systému, jelikož v sobě kombinuje čistě technická deterministická algoritmizovatelná řešení, ale zároveň v něm vystupují lidé – obyvatelé domácnosti, od kterých není možné čekat předpokládané deterministické chování a chytrá domácnost musí být na takové situace připravena a poskytovat přidanou hodnotu za všech okolností.

### 3.4 Historie chytrých domácností

Historie chytrých domácností je překvapivá a zajímavá. Samotné základy robotizace domova se datují na začátek 20. století, kdy se v domácnostech díky elektrifikaci objevují domácí spotřebiče, jako například vysavač. S postupným rozvojem se dostáváme k dalším spotřebičům jako lednice, pračka, mixér, nebo kuchyňský robot. Taková zařízení usnadňovala domácí práce v domácnosti, ale stále se jednalo o manuálně ovládanou záležitost, bez jakékoliv možnosti automatizace.

Myšlenka chytré domácnosti tak, jak ji známe dnes, se objevuje v povídce Přijdou vlahé deště, od autora Raye Bradburyho. Ten ve své vizi popsal dům, který se stará sám o sebe, a provádí načasované úkoly bez zásahu člověka. [1]

První počítač, který bychom mohli nazvat řídicí jednotkou chytré domácnosti, se objevuje v roce 1966 ve společnosti Westinghouse Electric, kdy inženýr James Sutherland vytvořil prototyp nazvaný „ECHO IV“. Počítač byl velký 140x180x60 centimetrů, a vážil 360 kilogramů. Mezi jeho funkce patřilo účetnictví domácnosti, vedení inventáře domácnosti, kalendář, obsluha veškerých digitálních hodin v domácnosti a dále pak ovládání klimatizace a vytápění, a také ovládání televizní antény. Počítač také uměl zaznamenávat a vyhodnocovat data z meteorologické stanice a předpovídat počasí. ECHO IV byl však jen experimentální prototyp a nedostal se do výroby. Samotný inženýr Sutherland jej používal ve svém domě do roku 1976 a v roce 1984 byl věnován do Muzea počítačů v Bostonu. [2]



Obrázek 4 - Echo IV (zdroj: <https://smarthomeenergy.co.uk/wp-content/uploads/2022/05/echo-iv-home-computer-system.png>)

Ve stejném roce, v 1984, byl poté vytvořen termín „smart home“. V 80. letech obecně docházelo k rapidnímu vývoji technologií, integrovaných obvodů a mikrokontrolerů, a tak se na trhu objevují mimo jiné například elektronicky programovatelné termostaty.

K dalšímu velkému kroku, tentokrát již směřovanému přímo k široké veřejnosti, došlo v roce 1999, kdy společnost Microsoft představila svou vizi chytré domácnosti. Mělo se jednat o počítač, který by řídil a ovládal celý dům. Pomocí něho by bylo možné řídit osvětlení, vytápění, multimédia a komunikaci s ostatním světem. Z této vize se vychází i dnes, jelikož není jiná od dnešních potřeb a požadavků na takové řešení. [2]

Do dnešního pojetí chytrých domácností se dostaly „chytré prvky“ zejména s rozvojem technologie Wi-Fi, jelikož taková implementace nedělala problémy ani méně technickým uživatelům. Současně s tím jde o nástup chytrých mobilních telefonů, kterými se takové prvky dají pohodlně řídit „z pohovky“, zatímco dříve by taková operace nutně vyžadovala stolní počítač.

V roce 2025 se počet prvků zařízení chytrých domácností téměř zdvojnásobí na 13,5 miliardy zařízení oproti roku 2020, kdy takových zařízení bylo aktivních 7,5 miliardy. [42]

## 4 Účel chytrých domácností

Jak bylo řečeno, vize chytré domácnosti vychází z toho, že samotný dům provádí některé automatické úkony sám, a tím tak odpadájí starosti a manuální obsluha prováděná osobami a zároveň umožňuje vzdálené a intuitivní ovládání pomocí různých metod.

Mezi oblasti, které může taková domácnost obstarávat, se řadí:

- Řízení osvětlení
- Řízení vytápění
- Řízení vzduchotechniky
- Monitorování stavu domu
- Monitorování spotřeby energie, vody, nebo případně plynu
- Komunikace
- Multimediální systémy
- Zabezpečení
- Úklid
- Bateriové a fotovoltaické systémy

[63][65]

## 5 Základní pojmy v oblasti domácí automatizace

### 5.1.1 Automatizace

Pod pojmem automatizace si představme použití samočinných řídicích systémů k řízení technologických zařízení a procesů. Důležitý je pojem „samočinných“ jelikož je tím explicitně vyjádřeno, že takový proces probíhá sám bez zásahu člověka.

V prostředí chytrých domácností pod takovým pojmem reflektujeme celý scénář akcí a reakcí, sekvenci úkonů, které se provedou při splnění určitých podmínek. Taková automatizace v sobě obsahuje několik dalších prvků, které jsou rozebrány v dalších bodech. Prvním předpokladem pro samotnou existenci automatizace je problém, který je deterministický, a lze jej vyřešit pomocí algoritmizace.

### 5.1.2 Spouštěč

Prvním pojmem v detailu automatizace je „spouštěč“ (angl. Trigger). Je to událost, změna, ke které došlo, která spouští celý řetězec následujících akcí. Může se jednat například o nejjednodušší časový spouštěč (v 8:00 udělej toto), dále třeba o stav teploměru (při poklesu venkovní teploty pod 15 stupňů Celsia ...) nebo o mnoho jiných událostí, které záleží na možnostech platformy, na které je domácnost implementována. Spouštěčů automatizace může být i několik.

### 5.1.3 Podmínka

Podmínka (angl. condition) nám v prostředí domácí automatizace zaručuje komplexní chování a vykonávání takové automatizace. Její pomocí můžeme zabránit vykonání automatizace, pokud nejsou splněny všechny předpoklady. Příkladem může být stav *„Teplota v místnosti klesla pod 20 stupňů Celsia (spouštěč) a zároveň je zavřené okno (podmínka), tak udělej ...“* Podmínka může být jednotná i mnohonásobná. Podmínky mohou být i součástí vykonávání dalších akcí v průběhu celé sekvence.

#### 5.1.4 Akce

Tímto pojmem se již dostáváme k ovládání domácnosti. V této části se jedná již o přímé aktivní působení řídicího systému na jednotlivá zařízení.

Akcí může být například:

- Rozsvícení světel
- Zapnutí topení
- Zavření oken
- Zatáhnutí rolet
- Poslání upozornění na telefon
- Spuštění hudby
- Přehrání zvukového oznámení
- Zapnutí robotického vysavače
- Otevření garážových dveří

#### 5.1.5 Scéna

Scénou rozumíme uvedení různých zařízení v domácnosti do určitého stavu. Je tak možné vytvořit scény jako je „*Film*“ – při které se zhasnou nebo ztlumí světla, zapne se televize, a zatáhnou žaluzie, nebo například „*Pryč*“ – při které dojde k zhasnutí všech světel, zatažení žaluzií, a aktivaci bezpečnostního systému.

Jedná se tak vlastně o kombinaci určitých nastavení chytrých zařízení do určitého stavu, který je nějakým způsobem pojmenovaný.

[45][50]

## 6 Technická zařízení chytrých domácností

V této kapitole jsou nastíněny některé široce dostupné a často používané prvky chytrých domácností včetně jejich funkcí a možností.

### 6.1 Světla

Mezi nejčastěji používaná zařízení, pokud se bavíme o chytré domácnosti řadíme chytrá světla. Chytrá světla oproti běžným žárovkám umožňují mnoho dalších funkcí.

Mezi takové funkce řadíme typicky:

- Vzdálené zapínání a vypínání
- Změna jasu světla
- Změna teploty bílého světla
- Změna barvy světla

Díky těmto funkcím je možné chod světel automatizovat a přizpůsobovat je aktuálním potřebám, například při sledování televize, anebo aktuální časové době, kdy večer dojde k plynulému přechodu do teplé bílé barvy kvůli eliminaci modrého světla před spaním.

Konkrétní provedení, ať už jde o samotnou funkcionalitu nebo o způsob připojení do vyššího celku chytré domácnosti se liší podle konkrétního produktu.

### 6.2 Zásuvky

Další kategorií produktů jsou chytré zásuvky. Ty samy o sobě nemají příliš širokou funkcionalitu, jelikož napříč celým trhem existují pouze dvě takové funkce. Jednou z nich je možnost vzdáleného zapínání a vypínání takové zásuvky, a druhou je možnost měření spotřeby zařízení připojených k zásuvce.

Díky chytré zásuvce je však možné vytvořit chytré zařízení i ze zařízení „hloupého“ a to zejména u jednoúčelových zařízení jejichž funkce je realizována čistě připojením do elektrické zásuvky. Jedná se například o ventilátor, překapávač na kávu, elektrický přímotop apod. Díky možnosti vzdáleného ovládní je tak možné automaticky zapnout spotřebič při splnění určitých podmínek.



Dále lze pomocí těchto zásuvek šetřit energii u přístrojů, které disponují tzv. pohotovostním režimem, a elektrickou energii spotřebovávají i během něho. Taková chytrá zásuvka se tak vlastně stává alternativou klasického způsobu vytažení přívodního kabelu ze zásuvky, ale díky této funkcionalitě lze tento proces automatizovat.

Zásuvky se také dají použít pro měření spotřeby jednotlivých zařízení, které jsou do ní připojené, což může být užitečné pro sběr a jako podklad pro další zpracování takovýchto dat v celém systému chytré domácnosti.

## **6.3 Senzory**

Nedílnou součástí chytrých domácností je i možnost monitorování aktuálního stavu a různých událostí v celé domácnosti. Senzory můžeme rozdělit několika způsoby na:

### **6.3.1 Teploměry**

Funkcí teploměru je měřit teplotu na určeném místě a dále tuto hodnotu předávat k dalšímu zpracování. Teploměry bývají vybaveny většinou i vlhkoměrem.

### **6.3.2 Kontaktní senzory**

Jedná se o senzory, které se zpravidla nachází na dveřích a oknech, čímž je v systému získána hodnota otevřeno/zavřeno, kterou můžeme použít k dalším účelům.

### **6.3.3 Pohybové senzory**

Tyto senzory fungují na různých principech, přičemž jejich hlavní funkcí je detekovat pohyb v určitém prostoru. Využití může být přínosné pro zabezpečovací systém anebo pro řízení jiných domácích automatizací.

### **6.3.4 Ostatní senzory**

Paleta různých senzorů je široká a existují senzory určené pro nepřeberné množství stavů. Namátkou například senzor vibrací nebo záplavový senzor. Díky těmto senzorům získáváme komplexnější obrázek aktuálního stavu domácnosti a jsme schopni zpřesňovat chod automatizací.

Do této kategorie ostatních senzorů můžeme zařadit i veškeré senzory poskytované ze specifických zařízení, může se jednat o specifické diagnostické informace týkající se

konkrétního zařízení, případně jiné hodnoty, které vznikly jinak než námi měřeným způsobem. Mezi tyto další hodnoty může patřit stav baterie telefonu, venkovní teplota získaná z meteorologické stanice pomocí internetu, anebo cena energií přímo ze stránek dodavatele. Sběrem nepřehledného množství těchto dalších informací nám vzniká komplexní informační báze, kterou lze dále použít pro modelování stavu chytré domácnosti a okolního světa a podle toho přizpůsobovat samotné fungování chytré domácnosti.

## **6.4 Specifická zařízení**

Mezi tyto zařízení zařadíme jakékoliv zařízení, které poskytuje nějakou „chytrou“ funkcionalitu, ale víceméně se jedná o samostatně fungující zařízení, které lze používat zcela manuálně mimo prostředí chytré domácnosti.

Mezi taková zařízení můžeme zařadit následující příklady.

### **6.4.1 Bílé spotřebiče**

Bílé spotřebiče jsou nutnou součástí domácnosti i bez přívlastku smart, nicméně jejich rozšířená „chytrá“ funkcionalita umožňuje je vzdáleně spravovat, ovládat, číst jejich stav, a po integraci do systému chytré domácnosti řídit jejich činnost pomocí automatizací.

#### **Lednice**

Chytré lednice zpravidla fungují zcela samostatně a oproti obyčejným lednicím umožňují správu pomocí aplikace, sledování teploty, sledování otevření lednice, úpravu energetického režimu podle využívání, některé lednice dokonce obsahují vestavěnou kameru.

#### **Sporák/Trouba**

Chytrá sporáky a zařízení umožňují vzdálené ovládání a například předehřívání, sledování teploty, případně obsahují bázi receptů a programů pro jejich přípravu.

## **Pračka/ Myčka nádobí**

Chytrá pračka nebo taktéž umožňuje správu pomocí aplikace a poskytuje informace o svém stavu a stavu pracího nebo mycího cyklu. Může tak například poslat upozornění ve chvíli, kdy je program dokončen.

## **Vysavač**

Chytrý vysavač je jedna z věcí, která se dostala i do netechnických domácností. Robotický vysavač umožňuje naplánovat úklid ve chvíli, kdy doma nikdo není, případně s různým intervalem vysávat jednotlivé místnosti.

## **Vytápění/klimatizace**

Dalším okruhem jsou produkty týkající se vytápění domácnosti nebo naopak chlazení. Tato funkcionality může být realizována třeba pomocí radiátorových hlavic nebo chytrého termostatu, které lze dálkově ovládat, a tak tyto zařízení opět řídit pomocí složitějších scénářů. Stejně tak je možné ovládat klimatizaci nebo jinou vzduchotechniku.

### **6.4.2 Multimédia**

Mezi další zařízení, které se nacházejí v domácnostech patří multimediální vybavení. Jsou to zařízení, přes která je konzumován multimediální obsah ve formě televizního vysílání, filmů, seriálů a hudby.

## **Televize**

Jedná se zejména o televize, ve kterých se chytrá funkcionality objevuje společně s příchodem internetové konektivity do jejich operačního systému. Lze je používat samostatně bez jakékoliv integrace do chytré domácnosti, ale právě díky takové integraci je možné spouštět a řídit automatizace v závislosti na stavu televize, nebo naopak samotnou televizi pomocí jiných podmínek.

## **Reproduktory**

Reproduktory lze taktéž využívat samostatně pouze ve spojení s například chytrým telefonem nebo jiným zdrojem zvuku, ale integrace do systému chytré domácnosti umožňuje široké využití. V takových reproduktorech lze přehrávat hudbu pomocí

automatického řízení, ale také lze přehrávat různá zvuková upozornění v závislosti na jiných stavech nebo spuštěných automatizacích.

### **6.4.3 Chytré telefony**

Chytré telefony jsou jednou z hlavních součástí a v dnešní době v podstatě podmínkou existence komfortní chytré domácnosti. Jejich prostřednictvím je většinou chytrá domácnost intuitivně ovládána, ať už prostřednictvím jednotlivých aplikací, aplikace systému chytré domácnosti, nebo například pomocí hlasových asistentů. Díky chytrému telefonu a jeho neustálému připojení do systému chytré domácnosti nám umožňuje dále řídit a přizpůsobovat chytrou domácnost.

Jde například o:

- Sledování polohy telefonu
- Sledování typu připojení
- Sledování stavu baterie
- Sledování stavu Nerušit
- Sledování počtu kroků

Podle těchto informací lze přizpůsobovat chytrou domácnost podle stavů telefonů jednotlivých obyvatel, lze například vypnout veškerá zařízení v případě, kdy všechny telefony opustí domácnost, nebo připomenout nutnost nabít baterii při poklesu pod určitou hodnotu.

Všechny tyto výše popsané funkcionality a stavy záleží konkrétně na vybrané platformě chytré domácnosti a na samotných zařízeních, jak a jakým způsobem implementují chytrou funkcionalitu. Problematika platform bude probrána v dalších kapitolách.

## 7 Komunikační protokoly chytrých domácností

Aby spolu mohla jednotlivá zařízení komunikovat, je nutné, aby pro ně existoval nějaký komunikační protokol, díky kterému je bude možné integrovat do společného systému.

Mezi ty nejpoužívanější se řadí následující:

- **Zigbee**
- **Wifi**
- **Bluetooth**
- **Thread**
- **Matter**

### 7.1 Zigbee

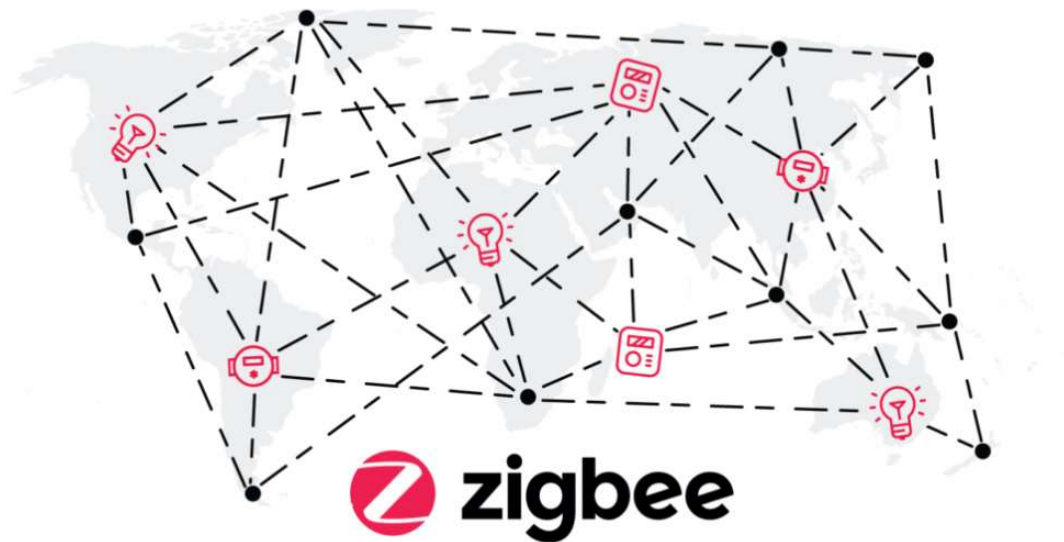
Zigbee je jedním z rozšířených způsobů bezdrátové komunikace v chytrých domácnostech. Jeho centrem je zigbee koordinátor, ke kterému se připojují jednotlivá další zařízení. Pomocí koordinátoru (brány) jsou zařízení spravována, a naopak komunikují s okolním světem. [43]



Obrázek 5 - Zigbee /<https://cdn.alza.cz/Foto/ImgGalery/Image/variabilita%20ZigBee.jpg>

Zigbee je bezdrátový komunikační protokol postavený na standardu IEEE 802.15.4. Jeho počátky sahají do roku 1998 a standardizován byl v roce 2004. V současné době je používaná verze Zigbee 3.0 z roku 2014.

Zigbee funguje na nelicencovaných pásmech 868 MHz, 902-928 MHz, a 2,4 GHz. Jde o otevřený standard, který je používán pro svou nízkoenergetickou a nízkonákladovou komunikaci.



Obrázek 6 - Zigbee mesh (<https://xiaomiplanet.sk/wp-content/uploads/2020/11/zigbee-01-1024x578.png>)

Zigbee používá technologii mesh, což zaručuje zvýšení dosahu a dostupnosti zařízení pomocí alternativních cest. V praxi to funguje tak, že zigbee prvky, které jsou zapojené do zásuvky jsou mezi sebou propojené a vytváří páteční síť. Senzory komunikují přes nejbližší bod, ke kterému mají nejvyšší signál. Senzory jsou napájeny pomocí baterie, a proto nezůstávají kontinuálně připojeny, ale vysílají signál například při změně svého stavu.

Zigbee síť se tedy skládá z:

- Centrální jednotky (koordinátor, gateway, hub)
- Směrovače (opakovače) – zařízení připojená do zásuvky (jsou současně i koncovými zařízeními pro svou funkcionalitu – světlo, zásuvka)
- Koncového zařízení – spínače, tlačítka, teploměry, senzory pohybu (v prostředí sítě přes ně nejde komunikace, komunikují pouze při změně stavu kvůli provozu na baterie)

Navzdory rozšíření této technologie a jejímu využívání různými výrobci, a pozdějšímu vzniku Zigbee Alliance (dnes Connectivity Standards Alliance) se nepodařilo sjednotit podobu komunikačních příkazů, a proto není možné zaručit interoperabilitu a fungování jednotlivých prvků napříč celým spektrem výrobců. Záleží na každém výrobci, jakým způsobem tento protokol implementuje do svých produktů. Jednou z nevýhod je také jeho provoz na frekvenci 2,4 GHz, na které fungují i mnohé ostatní technologie (Bluetooth, WiFi) kdy dochází ke vzájemnému rušení zejména v hustě osídlených prostorách.

[44]

## 7.2 Wi-Fi

Wi-Fi je v současnosti jedním z nejpoužívanějších protokolů pro bezdrátové připojení v chytrých domácnostech. Díky své široké dostupnosti a snadnému nasazení se stává standardem v oblasti chytrých domácností. Tato technologie využívá bezlicenční frekvenční pásma, nejčastěji 2,4 GHz nebo 5 GHz, a poskytuje vysokou rychlost přenosu dat, což umožňuje rychlé a snadné připojení ke stávající Wi-Fi síti v domácnosti.

Výhodou použití Wi-Fi pro tyto účely je snadná instalace a široká dostupnost, ale také existují určitá omezení, jako je omezený dosah a vysoká spotřeba energie, což může být problematické pro zařízení s bateriovým napájením.

Nejnovější standard 802.11ax přináší vylepšení dosahu a rychlosti přenosu a umožňuje připojení většího počtu zařízení k jedné Wi-Fi síti. V chytré domácnosti se tak chytrá zařízení připojuje přímo k Wi-Fi routeru přímo bez jakékoliv brány.

Wi-Fi tak zůstává důležitou součástí chytrých domácností a bude pravděpodobně stále více využívána s rozvojem nových technologií.

[43][44]

## 7.3 Bluetooth

Jedna z osvědčených metod bezdrátové komunikace je Bluetooth. Tento standard se označuje jako IEEE 802.15.1. Stejně jako Wi-Fi jde o otevřený standard operující v bezlicenčním frekvenčním pásmu 2,4 GHz. V oblasti chytrých domácností se tento protokol nejčastěji používá k přímému propojení například mobilního telefonu s příslušnou aplikací a chytrého zařízení. Nespornou výhodou tohoto protokolu je nízká spotřeba energie. Nevýhodou oproti ostatním technologiím je větší náchylnost k rušení a nízký dosah signálu. [43]

Dále existuje varianta Bluetooth Low Energy (BLE), což je varianta bezdrátového komunikačního protokolu Bluetooth, který byl poprvé představen v roce 2010 jako součást specifikace Bluetooth 4.0. Jako název naznačuje, Bluetooth Low Energy byl navržen tak, aby spotřebovával méně energie než standardní Bluetooth protokol.

BLE se používá k přenosu malých množství dat na krátké vzdálenosti, obvykle v rozmezí desítek metrů. Díky své nízké spotřebě energie se často používá pro bezdrátové senzory, příslušenství pro chytré domácnosti a další zařízení s malou spotřebou energie, jako jsou například chytré hodinky nebo fitness náramky.

V chytré domácnosti se tato technologie dá použít dvěma způsoby:

- Chytré zařízení se pomocí Bluetooth připojí k bráně od stejného výrobce, která zprostředkovává další komunikaci a poskytuje další funkcionalitu
- Chytrá zařízení se pomocí Bluetooth připojí přímo k centrální jednotce nebo k telefonu

Současnou verzí Bluetooth je verze 5.4 vydaná v únoru 2023. Tato verze zahrnuje zlepšení stability a spolehlivosti signálu. To umožňuje přenos dat s menšími ztrátami a snižuje pravděpodobnost výpadků signálu. Od verze 5.0 se zvýšila přenosová rychlost na 2 Mb/s, což je dvojnásobek oproti předchozí verzi 4.2.

[44][62]



## 7.4 Thread

Thread je bezdrátový síťový protokol navržený speciálně pro internet věcí (IoT), který umožňuje vytváření bezdrátových sítí s nízkou spotřebou energie a vysokou spolehlivostí. Tento protokol se vyznačuje schopností propojit velké množství chytrých zařízení. Protokol vznikl v roce 2014 kdy byla vydána verze 1.0. [10][12]

Thread protokol je založen na standardu IEEE 802.15.4, který definuje fyzickou a linkovou vrstvu pro bezdrátovou komunikaci v IoT sítích. V protokolu Thread se využívá technologie síťového routování, která umožňuje vytvářet robustní sítě s automatickou správou připojených zařízení. Jedná se o protokol typu mesh, což znamená, že se zařízení vzájemně propojují a vytvářejí síť bez centrálního řídicího prvku. Stejně jako ostatní uvedené protokoly operuje v pásmu 2.4 GHz.

Výhodou protokolu Thread je jeho otevřenost a interoperabilita s dalšími bezdrátovými protokoly, jako jsou Wi-Fi nebo Bluetooth. Díky tomu může být protokol Thread použit v různých aplikacích a zařízeních, které vyžadují spolehlivou a bezpečnou komunikaci mezi sebou.

Thread protokol je navržen tak, aby byl energeticky úsporný a spolehlivý pro bezdrátové spojení v chytrých domácnostech a IoT sítích. Thread protokol byl vytvořen jako projekt otevřeného konsorcia, které sdružuje přední výrobce v oblasti IoT zařízení a chytrých domácností. To znamená, že protokol je podporován širokou škálou výrobců a poskytuje uživatelům širokou škálu možností při výběru zařízení pro svou chytrou domácnost.

K využití protokolu Thread je potřeba hub, nazvaný Thread Border Router, který podobně jako u protokolu Zigbee zajišťuje komunikaci s ostatními sítěmi.

[11]

## 7.5 Matter

Matter je nový standard pro bezdrátovou konektivitu v chytrých domácnostech, který vznikl sloučením existujících protokolů. Tento nový standard byl vytvořen s cílem sjednotit a zjednodušit připojení chytrých zařízení od různých výrobců a zajištění interoperability mezi nimi. [7]

Tento standard využívá protokolu Thread jako svůj základní protokol pro komunikaci mezi zařízeními a připojení k internetu, a kombinuje ho s dalšími technologiemi, jako je bezdrátový přenos dat pomocí Bluetooth Low Energy a Wi-Fi. Díky této kombinaci je tak schopen poskytnout rychlé a spolehlivé připojení k chytrým domácím zařízením, které jsou v souladu s tímto novým standardem.

Dále je standard navržen tak, aby fungoval na různých zařízeních, včetně inteligentních reproduktorů, termostatů, osvětlení a bezpečnostních kamer. S tímto standardem bude uživatelé mít možnost připojit si chytrá zařízení různých výrobců, bez ohledu na to, které platformy používají. Zajišťuje také bezpečnost a soukromí uživatelů pomocí moderních šifrovacích technologií a zabezpečených spojení.

Tento standard by měl být kompatibilní s existujícími chytrými reproduktory, osvětlením a dalšími zařízeními, a také bude podporován v nových produktech, které budou uvedeny na trh v budoucnosti. To znamená, že Matter bude hrát důležitou roli v rozvoji internetu věcí a umožní uživatelům snadněji ovládat a propojovat své chytré domácí zařízení.

Verze 1.0 vyšla 4. října 2022 a její součástí je standardizovaná podpora pro světla, vypínače, chytré zámky, vytápění a ventilaci, některé druhy senzorů, a pro multimediální zařízení. Verze 2.0, se kterou se počítá v roce 2023 má obsahovat standardizaci pro méně obecná zařízení, jakými jsou robotické vysavače, detektory kouče a oxidu uhelnatého, kamery, a bílé spotřebiče. [8]

Podporu standardu Matter je možné do chytrých zařízení dodat pomocí aktualizace firmwaru, a proto se tento standard týká i již existujících zařízení.

[7][9]

## 8 Současné rozšířené platformy chytrých domácností

### 8.1 Google Home

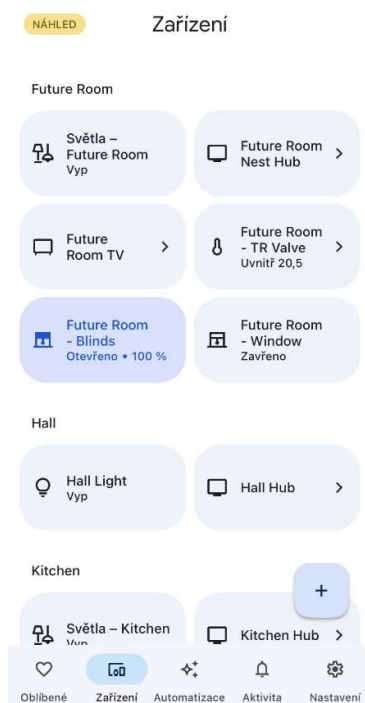
Google Home je platforma vyvinutá společností Google, která umožňuje propojení a ovládání chytrých zařízení v domácnosti přes aplikaci Google Home nebo pomocí hlasového ovládání Google Assistant.

