



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**IOT S RASPBERRY PI, TELEFONEM A HODINKAMI
SAMSUNG GALAXY WATCH**

IOT WITH RASPBERRY PI, MOBILE PHONE, AND SAMSUNG GALAXY WATCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAKUB KOUDELKA

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. PAVEL ZEMČÍK

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce



Student: **Koudelka Jakub**
Program: Informační technologie
Název: **IoT s Raspberry Pi, telefonem a hodinkami Samsung Galaxy Watch**
IoT with Raspberry Pi, Mobile Phone, and Samsung Galaxy Watch
Kategorie: Uživatelská rozhraní

Zadání:

1. Nastudujte literaturu a existující řešení na téma IoT s bezdrátovým ovládáním funkcí a uživatelským rozhraním k takovému systému.
2. Prostudujte možnosti vytvoření systému IoT s využitím Raspberry Pi, mobilního telefonu a "smart watch", například Samsung Galaxy Watch, možnosti komunikace a ovládání zařízení.
3. Vyberte vhodný postup implementace a diskutujte dosažitelné vlastnosti a případně možné komplikace vybraného postupu a funkce jednotlivých zařízení v systému.
4. Implementujte IoT systém podle vybraného postupu a demonstруйте jeho vlastnosti na vhodném příkladu, například pro ovládání zařízení domu, jako je pojezdová brána, osvětlení příjezdové cesty, zavlažovací systém případně další.
5. Diskutujte dosažené výsledky a možnosti pokračování práce.

Literatura:

- Dle pokynů vedoucího

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- Body 1 až 3 zadání.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Zemčík Pavel, prof. Dr. Ing.**

Vedoucí ústavu: Černocký Jan, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2020

Datum odevzdání: 12. května 2021

Datum schválení: 30. října 2020

Abstrakt

Cílem této práce bylo vytvořit návrh a realizovat implementaci chytrého domácího systému. Systém je možné ovládat pomocí uživatelských aplikací pro mobilní telefon a chytré hodinky. Práce popisuje existující řešení dostupná na trhu a technologie vhodné pro chytré domácnosti. Na základě analýzy je sestaveno technické zadání, podle kterého je implementován systém a aplikace. Výsledkem práce je funkční systém který je možné ovládat aplikací pro Android a Galaxy Watch.

Abstract

The goal of this bachelor's thesis was to design and implement smart home system. System can be used by user oriented applications for mobile phone and smart watch. The thesis analyses an existing solutions and technologies used for smart homes. Based on analysis is determined technical product specification, which is used for implementation of system and application. Product of thesis is functioning system manageable by Android application and application for Galaxy Watch.

Klíčová slova

IoT, MQTT, chytrá domácnost, xamarin, raspberry pi

Keywords

IoT, MQTT, smart home, xamarin, raspberry pi

Citace

KOUDELKA, Jakub. *IoT s Raspberry Pi, telefonem a hodinkami Samsung Galaxy Watch*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Pavel Zemčík

IoT s Raspberry Pi, telefonem a hodinkami Samsung Galaxy Watch

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana prof. Dr. Ing. Pavla Zemčíka. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Jakub Koudelka
11. května 2021

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu panu prof. Dr. Ing. Pavlu Zemčíkovi za vedení a odbornou pomoc. Dále bych chtěl poděkovat své rodině i blízkým, především za umožnění implementovat do domácnosti mnou vytvořený systém.

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 2 |
| 2 | IoT domácí systémy | 3 |
| 2.1 | Historie a vývoj IoT | 3 |
| 2.2 | Topologie používané v bezdrátové IoT | 4 |
| 2.3 | Technologie pro bezdrátovou komunikaci v IoT | 6 |
| 2.4 | Existující řešení chytrých domácností | 9 |
| 2.5 | Existující smart home huby | 10 |
| 2.6 | Existující smart home aplikace | 14 |
| 3 | Analýza IoT domácích systémů a technické zadání | 22 |
| 3.1 | Porovnání existujících aplikací a hubů v domácích systémech | 22 |
| 3.2 | Motivace k vytvoření implementace | 26 |
| 3.3 | Technické nároky na implemenovaný systém | 26 |
| 4 | Implementace IoT smart home systému | 28 |
| 4.1 | Koncepce systému | 28 |
| 4.2 | Volba prostředků | 29 |
| 4.3 | Implementace systému | 30 |
| 4.4 | Home Gateway | 31 |
| 4.5 | Osvětlovací modul | 34 |
| 4.6 | Android mobilní aplikace | 36 |
| 4.7 | Aplikace pro Samsung Galaxy Watch | 38 |
| 4.8 | Testování a provoz | 39 |
| 5 | Závěr | 41 |
| | Literatura | 42 |
| A | Obsah přiloženého paměťového média | 46 |

