

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky
a informatiky

Teze diplomové práce

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

Vypracoval: Bc. Petr Voldán

Vedoucí práce: Beránek Ladislav, doc. Ing. CSc., MBA

České Budějovice

2023

Klíčová slova:

Smart Home, Room Presence, Home Assistant, IoT, Home Automation

Anotace:

Tato práce přibližuje aktuálně dostupné uživatelské platformy pro realizaci chytré domácnosti a řeší problém detekce a lokalizace osoby na úrovni místnosti. V teoretické části textu jsou přiblíženy pojmy týkající se oboru chytrých domácností, současné využívané platformy a protokoly, některé technické prvky takové domácnosti, stejně tak jako techniky používané pro detekci a lokalizaci. V praktické části se práce zabývá nalezením optimálního řešení pro aplikaci v samotné chytré domácnosti, kdy je cílem nalézt takové řešení, které by bylo dostatečně spolehlivé a ekonomicky nenáročné. V poslední části jsou navrženy komplexní automatizace, které jsou postavené právě na základu vyřešeného problému s detekcí přítomnosti v místnosti.

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 výhoda 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.

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.

Metodika

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 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.

Pro řešení 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.

Výsledky

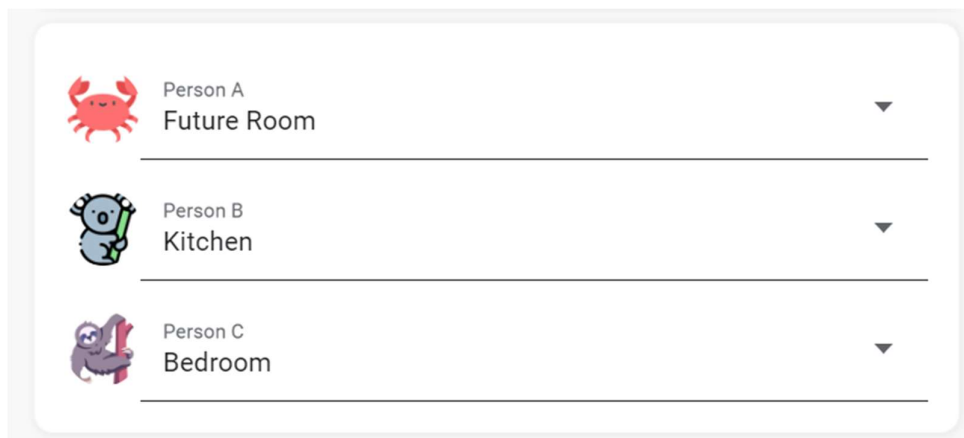
Metody byly vybírány tak, aby využívaly běžně dostupných prostředků, které se již povětšinou v chytrých domácnostech nachází. Některé z metod umožňují pouze detekci osob v místnosti a pomocí jiných lze dosáhnout i rozlišení jednotlivých osob. Původním úmyslem bylo pouze najít způsob jakým zjistit, jestli 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, který umožňoval reprezentovat obsazenost či neobsazenost místnosti, a dále také reprezentaci stavu jednotlivých osob s předem definovanými možnostmi.



Obrázek 1 - Vizualizace jednotlivých místností



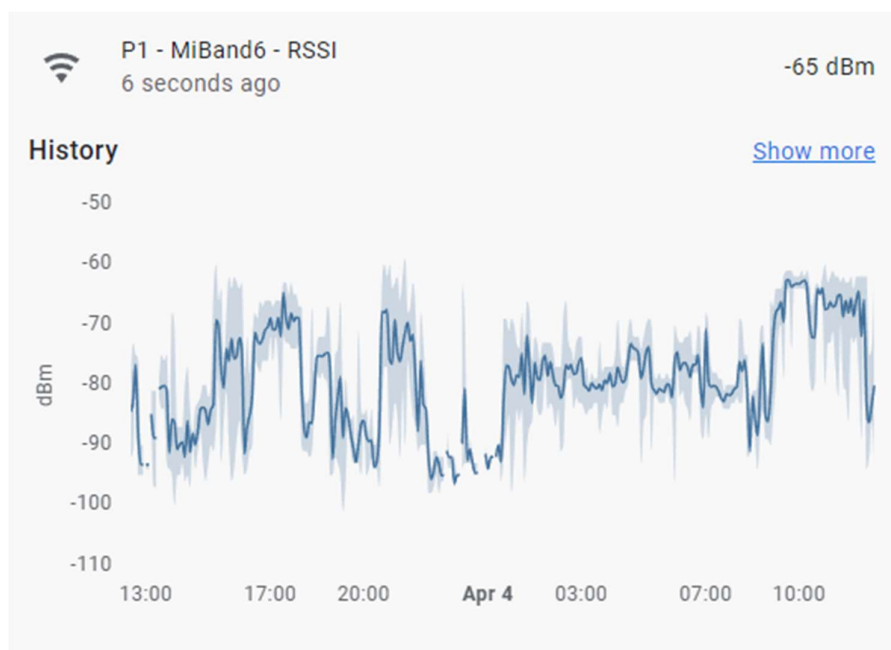
Obrázek 2 - Vizualizace stavu jednotlivých osob

V rámci této předkládané 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.

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.

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.