Pomocí této platformy je možné ovládat různá zařízení v domácnosti, jako jsou světla, reproduktory, zámky a další zařízení. Pomocí aplikace Google Home lze také vytvořit základní automatizace, které umožní provádět sekvenci příkazů za splnění určitých podmínek, nebo pomocí hlasového příkazu.

Zpočátku byla používána pouze pro ovládání produktů firmy Google, než se dále vyvinula, a nyní poskytuje možnost integrace a ovládání produktů třetích stran, díky čemuž je možné využívat i produkty a zařízení jiných společností.

Jde tak o jednoduchou a pohodlnou platformu pro začínající uživatele, kteří disponují podporovanými produkty, a mají zájem vstoupit do světa automatizace a IoT.

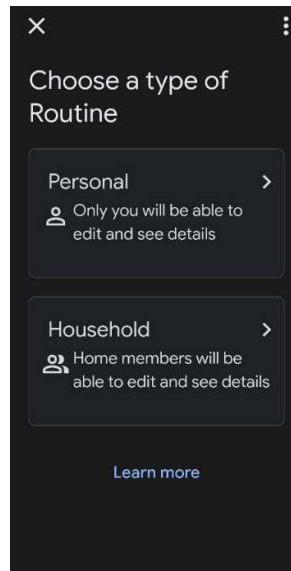
[49]



Obrázek 7 - Pohled do aplikace Google Home (zdroj: vlastní)

V rámci aplikace Google Home lze vytvářet jednoduché automatizace, které se skládají ze spouštěcí podmínky a akci, která bude při splnění této podmínky provedena.

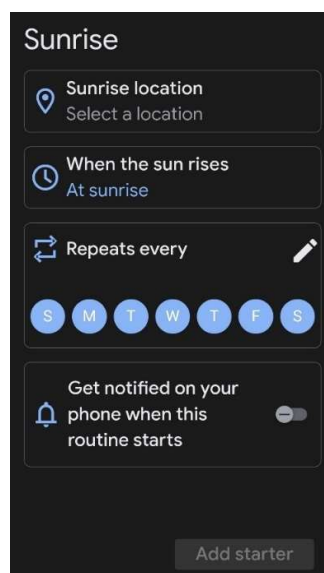
Automatizaci lze vytvořit tak, že bude platná pouze pro konkrétního uživatele, nebo pro všechny členy domácnosti.



Obrázek 8 - Typ automatizace (zdroj: vlastní)

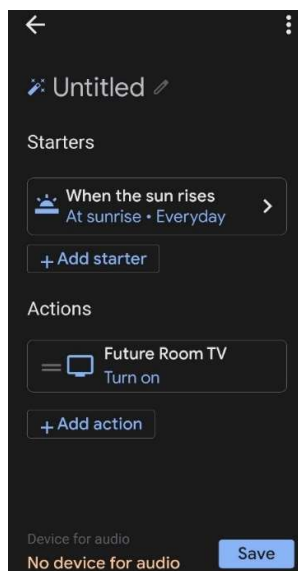
Na následujících obrázcích je demonstrován postup tvorby automatizace:

V dialogovém okně lze vybrat spouštěcí podmínku, v tomto konkrétním případě jde o spuštění automatizace ve chvíli, kdy vyjde slunce. Dále lze vybrat dny v týdnu, kdy se má automatizace spustit.



Obrázek 9 - Tvorba automatizace – podmínka (zdroj: vlastní)

Zde je k nahlédnutí již hotový automatizace se spouštěcí podmínkou a akcí, znamená tedy „Každý den při východu slunce zapni televizi“.



Obrázek 10 - Tvorba automatizace – akce (zdroj: vlastní)

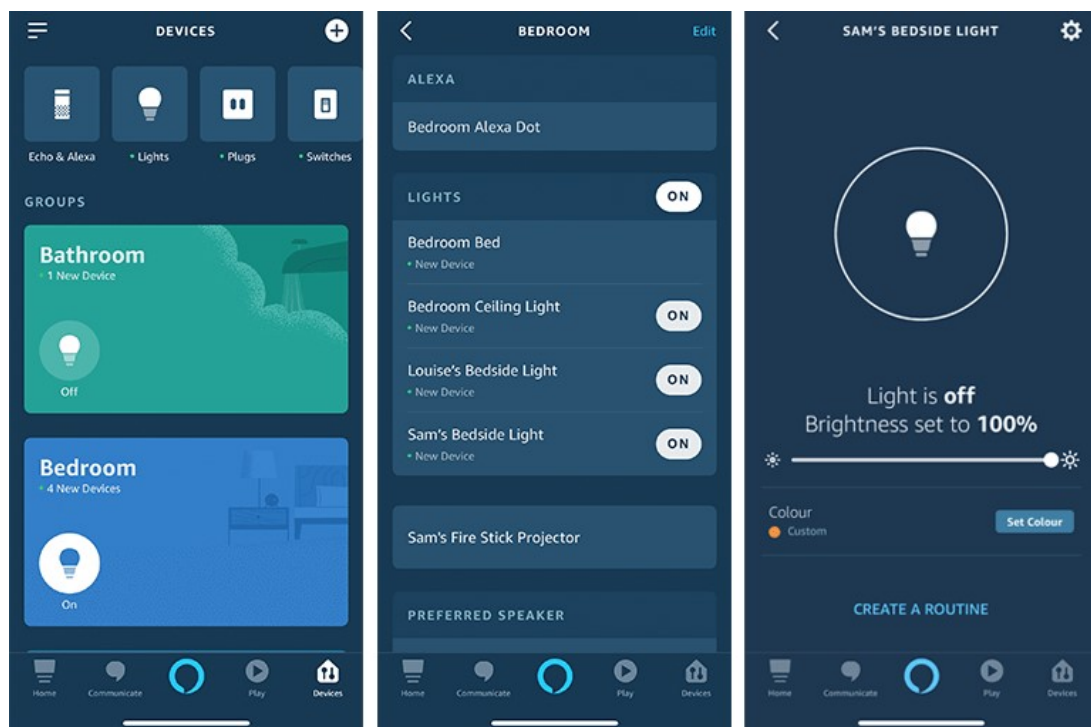
## 8.2 Amazon Alexa

Amazon Alexa je platforma chytré domácnosti vyvinutá společností Amazon. Jejím cílem je umožnit pohodlné ovládání chytrých zařízení pomocí aplikace nebo hlasového ovládání. Hlasový asistent Alexa je dostupný na zařízeních Echo.

Platforma umožňuje vytváření rutin a scén, pomocí kterých je možné automatizovat zařízení v domácnosti.

Díky svému propojení s celým Amazon ekosystémem je možné například pomocí hlasových příkazů vyhledávat a nakupovat produkty na Amazonu

[48]



Obrázek 11 - Náhled do aplikace Alexa (zdroj: <https://shs-media.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2019/03/21201655/Alexa-App-1024x507.png>)

Dá se říct, že Amazon Alexa poskytuje pohodlný způsob ovládání a automatizace chytré domácnosti včetně pokročilých možností hlasového ovládání a jiných hlasových požadavků. V oblasti platformy chytré domácnosti určené pro koncového zákazníka se jedná o nejpokročilejší platformu, která díky své integraci s mnoha dalšími službami poskytuje největší možnosti přizpůsobení.

### 8.3 Apple Home (HomeKit)

HomeKit je platforma vyvinutá společností Apple, která je dostupná na zařízeních iPhone, iPad, a Mac. Je určena pro sjednocení zařízení výrobců třetích stran, jelikož společnost Apple sama o sobě vyloženě produkty určené pro chytrou domácnost nevyrobí. Výjimkou jsou reproduktory Homepod a televizní box Apple TV, které v prostředí HomeKitu slouží jako řídicí jednotka a brána pro ostatní zařízení.

Díky HomeKitu mohou uživatelé ovládat svá zařízení pomocí jednoduchého a intuitivního rozhraní. Také je možné k ovládání použít hlasovou asistentku Siri, který je součástí systému iOS.

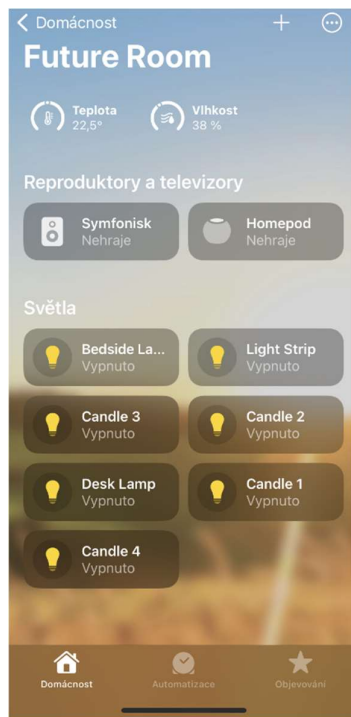
V prostředí HomeKitu je možné vytvářet automatizace, na základě splnění určitých podmínek. Vytváření automatizací je přehledné a jednoduché, nicméně neumožňuje komplexní řízení automatizací, na základě více podmínek apod.

Celkově HomeKit poskytuje uživatelům pohodlný a bezpečný způsob ovládání svých chytrých zařízení pomocí svých Apple zařízení a usnadňuje tak správu a automatizaci jejich domovů.

Dá se tak, stejně jako u platformy Google Home říct, že jde o pohodlný a komfortní začátek domácí automatizace pro začínající uživatele. Nicméně jedinou překážkou může být skutečnost, že k plnému využívání HomeKitu je nutné, aby všechna zařízení v domácnosti byla od společnosti Apple, zatímco předchozí platformy jsou dostupné i na zařízeních ostatních výrobců.

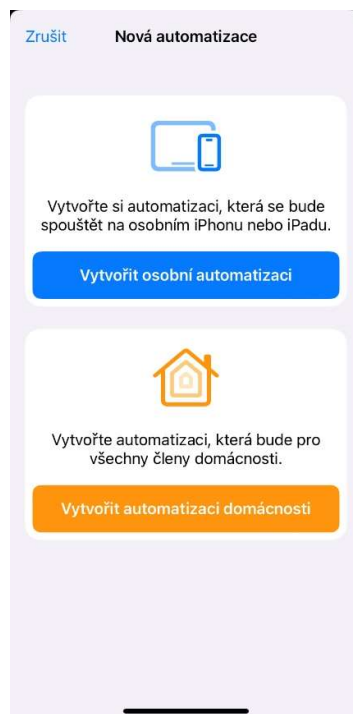
[49]

Aplikace poskytuje jednoduché a přehledné rozhraní a ovládání integrovaných prvků.



Obrázek 12 - Náhled aplikace Apple Home (zdroj: vlastní)

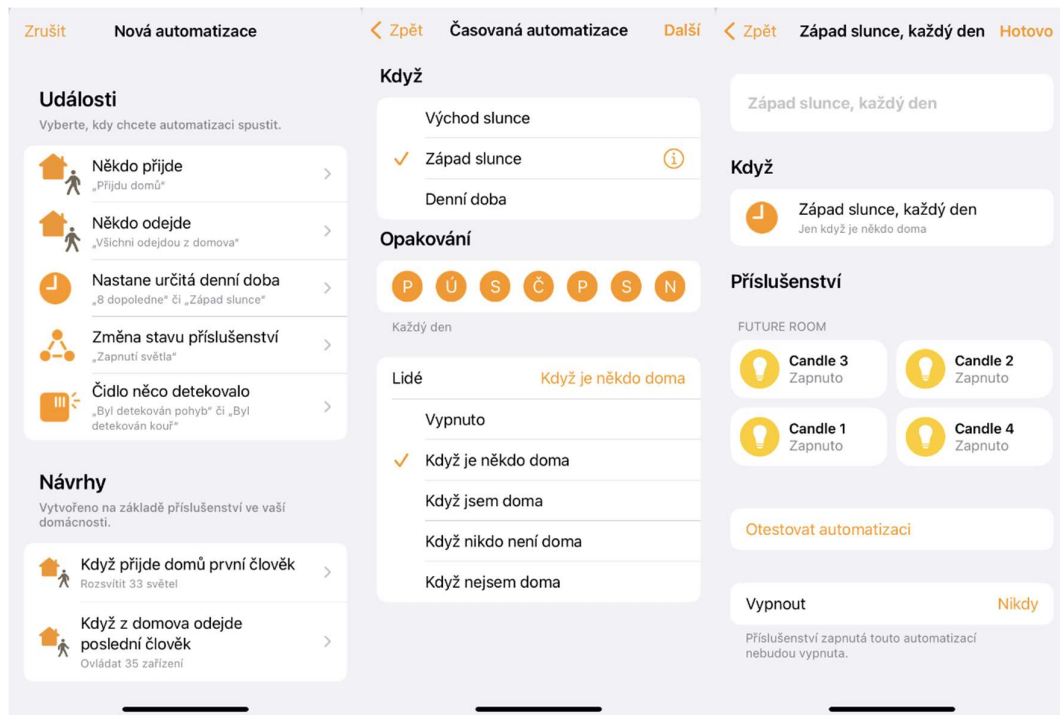
Automatizace je možné vytvářet buď pro konkrétního uživatele anebo pro všechny členy domácnosti.



Obrázek 13 - Typy automatizací (zdroj: vlastní)



Při vytváření automatizace je nutné nejprve zvolit spouštěcí podmínku automatizace, což může být např. určitá denní doba nebo změna stavu některého senzoru. Poté je možné vybrat některé další podmínky. Na závěr jsou nastaveny požadované stavy aktivních prvků, do kterého mají přejít, pokud je tato automatizace spuštěna.



Obrázek 14 - Postup vytváření automatizace v aplikaci Apple Home (zdroj: vlastní)

## 8.4 Home Assistant

Home Assistant je open source platforma pro realizaci chytré domácnosti, která umožňuje uživatelům propojit a ovládat různá zařízení a služby z jednoho místa. Díky této platformě je možné vytvářet automatizace, sledovat stav zařízení a ovládat je pomocí mobilní aplikace nebo webového rozhraní.[52]

Home Assistant je velmi přizpůsobivý a podporuje více než 2400 integrací pro komunikaci se službami a zařízeními dalších výrobců. Patří mezi ně osvětlení, zabezpečovací systémy, vytápění, multimediální zařízení, kalendáře, předpovědi počasí, automobily a mnoho dalšího.

Díky své open source podstatě je velice flexibilní a umožňuje uživatelům přizpůsobit si nastavení podle svých požadavků a preferencí. Umožňuje vytváření komplexních automatizací, díky čemuž mohou vzniknout jedinečné chytré domácnosti, které přesně reflektují představu a kreativitu jejího tvůrce.

Zásadou této platformy je ochrana osobních a diagnostických údajů. Data o takové domácnosti jsou uchovávána lokálně a třetí strany k těmto datům nemají přístup.

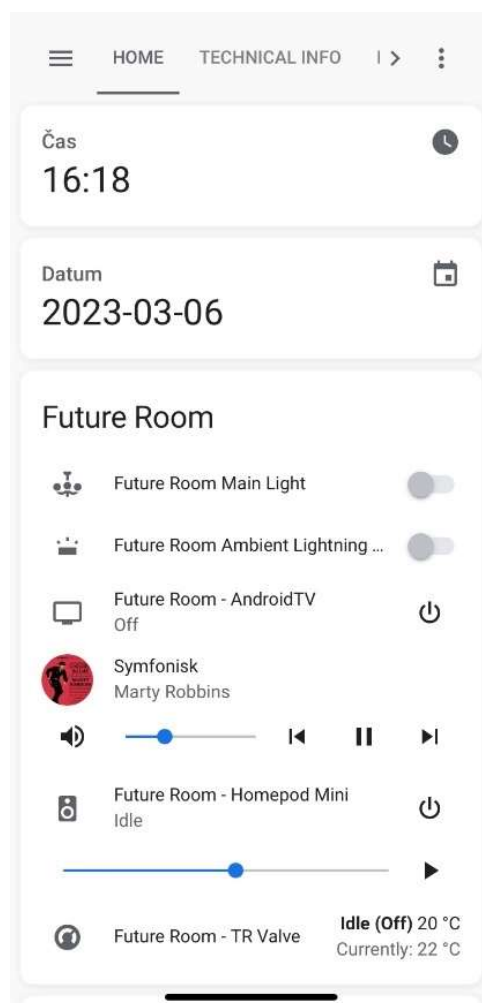
V současné době je na světě provozováno 235 000 aktivních instalací tohoto systému.

Vzhledem k tomu, že Home Assistant funguje lokálně, je nutné jej mít nainstalovaný na nějakém hardwaru v domácnosti. Toho lze docílit v principu dvěma způsoby, jedním z nich je instalace na samostatný fyzický hardware (doporučuje se RPi nebo podobný minipočítač) nebo ve formě virtuální instalace na některou z virtualizačních platform.

Uvnitř samotného HA je možné provozovat další aplikace ve formě doplňků, jako je například ESPHome, Deepstack, Frigate, které slouží pro další specializované účely.

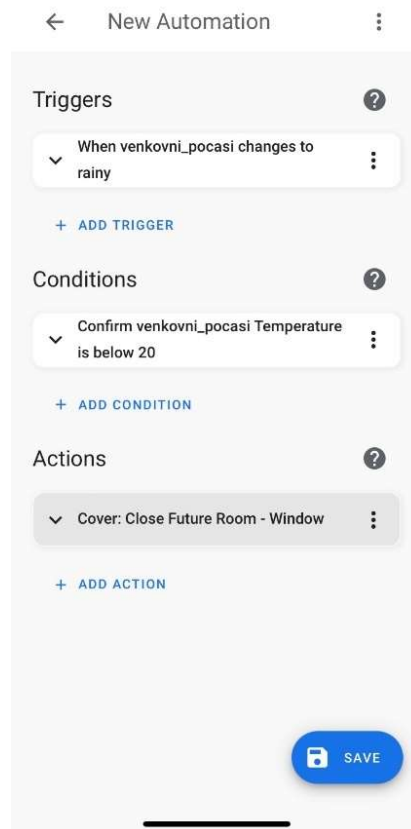
[52][51][50]

V prostředí Home Assistantu je možné vytvářet si vlastní náhledové a ovládací panely podle svého uvážení a svých preferencí. Takové prostředí lze přizpůsobit například pro každou místnost, každého uživatele, nebo je možné jej podmíněně zobrazovat při splnění určitých podmínek.



Obrázek 15 - HA Dashboard (zdroj: vlastní)

Tvorba automatizací probíhá podobným způsobem jako u přechozích platform s tím rozdílem, že je možné vytvářet pokročilý běh takové automatizace včetně větvení a vyhodnocování dalších podmínek během chodu. Také je možné použít nespočetné množství hodnot a stavů k vytváření velice komplexních automatizací.



Obrázek 16 - HA Tvorba automatizace (zdroj: vlastní)

Automatizace je možné vytvářet buď v grafickém rozhraní, nebo pomocí konfigurovacího jazyka YAML, jehož znalost a použití je v některých případech, zejména při tvorbě složitých automatizací a závislých výpočtů uvnitř automatizace, nutné.

Celkově platí, že Home Assistant se po svém širokém rozšíření během roku 2020 stal hlavní platformou pro realizaci a ovládání pokročilých chytrých domácností. Díky své otevřenosti a rozšiřitelnosti, kdy je do něj možné připojit produkty a služby třetích stran, včetně možnosti tvorby vlastních specifických integrací díky své open source podstatě, se v současné chvíli jeví jako ideální platforma pro správu chytrých domácností.

## **9 Detekce a lokalizace**

Pro pochopení praktické části této diplomové práce je nutné vysvětlit ještě některé další pojmy, které se daného tématu týkají. Jsou to pojmy detekce a lokalizace, jelikož v praktické části jde především o řešení tohoto problému v oblasti chytrých domácností.

### **9.1 Detekce**

Detekcí rozumíme situaci, kdy se určitým způsobem snažíme detekovat jakoukoliv změnu v určeném poli. Může se jednat o pohyb, určitý objekt, nebo právě o osobu.

K detekci je možné použít několik různých metod, které se od sebe v principu příliš neliší, jejich rozdíl je jen v použitém „záření“. V principu se jedná o zachycení objektem vysílané, případně od něj odražené vlny.

### 9.1.1 Ultrazvuk

Ultrazvuk je zvukové vlnění s frekvencí nad úrovní slyšitelného zvuku (nad 20kHz). Zvuková vlna se šíří plynem, kapalinou, či pevnými látkami, a její vlnová délka se mění na základě prostředí, ve kterém se nachází.

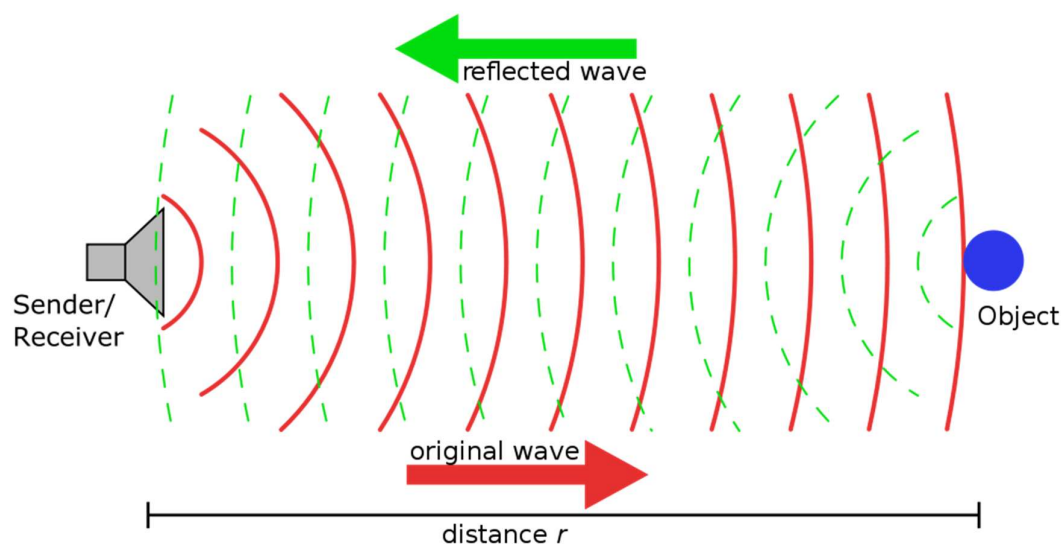
Ultrazvukové vlny je možné generovat pomocí speciálních zařízení nazývaných transducery. Tyto vlny je pak možné detekovat pomocí jiných ultrazvukových senzorů, které detekují odrazy nebo změny v tomto signálu.

Ultrazvuk má široké spektrum využití v mnoha různých aplikacích, včetně průmyslu, zdravotnictví, automobilismu, vědy a v bezpečnostních odvětvích.

Pomocí ultrazvuku je možné detekovat překážky v poli před ním, vysláním a následnou detekcí odražené vlny, z čehož je možné odvodit vzdálenost překážky.

V chytrých domácnostech se stejně jako v případech automobilového průmyslu využívá této funkcionality. Pomocí ultrazvukových senzorů se tak dá detekovat pohyb osob.

[67]



Obrázek 17 - Princip ultrazvukové detekce (zdroj: [http://ilumin.usc.edu/assets/media/160/1000pxSonar\\_Principle\\_EN.svg.png](http://ilumin.usc.edu/assets/media/160/1000pxSonar_Principle_EN.svg.png))

## 9.1.2 Infračervené (IR) senzory

Infračervený senzor je zařízení, které detektuje a měří infračervené záření ve svém dosahu. Infračervené záření je vysíláno objekty, které vyzařují teplo, jako je například lidské nebo zvířecí tělo. Infračervené senzory mohou detekovat a měřit teplotu nebo tepelnou stopu žijící bytosti. Vyzářené světlo je konvertováno na elektrický signál, podle kterého je rozpoznána teplota nebo přítomnost objektu.

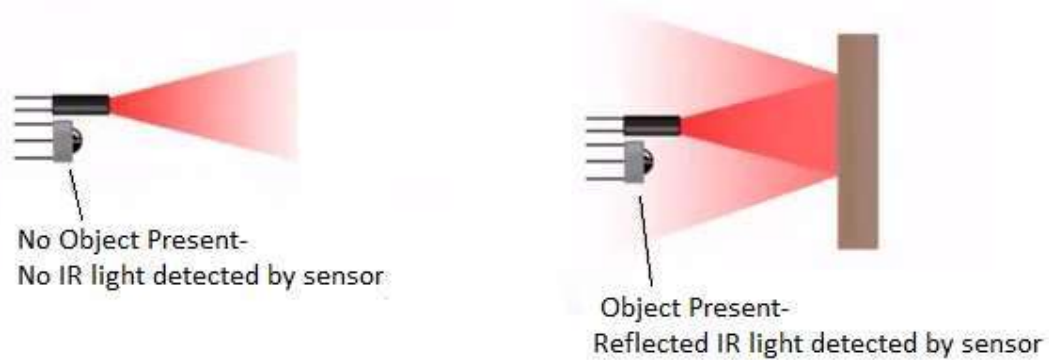
Infračervené senzory jsou široce používány v oblastech jako jsou zabezpečovací systémy, detekce pohybu, nebo ve zdravotnických zařízeních.

Existují dva druhy senzoru, aktivní a pasivní:

### 9.1.2.1 Aktivní IR senzor

Aktivní IR senzor funguje na principu detekce odraženého infračerveného světla. Samotný senzor šíří do prostoru infračervené světlo, které se pak změnou v jeho zorném poli odrazí zpátky do reflektoru,

[22]



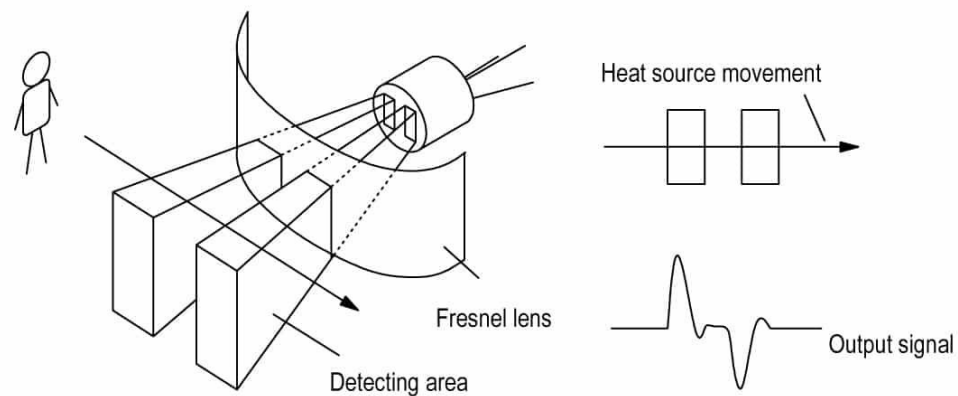
### Infrasonic or Infrared Sensor

Obrázek 18 - Aktivní infračervený senzor (zdroj: <https://www.rfwireless-world.com/images/Infrared-sensor.jpg>)

### 9.1.2.2 Pasivní IR senzor

Pasivní infračervené senzory jsou nazývány pasivním typem senzoru, jelikož jejichž funkcí je detekovat změny teploty v zorném poli senzoru. K takové změně dojde, pokud se v něm objeví nějaký infračervený zářič – typicky člověk. Senzor tak žádné infračervené světlo nevysílá, pouze zachytává do něj vyslané infračervené záření, které je porovnáním s okolím výrazně teplejší. Tato změna je konvertována do podoby elektrického signálu a tím dojde k detekci.

[22]



Obrázek 19 - PIR senzor (zdroj: <https://i.pinimg.com/originals/9c/79/90/9c799025b331e58681702de59b71e7fe.jpg>)

Narozdíl od ostatních typů senzorů, u kterých je nutné, aby kontinuálně vysílaly vlny do prostředí, tento senzor díky své pasivní podstatě může fungovat velice úsporně a být napájen pouze bateriemi.