Kapitola 1

Úvod

V oboru informatiky se nedávno začal oběhovat pojem Internet of Things (internet věcí), tento pojem popisuje množství drobných zařízení založených na mikropočítačích - věcí, která spolu komunikují často bezdrátovou počítačovou sítí - internetem, získávají informace o reálném světě, poskytují je jiným zařízením a posléze uživatelům, případně i vykonávají nějaké úkony. Taková zařízení jsou často označována jako chytrá zařízení. No a taková chytrá zařízení umístěná v domácnosti vytvářejí takzvanou chytrou domácnost, jejíž předností je její snadné a automatizované využívání. Předmětem mé práce bylo právě vytvořit experimentální systém pro takovou chytrou domácnost.

Chytrá zařízení se v současnosti používají napříč téměř všemi obory. Práce je zaměřena na využití v chytré domácnosti. Do této kategorie spadá velký počet firem, které vyvíjejí senzory, nebo celé systémy spravující tyto čidla.

Internet of Things (dále jen IoT) je poměrně nový obor, ve kterém se stále vyvíjejí nové a upravují již existující technologie tak, aby bylo možné tato chytrá zařízení využít všude. Podle predikcí jsou počty zařízení spadající do IoT a vliv IoT na trhu na strmém vzrůstu.

Toto téma jsem si vybral, protože jsem dostal příležitost v novostavbě implementovat chytrou domácnost. Zajímalo mě, zda jsem schopný vytvořit vlastní systém a aplikace, kterými může uživatel se systémem pracovat.

Cílem práce bylo navrhnout a implementovat domácí systém pro ovládání pojezdové brány a venkovního osvětlení za použití bezdrátových technologií. K ovládání systému navrhuji a implementuji aplikaci pro Android a aplikaci pro Samsung Watch.

Následující kapitola se věnuje představení IoT, technologií pro bezdrátovou komunikaci pro IoT a seznámení s existujícími řešeními chytrých domácností, které se na trhu nacházejí. Kapitola třetí se věnuje analýze představených řešení chytrých domácností a upřesňuje technické požadavky na výsledný systém pro chytrou domácnost. Kapitola čtvrtá se věnuje návrhu a implementaci mnou vytvořeného systému. V poslední části čtvrté kapitoly je popsán provoz a testování systému.

IoT systémy, jako síť vozidel, chytré dopravní značení, senzory vestavěné do cest a mostů, nás také přibližují k pojmu chytrých měst. Chytrá města podrobněji včetně predikce popisuje spousta zdrojů, mezi ně patří například Batty [1]. Rose tvrdí, že potenciální přínos IoT technologií je velmi signifikantní, avšak aby bylo možné tyto benefity začít využívat, je nejprve třeba čelit spoustě současných potíží s touto technologií a výzvám, které přináší.

Mnohé zdroje se rovněž rozcházejí na predikcích ohledně potenciálního dopadu IoT na internet, co do počtu nových zařízení a na globální ekonomický potenciál IoT. Z těchto zdrojů se nejvíce prací opírá o výzkum vedený společností Gartner. Čerpá z něj ve své práci jak Tayyaba [24], tak i Lee [14]. Jednou z posledních zpráv od společnosti Gartner [6] je dle jejich průzkumu očekávaný růst i navzdory pandemii nemoci COVID-19, která je v době psaní této práce stále aktuální. Dle průzkumu, ve kterém se společnost Gartner dotazovala, zda má COVID-19 dopad na firemní plány na implementaci IoT za účelem snížení nákladů, zjistila, že 35% dotazovaných firem plánuje snížit prioritu investice do IoT a 47% dotazovaných firem v návaznosti na COVID-19 plánuje prioritizovat investici do IoT. Gartner [6] rovněž uvádí, že většina firem má stále k dispozici relativně levné IoT investice, které mají dopad na snížení nákladů.

Internet of Things (IoT) jako pojem je poměrně nový. Poprvé byl použit v roce 1999, ačkoliv Jun [10] tvrdí, že již v roce 1982 byl v univerzitním kampusu CMU (Carnegie-Mellonova univerzita) instalován automat na nápoje, kterého se vzdáleně mohli uživatelé dotázat na přítomnost konkrétního nápoje a jeho teplotu.