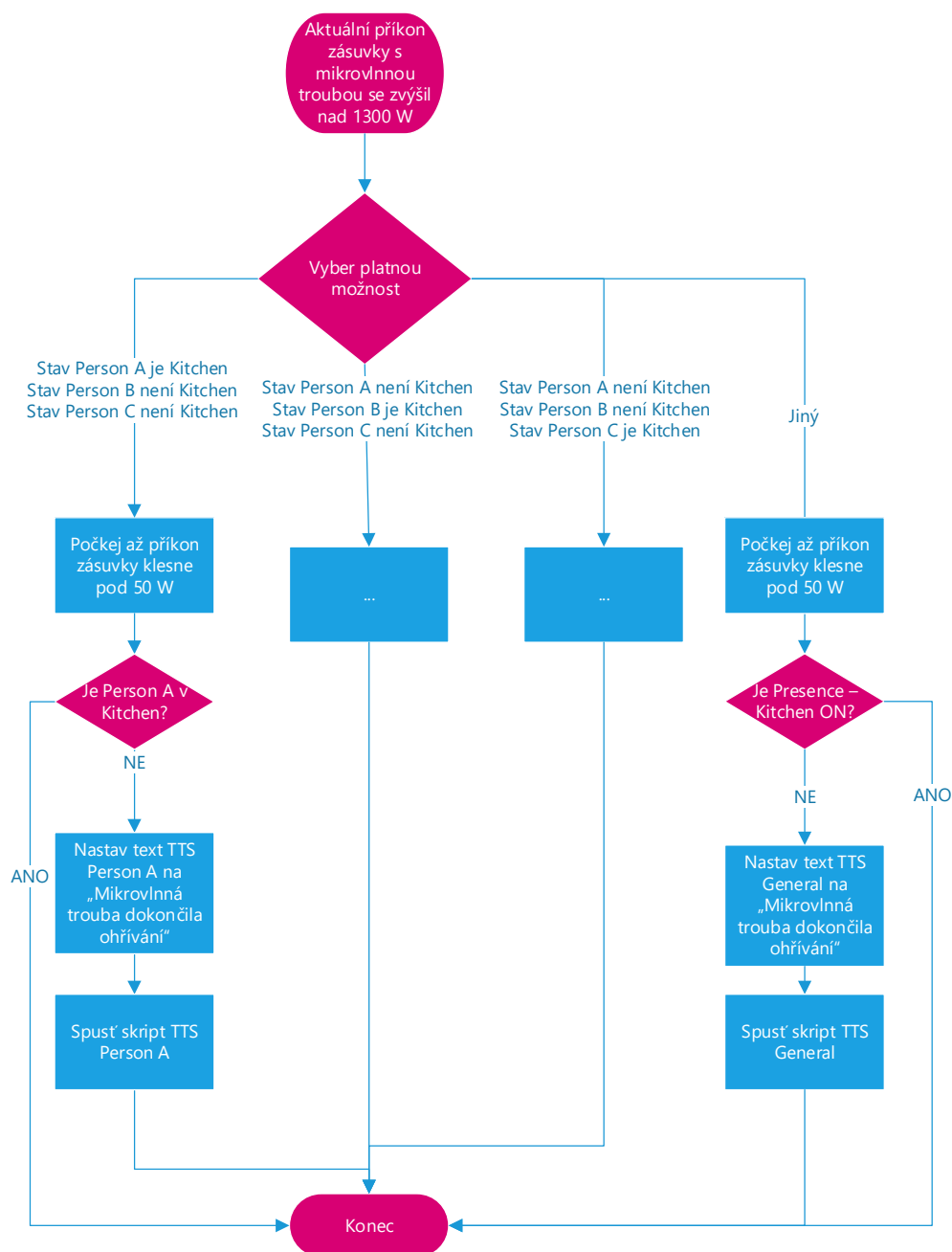


Obrázek 3 - RSSI v určité místnosti v průběhu dne (zdroj: vlastní)

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.[2]

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.

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 zpríjemnilo život, formulovat, to lze provést právě na základě pozorování.



Obrázek 4 - Diagram ohlášení dokončení ohřívání

Automatizace zde předkládané 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. [1]

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.[3][4]

Cílem chytré domácnosti totiž není sbírat data o uživateli a pak je poskytovat společností třetí strany, ale mají primárně sloužit svým majitelům. Způsobem v souladu s vizemi nastíněnými ve sci-fi povídkách, a stejně tak, jak byl sestaven 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.[1]

Realizaci 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.

Seznam literatury použité v tezích

- [1] *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/>
- [2] Mautz, R., et al. (2012) *Indoor Positioning Technologies*, Habilitation Thesis at ETH Zurich.
- [3] 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.
- [4] *UAE's high-tech toolkit for mass surveillance and repression* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://mondediplo.com/2023/01/05uae>

Plný seznam použité literatury je uveden v textu bakalářské/diplomové práce

Další bibliografické údaje

Type of thesis: master

Author: Petr VOLDÁN

Academic Year: 2022/2023

Department: Department of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Economics, University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Czech Republic

Thesis supervisor: Beránek Ladislav, doc. Ing. CSc., MBA

Number of pages: 133

Language of thesis: CZ

Title of Thesis: Methods of presence detection at room level and its application in smart homes

Annotation: 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.

Key words: smart home, room presence, room localisation, home assistant, home automation

Přílohy volně vložené:

Příloha 1 – Zdrojové kódy a diagramy automatizací k experimentům

Příloha 2 – Zdrojové kódy a diagramy aplikovaných automatizací