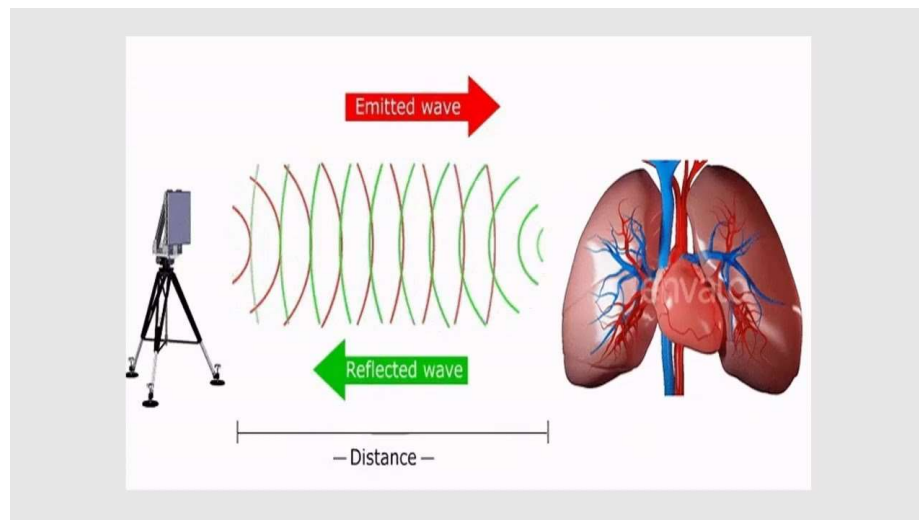
### 9.1.3 Milimetrové vlny

Milimetrové vlny (známé pod pojmem MM wave) jsou elektromagnetické vlny v pásmu přibližně 24 až 300 GHz. Milimetrové vlny se dají využít v mnohých oblastech včetně telekomunikací, medicíny, nebo průmyslu. V telekomunikačním prostředí je možné tuto technologii použít pro bezdrátové sítě včetně 5G mobilních sítí. [23]

Milimetrové vlny se dále dají použít podobně jako ultrazvuk k detekci překážek nebo zjištění vzdálenosti, jelikož princip jejich detekce také funguje na základě Dopplerova efektu, tedy vyslání signálu, a porovnání zpět odražené vlny. [24]

V roce 2020 bylo demonstrováno, že tato technologie se dá využít i k jiným účelům, a to k detekování osob. Tato detekce funguje opět na stejném principu, kdy je osoba detekována tím, že v jejím těle dochází během fungování orgánů ke stahům určitých svalů, například tlukot srdce nebo dýchání. Takový pohyb svalů je možné touto metodou detekovat, a tím odvodit, že se před senzorem nachází člověk. [28]

Aplikace této technologie má široké využití, v článku *"Non-Contact Heart Rate Monitoring Based on Millimeter Wave Radar"* prokázáno, že tato technologie lze využít k bezkontaktnímu snímání aktivity srdce a plic, například pro účely vyšetření, nebo pro sledování stavu pacientů v případě, že jsou umístěni na lůžku. [29][30]



Obrázek 20 - Detekce známek života pomocí MM Wave (zdroj: <https://i.ytimg.com/vi/ZaG9jZnx2Q4/maxresdefault.jpg>)

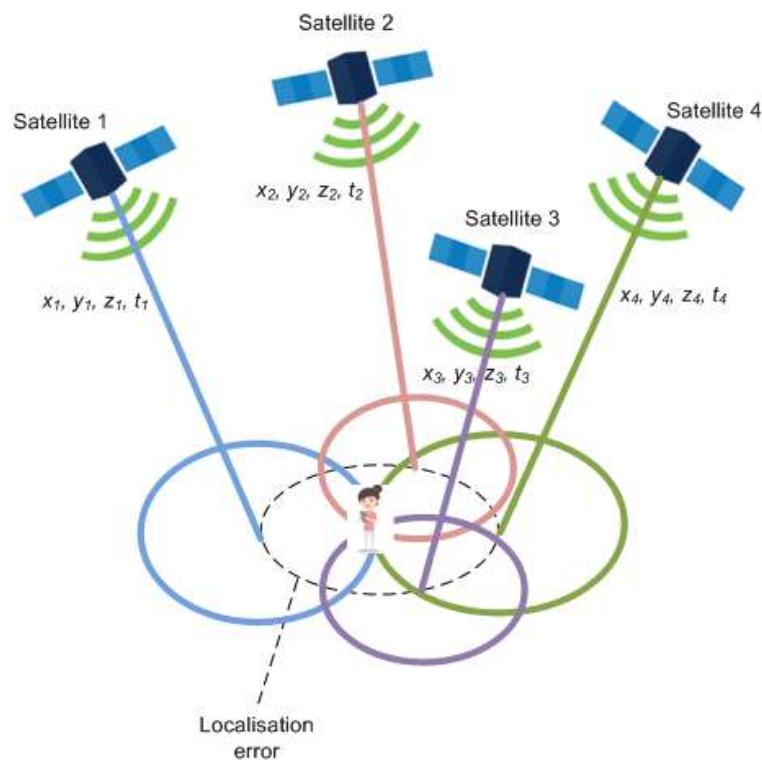
## 9.2 Lokalizace

Lokalizace je druhým tématem, kterým se tato práce zabývá. Jedná se o techniku, kterou se snažíme zjistit polohu určitého konkrétního objektu, v tomto případě člověka, v určitém prostoru. Tuto metodu nelze aplikovat bez využití nějakého externího zařízení, které má člověk neustále u sebe.

### 9.2.1 GPS

GPS (Global Positioning System) je široce používaný lokalizační systém, který umožňuje určit polohu na základě signálu vysílaného ze satelitů na oběžné dráze. Využívá soustavy 31 satelitů, které obíhají kolem Země. V mobilních a dalších zařízeních je nutné mít GPS modul, který zachytává signál z těchto satelitů, Pomocí matematických výpočtů a signálu ze čtyř satelitů je možné určit polohu přijímače na zemi. [68]

GPS a další podobné satelitní systémy nalézají uplatnění v mnoha oblastech z čehož nejdůležitější je navigace v automobilovém průmyslu a letectví.



Obrázek 21 - GPS lokalizace (zdroj:

<https://www.researchgate.net/publication/344234461/figure/fig7/AS:935504568655872@1600053078097/GPS-Position-calculation-using-triangulation.ppm>)

V oblasti chytrých domácností se však tato běžná a rozšířená metoda k lokalizaci nehodí, jelikož GPS ani jiný satelitní signál není možné využít v uzavřených budovách a už vůbec ne na úrovni jednotlivých místností.

### **9.2.2 Wi-Fi**

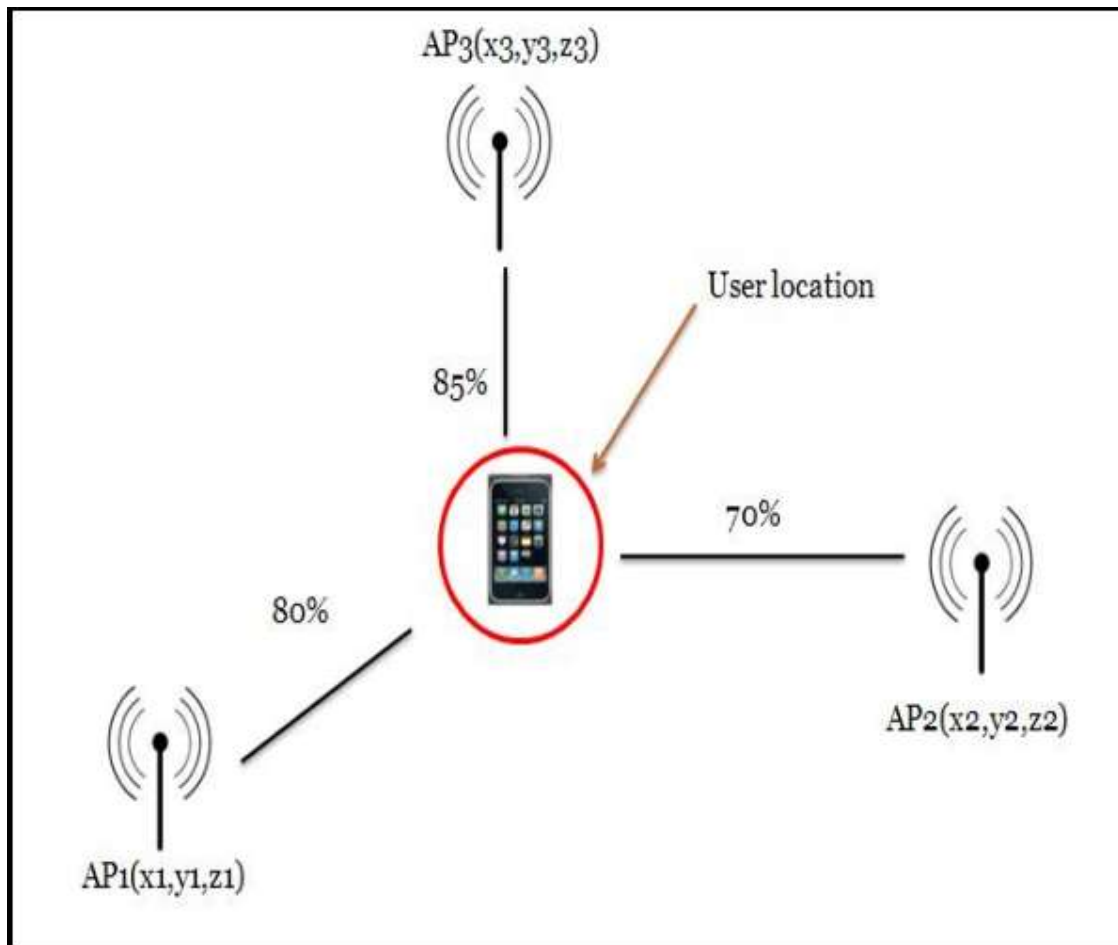
Jednou z metod lokalizace může být určování polohy pomocí využití mobilního telefonu, který je připojen k bezdrátové síti Wi-Fi.

Mobilní telefony mohou být použity pro určení polohy prostřednictvím Wi-Fi sítí, když jsou k dispozici minimálně tři přístupové body. Každý přístupový bod poskytuje signál, který lze použít k odhadnutí vzdálenosti od přístupového bodu ke mobilnímu telefonu. Tím, že jsou známy vzdálenosti od více než jednoho přístupového bodu, může být určena poloha mobilního telefonu. To lze provést pomocí triangulace nebo trilaterace, což je matematický postup, při kterém jsou zohledněny vzdálenosti od tří nebo více přístupových bodů, aby se určila poloha mobilního telefonu.

Při použití Wi-Fi sítí k určení polohy lze využít především mobilní telefony, které jsou připojeny k těmto sítím. Výhodou této metody je, že Wi-Fi sítě jsou běžně dostupné v budovách, v obchodních centrech a na mnoha dalších místech, což umožňuje použití této metody pro určení polohy i v těchto vnitřních prostorech.

Celkově lze říct, že využití Wi-Fi sítí a mobilních telefonů pro určování polohy osob přináší mnoho výhod, zejména pro určování polohy v uzavřených prostorech a pro navigaci uvnitř institucionálních budov. Nicméně, jakékoliv určení polohy s využitím Wi-Fi sítí má určité omezení, co se týče přesnosti, protože signál Wi-Fi sítě může být ovlivněn různými faktory, jako jsou překážky, vysoké stropy, elektromagnetické rušení a další faktory.

[64]



Obrázek 22 - Wi-Fi lokalizace (zdroj: <https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/e8122eb09c826b59830e603c8ea809681d32f0c3/3-Figure1-1.png>)

Tato metoda však není v kontextu chytrých domácností příliš aplikovatelná, jelikož, jak bylo zmíněno, počítá s nejméně třemi přístupovými body, které se v domácnostech většinou nenacházejí. Další slabinou možného využití je nutnost u sebe neustále nosit mobilní telefon, což může být reálné v prostředí komerčních nebo veřejných objektů, ale v domácnosti to může představovat problém.

### 9.2.3 Bluetooth

Tento způsob funguje na podobném principu jako výše uvedené wifi pozicování, nicméně namísto připojení k wifi síti se používají Bluetooth vysílače, které opět podle přiblížení k některému z nich odhadují polohu. Ve veřejném prostoru není tento způsob lokalizace příliš vhodný, jelikož by bylo nutné instalovat tak paralelní infrastrukturu k wifi, pouze k tomuto jedinému účelu, což není ekonomicky výhodné. Používají se Bluetooth Beacons, které vlastně fungují jako majáky, které mohou člověku poskytnout nějaké informace prostřednictvím jeho mobilního telefonu. [25]

Tento způsob lokalizace, který využívá technologii Bluetooth, je další technikou, která připadá v úvahu v této oblasti. Princip fungování je podobný jako u Wi-Fi lokalizace, stejným způsobem se snažíme určit polohu pomocí měření síly signálu či jiných metod.

V oblasti využití technologie Bluetooth existují dva přístupy, které se dají k lokalizaci využít. Jde o:

#### **Bluetooth Beacon**

Bluetooth Beacon je zařízení, které vysílá Bluetooth signál s určitým identifikátorem (UUID), který slouží k identifikaci tohoto Beaconu. Tento signál je zachycen mobilním zařízením a tomuto zařízení poskytnou nějaké informace. V běžné praxi se tato technologie využívá v oblasti marketingu nebo pro poskytování informací ve veřejných prostorech.

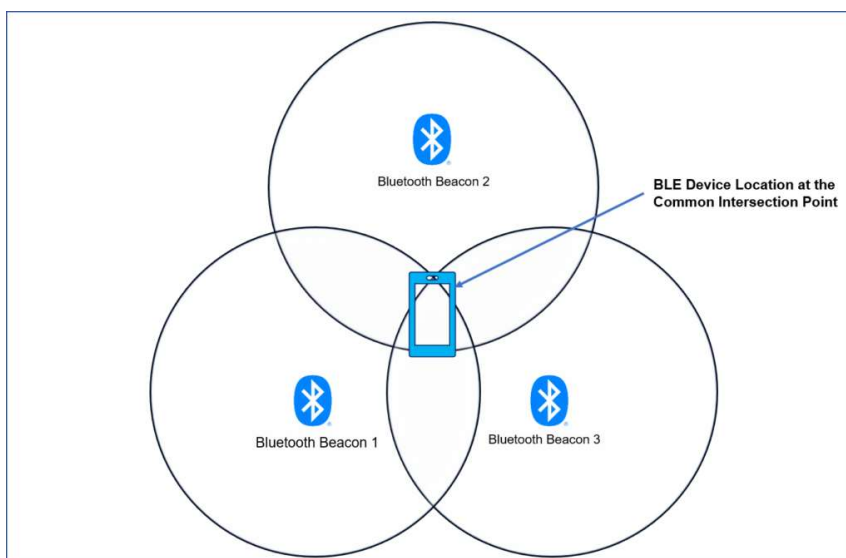
Při použití více Bluetooth Beaconů lze v prostoru sledovat polohu a pohyb mobilního zařízení (Bluetooth přijímače) podobně jako v případě Wi-Fi a poskytovat tak možnosti navigace na letištích, muzeích, obchodních centrech, či jiných prostorech.[27]

## Bluetooth Tag

Bluetooth Tag je malé zařízení, které se upevňuje k jiným předmětům, například klíčům nebo zavazadlům, a následně slouží k jejich lokalizaci pomocí mobilního zařízení. Výhodou těchto zařízení je to, že jsou malé a jsou napájené bateriemi.

Oba způsoby vyžadují instalaci celé paralelní infrastruktury, což může být ve veřejných prostorách vzhledem k nutnosti využít desítky nebo stovky vysílačů finančně náročné.

[27][26]



Obrázek 23 - Bluetooth lokalizace (zdroj: <https://www.cassianetworks.com/wp-content/uploads/2021/12/Trilateration-1024x666.png>)

V prostředí domácností vzhledem k nutnosti použít jen jednotky těchto vysílačů tento problém odpadá a jeví se uskutečnitelnějším, než způsob lokalizace pomocí Wi-Fi. Jak bylo zmíněno, Bluetooth tagy jsou malá zařízení, které tak na rozdíl od mobilního telefonu může obyvatel domácnosti nosit neustále u sebe. Do kategorie Bluetooth tagů se však dají zařadit i produkty typu „wearables“ jako jsou chytré hodinky nebo náramky, jelikož ty většinou využívají Bluetooth konektivitu pro spojení s mobilním telefonem.

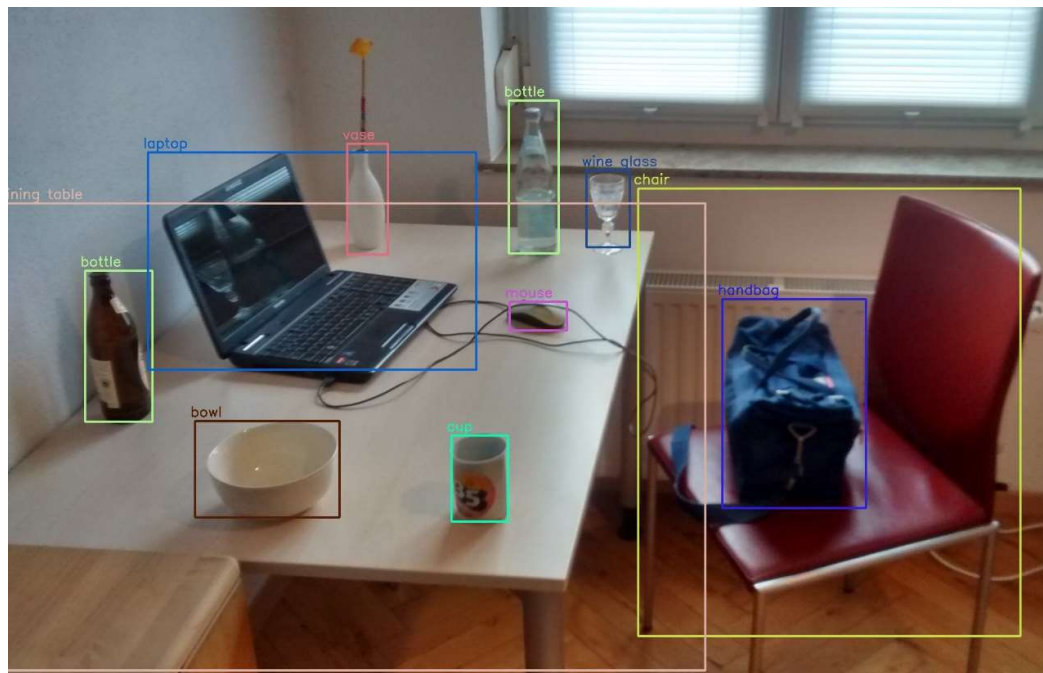
## 9.2.4 Kamery

Kamery jsou v tomto případě speciálním případem zařízení, jelikož je lze díky zpracování obrazu použít i pro detekci i pro lokalizaci.

V první řadě se jedná o možnost detekce pohybu v obrazu. Takové detekce je dosaženo tím, že jsou sledovány změny pixelů v určité oblasti obrazu pomocí různých algoritmů určených pro detekci pohybu. Pokud na následujících snímcích dojde k významné změně pixelů oproti pixelům předcházejícím, tzn. že do záběru vejde člověk, může být detekován pohyb. [32]

Tyto algoritmy se po zachycení pohybu snaží rozlišit mezi opravdovým pohybem nebo falešnou detekcí, například pomocí filtrace obrazu nebo pomocí dalších parametrů. Dají se také použít pro určení směru a rychlosti objektu, kdy je porovnáváno několik po sobě jdoucích snímků.

Další možností využití přináší pokročilé metody analýzy obrazu, kdy pomocí umělé inteligence a strojového učení dochází k rozpoznání naučených objektů v obrazu. Tato analýza probíhá v reálném čase a je jí možné využít pro detekci osob, automobilů, ale také pro detekci a rozpoznávání konkrétních obličejů. [33][34]



Obrázek 24 - Detekce objektů (zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Detected-with-YOLO--Schreibtisch-mit-Objekten.jpg>)

Ta se zaměřuje na rozpoznávání jednotlivých rysů tváře, z nichž je vytvořen unikátní otisk, který je poté porovnán s naučenou databází, ve které je hledána shoda.

V současné době má technologie rozpoznávání obličejů široké využití v oblasti bezpečnosti. Jedná se o kontroverzní metodu, jelikož vzbuzuje otázky ohledně zásahu do soukromí.[35][36][37]

Tento způsob vyžaduje nemalé systémové prostředky, jelikož zpracování obrazu je výkonově náročný proces.



# **Praktická část**

## 10 Představení řešeného problému

Jak je popsáno v cílech této práce, úkolem této diplomové práce je vyřešit problém týkající se detekce přítomnosti v místnosti. Smyslem vyřešení tohoto problému je získat možnost přesněji a komplexně řídit chod systému chytré domácnosti, která tak kromě informace, jestli je daná osoba doma či nikoliv, bude mít k dispozici i informaci o tom, v jaké místnosti se některá z osob nachází. Možnost vytvoření takové funkcionality otevírá nové možnosti ve způsobu řízení chytré domácnosti, a má nespočet výhod i pro budoucí využití. Pomocí této funkcionality lze řídit například osvětlení, vytápění, větrání, či jiné individuální přizpůsobení stavu domácnosti.

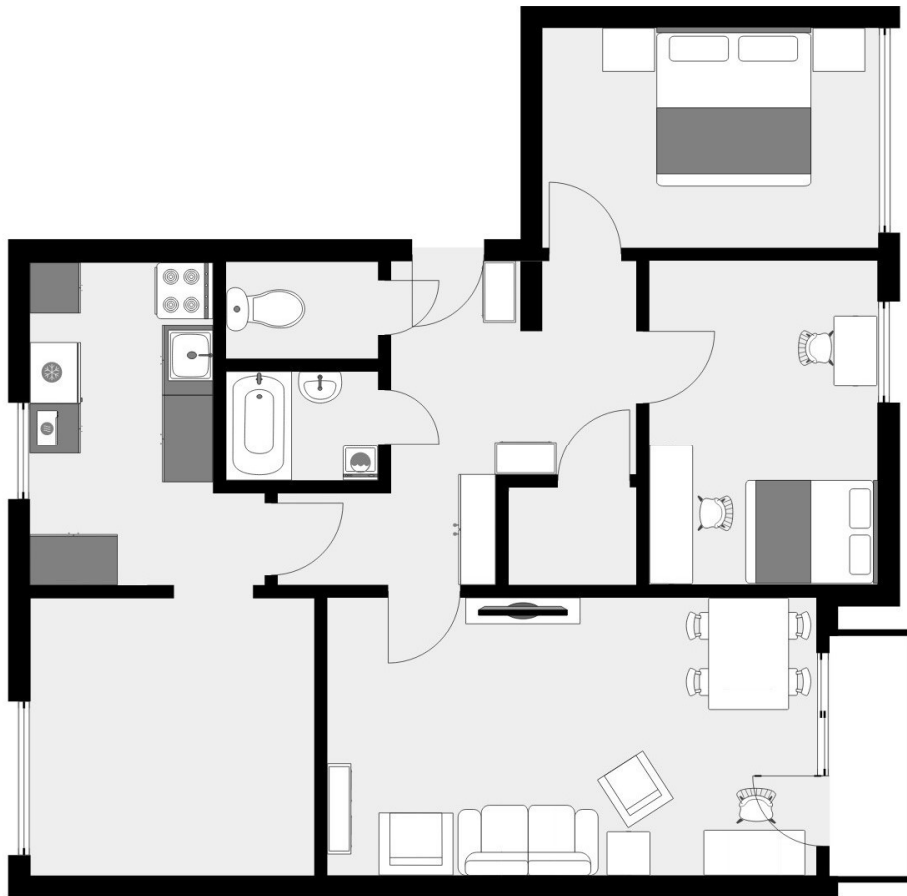
První část praktické části se věnuje představení domácnosti, na které byly tyto experimenty testovány, kvůli představení možností takové domácnosti a typům zařízení, které se v ní nacházejí.

Druhá část této praktické části se zabývá samotným problémem řešení detekce přítomnosti v místnosti pomocí různých dostupných relevantních metod nejen pro tuto domácnost, jejich vyhodnocení, a návrhu optimálního řešení.

Třetí část se věnuje tvorbě automatizací, které jsou přímo závislé na možnostech získaných implementací detekce přítomnosti, a bez takového řešení by nemohly existovat.

## 11 Představení domácnosti

Samotná domácnost je realizována v bytě 3+1, ve kterém trvale žijí 3 osoby. Nachází se v zastavěné oblasti ve druhém patře bytového domu. Úvahy o chytré domácnosti a samotné prvky chytré domácnosti se zde objevují od roku 2017, kdy se na trhu začaly objevovat dostupná chytrá zařízení různých výrobců. V té době se jednalo o nepříliš propojenou chytrou domácnost, kdy se jednotlivé prvky ovládaly samostatně prostřednictvím příslušné aplikace. Tento stav trval do roku 2020, kdy díky dalšímu vývoji těchto zařízení a zároveň vývoji volně dostupného softwaru k realizaci chytré domácnosti došlo k integraci těchto prvků do nového systému, který umožňoval daleko větší možnosti, než jaké byly do té doby na poli řízení automatizací dostupné.



Obrázek 25 - Půdorys domácnosti (zdroj: vlastní)

## 11.1 Použitá platforma (Home Assistant)

Chytrá domácnost je provozována na platformě Home Assistant od roku 2020. Systém je nainstalovaný na minipočítači Raspberry Pi 4 s operační pamětí 8 GB a SSD diskem. Domácnost je na této platformě provozována z toho důvodu, že se jedná o komplexní opensource řešení, které nabízí vysoké možnosti rozšiřitelnosti a integrace zařízení různých výrobců, nedochází tak k vendor locking. [52]

Současná nainstalovaná verze, na které je chytrá domácnost provozována, je verze 2023.2.2.



Obrázek 26 - Raspberry Pi s Conbee II (zdroj: vlastní)

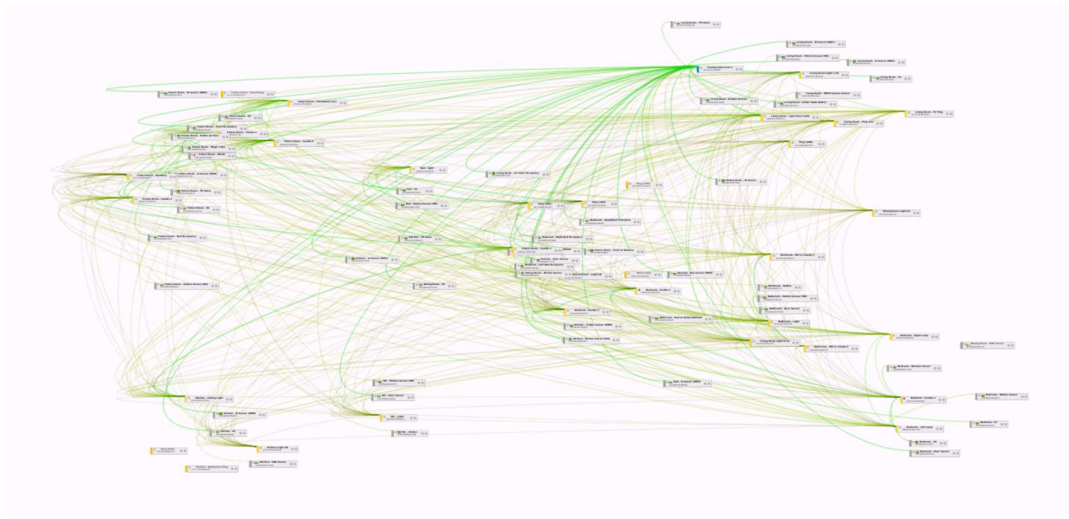
## 11.2 Další používané aplikace v rámci systému

Pro potřeby chytré domácnosti je pomocí doplňků nainstalovaných několik dalších aplikací, které zajišťují rozšířenou funkcionalitu. Relevantními aplikacemi pro potřeby této diplomové práce jsou

### 11.2.1 Deconz

V případě Deconz se jedná o obslužnou aplikaci k Zigbee koordinátoru Conbee II, který je nezbytný pro vytvoření Zigbee sítě. Pomocí této aplikace jsou do systému přidávány a nastavovány Zigbee prvky. Skrze tuto aplikaci jsou tyto prvky vystaveny do Home Assistant ve formě zařízení (devices) a entit a je s nimi možné dále pracovat.

Deconz i Conbee II jsou produkty vyvíjené německou společností Dresden elektronik ingenieurtechnik GMBH.



Obrázek 27 - Zigbee síť s 92 prvky (zdroj: vlastní)

### 11.2.2 ESP Home

ESP Home je aplikací, která poskytuje prostředí pro správu zařízení ESP32 s nainstalovaným systémem ESP Home. ESP32 je prototypovací deska s mikrokontrolerem, podobně jako Arduino, ovšem obsahuje rozšířenou bezdrátovou funkcionalitu ve formě Wi-Fi a Bluetooth. Je široce používána mezi smart home komunitou, jelikož umožňuje tvorbu vlastních smart home zařízení například pomocí připojení dalších drátových senzorů. [18]

Díky tomuto systému a této aplikaci je možné do zařízení ESP32 nahrávat zdrojový kód. Tato zařízení poté slouží jako samostatné IoT zařízení s možností připojení dalších zařízení na hardwarové piny. Hodnoty nebo funkcionality jsou poté exponovány do Home Assistant a lze s nimi dále pracovat.

### **11.2.3 Frigate**

V jednom z experimentů bylo nutné použít i tuto aplikaci, která se v chytré domácnosti standardně nevyskytovala. Jde o aplikaci Frigate, která slouží ke zpracování a detekci objektů v obrazu. Umožňuje připojit RTSP kamery, jejichž stream je poté dále zpracováván pomocí detekce objektů. Tato aplikace podporuje i připojení externího TensorFlow akcelerátoru, který urychluje AI výpočty v obrazu. [16]

## **11.3 Používaný IoT hardware**

Tato chytrá domácnost obsahuje zhruba 150 chytrých zařízení, mezi kterými nechybí chytrá světla, zásuvky, teploměry, senzory několika druhů, kamery, televize, počítače a další.