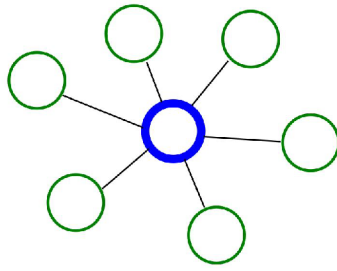
V přesné definici IoT domovního systému se zdroje rozcházejí. Příčinou je především to, že pojem "chytrý" je závislý na moderních technologiích, které jdou stále kupředu. Za jednu z aktuálních definic se dá považovat například definice podle Malche: "Chytrý dům, známý také jako připojený dům nebo eHome, je prostředí pro bydlení, které obsahuje vysoce automatizované systémy." [16] Tvrdí také, že: "Chytrý dům je složený z více technologií propojených pomocí domácí sítě pro zlepšení kvality života". [16]

2.2 Topologie používané v bezdrátové IoT

Pro jednoznačné určení rolí prvků v topologii budu využívat označení, které využívá i Viswanath [27] tedy prvky Node a Home Gateway. Za Home Gateway je považován domácí server nebo hub. Za nejvíce využívané topologie při návrhu IoT systému považuje Buratti [3] tyto tři:

- Star - tato topologie je vhodná především pokud jeden prvek disponuje větším výpočetním výkonem a mohl by zastat roli "serveru", se kterým ostatní prvky komunikují a dodávají mu data, která vyžaduje. Topologii dále označuji jako Node to Home Gateway. Při výpadku node je komunikace s ostatními stále možná. Pokud ovšem výpadkem trpí Home Gateway, celá síť je nefunkční.

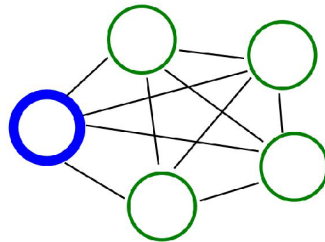
¹Internet of Thing převzato z <https://www.jic.cz/en/events/120-seconds-internet-of-things/>



Obrázek 2.2: Schéma star topologie.

Na obrázku 2.2 je modře vyznačený prvek, který funguje jako Home Gateway a zeleně jsou označeny Node, které fungují jako koncová zařízení.

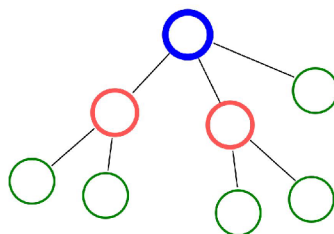
- Mesh - topologie Mesh je vhodná, pokud je například vzdálenost jednotlivých Node od Home Gateway příliš velká, ovšem v cestě se nachází jiný Node. Mesh síť efektivně zvyšuje maximální dosah sítě s každým novým prvkem. Umožňuje také například přesměrování cesty k Home Gateway, pokud je nejkratší cesta ve stavu výpadku.



Obrázek 2.3: Schéma mesh topologie.

Na obrázku 2.3 je zaznačena mesh topologie, ve které komunikace probíhá skrze všechny prvky. Modře je znázorněn prvek Home Gateway.

- Tree - topologie v níž Home Gateway zastává funkci root a veškerá komunikace s uživatelem je směřovaná přes root, avšak data jsou zprostředkována pomocí Node, které nemusí přímo komunikovat s root, ale mohou k němu posílat data přes jiný Node, který slouží jako router. Narozdíl od Mesh je cesta k root pro konkrétní Node pokaždé stejná.



Obrázek 2.4: Schéma tree topologie.

Na obrázku 2.4 lze vidět opět modře zbarvený prvek sloužící jako Home Gateway a zeleně zbarvená koncová zařízení. Červěně zbarvená zařízení jsou koncová zařízení, která slouží jako router, nebo pouze routery.

2.3 Technologie pro bezdrátovou komunikaci v IoT

Technologie, které jsou využívány v IoT domácích systémech se také mění. Podle mnohých zdrojů, jako například Sharma [21], může chytrá domácnost zásadně zlepšit zabezpečení, využití energií, zdraví a mnoho dalších aspektů každodenního života. Jelikož většina technologií se využívá nejen v chytrých domácnostech, ale také v průmyslu, rozhodl jsem se čerpat z článků které se týkají především konkrétní technologie a ne nutně jejího použití v chytrých domácnostech.

Technologický postup podle Sharma [21] a Hasan [9] v posledních letech transformoval internet do sítě, ve které je vše propojeno a každodenní objekty mohou být ovládány a mohou poskytovat informace. K tomu využívají například RFID karty, senzory a chytré telefony. Tato fyzická zařízení mohou vnímat, komunikovat a přistupovat prostřednictvím internet k datům.

Telefonní služba

V roce 1995 se nabídl způsob, jak využít telefon osazený klávesnicí s Dual Tone Multi Frequency (DTMF). Okruh, který představil Koyuncu [13], se skládal primárně ze tří částí a to: ring detektoru/DTMF přijímače, počítače a vstupně výstupního rozhraní. Hlavní roli hrál software napsaný v Turbo Basic jazyku, který periodicky kontroloval stav detektoru a DTMF přijímače. Pokud se dekodovaná zpráva z DTMF přijímače shodovala s předem přednastavenou hodnotou tónu, počítač provedl rutinu, která pomocí vstupně-výstupního rozhraní například aktivovala relé, které ovládá osvětlení. Zabezpečení této metody spočívalo v čekání na zadanou posloupnost tónů, reprezentující heslo, které bylo vyžadováno po navázání kontaktu. Tato metoda umožňuje ovládání na téměř neomezenou vzdálenost. Hlavními problémy je dostupnost mobilního signálu, potřeba nepřetržitého využití počítače a možnost vykonat maximálně 12/16 funkcí v závislosti na použitém standardu klávesnice. V dnešní době samozřejmě druhý problém odpadá s využitím například Raspberry Pi nebo Arduina.

Dalším způsobem, jak ovládat IoT systémy je například zasíláním SMS s využitím Global System for Mobile communication (GSM). Tento způsob popisují i ElKamchouchi nebo Siang [5, 22]. K sestavení je potřeba počítač, GSM modul se SIM kartou a vstupně-výstupní rozhraní připojené k ovládanému prvku domácnosti. Systém, který je možné takto vytvořit, uživatel jednoduše ovládá zasíláním zpráv na telefonní číslo SIM karty, která je vložena v GSM modulu. Z hlediska bezpečnosti je možné, aby program, který využívá GSM, zohledňoval pouze zprávy z konkrétního čísla nebo seznamu čísel. Pokud se bude jednat o předplacenou SIM je možné, aby systém také odeslal zprávu na jakékoliv číslo. Například při spuštění požárního poplachu se odešle zpráva na telefonní číslo majitele objektu. Tuto metodu je rovněž možné využívat z velkých vzdáleností. Navíc existují i webové služby, které dokáží zaslat SMS na konkrétní číslo. Mezi tyto weby patří například portál "poslatsms.cz". Mezi nevýhody metody lze uvést zpoždění, Siang [22] uvádí zpoždění v rozmezí 7 až 10 sekund. Při použití webového rozhraní pro odesílání záleží především na poskytovateli, ovšem lze dosáhnout hodnot v rozmezí 5 až 50 sekund.

Obě uvedené služby jsou vhodné spíše jako technologie kontaktu s Home Gateway a nejsou příliš vhodné pro komunikaci Home Gateway s Node.

Bluetooth

Bluetooth je díky své přítomnosti v chytrých telefonech a notebookách velmi rozšířenou technologií, dále ji popisuje například Gomez [8]. Její využití je dnes převážně pro streaming hudby například do bezdrátových reproduktorů a sluchátek nebo pro bezdrátové periferie PC, jako například myš. Bluetooth je schopný velkého přenosu dat s velmi dobrou kvalitou. Přirozeně se Bluetooth dostal i do bezdrátových senzorů. Ovšem, jak popisuje Mackensen [15] vznikl nový požadavek - na úkor kvality přenosu a velikosti dat je potřeba zvýšit dosah a snížit spotřebu energie. U mnoha senzorů je největším problémem právě zmíněná spotřeba energie, jsou často napájeny například pouze bateriově.

Především z tohoto důvodu vznikl nový standard Bluetooth Low Energy (BLE). Jak popisuje Chang [4] BLE je průlomová technologie, ovšem v roce 2014 nepodporovala Mesh topologii, tedy například komunikaci Node to Node to Home Gateway. Tento problém byl již odstraněn a v roce 2015 představil například Sirur [23] práci, ve které využívá Mesh topologii s pomocí BLE aktivovaných zařízení. Hlavní nevýhodou BLE je poměrně dosti svazující maximální vzdálenost, která se prakticky pohybuje mezi 10 až 20 metry. BLE je asymetrickou technologií, kde zařízení, které je limitované spotřebou energie, nechává většinu komunikace na druhém zařízení a velkou část provozu tedy může setrvávat v nízkoenergetickém režimu napájení.

BLE na fyzické vrstvě využívá frekvence 2,4 GHz. Definovaných je 40 kanálů, na kterých se komunikace BLE může uskutečnit. Linková vrstva rozděluje zařízení na master a slave, přičemž připojení zařízení probíhá pomocí reklamních zpráv. Zařízení, které se chová jako master, může spravovat mnoho souběžných komunikací, zatímco slave zařízení může komunikovat pouze s jedním master a žádným jiným zařízením.