Mezi ta nejvýznamnější zařízení využívané v této domácnosti patří následující skupiny:

### **11.3.1 Světla**

V domácnosti se nachází celkem 23 světel, která jsou připojena prostřednictvím sítě Zigbee. Jedná se o RGBW světla, která umožňují změnu jasu, teploty bílé barvy, a různé barvy. V domácnosti jsou používána k běžnému svícení i k vytváření ambientního osvětlení.

### **11.3.2 Zásuvky**

Dalšími neopominutelnými zařízeními jsou chytré zásuvky. Pomocí těchto zásuvek je realizována funkce časového spínání u některých zařízení, například u osvětlení hydroponického květináče s bylinkami. Další funkcionalita těchto zásuvek je měření aktuálního příkonu elektrické energie a spotřeby elektrické energie. Měření spotřeby slouží v systému Home Assistant k vytváření přehledů o spotřebované energii jednotlivých zařízení. Samotná informace o příkonu jednotlivých zařízení je používána k tomu, aby možné zjistit u zařízení, která nedisponují chytrou funkcionalitou, detekovat

jejich stav. Jedná se například o rychlovarnou konvici nebo mikrovlnnou troubu. Podle jejich aktuálního příkonu je možné detekovat, kdy je spotřebič v provozu a kdy již dokončil svou činnost. Obsluha jedné ze zásuvek je nastavena tak, aby chytrá domácnost podle hodnoty příkonu rozeznala jednotlivé spotřebiče zapojené do této zásuvky, a poté provedla odpovídající akci.

Z důvodu bezpečnosti a úspory energie jsou některé ze zásuvek vypínány při splnění určitých podmínek, například v noci nebo při odchodu z domova.

### **11.3.3 Topení**

Na radiátorech v jednotlivých místnostech jsou instalovány chytré termostatické hlavice, které nastavují teplotu topení podle různých scénářů. Jedná se zejména o změnu teploty během dne, o úpravu teploty na základě teploty venku, vypnutí topení při otevření oken, a úpravu teploty v případě, že všechny osoby opustí domácnost.

### **11.3.4 Žaluzie**

Některé místnosti jsou vybaveny motorizovanými žaluziemi, které jsou používány pro stínění místnosti v závislosti na určitých podmínkách, jako je třeba denní doba, úhel slunečního svitu, nebo například jestli je rozsvícené světlo v místnosti.

### **11.3.5 Multimediální zařízení**

#### **11.3.5.1 Televize**

V domácnosti se nachází i televize se systémem Android TV, která se používá k přehrávání multimediálního obsahu. Pomocí systému chytré domácnosti je možné tuto televizi vzdáleně ovládat či přizpůsobovat okolní zařízení v závislosti na jejím stavu (například ztlumit světla). Díky systému Home Assistant také lze do této televize poslat notifikaci, která se objeví na obrazovce a může tak informovat o různých událostech.

#### **11.3.5.2 Reprodukory**

Dalšími multimediálními zařízeními, které se v dané domácnosti nacházejí jsou reproduktory. Téměř v každé místnosti se nachází alespoň malý ambientní reproduktor, jehož hlavním účelem je přehrávat zvuková upozornění v závislosti na různých událostech v domácnosti. Některé reproduktory obsahují i obrazovku, kterou lze použít

k zobrazení obrazových upozornění, informací, nebo k ovládání jiných zařízení pomocí dotykové obrazovky,

### **11.3.6 Mobilní telefony/Tablety**

Zařízení tohoto typu umožňují chytrou domácnost ovládat pomocí hlasových asistentů nebo aplikace Home Assistant, ale zároveň poskytují mnoho informací o svém stavu, se kterými se dá posléze pracovat. Mezi takové informace řadíme:

- Poloha – řízení domácnost v závislosti na tom kde se osoba nachází
- Stav baterie – při poklesu stavu baterie pod určitou hodnotu můžeme přehrát nebo zobrazit upozornění na zařízeních v domácnosti
- Stav hovoru – během aktivního hovoru je možná např. vypnout zvuk u televize

A spoustu dalších informací, které poskytuje nativní aplikace Home Assistant, včetně typu připojení, názvu Wi-Fi, aktivní aplikace, počtu oznámení apod.

V některých místnostech jsou na stěně instalovány tablety s dashboardem určené k ovládání té dané místnosti a zobrazení přehledu různých hodnot, například teploty.

### **11.3.7 Senzory**

Mezi neopomenutelné prvky této chytré domácnosti se řadí nespočetné množství senzorů. Tyto senzory mohou být fyzickými zařízeními, nebo jen softwarovými informacemi jako jsou hodnoty z internetu, nebo diagnostická data některého ze zařízení.

#### **11.3.7.1 Fyzické senzory**

Domácnost je vybavena nejrůznějšími typy fyzických senzorů, které buď přímo plní svou původní funkci, anebo jsou jejich vlastnosti využity k jiným účelům. V základu se jedná o:

- Kontaktní senzory – jde o magnetické senzory určené pro dveře a okna, v případě přiblížení magnetu k senzoru dojde k aktivaci senzoru, v případě oddálení k deaktivaci. Těmito senzory jsou vybavena všechna okna a dveře v domácnosti a na tomto základě jsou přizpůsobovány automatizace. Senzory se dají dále použít například pro detekci otevřené skříně, nebo šuplíku. Jeden ze senzorů je umístěný na lednici, protože samotná lednice nedisponuje takovou funkcionalitou.



- Pohybové senzory – jde o senzory, které se používají k detekci pohybu. V této domácnosti jsou používány zejména k rozsvícení světel v místnostech, kde jde deterministicky vyhodnotit potřeba takové světlo rozsvítit.
- Teploměry – každá z místností je vybavena jedním nebo více teploměry, pomocí kterých je monitorována teplota v místnosti
- Senzory vibrací – jde o senzory, které reagují na otřesy, v této domácnosti jsou využity jako senzor průběhu pracího cyklu na pračce, jelikož pračka samotná touto funkcionalitou nedisponuje. Lze je dále použít například jako součást zabezpečovacího systému.
- Senzory záplavy – jde o senzor, který obsahuje dva exponované kontakty, které po propojení v případě záplavy vodou senzor aktivují. Díky svému jednoduchému fungování a úspornému provozu na baterie je lze použít v mnohých dalších úpravách, kde změna detekována pomocí propojení dvou kontaktů. V této domácnosti jsou po úpravě využívány jako tlakové senzory.

### **11.3.7.2 Softwarové senzory**

Tyto senzory jsou hodnotami monitorovanými a shromažďovanými nepřímo pomocí různých zařízení v chytré domácnosti. Může se jednat o diagnostické informace z mobilního telefonu, diagnostické informace z jednotlivých zařízení, diagnostické informace samotného systému Home Assistant a přidružených aplikací, ale třeba i o údaje získané z internetu jako je třeba počasí nebo fáze lunárního cyklu.

Celkem se v konkrétní instanci systému Home Assistant nachází 1530 takovýchto entit, jejichž stav je monitorován a tím je umožněno další zpracování.

### **11.3.8 Specifická zařízení**

V této chytré domácnosti se také nachází několik neopomenutelných zařízení, které se však nepodařilo zařadit do předchozích skupin.

#### **Čistička vzduchu**

Jedním z těchto zařízení je čistička vzduchu, která umožňuje vzdálené ovládání prostřednictvím Home Assistant, a tak se její provoz dá řídit pomocí automatických scénářů.

#### **Synology NAS**

Ačkoliv NAS není vyloženě zařízení chytré domácnosti, lze jej do systému Home Assistant integrovat, monitorovat jeho stav, vzdáleně jej ovládat, a hlavně je jeho prostřednictvím dostupný multimediální obsah, který lze v HA využít.

#### **ESP32**

Jak bylo zmíněno v úvodní kapitole, v domácnosti se nachází i několik ESP32 se systémem ESP Home, která jsou určena k různým nestandardním účelům.

Jde o:

- Senzor závlahy květináče
- Bluetooth zařízení pro odposlech dat z teploměrů
- Zařízení k otevření bzučákových dveří

#### **Vektiva Smarwi**

Toto zařízení umožní mechanizované větrání otevřením okna na ventilaci, a jeho opětovné zavření. Skládá se z hlavní jednotky, která se posouvá po hřebenové liště čímž je docíleno otevírání a zavírání okna, a tím je možné provádět automatické větrání.

## 12 Metodika experimentů

Jak bylo nastíněno v cílech této diplomové práce, jejím účelem je vyřešit problém detekce přítomnosti na úrovni místnosti v prostředí chytré domácnosti. Aby mohla být taková funkcionalita vytvořena, bylo potřeba přijít s kreativními nápady, jakým způsobem se vůbec takového cíle dá dosáhnout.

Pro začátek byly stanoveny podmínky, které byly v souladu s vnitřním přesvědčením a prioritami autora této práce.

Těmi jsou:

1. Řešení musí být nenáročné na obsluhu (tzv. set and forget)
2. Řešení musí být využitelné i pro netechnicky vzdělané osoby
3. Řešení musí být postavené na open source základech, provozované lokálně, a s důrazem na soukromí osob
4. Řešení musí být ekonomicky nenákladné
5. Řešení musí být vytvořeno z běžně dostupného hardwaru
6. Řešení musí být replikovatelné na obdobných domácnostech

Pro každou z metod bude dostupný seznam požadovaných věcí, které jsou k realizaci nezbytné, logický průběh těchto experimentů pomocí diagramů, zdrojový kód těchto automatizací (v přílohách), a přibližná nákladnost takového řešení.

Po provedení všech experimentů bude provedeno vyhodnocení a návrh optimálního řešení.

## 13 Úvod do použitých metod

Metody byly vybírány tak, aby využívaly běžně dostupných prostředků, které se již povětšinou v chytrých domácnostech nachází. Některé z metod umožňují pouze detekci osob v místnosti a pomocí jiných lze dosáhnout i rozlišení jednotlivých osob. Původním úmyslem bylo pouze najít způsob jakým zjistit, jestli v konkrétní místnosti někdo je, ale ukázalo se, že v rámci některých metod lze snadnou cestou dosáhnout individuálního rozlišení.

Realizace probíhala v prostředí nativního systému Home Assistant, a v případě nutnosti s použitím doplňkových aplikací. Tento způsob byl vybrán právě z důvodu jednoduché replikovatelnosti s možností interoperability jednotlivých metod bez nutnosti instalace dalšího jednoúčelového softwaru.




Pro všechny tyto experimenty bylo nutné vytvořit společný základ, kterým je pomocný boolean reprezentující obsazenost či neobsazenost místnosti, a dále také dropdown selecty s předem definovanými možnostmi pro jednotlivé osoby v domácnosti.

Tyto položky se nazývají helpery a jejich definování a vytvoření probíhá přímo v Home Assistant.



<input type="checkbox"/>	Presence - Bathroom	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Bedroom	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Dining Room	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Future Room	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Hall	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Kitchen	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Living Room	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - Not Home	input_boolean.presenc...	Toggle
<input type="checkbox"/>	Presence - WC	input_boolean.presenc...	Toggle

Obrázek 28 - Vytvořené proměnné pro jednotlivé místnosti


	Person A	input_select.person_a	Dropdown
	Person B	input_select.person_b	Dropdown
	Person C	input_select.person_c	Dropdown

Obrázek 29 - Selecty jednotlivých osob










×
Person A

INFO
SETTINGS
RELATED

Name  
Person A

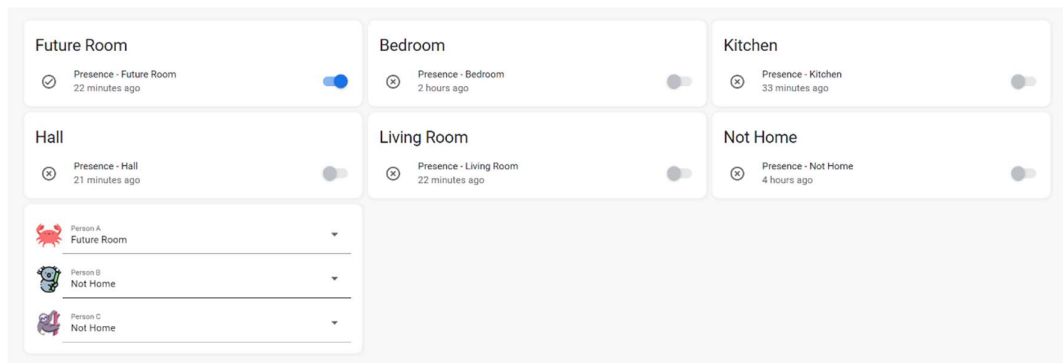
 Icon  
mdi:account ×

Options:

- Living Room

- Bedroom

- Kitchen

- Dining Room

- Hall

- Future Room

- Bathroom

- WC

- Not Home


Add option
ADD

Obrázek 30 - Detail Person selectu s jednotlivými možnostmi



Obrázek 31 - Dashboard s jednotlivými místnostmi a osobami

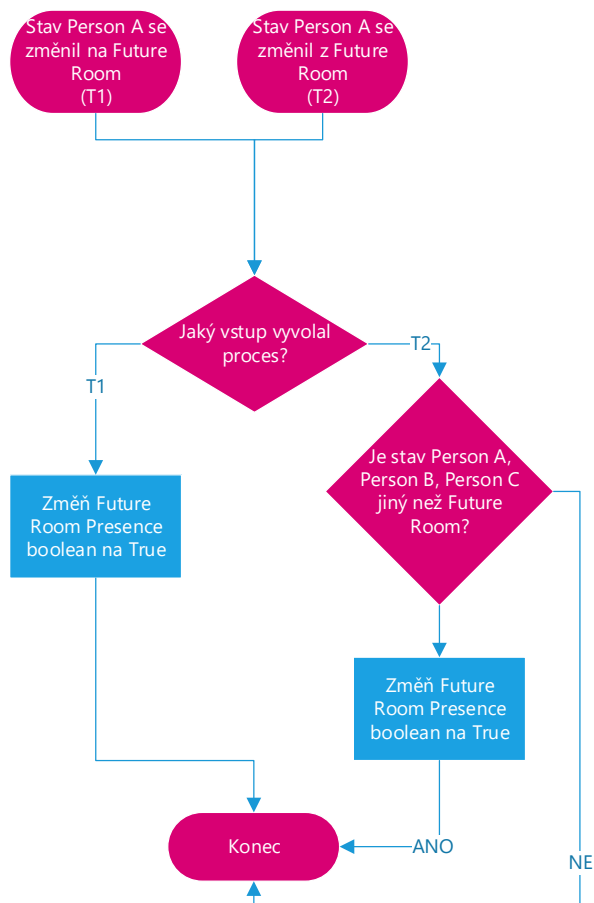


Obrázek 32 - Vizualizace jednotlivých místností

Proměnné booleany se dají ovládat příslušnými funkcemi buď přímo (`turn_on`, `turn_off`), ale v tomto případě byla vytvořena navázaná funkcionalita pomocí stavu jednotlivých osob.

Funkcionalita je realizována tak, že pokud se změní hodnota jedné z osob na konkrétní místnost, *Presence boolean* té místnosti se zapne. *Presence boolean* zůstává zapnutý po celou dobu, kdy je alespoň jeden *Person select* nastavený na jemu odpovídající místnost.

V případě, že se všechny *Person selecty* změní na jinou než právě zapnutou místnost, *Presence boolean* se vypne.



Obrázek 33 - Vizualizace průběhu automatizace obsluhy *Presence booleanu* pomocí *Person selectu*

## 14 Metoda s použitím NFC nálepek

Nejjednodušší metodou, kterou lze použít je princip na základě manuálního přepínání jednotlivých booleanů a selectů. Takový princip není příliš pohodlný, protože by znamenal mít v každé místnosti minimálně tlačítko, kterým by se takový boolean přepnul do stavu *on*, a tím bychom přišli o funkcionalitu na úrovni jednotlivých osob. Pokud bychom chtěli i takovou funkcionalitu, musel by být v každé místnosti dostupný nástěnný panel s dashboardem, kde by docházelo k manuálnímu přepínání svého příslušného selectu jednotlivými osobami. Ani tento způsob by však nebyl komfortní ve vztahu k vynaloženým prostředkům.

Nicméně pro podobnou funkcionalitu s minimálními náklady lze použít následující metodu. Jedná se o metodu s využitím NFC nálepek.

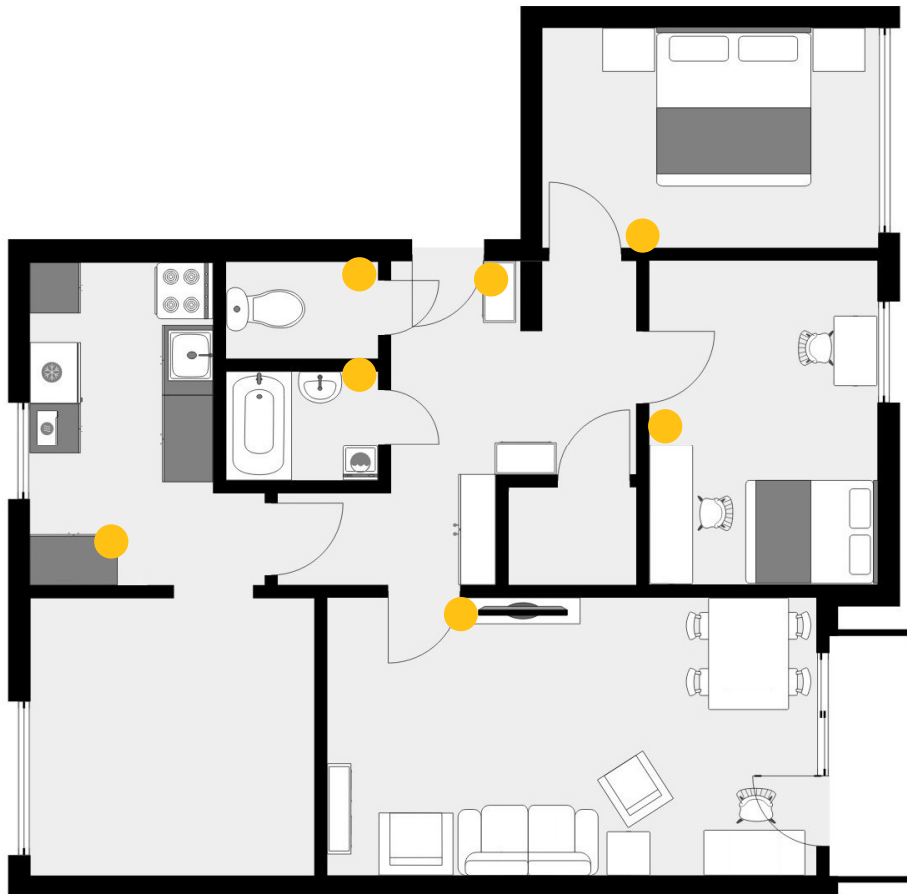
Samotný Home Assistant podporuje nativně vytváření a čtení takových NFC štítků, pomocí kterých je možné dále spouštět jednotlivé automatizace. Každému takovému zapsanému štítku je přiřazeno unikátní nebo uživatelské ID, které se následně používá pro identifikaci v systému HA. Po přečtení takového NFC štítku je provedena příslušná automatizace pomocí propojení s mobilní aplikací v telefonu.

Je také možné identifikovat, které zařízení daný štítek přečetlo, a proto je u této metody možné identifikovat konkrétní osobu, která tento štítek naskenovala.



Obrázek 34 - NFC nálepky, tagy, a karta





Obrázek 35 - Rozmístění NFC nálepek

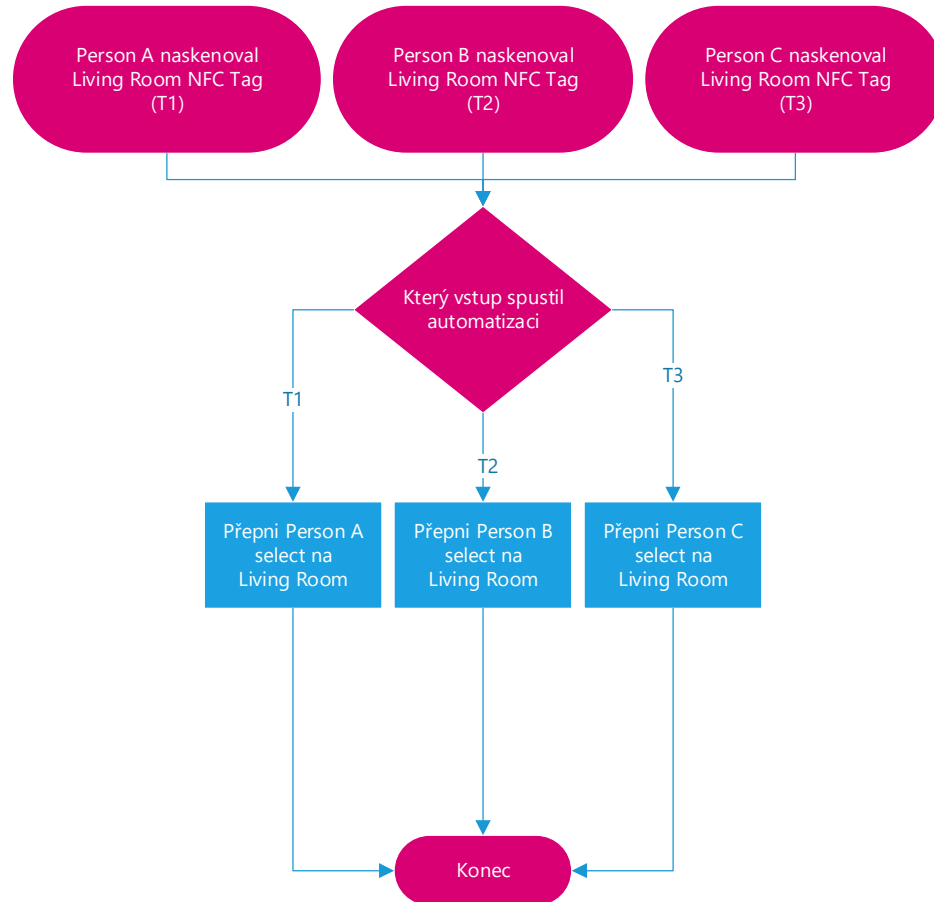
NFC nálepky jsou velice versatilní a lze je umístit prakticky kdekoliv. Dokonce mohou být schované pod vrstvou nevodivého materiálu, přes který se je daří načíst. Nevyžadují žádné napájení a nenarušují vzhled interiéru.

Zároveň jsou velice levné a toto řešení pro své fungování nevyžaduje žádná další zařízení kromě nálepky samotné a mobilního telefonu s NFC čtečkou, kterou jsou vybaveny všechny dnešní chytré telefony.

Jedna NFC nálepka vychází zhruba na 4 Kč/kus, a v případě použití plastového NFC tagu, který se může hodit pro využití v exteriéru je to 8 Kč/kus.

Podobným způsobem se dají přímo v Home Assistant generovat QR kódy se stejnou funkcionalitou, ale jejich použití by vyžadovalo viditelné umístění, které by bylo nutné

pokaždé načíst prostřednictvím fotoaparátu, což zdaleka není tak intuitivní jako pouhé přiložení telefonu na určité místo.



Obrázek 36 - Schéma průběhu automatizace naskenování NFC tagu

Tuto automatizaci je nutné vytvořit vícekrát pro každý tag – každou místnost zvlášť. Po naskenování tagu se vyhodnotí `tag_id` a `device_id` které následně projde odpovídající cestou ve switchi k příslušné osobě. *Person select* této osoby, která naskenovala NFC tag, se přepne na hodnotu definovanou touto automatizací – název místnosti.

Pomocí dalších automatizací popsaných v úvodu se poté zapne *příslušný Presence boolean* odpovídající místnosti a ostatní se při splnění podmínky, že v místnosti již nikdo nezůstal, vypnou.

## 15 Metoda s použitím pohybových senzorů

Další metodou, která měla za cíl odstranit nutnost manuálního přepínání požadovaných hodnot je experiment využívající pohybové senzory. Pohybové senzory mají nezastupitelné místo v chytrých domácnostech, jelikož se hodí pro řadu případů, ve kterých je pohybem řízena nějaká automatizace. Nejčastěji se jedná o využití v rámci zabezpečovacího systému, nicméně možnosti jsou otevřené. Navázaná funkcionality pohybových senzorů může tak například rozsvěcovat světla.

Jednou z výhod pohybových senzorů je skutečnost, že jsou malé a napájené pomocí baterií, takže se dají umístit téměř kamkoliv.

Pro tento experiment jsem využil konkrétně pohybové senzory Aqara Motion Sensor, které se řadí k nejspolehlivějším senzorům tohoto typu s nejvyšší výdrží baterie. Jsou napájeny pomocí knoflíkové baterie CR2450 a dokáží detekovat pohyb v poli 170° do vzdálenosti až 6 metrů. Jde o pasivní IR senzory, to znamená, že detekují pohyb na základě do nich vyzářeného infračerveného záření (tepla) v zorném poli. Cena takového senzoru se pohybuje okolo 430 Kč/kus.

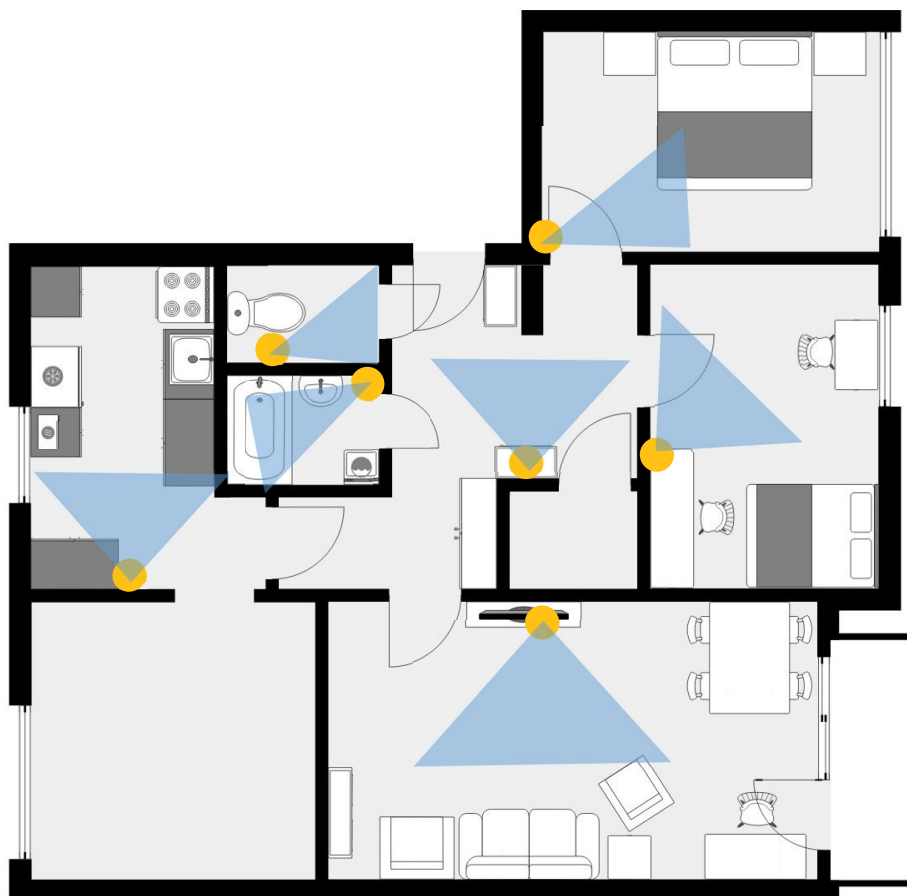
Senzory komunikují pomocí technologie Zigbee a do chytré domácnosti jsou integrovány přes aplikaci Deconz.

Kvůli úspoře energie mají pohybové senzory tohoto typu tzv. cooldown, což je čas, kdy po detekci pohybu tento senzor nějakou dobu další pohyb nedetekuje. V případě tohoto senzoru jde o 2 minuty. Tím vzniká problém, jelikož takový senzor by pro účely tohoto experimentu nešlo využít, pokud by dlouhou dobu nehlásil, co se před ním děje. Tuto slabinu se podařilo obejít využitím hardwarové úpravy senzoru, kdy se tento cooldown podařilo snížit až na 5 sekund, čímž je možné získat téměř živou informaci o tom, jestli je v určitém okamžiku před senzorem pohyb.