Zigbee

Zigbee je technologie vyvíjená Zigbee Alliance. Safaric [20] i Gill [7] se shodují, že Zigbee je vytvořena pro specifické potřeby bezdrátových senzorů v Wireless Sensor Network (WSN). Sensory nepotřebují vysokou propustnost sítě, proto se Zigbee orientuje spíše na malé zpoždění a nízkou spotřebu energie. Zigbee představuje nový prvek sítě a to je controller. Roli kontroleru může vykonávat i Home Gateway, jedná se totiž o zařízení osazené Zigbee mikrokontrolerem. Další novou rolí je koordinátor, jedná se o Zigbee zařízení, které vytváří Zigbee síť.

Jde o technologii využívající standard IEEE 802.15.4, využívá tedy frekvenci 2,4 GHz na které provozuje šestnáct kanálů pro komunikaci. Na této frekvenci Zigbee disponuje rychlostí přenosu dat 250 kb/s. Informace o Zigbee technologii jsem čerpal především z práce od Safaric [20]. Zigbee umožňuje konfigurovat síť jako star, tree nebo mesh topologie.

Z-Wave

Z-Wave je technologie vyvíjená společností Zensys a schvalována Z-Wave aliancí. Na rozdíl od WiFi a Zigbee, Z-Wave komunikuje na nižší frekvenci, přesněji v rozmezí 800-900 MHz. Jelikož tuto frekvenci příliš mnoho zařízení nepoužívá, Z-Wave zařízení mohou tvořit síť až s 232 zařízeními. Z-Wave popisuje například Yassein [28], který vidí hlavní přínos této technologie v jejím dosahu. Dosah je přímým produktem nižší frekvence přenosu dat, proto

je Z-Wave schopný vyšší penetrace překážek a dokáže dosahovat vzdálenosti 30 až 100 metrů. Z-Wave se i proto doporučuje využívat například pro venkovní využití, kde není možné vytvořit mesh, který by dosah signálu Zigbee mohl prodloužit. Z-Wave, je na rozdíl od ostatních, proprietární Protokol. Pokud některá ze společností své zařízení chce osadit Z-Wave technologií, musí spolupracovat se Zensys, jinak jedná protizákonně.

WiFi

Další z technologií je WiFi. Wifi komunikace není příliš vhodná pro bateriově napájené senzory z důvodu velké spotřeby wifi modulu. Ovšem podle Mesquita [17], pokud se jedná o Node, který spravuje více funkcí a komunikace s ním je častá, wifi může být vhodným řešením.

Pro tyto případy vznikl modul ESP8266 a jeho nová verze ESP32. Jedná se o malou desku osazenou procesorem a modemem. Modul je možné buďto využívat samostatně nebo jej lze najít na vývojových deskách jako je například NodeMCU DEVKIT. Tato velmi rozšířená vývojová deska disponuje nejen ESP8266 čipem, ale také IO piny pro ovládání periferií. Pro komunikaci s tímto modulem pomocí wifi je potřeba zvolit protokol, který budeme používat. Mezi nejpoužívanější se podle Kashyap [11] zařazují MQTT a COAP, které jsou dále představeny.

Message Queuing Telemetry Transport

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) je protokol využívající princip pub/sub. Tento princip spočívá v rolích, které účastníci komunikace zastávají. Kadali [12] princip popisuje jako situaci, kdy účastník, který chce poskytovat informace, se zaregistruje u Brokeru jako odesílatel (Publisher) a libovolný počet účastníků, kteří chtějí tyto informace získávat, se zaregistrují jako příjemce (Subscriber). Při registraci publisheru je nutné zvolit unikátní jméno v Mqtt síti, pod kterým se k odebrání mohou přihlásit subscribeři. Jak už bylo zmíněno, v systému se využívá Brokeru, což je MQTT server, který spravuje veškerou komunikaci na dané MQTT síti.

Constrained Application Protocol

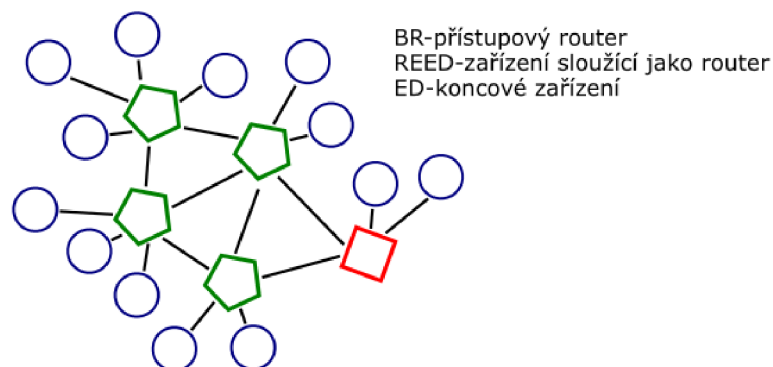
Jak uvádí Thangavel [25] Constrained Application Protocol (CoAP), je protokol, který je založen na Representational State Transfer (REST) a využívá request-response model, podobně jako Hyper Text Transfer Protocol (HTTP). HTTP je kvůli své robustnosti nevhodný pro použití v případě zařízení s omezenými zdroji a proto vznikl CoAP. Bormann [2] uvádí, že CoAP je vhodnější zejména kvůli poměrně velkému šetření v hlavičce zprávy.

Thread

Dalším z IoT protokolů a zároveň nejnovějším je Thread. Thread je protokol, který vyvíjí Thread Group Inc., jejíž součástí je více než 200 partnerů. Mezi největší se řadí společnosti jako Arm, NXP, Google, Samsung. O technologii se velmi podrobně zmiňuje například Unwala [26]. Podle něj je Thread otevřený standard a je postavený na využití spousty jiných současných standardů.

Thread síť je odlišná od jiných topologií. Její topologie se nejvíce podobá topologii Mesh, ovšem není s Mesh technologií totožná. Na obrázku 2.5 lze vidět, že topologie Thread má čtyři hlavní prvky, End Device (dále jen ED), Router Eligible End Device (Dále jen

REED), Border Router device (dále jen BR) a Commissioner. Prvek označovaný jako Commissioner v síti provádí roli autorizačního serveru. Tento prvek autorizuje pověřovací informace (dále jen credentials) zařízení, která se chtějí připojit do Thread osobní sítě. Prvky, propojující osobní síť s internetem, jsou označovány jako BR a obvykle by měly být alespoň dva pro případ výpadku. Některé prvky, označované jako ED, se dají označit jako REED. Tyto prvky poté slouží jako routery v osobní síti. Prvky dále plní funkci ED, ovšem poskytují data pro jiné ED v okolí, které jsou na nich závislé. Při zapojování sítě se určí, která zařízení mohou být REED, přitom síť vyžaduje, aby každý ED byl schopný komunikovat s alespoň jedním z routerů.



Obrázek 2.5: Schéma thread topologie.

Thread využívá jiné technologie na určitých vrstvách. Thread na fyzické vrstvě komunikuje na frekvenci 2,45 GHz a využívá normu 802.15.4. Signál, který vysílají Thread vysílače, dosahuje maximální vzdálenosti třicet metrů během jednoho hopu. Výchozí limit počtu hopů je 36 hopů. Vrstva síťová využívá specifikaci IPv6, ovšem k přenosu se nepoužívají klasické IPv6 datagramy, ale 6LoWPAN. V transportní vrstvě používá Thread již v dřívější podkapitole zmíněný protokol CoAP.

V roce 2018, kdy práce od Unwala [26] vyšla, byl Thread zatím téměř nedostupný na zákaznických výrobcích. V době psaní této práce je množství zařízení, která jsou certifikována jako Build On Thread mnohonásobně větší, ovšem stále je potřeba nahlížet na Thread jako na novou technologii, jejíž realná implementace je v plenkách.

2.4 Existující řešení chytrých domácností

Na trhu se v současnosti vyskytuje velká řada komerčních systémů na správu chytré domácnosti. V následujících podkapitolách se pokusím představit jak několik komerčních systémů, tak i alternativní varianty, jak vytvořit systém pro pokročilejší uživatele.

Systémy často využívají jednu nebo dokonce hned několik z uvedených technologií najednou. Hlavním přínosem těchto systémů by měla být kompatibilita i s produkty od jiných firem. Právě tato vlastnost je podle studie, kterou zpracoval Reggio [18] velmi podstatná, na tomto faktu se shoduje více expertů.

Je potřeba odlišit hub neboli Home Gateway od aplikace, kterou uživatel využívá. Velká řada hubů je použitelná pro více než jednu aplikaci. Mezi známé výrobce hubů patří firmy jako je Samsung, Philips, Hubitat, Amazon, Homey.

2.5 Existující smart home huby

Následující výčet hubů představuje průřez huby, které se na trhu vyskytují. U hubů jsou uvedeny informace, které o něm uvádějí výrobci.

- **Aeotec Smart Home Hub²** vychází z Samsung smartthings hubu, jehož výroba byla ukončena a licenci získal Aeotec. Hub disponuje stejnými rozměry jako původní hub od Samsungu 12,7cm x 12,7 cm x 3,1 cm. Design hubu je minimalistický a čistý. Informace o hubu jsou dostupná na Webu produktu Aeotec Smart Home Hub. Hub disponuje třemi moduly pro bezdrátovou komunikaci, těmi jsou Zigbee, Z-Wave, WiFi. Komunikace pomocí Zigbee modulu přitom v případě tohoto hubu slibuje dosah 12m ve vnitřním prostředí. Dosah Z-Wave modulu by se měl pohybovat kolem hranice 30m ve vnitřních prostorech. Hub podporuje komunikaci se zařízeními Google Home a Amazon Alexa. Hub po zapnutí lze ovládat pomocí SmartThings aplikace od společnosti Samsung. Zařízení při instalaci uživatel v aplikaci přiřadí ke konkrétnímu Samsung účtu.