Obrázek 37 - Pohybový senzor Aqara

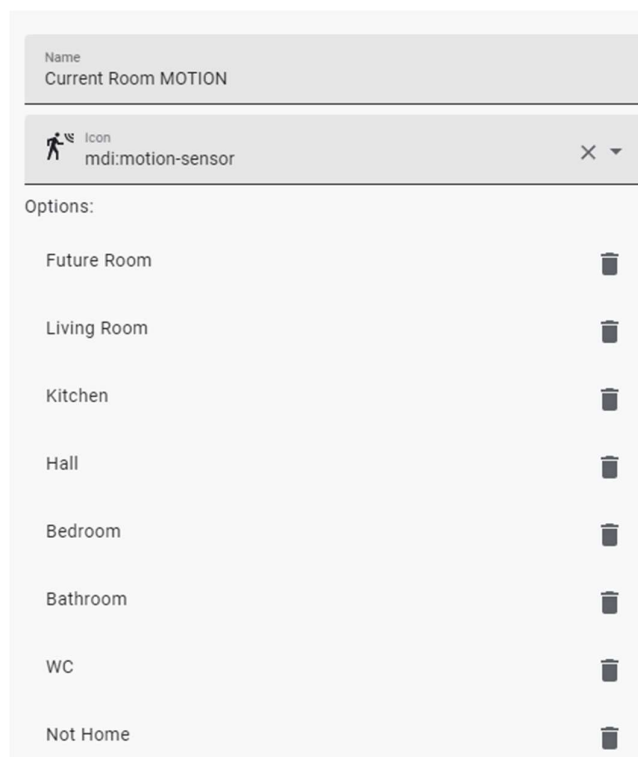
Díky své velikosti a provozu na baterie nebyl problém v tom umístit pohybový senzor do všech zájmových místností. Senzor bylo nutné namířit směrem do prostoru místnosti.



*Obrázek 38 - Rozmístění pohybových senzorů*

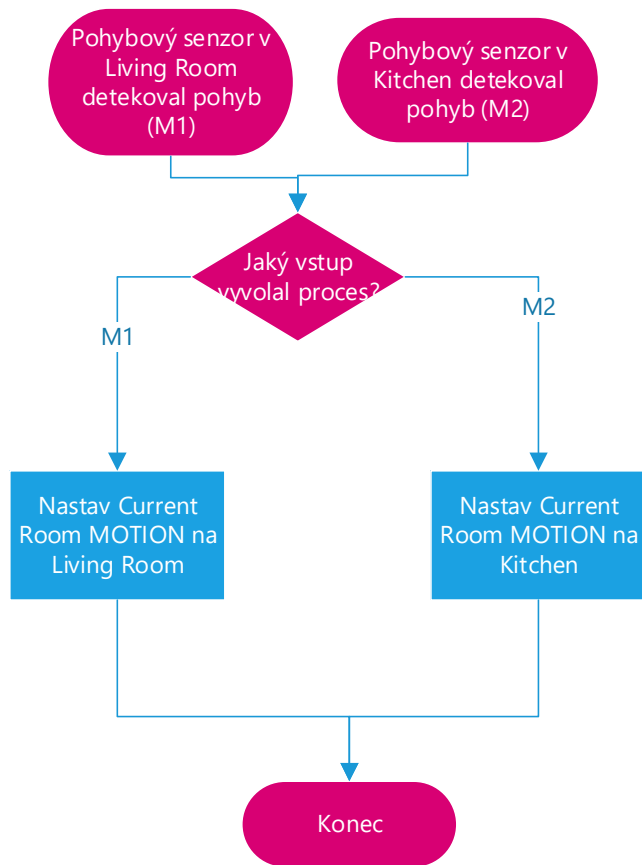
V další fázi bylo nutné vytvořit logickou posloupnost událostí a kroků tak, aby bylo spolehlivě rozpoznatelné, ve které místnosti se osoba aktuálně nachází.

V prvním kroku bylo nutné vytvořit si pomocnou proměnnou, která bude moci nabývat hodnot podle názvu jednotlivých místností.



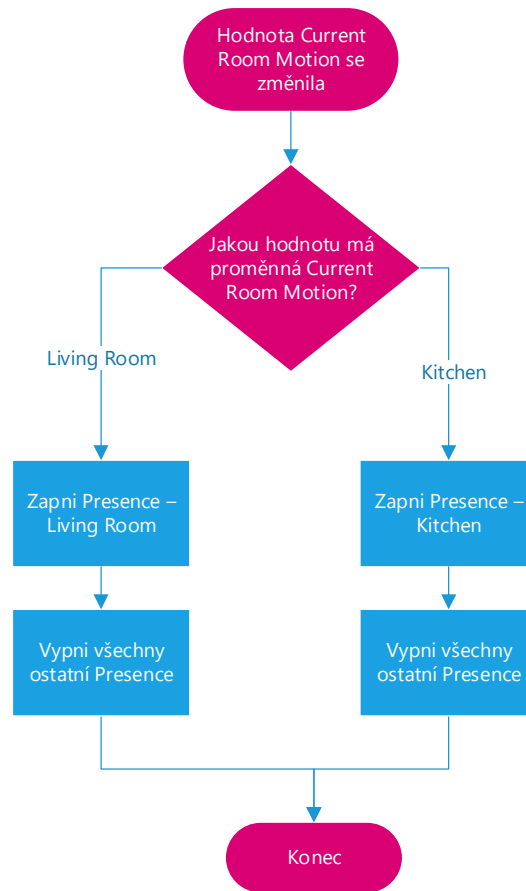
Obrázek 39 - Proměnná *Current Room MOTION*

Dalším krokem bylo nutné vytvořit automatizaci takovým způsobem, která podle detekovaného pohybu na určitém senzoru nastaví tuto proměnnou na odpovídající hodnotu. Při detekci pohybu tak dojde k vyhodnocení, který pohybový senzor pohyb detekoval a podle toho je nastavena hodnota.



Obrázek 40 – Zjednodušené schéma Motion 1

V následujícím kroku bylo nutné tuto změnu propsat do existující reprezentace *Presence* logiky. Při změně proměnné Current Room MOTION pomocí předchozí automatizace tak dojde k zapnutí příslušného *Presence booleanu*.



Obrázek 41 - Zjednodušené schéma Motion 2

Při pohybu v domácnosti dochází ke změnám detekovaného pohybu postupně, takže jsou tyto automatizace spouštěny a prováděny sekvenčně podle události, kdy došlo k detekování pohybu. Platí proto vždy nejnovější informace o detekci pohybu, z té je nastavena *Presence* pro aktuální místnost, a zároveň je *Presence* v ostatních místnostech okamžitě vypnuto, což zamezuje prodlevám v případě, že v místnosti již nikdo není.

## 16 Metoda s použitím MM Wave senzorů

V rámci dalšího experimentu byla využita technologie detekce pomocí milimetrových vln. Jedná se o metodu aktivní detekce a jak bylo nastíněno v teoretické části, jedná se o princip kontinuálního vysílání a detekce odražených milimetrových vln a detekci známek života.

Tento způsob je pro využití k detekci osob v chytrých domácnostech zcela nový, a proto na trhu není příliš mnoho zařízení, která by bylo možné využít.

V tomto případě byl využitý senzor Aqara FP1, který se objevil na trhu během roku 2022 a patří k prvním senzorům tohoto typu a účelu vůbec. K detekci využívá vlny o frekvenci 60 GHz s detekčním polem 120° do vzdálenosti 5 metrů. Je napájen pomocí 5 V adaptéru do zásuvky. Cena tohoto zařízení se pohybuje okolo 1500 Kč/kus.

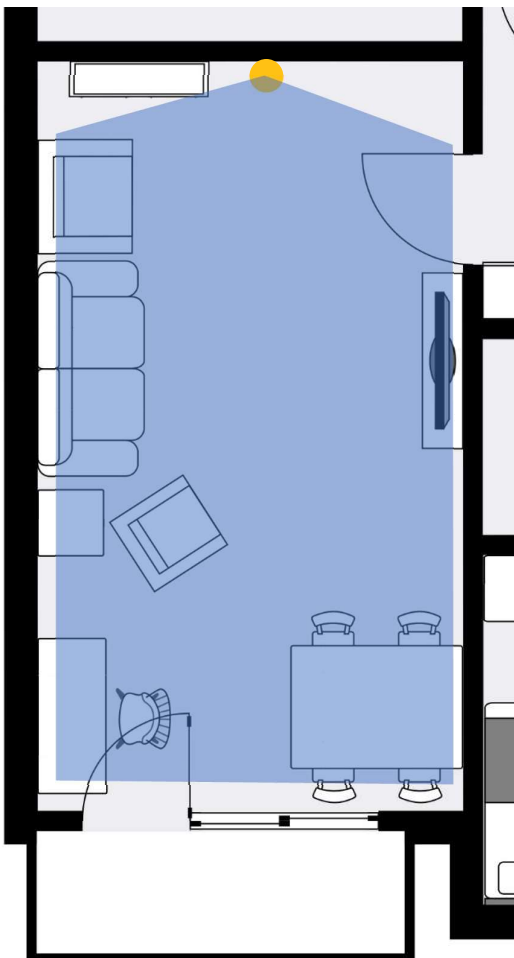
Senzor využívá ke komunikaci protokol Zigbee a do chytré domácnosti je integrován pomocí aplikace Deconz.



Obrázek 42 - MM Wave senzor Aqara FP1

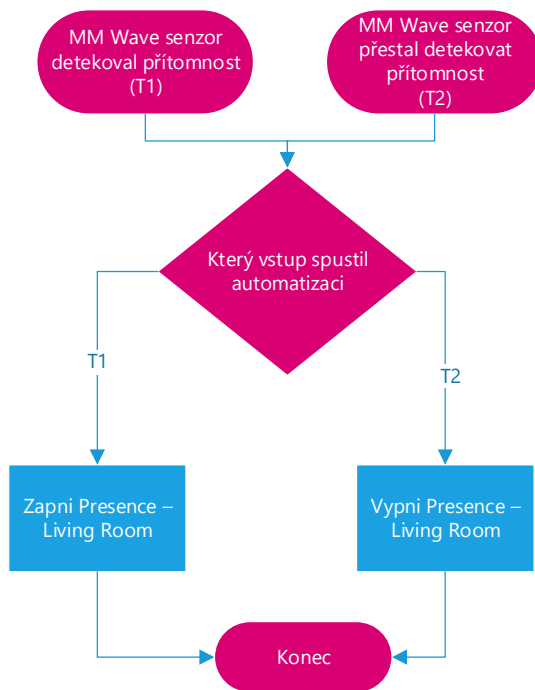


Kvůli vysoké ceně, který momentálně činí necelých a omezené dostupnosti na trhu byl tento senzor testován pouze v jedné místnosti. Stejně jako u pohybových senzorů je nutné jej umístit tak, aby byl namířen do prostoru, kde má přítomnost detekovat.



Obrázek 43 - Obývací pokoj s MM Wave senzorem

V tomto případě není logika řešení nijak výrazně složitá, jelikož je možné přímo stavem senzoru ovládat *Presence boolean* příslušné místnosti bez dalších pomocných automatizací nebo proměnných.



Obrázek 44 - Schéma MM Wave

## 17 Metoda s použitím kamer

Jednou z metod, jejíž cílem bylo poskytnout informaci o tom, která konkrétní osoba se v místnosti nachází, byla metoda s využitím kamer a analýzy obrazu z nich. Kamery mají nezastupitelnou roli v zabezpečovacích domácnostech nebo jiných objektů a jejich pokročilé možnosti nabízí široké využití.

Pro tento experiment bylo nutné nalézt způsob, kterým by bylo možné kamery do systému Home Assistant integrovat takovým způsobem, aby údaje z nich byly dostupné k dalšímu zpracování. To se podařilo díky aplikaci Frigate, která poskytuje možnosti správy IP kamer s lokálním vyhodnocováním obrazu.

Jako kamera byla pro tento experiment vybrána kamera TP Link C210. Tato kamera disponuje rozlišením  $2304 \times 1296$  px a je napájena ze sítě. Její cena je kolem 1200 Kč/kus. Již samotná kamera umožňuje detekci pohybu a s předplatným v příslušné aplikaci i detekci osob.



*Obrázek 45 - Kamera TP Link*

Jak bylo nastíněno ve výchozích bodech pro experimenty, použití cloudové služby pro detekci osob nepřichází v úvahu, jelikož jde o nepřiměřený zásah do soukromí členů domácnosti. Samotné kamery jsou takovým zásahem, jelikož pro splnění předpokládané funkcionality by bylo nutné takovou kameru umístit do každé místnosti v domácnosti.

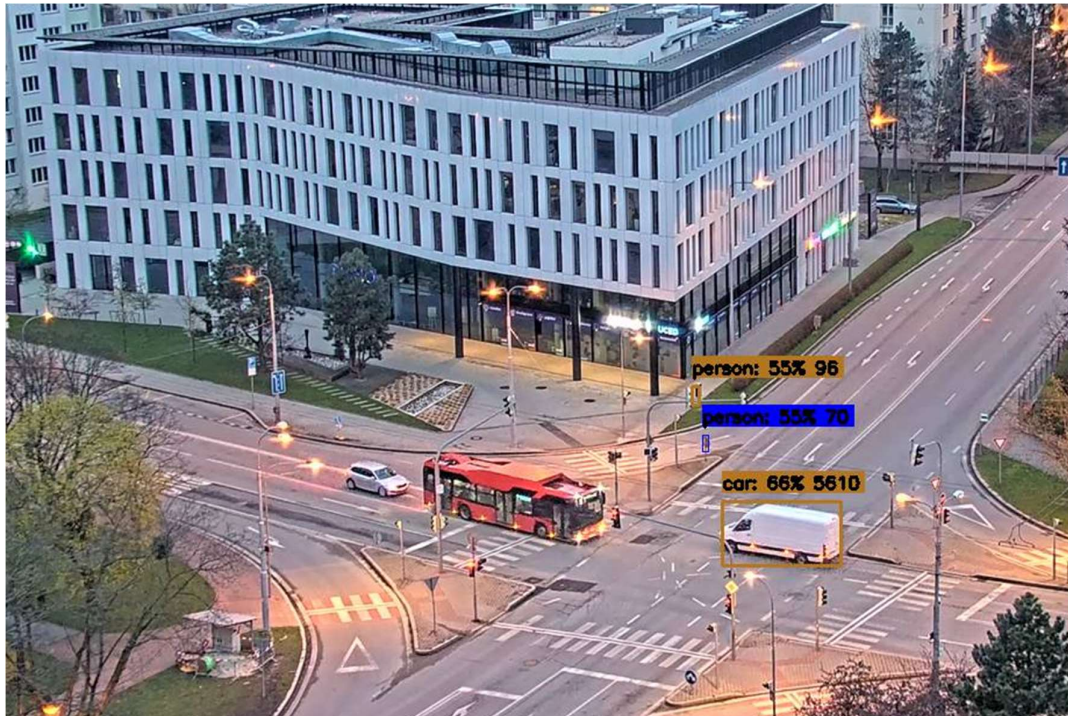
V rámci aplikace Frigate, která slouží pro správu videostreamů z kamer, lze použít lokální AI detekci objektů v obrazu. Pomocí integrovaného TensorFlow modelu tak lze detekovat několik objektů. Stejně tak lze použít i vlastní TensorFlow modely.

Pro správné fungování této detekce je však nutné využití TPU akcelérátoru, což je externí výpočetní jednotka optimalizovaná pro výpočty neuronových sítí, jelikož pro samotný procesor jsou tyto výpočty velice náročné. Bylo proto nutné pořídit Google Coral Edge TPU Accelerator, který se připojil k Raspberry Pi. Cena Google Coral se pohybuje okolo 2500 Kč/kus.



*Obrázek 46 - Google Coral AI Accelerator*

Po nastavení požadované konfigurace aplikace Frigate se otevřela možnost detekovat objekty v obrazu.



Obrázek 47 - Detekce objektů v obraze (zdroj: vlastní)

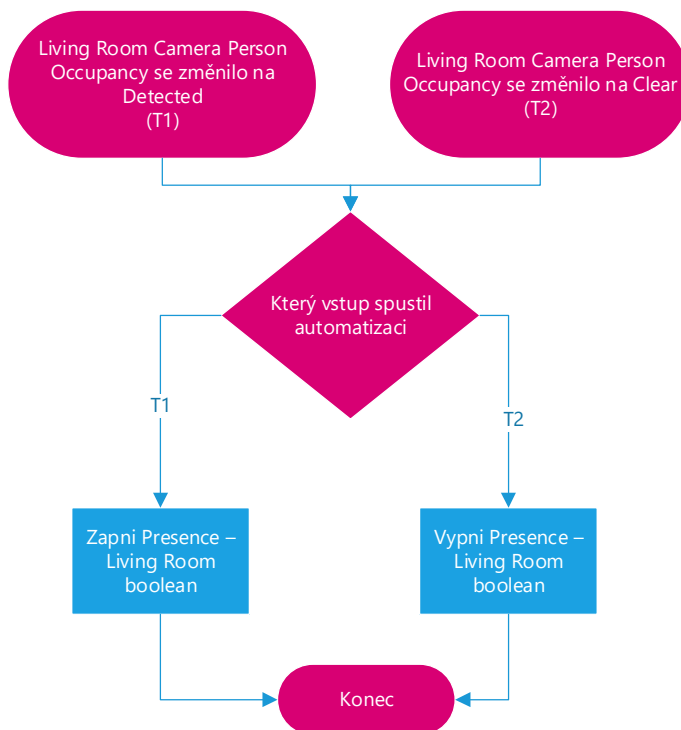
Údaje z této aplikace je poté možné prostřednictvím integrace Frigate vystavit do Home Assistant a dále s nimi pracovat.

### Hodnoty z Frigate

🧑	Camera person count	3 objects
🛡️	Camera all objects count	3 objects
🏠	Camera person occupancy	Detected

Obrázek 48 - Exponované hodnoty z Frigate v HA (zdroj: vlastní)

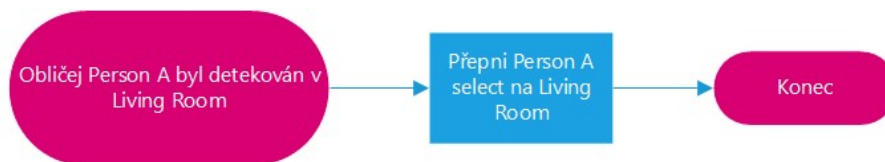
V případě nasazení pro požadovaný účel v domácnosti by tato metoda vyžadovala samostatnou kameru pro každou sledovanou místnost.



Obrázek 49 - Schéma detekce pomocí kamery

Dalším krokem by bylo využití kamer k detekci a rozpoznávání obličejů, nicméně tuto funkcionalitu se nepodařilo dokončit. Vyžadovala si nemalé systémové nároky, a ačkoliv k jejímu nastavení došlo, nebylo možné ji dále rozvíjet.

Jednalo se o detekci a rozpoznávání obličejů pomocí další aplikace DoubleTake, která tuto funkcionalitu umožňuje. Aplikace úzce komunikuje s aplikací Frigate, od které získává snapshoty detekovaných osob, které dále zpracovává k detekci obličejů. Dále aplikace umožňuje natrénování konkrétního obličeje, který bude následně rozpoznáván.



Obrázek 50 - Předpokládané schéma detekce obličejů

Pomocí navázané automatizace se při změně *Person selectu* zapne nebo vypne odpovídající *Presence boolean*.

## 18 Metoda s použitím Bluetooth tagů

V rámci této metody došlo k využití technologie Bluetooth. Tato metoda umožňuje lokalizaci konkrétního Bluetooth tagu a je tak možné rozlišit mezi jednotlivými osobami, a vytvářet tak přizpůsobené prostředí pro každého člena domácnosti.

Principem této metody je využití Bluetooth tagů a rozmístěných Bluetooth přijímačů, které z těchto tagů přijímají signál. Při pohybu v domácnosti dochází ke změnám úrovně signálu jednotlivých náramků a tím je určena nová poloha Bluetooth tagu.

Implementace této metody proběhla pomocí Bluetooth náramků od společnosti Xiaomi – Mi Band 6/7. Jako Bluetooth přijímače pro implementaci byly využity mikrokontrolérové prototypovací desky ESP32.

Nespornou výhodou této implementace se stal fakt, že chytrá domácnost a její členové veškerým potřebným hardwarem již disponovali. Náramky Mi Band patří, podle údajů z roku 2020, mezi nejvíce zastoupené *wearables* zařízení na trhu. Stejně tak se desky ESP32 široce používají pro tvorbu vlastních DIY chytrých zařízení napříč smarthome komunitou. ESP32 jsou napájeny pomocí 5 V adaptéru do zásuvky. Do chytré domácnosti jsou integrovány pomocí aplikace ESPHome.

Díky těmto skutečnostem se tak nedají odhadnout obecné celkové náklady na tuto metodu, záleží na konkrétním Bluetooth tagu (náramku, přívěšku na klíče) a zvoleného typu ESP32 zařízení. Dále tyto zařízení neslouží jen tomuto účelu, jelikož jejich hlavní a primární funkcí je být chytrými hodinkami a prototypovacím zařízením. V tomto konkrétním případě šlo o 1x Mi Band 6 (cca 1000 Kč/kus), 2x Mi Band 7 (cca 1300 Kč/kus), 5x ESP32 (cca 160 Kč/kus).



*Obrázek 51 - ESP32*



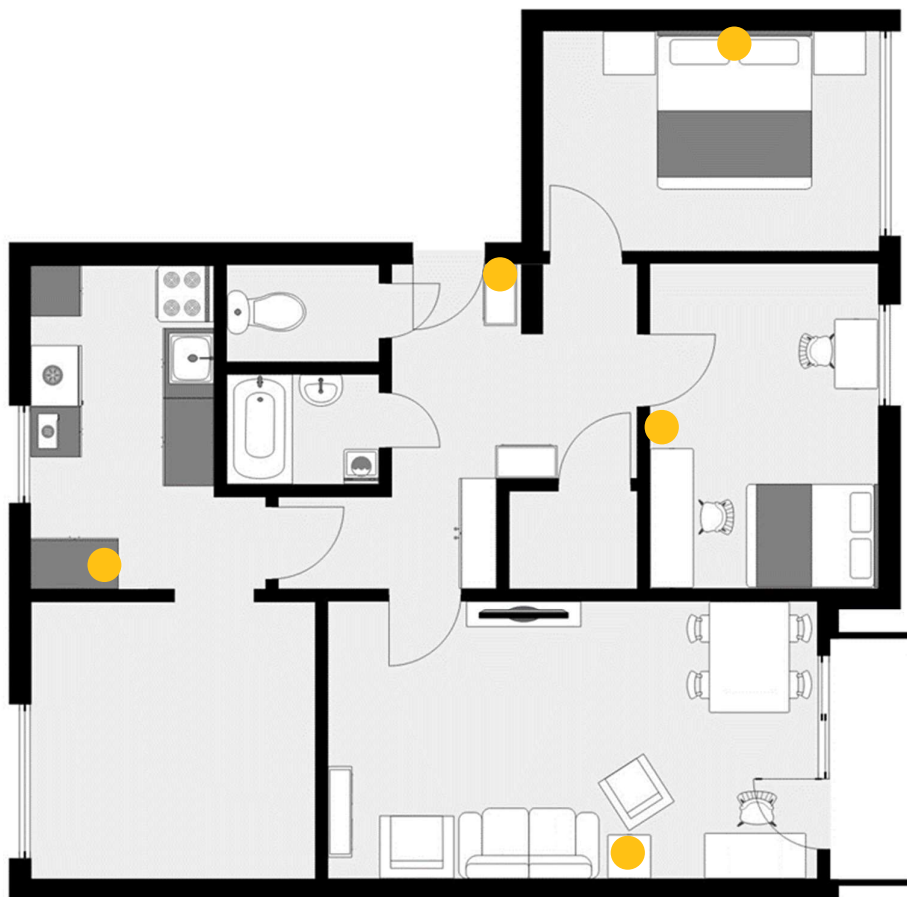
*Obrázek 52 - Mi Band 6*

Pro fungování této metody je nutné nastavit Bluetooth náramek na možnost Viditelné, což se provádí pomocí obslužné aplikaci Zepp Life, což zajistí viditelnost Bluetooth rámců pro ostatní zařízení. Přes upozornění, že takové nastavení může snížit výdrž baterie náramku, a i přes prvotní obavy, že bude nutné náramek nabíjet daleko častěji jsem žádné výrazné změny nepozoroval a náramek si tak udržel svou minimálně dvoutýdenní výdrž.



ESP32 je potřeba rozmístit v příslušných místnostech ve kterých chceme náramek detekovat. V ideálním případě by bylo vhodné umístit jej viditelně doprostřed místnosti, čehož nelze ve skutečnosti bez dalších úprav dosáhnout, jelikož ESP32 musí být neustále napájeno ze zásuvky.

ESP32 jsem rozmístit následovně podle možností:

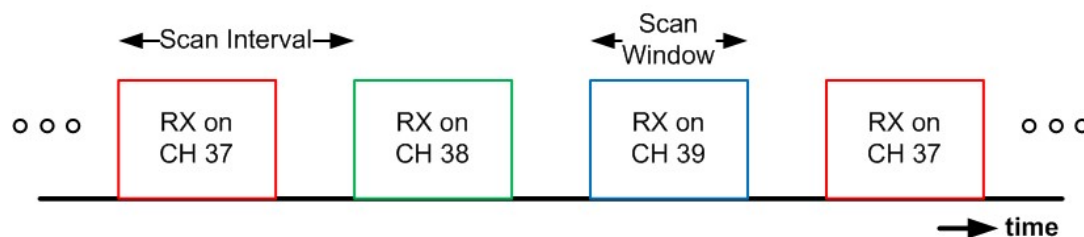


Obrázek 53 - Rozmístění ESP32

Pro realizaci tohoto řešení je potřeba nahrát do ESP32 příslušný program, který nám zajistí detekci námi požadovaných Bluetooth tagů. Jedná se o komponentu `esp32_ble_tracker`, kterou je potřeba správným způsobem nakonfigurovat.

```
esp32_ble_tracker:
  scan_parameters:
    interval: 2000ms
    duration: 6s
    window: 2000ms
```

Náramek Mi Band vysílá své Bluetooth advertisement rámce v nepravidelných intervalech, jedná se o tzv. pasivní skenování, kdy se pouze zachytávají takto vysílané rámce.



Obrázek 54 - Průběh pasivního skenu BLE (zdroj: [https://dev.ti.com/tirex/explore/content/simplelink\\_academy\\_cc2640r2sdk\\_5\\_10\\_02\\_00/modules/blestack/ble\\_scan\\_adv\\_basic/resources/scanning\\_diagram.png](https://dev.ti.com/tirex/explore/content/simplelink_academy_cc2640r2sdk_5_10_02_00/modules/blestack/ble_scan_adv_basic/resources/scanning_diagram.png))

Parametry tedy značí:

- interval – za jak dlouho se provede skenování na dalším kanálu od začátku prvního skenu
- window (okno) – jak dlouho se bude skenovat na konkrétním kanálu
- duration (délka trvání) – jak dlouho bude trvat celý kompletní sken, respektive za jak dlouho proběhne další nový sken

Parametry byly zvoleny na základě dlouhodobého testování a ladění, kdy docházelo k nepříjemnějším výsledkům a nejmenším výpadkům při skenování. Pokud by byly hodnoty nižší, stávalo se, že se nepodařilo v konkrétním okamžiku zachytit advertisement rámec. Pokud byly skeny příliš dlouhé, nedocházelo k dostatečně časté aktualizaci hodnot v rámci systému.

```

sensor:
- platform: ble_rssi
  mac_address: D0:XX:XX:XX:XX:BD
  name: "P1 - MiBand6 - RSSI"
- platform: ble_rssi
  mac_address: F6:XX:XX:XX:XX:B1
  name: "P1 - MiBand7_P - RSSI"
- platform: ble_rssi
  mac_address: CD:XX:XX:XX:XX:3E
  name: "P1 - MiBand7_J - RSSI"

```

Dalším nutnou komponentou pro toto řešení bylo vytvoření samotného senzoru signálu, který byl následně vystaven do Home Assistant, a se kterým se dále pracovalo. Jedná se o komponentu sensor.

V tomto kroku šlo o parametry:

- platform – o jaký typ senzoru se jedná (zde ble\_rssi – síla signálu BLE zařízení)
- mac\_address – MAC adresa konkrétního sledovaného zařízení
- name – pojmenování entity, která bude vystavena v Home Assistant

Tento kód je nutné nahrát do každého použitého ESP32 v každé požadované místnosti. V každé místnosti se bude mírně lišit, je nutné zvolit odlišná pojmenování pro jednotlivé entity.