Obrázek 2.6: Aeotec Smart Home Hub³

- **Philips HUE bridge 2.0⁴** je zařízení z rodiny HUE. Tento hub umožňuje spravovat až 50 chytrých žárovek a 12 vypínačů. Hub disponuje Zigbee modulem a do sítě se připojí pomocí RJ45 vstupu. Hub je po zapojení potřeba registrovat jako zařízení v HUE aplikaci. Po spárování začne hub vyhledávat všechna zařízení, která jsou v jeho dosahu. Dosah přitom závisí na rozmístění dílčích zařízení, jelikož HUE zařízení vytvářejí Zigbee Mesh síť. Hub tedy zpřístupní HUE zařízení pro ovládání aplikacemi. Mimo HUE aplikaci je totiž možné jej využít například pomocí Home Assistant systému, SmartThings a je kompatibilní i s Apple homekit.

²Informace čerpán z <https://help.aeotec.com/support/solutions/articles/6000240160-table-of-contents-smart-home-hub>

³Aeotec Smart Home Hub převzato z <https://www.joom.com/cs/products/5fc2ec2d5d029b01064d5a07>

⁴Informace čerpány z <https://www.philips-hue.com/cs-cz/explore-hue/how-it-works>



Obrázek 2.7: Philips Hue Bridge 2.0⁵

- **Hubitat Elevation**⁶ je hub, který je zaměřen na lokální správu informací. Hub se senzory komunikuje na LAN, ale také pomocí Zigbee i Z-Wave technologií. Hubitat je velmi všestranný hub, který všechna zařízení v domácnosti dokáže propojit. Hubitat nabízí nejen správu chytrých zařízení z jednoho místa, nabízí také vytvoření automatizací, které vyhovují uživateli.



Obrázek 2.8: Hubitat Elevation⁷

- Amazon nabízí hned několik zařízení, která mohou sloužit jako hub, z nichž jsem se rozhodl uvést příklad. **Amazon Echo (4. generace)** je první z řady produktů Echo, které zmiňuji. Echo je možné vidět na obrázku 2.9 vlevo. Disponuje Zigbee modulem a je schopný komunikace s velkým množstvím zařízení v domě. Echo s sebou navíc přináší, na rozdíl od jiných hubů na trhu, i domácího asistenta Alexa. Echo zároveň do systému přináší své kvalitní ozvučení, které lze navíc hlasovými povely využít pro Amazon Music, Apple Music, Spotify, Pandora a další. Mimo jiné dokáže Echo komunikovat i s ostatními Echo v domácí síti a proto může ozvučit buď celý prostor domu jednou skladbou, nebo různé úseky domu více skladbami. **Amazon Echo studio** je dalším produktem společnosti Amazon a na obrázku 2.9 je vpravo. Jedná se o hub ve funkcionalitě obdobný jako již zmíněné Echo čtvrté generace. Echo studio ovšem disponuje podstatně vylepšeným ozvučením. Technologie Dolby Atmos, kterou je echo studio vybaveno, poskytuje 3D ozvučení s využitím pěti reproduktorů, které jsou v Echo studiu vestavěny.

⁵Philips Hue Bridge převzato z <https://www.philips-hue.com/cs-cz/p/hue-hue-bridge/8718696511800>

⁶Informace čerpány z https://docs.hubitat.com/index.php?title=Hubitat_Elevation_Documentation

⁷Hubitat Elevation převzato z <https://store.pronest.net/hubs-control/hubs-gateways/hubitat-elevation-c-7-home-automation-hub/>



Obrázek 2.9: Amazon Echo čtvrté generace⁸ a Echo studio⁹

- Apple ekosystém, známý jako Homekit, také disponuje hned několika zařízeními, která mohou být v roli domácího hubu. Hub začíná být důležitý, pokud chce uživatel ovládat zařízení i když se nachází mimo síť a pokud tato zařízení chce sdružovat do scén, nebo pokud chce využívat Apple secure video. Apple secure video umožňuje lokálně zpracovat záznam z až pěti IP bezpečnostních kamer, využít například rozpoznávání tváře a posléze zašifrované video až na 10 dní uložit na iCloud. Video je poté možné ze zařízení mimo síť jednoduše přehrát, nebo se podívat na živý záznam kamery. Mezi tyto hub zařízení patří Apple iPad, Apple TV, Apple HomePod, Apple HomePod mini. Hub pro správnou funkcionalitu musí mít nepřetržité napájení a stálou přítomnost v domácnosti, proto Apple iPad nebudu popisovat zde, jako hub. Produkty Apple jsou cíleny především na snadné uživatelské prostředí, na připojení zařízení a jejich ovládání.