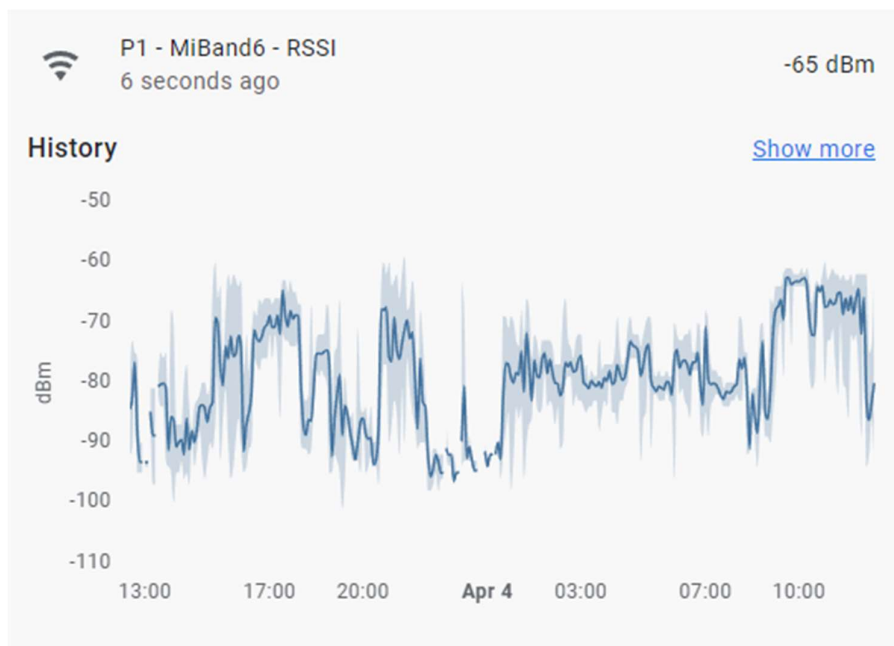
```

[17:37:55][D][esp32_ble_tracker:246]: Starting scan...
[17:37:55][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand6 - RSSI': Sending state nan dBm with 0 decimals of accuracy
[17:37:55][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand7_P - RSSI': Sending state nan dBm with 0 decimals of accuracy
[17:37:55][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand7_J - RSSI': Sending state nan dBm with 0 decimals of accuracy
[17:37:57][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand7_P - RSSI': Sending state -88.00000 dBm with 0 decimals of accuracy
[17:38:00][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand7_P - RSSI': Sending state -89.00000 dBm with 0 decimals of accuracy
[17:38:01][D][esp32_ble_tracker:246]: Starting scan...
[17:38:01][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand6 - RSSI': Sending state nan dBm with 0 decimals of accuracy
[17:38:01][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand7_J - RSSI': Sending state nan dBm with 0 decimals of accuracy
[17:38:01][D][sensor:127]: 'P1 - MiBand6 - RSSI': Sending state -64.00000 dBm with 0 decimals of accuracy

```

Obrázek 55 - Výpis z konzole skenu (zdroj: vlastní)

Hodnotu RSSI určitého zařízení pak máme přístupnou a logovanou v systému Home Assistant. S touto hodnotou je pak možné dále pracovat.

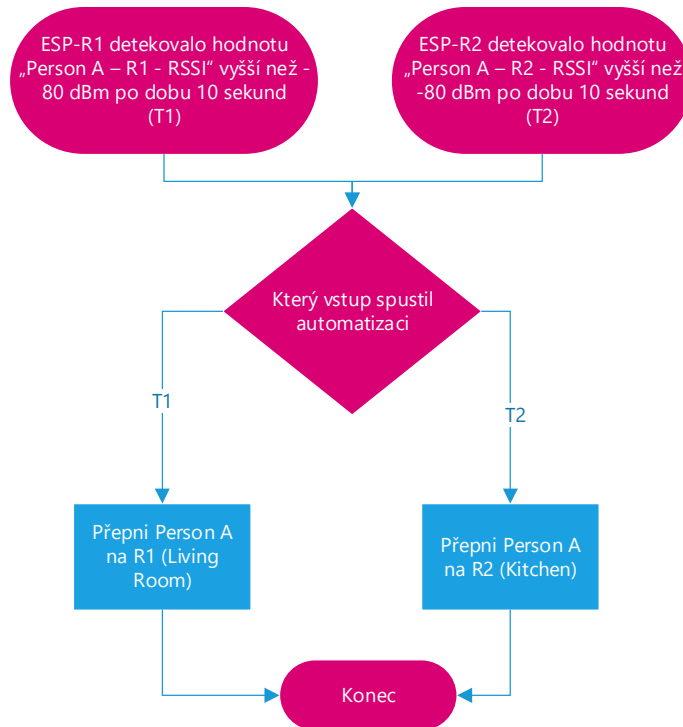


Obrázek 56 - RSSI v určité místnosti v průběhu dne (zdroj: vlastní)

Ohledně tvorby logické posloupnosti automatizace pro správné určení místnosti, v níž se konkrétní osoba nachází, nebylo jednoduché přijít se spolehlivým řešením. Vzhledem k tomu, že v tomto případě nejde o aktivní spojení, ale o pouhý pasivní odposlech Bluetooth advertisement rámců, a jejichž signál může kolísat v závislosti na vnějších vlivech, například kvůli elektromagnetickému rušení nebo stínění, nebylo možné využít tradiční metody, mezi které se řadí například triangulace.

Po zralé úvaze a dlouhodobém empirickém pozorování naměřených hodnot vzhledem k umístění jednotlivých ESP32 bylo odvozeno, že pokud je naměřená hodnota na určitém ESP32 větší než -75 dBm, osoba se zcela určitě nachází v této místnosti. Tento limit spolehlivosti byla posunuta až na -80 dBm, kdy lze říci, že pokud se tato hodnota nesníží po dobu 10 sekund, osoba se téměř určitě nachází v oné místnosti. Tento „limit spolehlivosti“ závisí na konkrétním pozorování a může se v jednotlivých domácnostech, dokonce i v jednotlivých místnostech, lišit podle prostředí a vnějších okolností.

Automatizace určující polohu náramku pomocí síly signálu tedy probíhá následovně. Pokud je na některém z ESP32 detekována hodnota síly signálu větší než -80 dBm po dobu 10 vteřin, přepni *Person select* osoby příslušné náramku na odpovídající místnost. Taková automatizace je spouštěna téměř kontinuálně po každém splnění této podmínky, a tím je zajištěna aktuálnost této polohy. Tuto automatizaci je nutné vytvořit pro každou místnost a pro každou osobu zvlášť, nebo je lze různými způsoby a pomocí větvení konsolidovat.



Obrázek 57 - Zjednodušené schéma BLE automatizace

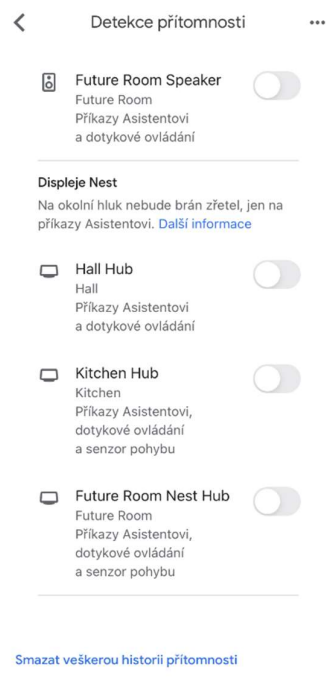
Podle logiky z úvodní kapitoly této části se poté zapne nebo příslušný *Presence boolean*.

# 19 Řešení detekce u komerčních platforem

## 19.1.1 Google Home

Chytrá domácnost postavená na Google Home takovou funkcionalitu neumožňuje. Jediné, co by se dalo považovat za určité přiblížení se této funkcionalitě, je presence detekce na určitých Google zařízeních, jako jsou huby s obrazovkou. Ty jsou vybaveny ultrazvukovým senzorem, a samotná obrazovka tedy ví, pokud před ní někdo stojí, a může například kontextuálně zobrazit ovládání hudby. Dražší model Nest Hub Max obsahuje i kameru, jejíž prostřednictvím je rozpoznán konkrétní člověk. Konkrétnímu člověku tak mohou být zobrazeny jemu příslušné informace, upomínky, kalendář, nebo třeba fotky.

Tato funkcionalita se nedá použít k řízení chytré domácnosti a zůstává pouze doménou konkrétního zařízení.

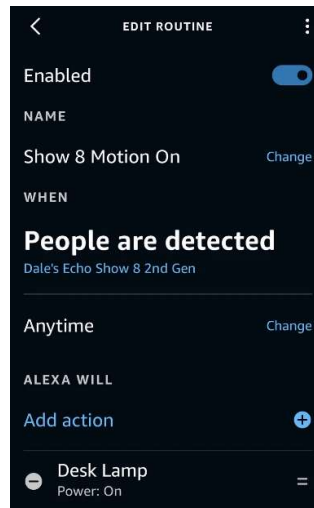


Obrázek 58 - Přítomnost v aplikaci Google Home

## 19.1.2 Alexa

O něco lepší funkcionalitu nabízí chytrá domácnost postavená na platformě Amazon Alexa. Reproduktoři Echo 5. generace jsou vybaveny ultrazvukovým senzorem, který skenuje okolí a rozpozná přítomnost osob. Tuto funkcionalitu lze dále použít při tvorbě automatizací a nastavování podmínek, ale pouze v rámci platformy Amazon Alexa, tento

„zjištěný stav“ nelze například exponovat do systému Home Assistant. Také záleží na umístění takového reproduktoru.



Obrázek 59 - Occupancy automatizace v Amazon Alexa (zdroj: <https://www.cnet.com/a/img/resize/8de65d965860988acec49522d94facbdb254464/hub/2021/06/10/f43b24e6-dfda-4f7a-a884-57f520747a4e/img-7997.png>)

### 19.1.3 HomeKit

Samotná společnost Apple nedisponuje ve svém systému vlastními zařízeními, které by byly schopné rozpoznat přítomnost uživatele. Nicméně tato platforma umožňuje integraci dalších zařízení, například již Aqara FP1 senzor, které lze k této funkci použít. Ovšem omezené možnosti tvorby automatizací a nastavování podmínek zabraňují tomu, aby mohl být využit potenciál této funkcionality.

### 19.1.4 Loxone

Společnost Loxone je jednou z velkých hráčů na trhu v poli chytrých domácností. Jde o tzv. profesionální chytrou domácnost, kterou je nutné plánovat již při stavbě domu. V rámci této diplomové práce byl záměrně tento typ chytrých domácností opomenut, jelikož základy této práce stojí na otevřených a dostupných chytrých domácnostech.

V systému společnosti Loxone je podobná funkcionality realizována pomocí zápusných senzorů určených pro montáž do stropu. Fungují na principu infračerveného senzoru a ultrazvukového senzoru. Jedná se tedy o kombinovaný senzor pohybu a přítomnosti.

Cena takového senzoru se pohybuje kolem 4000 Kč/kus, nicméně pro jeho nasazení je nutné používat celý systém domácnosti Loxone včetně elektroinstalace a serveru. Cena takové domácnosti se může vyšplhat do milionů korun.



Obrázek 60 - Loxone Presence Sensor Air White (zdroj: <https://shop.loxone.com/media/catalog/product/cache/2/image/600x400/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/p/h/p-h-shop-presence-detector-white-front.jpg>)



## 20 Vyhodnocení experimentů

### 20.1 Metoda s použitím NFC nálepek

První metoda s využitím NFC nálepek přinesla zajímavé výsledky. V rámci jejího testování se objevilo několik výstupů.

#### Výhody

- Jednoduché na nastavení
- Jednoduché na používání
- Zanedbatelné náklady
- Při správném používání vysoká spolehlivost

#### Nevýhody

- Nutnost u sebe nosit mobilní telefon
- Nutnost pokaždé naskenovat NFC nálepku
- Není komfortní

Dá se tedy říct, že jde o metodu, která vyžaduje od členů domácnosti aktivní spolupráci při skenování NFC nálepek. To znamená nutnost u sebe neustále nosit mobilní telefon a při příchodu do místnosti naskenovat příslušnou nálepku.

Tento způsob přináší zvýšené povinnosti pro jednotlivé členy domácnosti a přináší víc starostí než užítku, proto nejsem schopný použití této metody obhájit pro plánované využití. Navíc, pokud by bylo žádoucí u sebe po celou dobu v domácnosti nosit mobilní telefon, nabízí se jiné metody pasivního sledování a detekce, například prostřednictvím sítě Wi-Fi.

Pravdou však zůstává, že jednoduchost a zanedbatelné náklady této metody mohou v chytré domácnosti přispět k jinému než původně plánovanému využití. Například by mohlo naskenování nálepky umístěné na komfortně dostupném místě spustit přizpůsobenou automatizaci, která se bude lišit podle každé osoby zvlášť. Může jít například o nastavení přizpůsobené scény, světel, teploty nebo multimédií.

## 20.2 Metoda s použitím pohybových senzorů

Metoda s využitím pohybových senzorů byla po dlouhou dobu v prostředí chytrých domácností jedinou, kterou bylo možné realizovat podobnou funkcionalitu. Přinášela však spoustu výzev, které bylo nutné brát v potaz, například *cooldown* senzoru, citlivost senzoru, a jiné. Taktéž nebylo pohodlné, pokud se například světla v místnosti zhasínala ve chvíli, kdy se člověk v místnosti nehýbal, a vyžadovala v určitých intervalech pohyb nebo zamávání rukou.

### Výhody

- Jednoduché na používání
- Opodstatněné náklady na jednu místnost
- Provoz na baterie
- Okamžitá reakční doba

### Nevýhody

- Složité na nastavení
- V závislosti na konkrétním produktu různá spolehlivost
- Ve scénáři provedeného experimentu nelze využít, pokud je v domácnosti přítomna více než jedna osoba.
- Při atypickém tvaru místnosti nutnost více senzorů

Nespornou výhodou těchto senzorů je jejich pořizovací cena, velikost, a provoz na baterie. Senzor s takovými vlastnostmi se tak dá umístit téměř kamkoliv, nepotřebuje napájení ze zásuvky a nekazí estetický dojem.

Pohybové senzory mají rozhodně nezastupitelnou roli v chytré domácnosti a jejich využití je více než široké, ale ani v tomto případě nemohu obhájit využití této metody pro původně zamýšlený účel, a to i přes to, že se takovou funkcionalitu podařilo pomocí těchto senzorů spolehlivě realizovat, nicméně pouze za podmínky, že se v domácnosti v jednu chvíli nachází jen jedna osoba.

## 20.3 Metoda s použitím MM Wave senzorů

Metoda s využitím MM Wave senzorů využila technologii, která byla přímo k tomuto konkrétnímu účelu navržena, ale stejně nedosáhla optimálních požadovaných výsledků

### Výhody

- Spolehlivost

### Nevýhody

- Vyšší pořizovací cena, která může být problém pro domácnost s více místnostmi
- Při atypickém tvaru místnosti nutnost více senzorů
- Reakční doba se pohybuje od 2-4 sekund narozdíl od pohybového senzoru
- Nutnost připojení do zásuvky
- Nutnost umístění na viditelném místě
- Milimetrové vlny procházejí skrz příčky a detekují osoby za stěnou

Tato metoda se dá považovat za první v procesu, která se přiblížila ke stanovenému cíli. Vzhledem k tomu, že se jedná o senzor navržený přímo pro tuto funkcionalitu, dalo se předpokládat, že k takovému výsledku dojde.

Ovšem během testování se objevilo i několik nevýhod, která s sebou tato metoda narozdíl od jiných metod nese. Senzor Aqara FP1, který byl pro tuto realizaci vybrán, je poměrně velkým zařízením, které je nutné navíc napájet ze zásuvky, takže jej nelze umístit tak citlivě jako menší pohybové senzory na policičku s knihami nebo dokonce skrýt jako NFC nálepky. Ačkoliv senzor samotný má zanedbatelnou spotřebu, potřeba kontinuálního napájení je opodstatněná způsobem fungování této technologie. Další nevýhodou této technologie, která se objevila během testování je fakt, že milimetrové vlny bez problému projdou tenkými stěnami z nevodivého materiálu a od člověka za ní se odrazí zpět, a tím dojde k detekci i v případě, že v samotné místnosti nikdo není.

I přes své četné nevýhody mohu tuto metodu doporučit. Ačkoliv umožňuje pouze základní funkcionalitu, a to, jestli v místnosti někdo je nebo není, bez rozlišení jednotlivých osob v domácnosti, jedná se o spolehlivou metodu právě k tomuto účelu. Při správném umístění dojde i eliminaci false positive situací a realizaci přizpůsobeného prostředí pro jednotlivé osoby lze provést jinými metodami.

V době psaní této diplomové práce se MM Wave senzory začaly na trhu objevovat víc a víc. Jde zejména o senzor Aqara FP2, který byl představen na CES 2023 a bude dostupný v průběhu roku. Jeho hlavní výhodou oproti jeho zde používanému předchůdci je několik nových funkcí, včetně možnosti vytváření určitých zón v zorném poli, podobně jako vytváření zón v obrazu kamery, dále pak rozlišení počtu osob, nebo například detekci pádu.

Dalším MM Wave senzorem, který se na trhu během psaní objevil je senzor Hi-Link LD2410B, který je vlastně jen elektronickou součástkou, která vyžaduje připojení na některou z prototypovacích desek. Tato součástka se svou cenou okolo 90 Kč/kus by se mohla při správné implementaci stát rozšířeným řešením mezi smart home komunitou.

Tento způsob se tak dá shrnout tím, že právě v oblasti využití této technologie dojde k výraznému pokroku a tato metoda se může stát tou, která bude brzy předkládána jako modelové řešení problému.

## 20.4 Metoda s použitím kamer

Další z použitých metod byla metoda související s využitím kamer. Spolehlivé implementace této metody ve více místnostech se nepodařilo dosáhnout, zejména vzhledem k vysokým HW nárokům, kdy bylo použito několik na sebe navázaných aplikací a rozlišovacích modelů. Tato metoda je zároveň nejdražší metodou.

### Výhody

- Zcela pasivní

### Nevýhody

- Nepříjemný zásah do soukromí
- Vysoké HW nároky
- Vysoká pořizovací cena kamer
- Vysoká pořizovací cena TensorFlow akcelérátoru
- Nutnost obrovské množiny dat určených pro natrénování modelu

Hypotetická výhoda, kterou by tato metoda měla, je nezpochybnitelně absolutní pasivnost takového řešení. Tato metoda nevyžaduje žádné aktivní vstupy od jednotlivých osob, není nutné nikde nic skenovat, nic stisknout, nenesit žádný tag.

Ovšem nevýhody této metody nejsou schopny zdaleka obhájit její přínosy, a už vůbec, pokud má být provozována v oblasti chytré domácnosti.

První a tou hlavní nevýhodou je samotné použití kamer. Vědomí, že je celá domácnost vizuálně a zvukově sledována 24 hodin denně je pro samotného autora této práce naprosto nepřijatelná. K provedení tohoto experimentu bylo přistoupeno s vědomím, že přesně tento způsob využívají totalitní státy pro kontrolu svých „nespolehlivých“ obyvatel.[36][37][38][39][40][41]

V rámci provádění experimentu s přihlédnutím k dostupnému hardwaru se tak podařilo pouze detekovat objekty typu „person“ pomocí aplikace Frigate. Další funkcionality s rozpoznáváním obličejů a tím pádem identifikace na úrovni jednotlivých osob nebylo možné dosáhnout.

Tuto metodu nemohu doporučit k původně zamýšlenému využití. Pro použití v domácnosti je naprosto nevhodná, jelikož zasahuje do soukromí osob, má enormně

vysoké nároky, a vyžaduje nákladná zařízení. Nicméně se dá říct, že pro zabezpečovací systém nebo detekci určitých objektů v obrazu například pro vědecké či experimentální účely prováděné maximálně dvěma kamerami je tato metoda využitelná, jelikož poskytuje prostředí pro automatizaci některých úkonů.

Jednou z dalších možností implementace této metody je možnost využit k vyhodnocování obrazu z kamer cloudových služeb, tím odpadá problém s vysokými HW nároky, ale jedná se ještě o větší zásah do soukromí, jelikož obraz z obývacího pokoje by tak mohl být zpracováván v datových centrech po celém světě.

## **20.5 Metoda s použitím Bluetooth tagů**

Poslední metodou provedenou v rámci experimentů byla metoda s využitím Bluetooth náramků.

### **Výhody**

- Pasivní v případě, že osoby používaly náramek i dřív
- Možnost detekce i lokalizace
- Využití dostupných ESP32, které mohou zároveň sloužit i jinému účelu

### **Nevýhody**

- Složitější na nastavení kvůli různým velikostem místnosti, stěnám, rušení, a obecně členitosti domácnosti
- Nutnost nošení náramku
- Reakční doba může být až 1 minuta
- ESP vyžaduje neustálé napájení ze zásuvky
- Nelze použít, pokud jsou ESP blízko u sebe

Tato metoda se ukázala jako jedinou pasivní spolehlivou metodou, která umožňuje jak samotnou detekci přítomnosti v místnosti, tak rozlišení na jednotlivé osoby. Pokud byly osoby zvyklé podobný chytrý náramek nosit dosud, bude používání této metody naprosto pasivní a nebude vyžadovat ze strany obyvatel žádné další akce. Nevýhodou může být nutnost umístit takové ESP32 do každé jednotlivé místnosti, pokud možno na viditelné místo kvůli signálu.

Tato metoda si vyžaduje nejvíce původního nastavování, testování, a ladění, jelikož náramky a ESP se mohou chovat rozdílným způsobem na základě vnějších vlivů domácnosti, jako je tloušťka stěn nebo elektromagnetické rušení. Zároveň, tím, že jde jen o odposlech, a ne o aktivní připojení, dochází v některých případech k false positive výjimkám, se kterými je nutné dále počítat a ošetřit je.

Nevýhodou může být také poměrně vysoká reakční doba při příchodu do místnosti, kdy je nutné doopravdy počkat, až proběhnou minimálně dva intervalové skeny, aby byl výsledek průkazný. Nedá se tak použít například k rozsvícení světla neprodleně po vstupu do místnosti a k tomuto účelu je nutné hledat jiné řešení.

Další nevýhodou je chování v případě, že do domácnosti přijde cizí osoba, která náramek nemá. Domácnost tak na tuto osobu nebude reagovat a nebude se chovat podle očekávání.

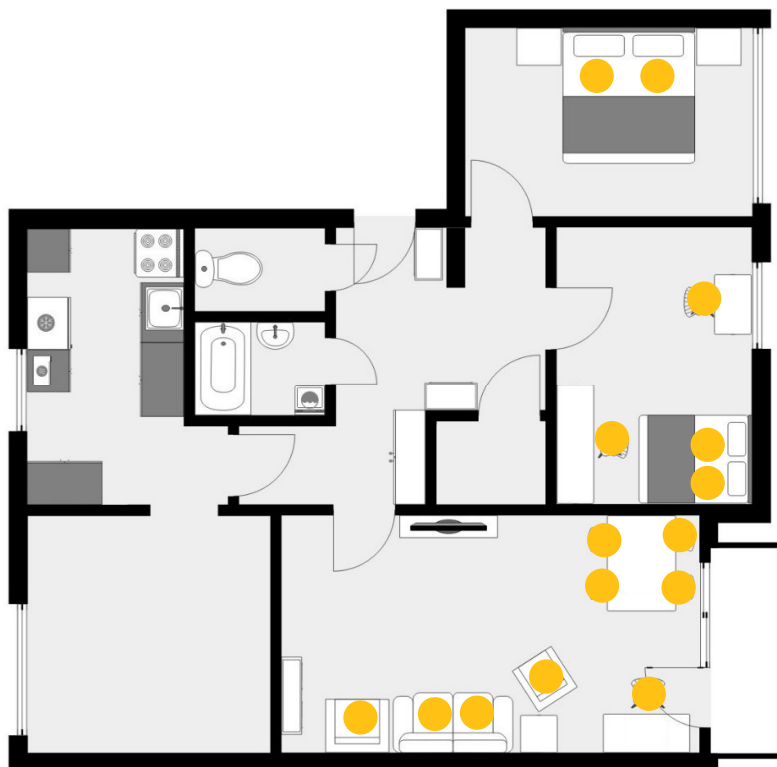
Tuto metodu můžu doporučit i přes její složitější implementaci, protože její nasazení je relativně levné a spolehlivé, zvláště v případě, že je již domácnost některými ESP32 vybavena k jiným účelům. Jedná se také o jedinou spolehlivou metodu rozlišení jednotlivých osob.

## 21 Návrh optimálního řešení

Při návrhu optimálního řešení nebylo jednoduché najít odpověď. Každá z metod přináší určité výhody, které ty ostatní nemají. Proto bylo nutné najít takovou kombinaci, která bude zároveň spolehlivá a zároveň ekonomicky přijatelná. Hlavním cílem se později stalo najít takovou kombinaci, která umožní rozlišení na úrovni jednotlivých osob, ale během návrhu bylo zvažováno i několik dalších přístupů, které je vhodné zmínit.

### 21.1 Pohybová čidla + tlakové senzory

Jedním z původně uvažovaných řešení bylo přijít s realizací pomocí pohybových senzorů. Jak bylo zmíněno v příslušné kapitole vyhodnocení, pohybové senzory nelze pro tuto funkcionalitu použít, pokud osoba zůstane v klidu a nehýbe se. V tom případě by došlo k vypnutí presence přepínače té místnosti a mohlo tak dojít k následnému vypnutí zařízení i za předpokladu, že se osoba v místnosti nachází.



Obrázek 61 - Rozmístění tlakových senzorů



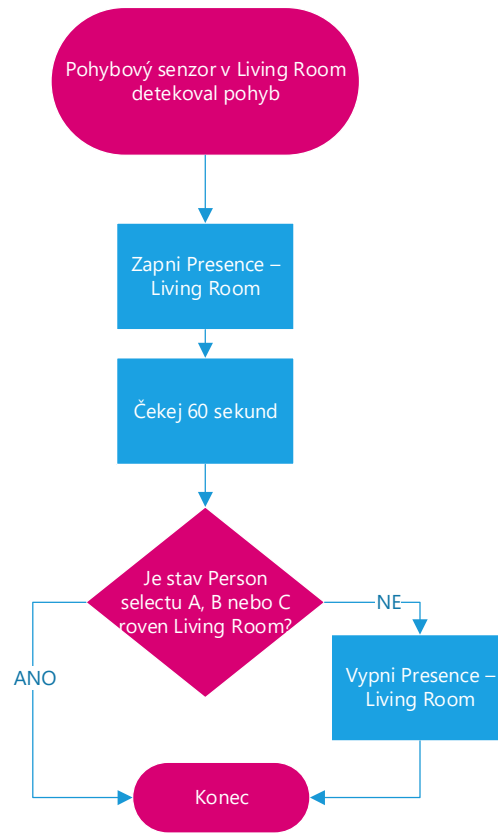
Návrh řešení tak pracoval s předpokladem, že dojde k umístění tlakových senzorů na všechna místa v domácnosti, kde je možné sedět nebo ležet, a tím pro čidlo pohybu nevykazovat pohyb, a pokud by byl některý z tlakových senzorů v takové místnosti aktivní, nedošlo by k vypnutí přepínače přítomnosti takové místnosti.

Ačkoliv tato metoda měla opodstatněný základ, a její režie byla poměrně snadno realizovatelná, náklady na jeden taková senzor se pohybovaly kolem 600 Kč/kus a tato metoda by se tak stala nesmírně ekonomicky nákladnou oproti jiným. Navíc neumožňovala žádným způsobem rozlišovat jednotlivé osoby.

## **21.2 Bluetooth tagy + pohybová čidla**

Metodou, která nakonec našla reálné uplatnění v konkrétní popisované domácnosti je postup, při kterém našly využití již používané pohybové senzory společně s Bluetooth tagy (náramky).

Principem této metody je logická posloupnost, při které dojde nejdříve po vstupu do místnosti a detekci pohybu pomocí pohybového senzoru k zapnutí příslušného *Presence booleanu*, čímž se eliminuje prodleva čekání na odposlech a určení polohy náramku a změny *Person selectu*. V té stejné automatizaci se však na tuto změnu čeká, pokud k ní nedojde do 1 minuty, *Presence boolean* se opět vypne, a místnost je považována za prázdnou. Pokud by tedy člověk vstoupil do místnosti, kde by pohybové senzory nebyly, nedošlo k zaregistrování náramku, a člověk by zase z místnosti v krátké chvíli odešel, nebyla by v chytré domácnosti zalogována zmínka o tomto vstupu a opuštění. Na toto „opuštění“ totiž mohou být navázány další akce, jako je zhasnutí světel.



Obrázek 62 - Schéma Bluetooth + Pohybové senzory

Automatizace týkající se detekce Bluetooth náramků probíhá dále tak jak bylo popsáno v příslušné kapitole. Díky tomuto doplňku je tak eliminována prodleva mezi skutečným vstupem do místnosti a detekcí náramku příslušným ESP32.

## 21.3 Bluetooth tagy + MM Wave senzory

Přes všechny výhrady byla jako nejvhodnější vybrána tato metoda, jelikož umožňuje obě ze zamýšlených funkcionalit. Díky kontinuální detekci pomocí mm wave senzoru je spolehlivě rozhodnutelné, jestli se v dané místnosti osoba nachází či nikoliv.

Zároveň díky nasazení Bluetooth tagů v podobě náramků je možné využít rozšířené funkcionality a určit, která z osob se v takové místnosti nachází. Díky prvotní detekci přítomnosti v místnosti pomocí mm wave senzoru je tak příslušný *Presence boolean* zapnutý téměř okamžitě, a stejným způsobem může být i vypnut.

Nespornou výhodou tohoto řešení je skutečnost, že funguje i s osobami, které se běžně v domácnosti nenachází a nejsou vybaveny příslušnými Bluetooth tagy a oproti předchozí metodě s pohybovými čidly se jim místnost nevypne v případě, kdy se nebudou hýbat. Tento kombinovaný způsob tak lze použít jako dvě redundantní na sobě nezávislé metody detekce přítomnosti v místnosti.

Jedinou nevýhodou tohoto řešení může být vysoká cena současných mm wave senzorů, ale jak bylo zmíněno ve vyhodnocení mm wave metody, na trhu se objevují zajímavé a levné alternativy ke zde použitému Aqara FP1 senzoru.

Mým cílem v dalším rozvoji této otázky je spojit senzor Hi-Link LD2410B se samotným ESP32 a vytvořit tak all-in-one řešení, které by mohlo mít i komerční potenciál, jelikož jde o vysoce specifické zařízení a nic s podobnou funkcionalitou na trhu chytrých domácností neexistuje.

## 22 Automatizace založené na přítomnosti v místnostech

### 22.1 Úvod

Nedílnou součástí této diplomové práce je následná aplikace a implementace této nově získané funkcionality do reálného prostředí chytré domácnosti. Zaměření probíhá zejména na takové scénáře, které by bez této získané funkcionality nebyly uskutečnitelné.

Tvorba automatizací je vysoce kreativní činnost, a nelze říct, že by existoval nějaký jediný správný způsob, kterým je vhodné automatizace vytvářet.

Tvorba automatizací je tak individuální záležitostí každého operátora chytré domácnosti, který musí vycházet ze svých přechozích zkušeností, zařízení, které má k dispozici (žádná domácnost není stejná) a zejména ji musí přizpůsobit na míru jejím obyvatelům, podle jejich zvyků a vzorců chování. Jak bylo řečeno v samotném úvodu této práce, do systému chytré domácnosti vstupuje člověk jako aktivní prvek, a proto je nutné počítat s jeho nedeterministickým a nepředvídatelným chováním.

Specifické chování obyvatel domácnosti nelze nahradit mechanickým nastavením funkcionality jednotlivých zařízení, a proto je dlouhodobé pozorování chování jedinou cestou k dokonalému přizpůsobení chytré domácnosti. Je nutné nalézt optimální rovnováhu mezi generalizací a specializací fungování chytré domácnosti. Osoba se může podvědomě chovat určitým způsobem, a není schopná požadavek na takové fungování, které by ji zpříjemnilo život, formulovat, to lze provést právě na základě pozorování.

Konkrétní příklad – Rozsvítit světlo v obývacím pokoji, pokud se setmí a jsou v něm přítomné osoby je jednoduchý mechanický deterministický požadavek, ale vědět, že jedna z osob má potíže se zrakem, a proto nechce, aby se světlo ztlumilo do teplejší žluté barvy, to už je delikátní záležitost.

Oblasti přínosu této nové funkcionality jsem se rozhodl rozdělit do tří kategorií podle jejich hlavního využití.

Automatizace byly vytvořeny s ohledem na paralelizaci jednotlivých akcí, aby docházelo k jejich rychlejšímu vykonávání, a zároveň jako ochranu před pádem automatizace v případě, že by během provádění sekvenčního toku.

## 22.2 Šetření energie

Do první kategorie lze zařadit takové automatizace založené na detekci přítomnosti v místnostech, které směřují ke snížení spotřeby nebo k omezení plýtvání energiemi. Takové automatizace jsou v tomto případě spouštěny za podmínek, že dojde k „vypnutí“ místnosti. Samotný Home Assistant takový příkaz „Vypnout místnost“ umožňuje nativně, nicméně takovým způsobem se vypnout zcela všechna zařízení, která jsou do místnosti přiřazena, i ta, která není žádoucí vypnout.

Úspora pomocí chytré domácnosti tkví v tom, že je možné centrálně a automaticky vypínat zařízení, které není nutné nechávat zapnutá, případě došlo k tomu, že je příslušná osoba zapoměla vypnout. Jedná se tak zejména o světla, u kterých není nutné, aby zůstávala svítit v případě, že v místnosti nikdo není. Samotným použitím chytrých světel, i když jsou vlastně „zapnutá“ neustále, vzhledem k nutnosti jejich komunikace, je možné ušetřit nezanedbatelné množství elektrické energie, jelikož všechna z nich jsou výhradně LED svítidly. Ve chvíli, kdy jsou zhasnutá spotřebovávají zanedbatelné množství energie.

Další úsporou, kterou je možné provést, zvláště v dnešní době energetické krize jsou automatizace, které se týkají vytápění. Chytrá domácnost může řídit vytápění domácnosti podle různých podmínek, a i zde může pomoci nově získaná funkcionalita ohledně přítomnosti v místnosti. Místnosti, ve kterých nikdo není, ale zároveň v domácnosti někdo je, mohou být vytápěny na teplotu například o 1-2 °C nižší než ty, ve kterých se někdo nachází. Dále je možné díky historii přítomnosti v jednotlivých místnostech odvodit, ve kterých místnostech je tráveno nejméně času a takové místnosti vytápět jiným režimem. Stejně tak je možné okamžitě vypnout topení, pokud je otevřeno okno bez jakékoliv prodlevy a poté jej opět zapnout.

Poslední zmíněnou úsporou je vypínání multimediálních zařízení, která zůstala zapnutá i v případě, že v místnosti nikdo není, typicky se jedná o zapnutou televizi, která je významným zařízením z hlediska spotřeby elektrické energie.

## 22.3 Zvýšení komfortu

Díky této nově získané funkcionalitě je možné dále přizpůsobovat pohodlí a přesnost fungování chytré domácnost. Každý z obyvatel může mít své osobní preference ohledně nastavení jednotlivých zařízení, například světel, které se nyní mohou aplikovat zcela automaticky pouze na základě toho, že je daná osoba detekována v místnosti. Stejným způsobem se může dané osobě pomocí multimediálních zařízení spustit její oblíbený seriál, televizní program, nebo hudební playlist.

Dalším individuální aplikací mohou být přizpůsobená oznámení pomocí vizuálních nebo obrazových metod. V případě, že se některé z oznámení chytré domácnosti týká konkrétní osoby, není nutné jej přehrávat nebo ukazovat ve všech místnostech, ale jen v místnosti, kde se zrovna odpovídající osoba nachází. Tím se zvyšuje komfort všech obyvatel, jelikož nejsou vyrušováni pro ně irelevantními oznámeními.

Jedním z dalších využití v této kategorii je tak i téma zmíněné v předchozí kapitole, v místnosti, kde se aktuálně lidé bude probíhat vytápění jiným způsobem než tam, kde nikdo není.

Dále má tato Presence funkcionalita uplatnění například během úklidu, kdy robotický vysavač vynechá místnost, ve které se nacházejí lidé, aby je nerušil, a místnost uklidí až později podle jiného plánu. Stejně tak se tato funkcionalita může týkat větrání nebo klimatizace, kdy za podmínky, že se v místnosti nikdo nenachází, lze v případě nutnosti místnost rychle vyvětrat nebo vychladit, bez ohledu na průvan nebo na hluk, který je tím způsobený, a poté se vrátit do původního stavu, pokud by do místnosti někdo přišel.

Právě v této kategorii automatizací se nalézá jejich největší přínos a chytré domácnosti jsou budovány s důrazem na tento aspekt.

## 22.4 Řízení přístupu

V poslední kategorii uvedených automatizací je jejich hlavní podstatou umožnit nějaké způsob řízení přístupu k určitým zařízením.

Ačkoliv je řízení přístupu rozvinutým oborem v oblasti IT, v prostředí chytrých domácností se nalézá na jediném místě, kterým je chytrý zámek ve vstupních dveřích, který zabraňuje neoprávněnému vstupu do domácnosti. Nicméně s nově získanou funkcionalitou na základě detekce přítomnosti na úrovni místností vzniká nový prostor pro takové řízení. Takový prostor se v úvahách a prostředí chytré domácnosti týká nejmenších obyvatel chytrých domácností, a to malých dětí.

K případu s malými dětmi se vztahují některé možnosti, které mohou pomoci ochránit jeho zdraví, i samotné zdraví chytré domácnosti.

Díky existující lokalizaci jednotlivých osob v domácnosti je tak například možné zařídit, aby v případě toho, že by se malé dítě dostalo do kuchyně, a podařilo se mu, ať už omylem nebo úmyslně zapnout nějaký spotřebič, takový spotřebič by se okamžitě pomocí chytré domácnosti vypnul, aby nedošlo k případnému úrazu. Tato funkcionalita se dá využít i pro ovladatelné zámky, dveře, nebo samotná okna, kdy bude takovému dítěti odepřena možnost cokoli z toho otevřít. Stejně tak se dá tato funkcionalita využít k moderování multimediálního obsahu, například v televizi nebo na mobilním telefonu.

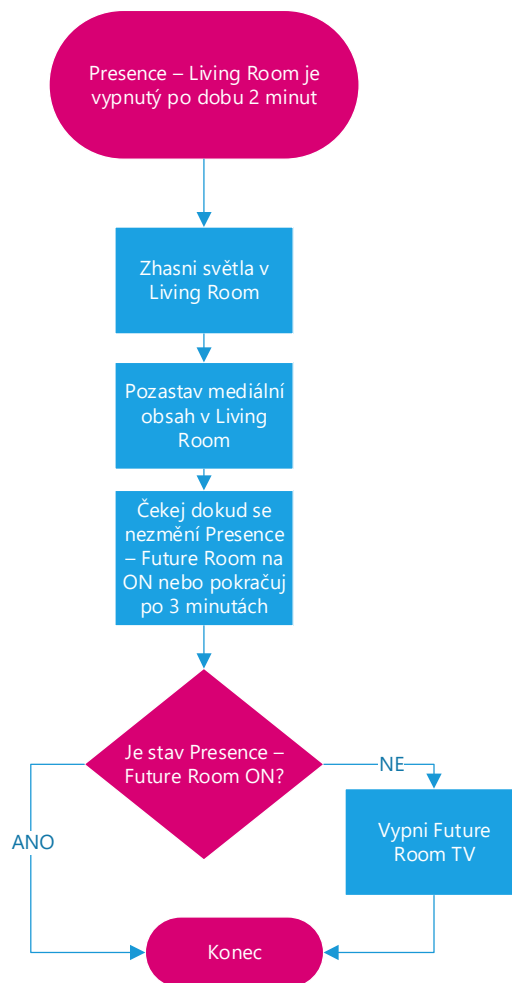
Nyní přejdeme ke konkrétním vytvořeným a využívaným automatizacím v prostředí konkrétní chytré domácnosti.

## 22.5 Konkrétní automatizace

### 22.5.1 Automatizace – Šetření energie

**Vypni světla po 2 minutách od opuštění místnosti a následně mediální zařízení po 5 minutách.**

Funkcí této automatizace je vypnout světla ve chvíli, kdy se v místnosti nikdo nenachází po dobu 2 minut. Po 2 minutách od přepnutí stavu na Presence – OFF jsou tak světla v místnosti zhasnuta. Poté se po dalších 3 minutách, pokud nedojde k opětovné změně stavu na Presence – ON, vypnout mediální zařízení (televize, hudba).



Obrázek 63 - Vypni zařízení po 2 minutách od opuštění místnosti

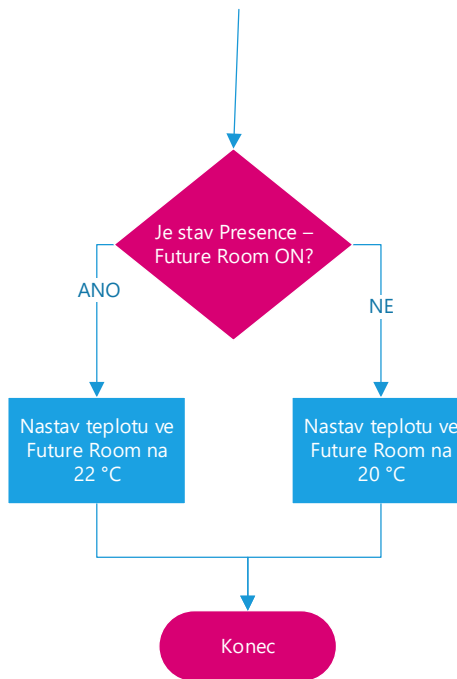
Automatizaci je možné dále přizpůsobit na základě konkrétních zařízení v domácnosti, zvyklostí a osobních preferencí.



Tento typ automatizací však v sobě obsahuje jedno úskalí, kdy chce osoba tuto místnost ponechat úmyslně „rozsvícenou a zapnutou“ a proto je potřeba snadný přístup k možnosti vypnutí této automatizace, například pomocí tlačítka na dashboardu, nebo pomocí NFC nálepky.

### Výňatek z rozvrhu topení

Jednou z dalších možností šetření energií je možnost upravovat teplotu v místnosti na základě toho, jestli v místnosti někdo je, nebo není. V tomto případě je uvedena část automatizace obsluhující topení, kdy v případě, že v místnosti někdo je, je teplota nastavena na 22 stupňů Celsia, a v případě, že není, tak na 20 stupňů Celsia. V případě, že by neexistovala možnost zjistit stav místnosti, nebylo by možné vytápění takto rozlišovat a pokud by se vytápění řídilo jen pomocí přítomnosti „doma“ bez rozlišení na úrovni jednotlivých místností, byly by všechny místnosti vytápěny na předem nastavenou teplotu i v případě, že by do místnosti celý den nikdo nepřišel.



Obrázek 64 - Výňatek ze schématu rozvrh topení

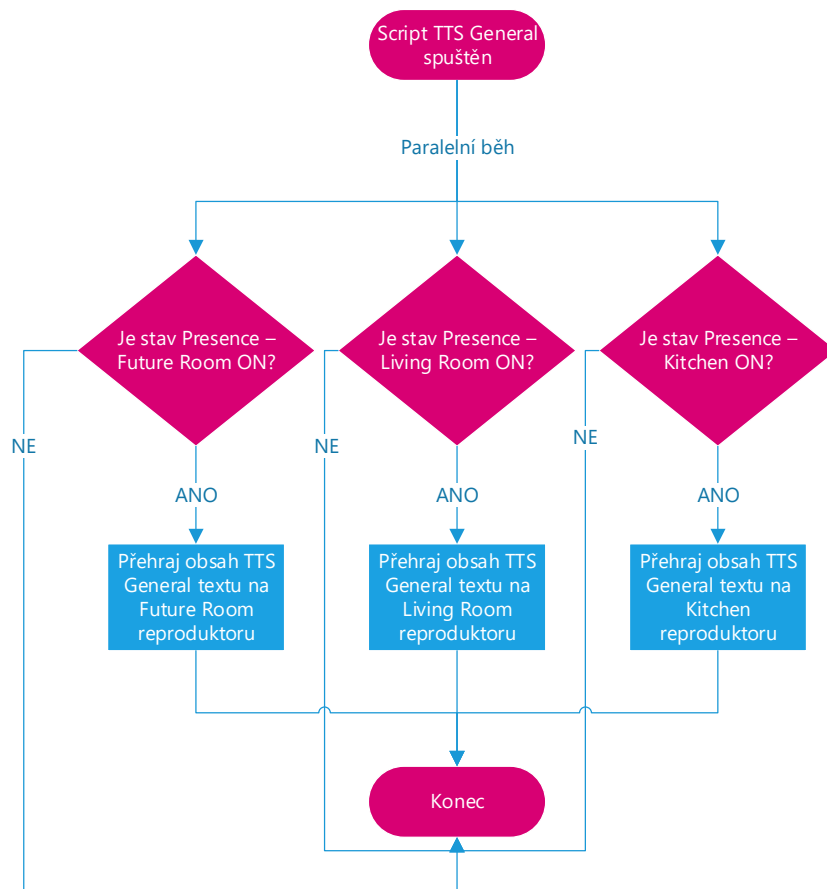
## 22.5.2 Automatizace – Zvýšení komfortu

Pro automatizace patří to této skupiny, který má zvýšit pohodlí v domácnosti a poskytovat přizpůsobené prostředí a personifikovaná kontextová oznámení bylo potřeba vytvořit společný základ pro cílené ohlašování určitých stavů nebo událostí v obsazených místnostech nebo přímo v místnosti, ve které se nachází konkrétní osoba. Díky tomuto základu je možné spustit zvukovou notifikaci pouze v místnostech, kde jsou lidé, nebo kde se nachází konkrétní osoba, které tato notifikace náleží a není tak nutné přehrávat toto oznámení v celé domácnosti na všech oznamovacích reproduktorech.

Takovéto přizpůsobené oznámení, které „*Osobě A*“ oznámí, že jí klesla baterie mobilního telefonu pod určité procento, nebo naopak že je baterie již nabitá, tak poskytuje přehled i pomocí cílených zvukových upozornění. Tento společný základ takové automatizace lze dále použít v nespočtu dalších automatizací, kdy může například konkrétní osobě poskytnout informaci o tom, že voda v konvici je již uvařená, jídlo v mikrovlnce je již ohřáté, nebo že pračka dokončila práci program. Bez existence řešení problému lokalizace osob v domácnosti by tato pokročilá funkcionality nebyla možná, a takové oznámení by bylo nutné přehrát ve všech místnostech a tím by mohlo rušit ostatní osoby, které s proběhlou událostí nemají nic společného.

### TTS General

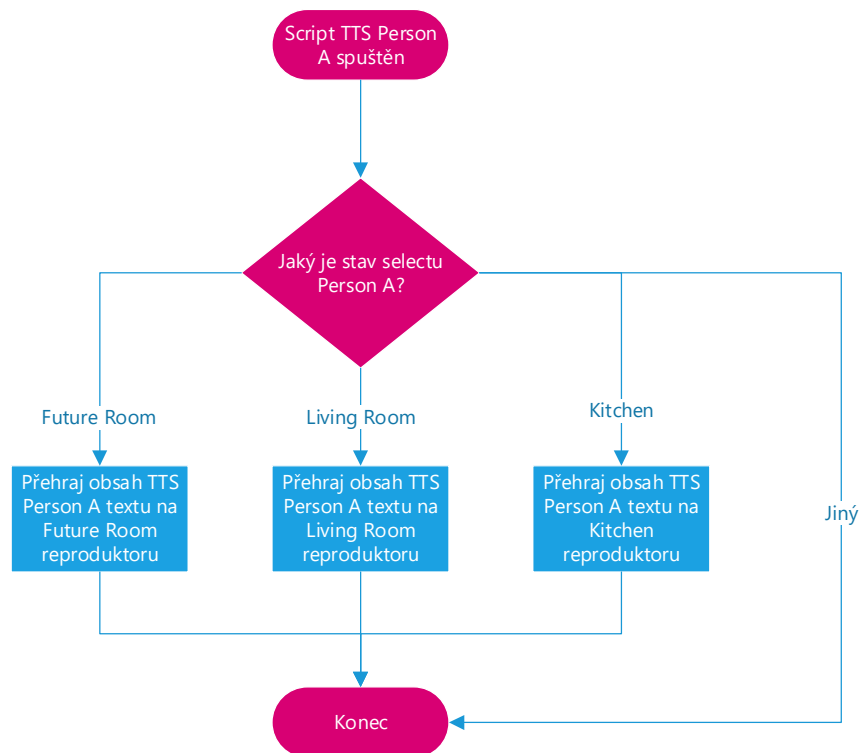
Automatizace TTS General je základní ohlašovací automatizací, která dané oznámení přehraje ve všech místnostech, které mají stav Presence – ON. Je využitelná v případech, že došlo k obecné události, která se týká všech členů domácnosti.



Obrázek 65 - Zjednodušené schéma TTS General

## TTS Person X

Automatizace TTS Person X naproti tomu přímo implikuje, že jde o přizpůsobené oznámení týkající se konkrétní osoby. V tomto případě je pomocí stavu konkrétní osoby a logické posloupnosti vyhodnoceno, ve které místnosti se daná osoba nachází a v té je následně toto oznámení přehráno.

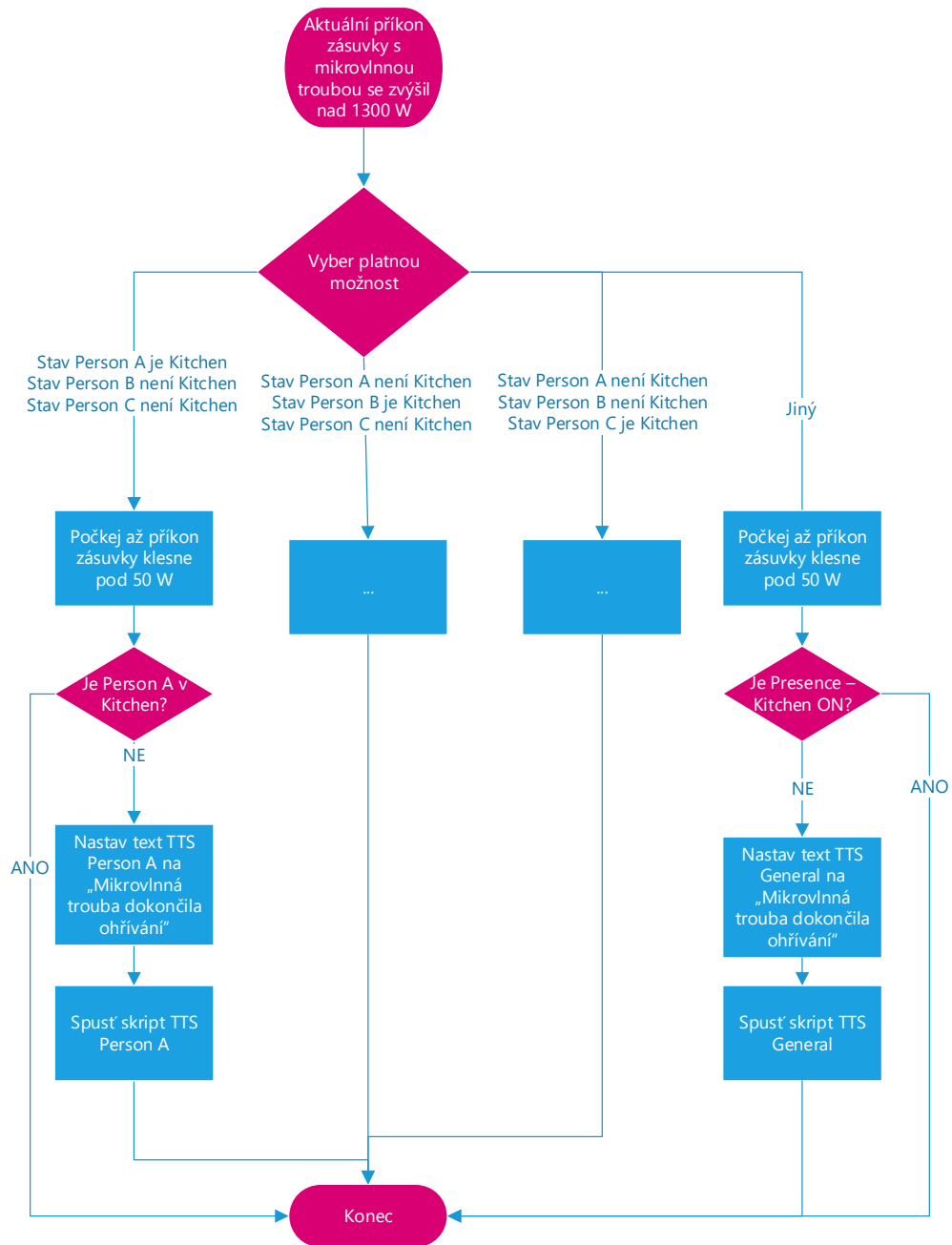


Obrázek 66 - Zjednodušené schéma TTS Person A

## Ohlášení dokončení ohřívání mikrovlnné trouby

V této automatizaci je výsledkem přehrání zvukového oznámení o dokončení ohřívání mikrovlnné trouby. Tato automatizace však v sobě obsahuje struktury využívající přizpůsobená oznámení na základě toho, kdo mikrovlnnou troubu zapnul. V případě, že se podaří určit komu je toto oznámení příslušné, oznámí se pouze jemu pomocí TTS Person X. V případě, že to možné není, se oznámení přehraje ve všech obsazených místnostech pomocí TTS General.

Tuto strukturu lze dále použít v podstatě pro jakoukoliv další automatizaci, od které se očekává podobná funkcionálníta.

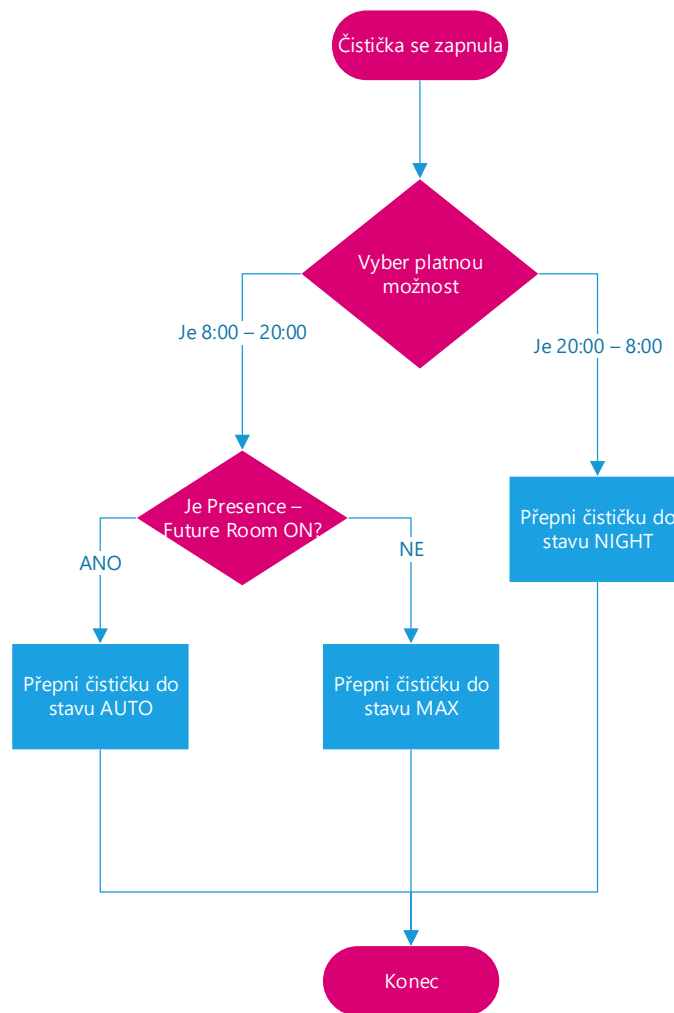


Obrázek 67 - Schéma "Ohlaš dokončení ohřívání"

## Nastavení režimu čističky vzduchu

Funkcí této automatizace je řídit režim čističky vzduchu v závislosti na denní době a na tom, je-li v místnosti přítomna osoba. Chod čističky vzduchu naplno je hlučný a není příjemné sedět v místnosti, kde tato čistička naplno běží. Její použití a zejména funkce čištění vzduchu je potřebná ze zdravotních důvodů členů domácnosti.

Tuto strukturu automatizace lze dále použít například k řízení ventilátoru nebo klimatizace, jelikož takový use case je téměř totožný,



Obrázek 68 - Schéma "čistička vzduchu"

### 22.5.3 Automatizace – Řízení přístupu

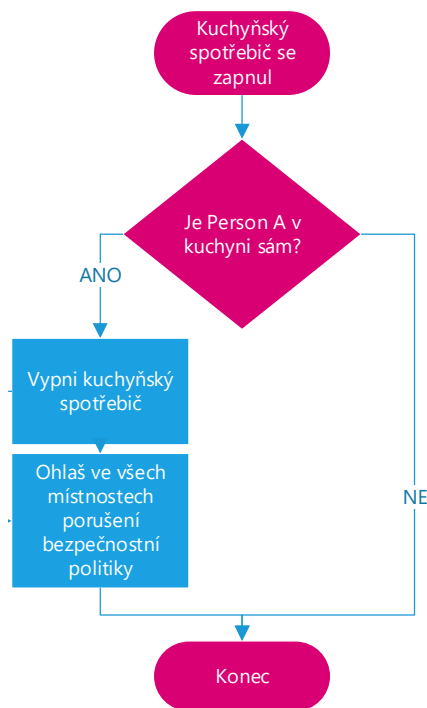
Jak bylo uvedeno v přechozích kapitolách, automatizace vytvořené zde se týkají možnosti řízení přístupu v chytré domácnosti díky možnosti lokalizace osob.

Pro ukázkovou implementaci se předpokládá, že „Osoba A“ je malé dítě, kterému je nutné odepřít některé možnosti ovládání chytré domácnosti pro jeho vlastní bezpečí.

Tyto principy je však možné aplikovat na všechny ostatní osoby nebo situace, ve kterých je žádoucí za různých okolností omezit určité možnosti. Automatizace postavené na těchto základech lze použít i jako aktivní součást řízení zabezpečovacího systému.

#### Osoba A nemá právo zapínat spotřebiče

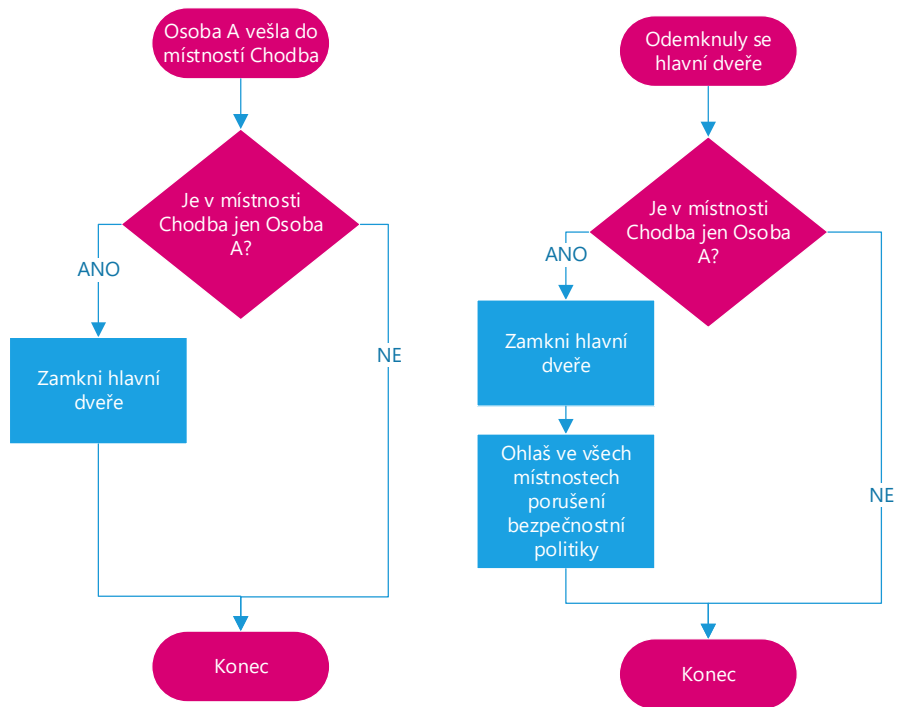
Principem této automatizace je, že v případě, kdy je „Osoba A“ sama v místnosti „Kuchyň“, a dojde k zapnutí integrovaného kuchyňského spotřebiče tento spotřebič vypnout a tento stav oznámit v ostatních místnostech jako varování.



Obrázek 69 - Schéma "Bezpečnost v kuchyni"

## Osoba A nemá právo odemknout dveře

V této automatizaci je předmětem zabránit „Osobě A“ v možnosti odejít samovolně z domova tím, že v případě, že se tato osoba nachází sama v místnosti „Chodba“, je chytrý domovní zámek zamknutý a v případě pokusu o jeho odemknutí se opět sám zamkne. Osoba tak nemůže odemknout dveře bez přítomnosti jiné oprávněné osoby.

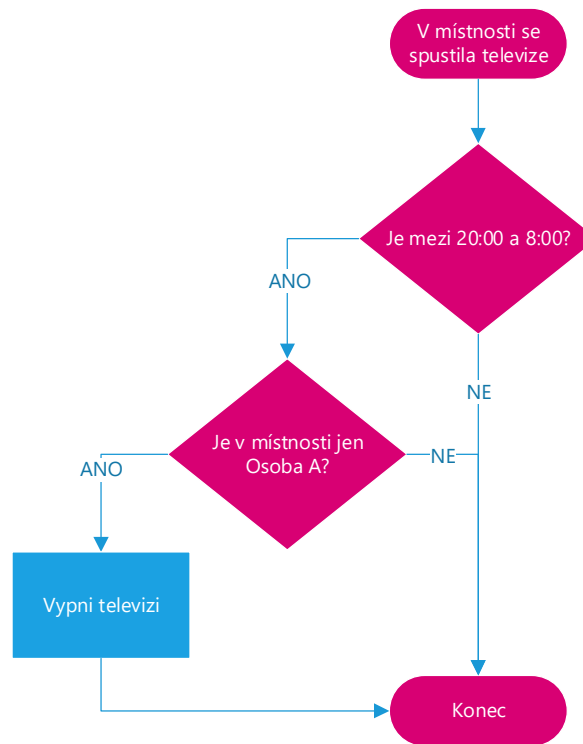


Obrázek 70 - Schéma "Bezpečnost hlavních dveří"



## Osoba A nemá právo zapnout televizi po 20 hodině

Tato automatizace brání „Osobě A“ v přístupu k audiovizuálnímu obsahu buď přímo vypínáním televize nebo regulováním doby, po kterou je televize zapnuta, pokud je „Osoba A“ sama v místnosti s televizí.



Obrázek 71 - Schéma "Televize po 20:00"

Automatizace týkající se řízení přístupu lze stejně tak jako všechny ostatní dále rozvíjet v závislosti na dostupných datech. Mohou tak být dále upravovány a přizpůsobovány konkrétní domácnosti s konkrétními osobami v závislosti na jejich zvycích a pravidlech.

## 23 Závěr

V rámci této diplomové práce došlo k přiblížení problematiky současných chytrých domácností a aktuálně rozšířených platforem a protokolů.

V praktické části práce byl řešen problém detekce přítomnosti v místnosti a podařilo se jej vyřešit při dodržení požadovaných podmínek.

Poté byly předvedeny některé automatizace, které na tuto nově vytvořenou funkcionalitu přímo navazují.

Podařilo se tak naplnit všechny cíle diplomové práce a úspěšně implementovat vybranou metodu do konkrétní chytré domácnosti.

V průběhu psaní diplomové práce a provádění experimentů se objevilo několik především etických dilemat, které souvisí s naprostou totální kontrolou veškerého dění v chytré domácnosti včetně dat z individuálních zařízení každého jejího člena. Pokud by taková domácnost nebyla realizovaná lokálně a nebyla ve správě jejich vlastních obyvatel, šlo by tak o enormní zásah do práv a svobod jednotlivce. Je to jeden z důvodů, proč byla vybrána platforma, která je provozována lokálně, a ne jiná, která provádí své vyhodnocování a operace v datových centrech po celém světě. Ze stejného důvodu bylo naprosto radikálně odmítnuto využívání obrazu z kamer k účelům popsaným v této diplomové práci, protože i přes to, že by k určitým účelům mohly sloužit dobře, nejsou schopny tento účel vyvážit a obyvatele domácnosti tak zbavují jakéhokoliv soukromí.

Cílem chytré domácnosti totiž není sbírat data o uživatelích a pak je poskytovat společnostem třetí strany, ale mají primárně sloužit svým majitelům. Způsobem v souladu s vizemi nastíněnými ve sci-fi povídkách, a stejně tak, jak byl sestrojen prototyp ECHO IV, který zlehčoval a zpříjemňoval život svému majiteli.

Na druhou stranu množství sesbíraných dat, které je díky tomuto řešení k dispozici přímo vybízí k dalšímu zpracování, a je dost možné, že se v nich dají nalézt korelace a kauzality, které zatím zůstávají skryty, ačkoliv by se daly použít k dalšímu progresivnímu posunu chytré domácnosti na vyšší úroveň.

Realizací domácnosti na základech open source řešení však vznikají problémy a situace, které vyžadují aktivní údržbu, na rozdíl od jiných platforem zaměřených na cílového zákazníka, ovšem umožňuje nepřehledné množství dalších pokročilých funkcí a možností přizpůsobení, a hlavně s jistotou, že jediným, kdo má k chytré domácnosti a k datům v ní uložených přístup, je pouze její oprávněný majitel.

Dá se předpokládat, že oblast chytrých domácností se bude dále rozvíjet a postupně se budou objevovat nová a vylepšená zařízení, s nyní nepředstavitelnou nebo nerealizovatelnou funkcionalitou.

## **I. Summary + keywords**

This thesis is solving a problem connected with room presence detection in smart homes. Main goal of this thesis is to come with reliable and economically acceptable solution using widely available resources and products and to implement this method in existing smart home. These methods are meant to be built on open source basis and with a focus on privacy and replicability in other smart homes.

Keywords: smart home, room presence, room localisation, home assistant, home automation

## II. Seznam literatury

- [1] *The history of the Smart Home* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://smarthomeenergy.co.uk/the-history-of-the-smart-home/>
- [2] *Cesta k samostatnému domu* [online]. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.immax.cz/historie-chytre-domacnosti-cast-1-cesta-k-samostatnemu-domu/>
- [3] *Home Smart IoT Home: Domesticating the Internet of Things* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.toptal.com/designers/interactive/smart-home-domestic-internet-of-things>
- [4] *41.6 Billion IoT Devices will be Generating 79.4 Zettabytes of Data in 2025* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.globaldots.com/resources/blog/41-6-billion-iot-devices-will-be-generating-79-4-zettabytes-of-data-in-2025/>
- [5] *IoT Market Will Account for 7% of Global IT Spending by 2025* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.coe-iot.com/blog/iot-market-will-account-7-of-total-it-spending-by-2025/>
- [6] Khan, J.Y., & Yuce, M.R. (Eds.). (2019). *Internet of Things (IoT): Systems and Applications* (1st ed.). Jenny Stanford Publishing.
- [7] *Matter Specification Version 1.0* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: [https://csa-iot.org/wp-content/uploads/2022/11/22-27349-001\\_Matter-1.0-Core-Specification.pdf](https://csa-iot.org/wp-content/uploads/2022/11/22-27349-001_Matter-1.0-Core-Specification.pdf)
- [8] *What Matters about Matter, the new smart home standard* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.theverge.com/22832127/matter-smart-home-products-thread-wifi-explainer>
- [9] *Co je to Matter? Konečně univerzální chytrá domácnost pro propojení všeho* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://insmart.cz/vse-o-standardu-matter-pro-chytrou-domacnost/>
- [10] *Thread* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.threadgroup.org/>
- [11] *WHAT IS THREAD?* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.threadgroup.org/What-is-Thread/Overview>
- [12] *What is Thread?* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://openthread.io/guides/thread-primer>

- [13] *Jaké výhody a rizika má chytrá domácnost* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.living.cz/jake-vyhody-rizika-ma-chytra-domacnost/>
- [14] *Google Coral* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://coral.ai/>
- [15] *Dokumentace Frigate* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://docs.frigate.video/>
- [16] *Frigate*. *Github.com* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://github.com/blakeblackshear/frigate>
- [17] *Home Assistant*. *Github.com* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://github.com/home-assistant>
- [18] *ESP Home*. *Github.com* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://github.com/esphome/esphome>
- [19] *ESP Home* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://esphome.io/>
- [20] *ESP32 Bluetooth Low Energy Tracker Hub* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: [https://esphome.io/components/esp32\\_ble\\_tracker.html](https://esphome.io/components/esp32_ble_tracker.html)
- [21] *An Introduction to Near-Field Communication and the Contactless Communication API* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/technical-resources/articles/javame/nfc.html>
- [22] *How Infrared motion detector components work* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <http://www.glolab.com/pirparts/infrared.html>
- [23] *Best MmWave Human Presence Sensor Comparison* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://smarthomescene.com/reviews/best-mmwave-human-presence-sensor-comparison/>
- [24] *5G Bytes: Millimeter Waves Explained* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://spectrum.ieee.org/5g-bytes-millimeter-waves-explained>
- [25] *Bluetooth Location Tracking & Positioning* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.inpixon.com/technology/standards/bluetooth-low-energy>
- [26] L. Bai, F. Ciravegna, R. Bond and M. Mulvenna, "A Low Cost Indoor Positioning System Using Bluetooth Low Energy," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 136858-136871, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012342.

- [27] *Beacons, Tags, Gateways, and Other Technologies Explained* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://kontakt.io/beacons-tags-gateways-and-other-technologies-explained/>
- [28] *Using mmWave radar for vital signs monitoring* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.embedded.com/using-mmwave-radar-for-vital-signs-monitoring/>
- [29] P. Zhao *et al.*, "Heart Rate Sensing with a Robot Mounted mmWave Radar," *2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Paris, France, 2020, pp. 2812-2818, doi: 10.1109/ICRA40945.2020.9197437
- [30] Z. Ling, W. Zhou, Y. Ren, J. Wang and L. Guo, "Non-Contact Heart Rate Monitoring Based on Millimeter Wave Radar," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 74033-74044, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3190355.
- [31] *A Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/>
- [32] Ling Guan; Yifeng He; Sun-Yuan Kung (1 March 2012). *Multimedia Image and Video Processing*. CRC Press. pp. 331–. ISBN 978-1-4398-3087-1.
- [33] *Object detection* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: [https://www.tensorflow.org/lite/examples/object\\_detection/overview](https://www.tensorflow.org/lite/examples/object_detection/overview)
- [34] *Object Detection in 2023: The Definitive Guide* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://viso.ai/deep-learning/object-detection/>
- [35] *Do home security cameras invade your privacy?* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.techradar.com/news/do-smart-home-security-cameras-invade-your-privacy>
- [36] *Privacy Risks Found in Home Security Cameras* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.cpomagazine.com/data-privacy/privacy-risks-found-in-home-security-cameras-allow-spying-without-having-to-watch-the-video-footage/>
- [37] *Amazon's Ring is the largest civilian surveillance network the US has ever seen* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2021/may/18/amazon-ring-largest-civilian-surveillance-network-us>

- [38] *Your Google Nest camera footage might be shared with police without a warrant* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.androidpolice.com/google-nest-camera-footage-shared-with-police/>
- [39] CAIN, Geoffrey. *Dokonalý policejní stát: čínská digitální totalita : výprava do děsivé budoucnosti, kdy jsou lidé pod neustálým dohledem*. Praha: Euromedia Group, 2022. Universum (Euromedia Group). ISBN 978-80-242-8217-6.
- [40] *Facial Recognition And Beyond* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.npr.org/2021/01/05/953515627/facial-recognition-and-beyond-journalist-ventures-inside-chinas-surveillance-sta>
- [41] *UAE's high-tech toolkit for mass surveillance and repression* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://mondediplo.com/2023/01/05uae>
- [42] *Consumer spending on smart home products and services worldwide from 2015 to 2025* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/693303/smart-home-consumer-spending-worldwide/>
- [43] TEEL, John. *Comparison of Wireless Technologies*. Predictabledesigns.com [online]. [cit. 2021-3-27]. Dostupné z: [https://predictabledesigns.com/wireless\\_technologies\\_bluetooth\\_wifi\\_zigbee\\_gsm\\_lte\\_lora\\_nb-iot\\_lte-m/](https://predictabledesigns.com/wireless_technologies_bluetooth_wifi_zigbee_gsm_lte_lora_nb-iot_lte-m/)
- [44] PRETTY, Brad. *HOME AUTOMATION: Wi-Fi, Zigbee, and Z-Wave: What's the difference?* Getmysa.com [online]. [cit. 2021-2-20]. Dostupné z: <https://getmysa.com/blogs/home-automation/wifi-zigbee-zwave>
- [45] *Dokumentace Home Assistant*. *HomeAssistant.io* [online]. [cit. 2021-1-26]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/docs/>
- [46] *IoT Analytics - ThingSpeak Internet of Things* [online]. The MathWorks, ©2021 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://thingspeak.com/>
- [47] *Home Assistant Cloud*. *Nabucasa.com* [online]. [cit. 2021-3-10]. Dostupné z: <https://www.nabucasa.com/>
- [48] *Amazon Alexa* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=21576558011>



- [49] *Apple Home* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.apple.com/home-app/>
- [49] *Google Home* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://home.google.com/welcome/>
- [50] *Home Assistant Companion Docs* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://companion.home-assistant.io/>
- [51] *Installation* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/installation/>
- [52] Home Assistant. *Home Assistant* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.home-assistant.io/>
- [53] BASL, Josef a Roman BLAŽÍČEK. *Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-4307-3.
- [54] GÁLA, Libor, Jan POUR a Zuzana ŠEDIVÁ. *Podniková informatika: počítačové aplikace v podnikové a mezipodnikové praxi*. 3., aktualizované vydání. Praha: Grada Publishing, 2015. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-5457-4.
- [55] SODOMKA, Petr a Hana KLČOVÁ. *Informační systémy v podnikové praxi*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Brno: Computer Press, 2010. ISBN 978-80-251-2878-7.
- [56] TVRDÍKOVÁ, Milena. *Aplikace moderních informačních technologií v řízení firmy: nástroje ke zvyšování kvality informačních systémů*. Praha: Grada, 2008. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2728-8.
- [57] Xiao, Ming & Mumtaz, Shahid & Huang, Yongming & Dai, Linglong & Li, Yonghui & Matthaiou, Michail & Karagiannidis, George & Björnson, Emil & Yang, Kai & I., Chih-Lin & Ghosh, Amitava. (2017). Millimeter Wave Communications for Future Mobile Networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. PP. 10.1109/JSAC.2017.2719924.
- [58] GRUEN, F. O. (2022). *Handbuch Smart Home*. Muenchen: Stiftung Warentest.
- [59] MCEWEN, A., & CASSIMALLY, H. (2013). *Designing the Internet of Things*. London: John Wiley & Sons Inc.

- [60] SENDLER, U. (2018). The internet of things: Industrie 4.0 unleashed. Berlin: Springer Vieweg.
- [61] WU, CH. K. (2021). Internet of things security: architectures and security measures. Singapore: Springer.
- [62] HANES, David, Gonzalo SALGUEIRO, Patrick GROSSETETE, Robert BARTON a Jerome HENRY. IoT fundamentals: networking technologies, protocols, and use cases for the Internet of things. Indianapolis, Indiana, USA: Cisco Press, [2017]. Cisco Press fundamentals series. ISBN 978-1-58714-456-1.
- [63] VALEŠ, Miroslav. Inteligentní dům. Brno: ERA, 2006. 21. století. ISBN 80-7366-062-8.
- [64] Mautz, R., et al. (2012) Indoor Positioning Technologies, Habilitation Thesis at ETH Zurich.
- [65] SURYADEVARA, Nagender Kumar a Subhas Chandra MUKHOPADHYAY. Smart Homes: Design, Implementation and Issues. Imprint: Springer, 2015. Smart Sensors, Measurement and Instrumentation, 14. ISBN 978-3319135564.
- [66] HARPER, Richard. Inside the smart home. New York: Springer, c2003. ISBN 978-1-85233-688-2.
- [67] ULTRASONIC VS. RADAR LEVEL SENSORS [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.apgsensors.com/about-us/blog/radar-and-ultrasonic-sensors>
- [68] How Does GPS Work? [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://spaceplace.nasa.gov/gps/en/>

### III. Seznam obrázků

Obrázek 1 – Vizuální reprezentace systému (zdroj: <a href="https://padakuu.com/image/chsyst.png">https://padakuu.com/image/chsyst.png</a> ).....	13
Obrázek 2 - Reprezentace informačního systému (zdroj: <a href="https://sites.google.com/site/ipttask4pjs/_/rsrc/1468869499427/home/representations/Diagram.png">https://sites.google.com/site/ipttask4pjs/_/rsrc/1468869499427/home/representations/Diagram.png</a> ) .....	15
Obrázek 3 - Vizualizace IoT (zdroj: <a href="https://editor.analyticsvidhya.com/uploads/22929banner-1.png">https://editor.analyticsvidhya.com/uploads/22929banner-1.png</a> ).....	16
Obrázek 4 - Echo IV (zdroj: <a href="https://smarthomeenergy.co.uk/wp-content/uploads/2022/05/echo-iv-home-computer-system.png">https://smarthomeenergy.co.uk/wp-content/uploads/2022/05/echo-iv-home-computer-system.png</a> ) .....	20
Obrázek 5 - Zigbee <a href="https://cdn.alza.cz/Foto/ImgGalery/Image/variabilita%20ZigBee.jpg">/https://cdn.alza.cz/Foto/ImgGalery/Image/variabilita%20ZigBee.jpg</a> ).....	29
Obrázek 6 - Zigbee mesh ( <a href="https://xiaomiplanet.sk/wp-content/uploads/2020/11/zigbee-01-1024x578.png">https://xiaomiplanet.sk/wp-content/uploads/2020/11/zigbee-01-1024x578.png</a> ).....	30
Obrázek 7 - Pohled do aplikace Google Home (zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 8 - Typ automatizace (zdroj: vlastní) .....	36
Obrázek 9 - Tvorba automatizace – podmínka (zdroj: vlastní) .....	36
Obrázek 10 - Tvorba automatizace – akce (zdroj: vlastní).....	37
Obrázek 11 - Náhled do aplikace Alexa (zdroj: <a href="https://shs-media.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2019/03/21201655/Alexa-App-1024x507.png">https://shs-media.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2019/03/21201655/Alexa-App-1024x507.png</a> ) .....	38
Obrázek 12 - Náhled aplikace Apple Home (zdroj: vlastní) .....	40
Obrázek 13 - Typy automatizací (zdroj: vlastní).....	40
Obrázek 14 - Postup vytváření automatizace v aplikaci Apple Home (zdroj: vlastní)...	41
Obrázek 15 - HA Dashboard (zdroj: vlastní).....	43
Obrázek 16 - HA Tvorba automatizace (zdroj: vlastní) .....	44
Obrázek 17 - Princip ultrazvukové detekce (zdroj: <a href="http://illuminate.usc.edu/assets/media/160/1000pxSonar_Principle_EN.svg.png">http://illuminate.usc.edu/assets/media/160/1000pxSonar_Principle_EN.svg.png</a> ).....	46
Obrázek 18 - Aktivní infračervený senzor (zdroj: <a href="https://www.rfwireless-world.com/images/Infrared-sensor.jpg">https://www.rfwireless-world.com/images/Infrared-sensor.jpg</a> ).....	47
Obrázek 19 - PIR senzor (zdroj: <a href="https://i.pinimg.com/originals/9c/79/90/9c799025b331e58681702de59b71e7fe.jpg">https://i.pinimg.com/originals/9c/79/90/9c799025b331e58681702de59b71e7fe.jpg</a> )...	48

Obrázek 20 - Detekce známek života pomocí MM Wave (zdroj: <a href="https://i.ytimg.com/vi/ZaG9jZnx2Q4/maxresdefault.jpg">https://i.ytimg.com/vi/ZaG9jZnx2Q4/maxresdefault.jpg</a> ).....	49
Obrázek 21 - GPS lokalizace (zdroj: <a href="https://www.researchgate.net/publication/344234461/figure/fig7/AS:935504568655872@1600053078097/GPS-Position-calculation-using-triangulation.ppm">https://www.researchgate.net/publication/344234461/figure/fig7/AS:935504568655872@1600053078097/GPS-Position-calculation-using-triangulation.ppm</a> ).....	50
Obrázek 22 - Wi-Fi lokalizace (zdroj: <a href="https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/e8122eb09c826b59830e603c8ea809681d32f0c3/3-Figure1-1.png">https://d3i71xaburhd42.cloudfront.net/e8122eb09c826b59830e603c8ea809681d32f0c3/3-Figure1-1.png</a> ).....	52
Obrázek 23 - Bluetooth lokalizace (zdroj: <a href="https://www.cassianetworks.com/wp-content/uploads/2021/12/Trilateration-1024x666.png">https://www.cassianetworks.com/wp-content/uploads/2021/12/Trilateration-1024x666.png</a> ) .....	54
Obrázek 24 - Detekce objektů (zdroj: <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Detected-with-YOLO--Schreibtisch-mit-Objekten.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Detected-with-YOLO--Schreibtisch-mit-Objekten.jpg</a> ).....	55
Obrázek 25 - Půdorys domácnosti (zdroj: vlastní) .....	59
Obrázek 26 - Raspberry Pi s Conbee II (zdroj: vlastní).....	60
Obrázek 27 - Zigbee síť s 92 prvky (zdroj: vlastní).....	61
Obrázek 28 - Vytvořené proměnné pro jednotlivé místnosti.....	68
Obrázek 29 - Selecty jednotlivých osob .....	69
Obrázek 30 - Detail Person selectu s jednotlivými možnostmi .....	69
Obrázek 31 - Dashboard s jednotlivými místnostmi a osobami .....	70
Obrázek 32 - Vizualizace jednotlivých místností .....	70
Obrázek 33 - Vizualizace průběhu automatizace obsluhy Presence booleanu pomocí Person selectu .....	71
Obrázek 34 - NFC nálepky, tagy, a karta .....	72
Obrázek 35 - Rozmístění NFC nálepek .....	73
Obrázek 36 - Schéma průběhu automatizace naskenování NFC tagu .....	74
Obrázek 37 - Pohybový sensor Aqara .....	75
Obrázek 38 - Rozmístění pohybových senzorů .....	76
Obrázek 39 - Proměnná Current Room MOTION .....	77
Obrázek 40 – Zjednodušené schéma Motion 1 .....	78
Obrázek 41 - Zjednodušené schéma Motion 2 .....	79
Obrázek 42 - MM Wave senzor Aqara FP1 .....	80
Obrázek 43 - Obývací pokoj s MM Wave senzorem.....	81
Obrázek 44 - Schéma MM Wave .....	82

Obrázek 45 - Kamera TP Link.....	83
Obrázek 46 - Google Coral AI Accelerator .....	84
Obrázek 47 - Detekce objektů v obrazu (zdroj: vlastní).....	85
Obrázek 48 - Exponované hodnoty z Frigate v HA (zdroj: vlastní).....	85
Obrázek 49 - Schéma detekce pomocí kamery.....	86
Obrázek 50 - Předpokládané schéma detekce obličejů.....	86
Obrázek 51 - ESP32.....	88
Obrázek 52 - Mi Band 6 .....	88
Obrázek 53 - Rozmístění ESP32 .....	89
Obrázek 54 - Průběh pasivního skenu BLE (zdroj: <a href="https://dev.ti.com/tirex/explore/content/simplelink_academy_cc2640r2sdk_5_10_02_00/modules/blestack/ble_scan_adv_basic/resources/scanning_diagram.png">https://dev.ti.com/tirex/explore/content/simplelink_academy_cc2640r2sdk_5_10_02_00/modules/blestack/ble_scan_adv_basic/resources/scanning_diagram.png</a> ) .....	90
Obrázek 55 - Výpis z konzole skenu (zdroj: vlastní).....	91
Obrázek 56 - RSSI v určité místnosti v průběhu dne (zdroj: vlastní).....	92
Obrázek 57 - Zjednodušené schéma BLE automatizace .....	93
Obrázek 58 - Přítomnost v aplikaci Google Home.....	94
Obrázek 59 - Occupancy automatizace v Amazon Alexa (zdroj: <a href="https://www.cnet.com/a/img/resize/8de65d965860988acec49522d94facb254464/hu/b/2021/06/10/f43b24e6-dfda-4f7a-a884-57f520747a4e/img-7997.png">https://www.cnet.com/a/img/resize/8de65d965860988acec49522d94facb254464/hu/b/2021/06/10/f43b24e6-dfda-4f7a-a884-57f520747a4e/img-7997.png</a> ).....	95
Obrázek 60 - Loxone Presence Sensor Air White (zdroj: <a href="https://shop.loxone.com/media/catalog/product/cache/2/image/600x400/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/p/h/ph-shop-presence-detector-white-front.jpg">https://shop.loxone.com/media/catalog/product/cache/2/image/600x400/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/p/h/ph-shop-presence-detector-white-front.jpg</a> ) .....	96
Obrázek 61 - Rozmístění tlakových senzorů .....	104
Obrázek 62 - Schéma Bluetooth + Pohybové senzory .....	106
Obrázek 63 - Vypni zařízení po 2 minutách od opuštění místnosti.....	112
Obrázek 64 - Výňatek ze schématu rozvrh topení.....	113
Obrázek 65 - Zjednodušené schéma TTS General .....	115
Obrázek 66 - Zjednodušené schéma TTS Person A .....	116
Obrázek 67 - Schéma "Ohlaš dokončení ohřívání" .....	117
Obrázek 68 - Schéma "čistička vzduchu" .....	118
Obrázek 69 - Schéma "Bezpečnost v kuchyni" .....	119
Obrázek 70 - Schéma "Bezpečnost hlavních dveří" .....	120
Obrázek 71 - Schéma "Televize po 20:00".....	121

## **IV. Přílohy**

Příloha 1 – Zdrojové kódy a diagramy automatizací k experimentům

Příloha 2 – Zdrojové kódy a diagramy aplikovaných automatizací