Apple TV¹⁰ je zařízení na streamování obsahu do televize, Apple TV je vidět vlevo na obrázku 2.10. Dle modelu zvládá FullHD nebo 4k rozlišení. Apple Tv podporuje Dolby Atmos ozvučení, pokud je připojena reproduktorová soustava, která technologii rovněž podporuje. Apple TV může v domácnosti působit jako hub pro Homekit, zvládá také Apple secure video. Apple TV disponuje Bluetooth 5.0 a WiFi připojením, ovladač je přitom vybaven Bluetooth 4.0 a je třeba jej nabíjet pomocí usb portu. **Apple HomePod**¹¹ je reproduktor, který je kromě napájení zcela bezdrátový. Ukázka reproduktoru je na obrázku 2.10 uprostřed. Tento reproduktor představil revoluční zjišťování polohy v místnosti a konfigurace equalizeru jednotlivých reproduktorů uvnitř zařízení tak, aby byl požitek z hudby co největší. Mimo tyto vlastnosti slouží právě jako hub pro Homekit zařízení. HomePod disponuje WiFi připojením a Bluetooth, přes které dokáže ovládat Homekit zařízení v domácnosti. HomePod rovněž disponuje chytrou asistentkou Siri a velmi povedeným designem. V době, kdy byla tato práce realizována, byl HomePod na trhu k dispozici, ovšem Apple již ukončil jeho výrobu. Dalším

⁸Amazon Echo 4 převzato z https://www.amazon.com/All-New-Echo-4th-Gen/dp/B07XKF5RM3/ref=p13n_ds_purchase_sim_1p_dp_desktop_2?pd_rd_w=JaWok&pf_rd_p=aa96da76-5f67-44bb-853b-5d14d66e2ec7&pf_rd_r=2KK87Q25EQZBJZJE9ANC&pd_rd_r=34a82c1c-9e19-44e2-a0d8-cd8a66ef96bd&pd_rd_wg=S2E8C&pd_rd_i=B07XKF5RM3&psc=1

⁹Amazon Echo studio převzato z https://www.conrad.cz/p/amazon-echo-studio-reproduktor-s-umelou-inteligenci-cerna-2183232?&vat=true&gclid=Cj0KCQjwytOEBhD5ARIsANrjVhhjEOEVyOrB2245FSN60YmVhAsuXh31Pf_YeP7pG__qi7E0Ib_qewaAkM1EALw_wcB

¹⁰Informace čerpány z <https://www.apple.com/cz/apple-tv-4k/>

¹¹Informace čerpány z <https://www.apple.com/homepod-2018/>

produktem je **Apple HomePod mini**¹², který je vidět vpravo na obrázku 2.10. Opět se jedná o reproduktor, ovšem se svými rozměry 9,7 cm x 8,4 cm je HomePod mini daleko skladnější, avšak na úkor výkonu a kvality reproduktorů. Mini disponuje rovněž Bluetooth i WiFi připojením, nově využívá i Thread technologii. Mini také umožňuje využít chytrou asistentku Siri a její funkce. HomePod mini tedy co se týče možností hubu, předčí originální HomePod a díky nižší ceně je možné těchto hubů instalovat v domácnosti více tak, aby Siri byla přítomná tam, kde je ji třeba.



Obrázek 2.10: Produkty firmy Apple jako Apple TV¹³, HomePod¹⁴ a HomePod mini¹⁵

- **Home Assistant Blue**¹⁶ je produkt z rodiny Home Assistant. Produkt disponuje operačním systémem spadajícím pod Apache licenci (free and open source), původním autorem systému je Paulus Schoutsen. Tento operační systém upřednostňuje lokální kontrolu nad celým systémem a soukromí. Home assistant je operační systém, který lze nainstalovat například na Raspberry Pi, do prostředí Dockeru, nebo jej lze najít již předinstalovaný v Home Assistant Blue Hubu. Celý výčet zařízení, na kterých je možné provozovat Home assistant je dostupný na webu projektu Home Assistant. Více informací k Home Assistant operačnímu systému jsem uvedl níže v sekci s aplikacemi. Home Assistant Blue je již při rozbalení vybaven operačním systémem a pro uživatele je obsluha zjednodušená. Blue však neobsahuje žádné moduly pro bezdrátovou komunikaci. Možné je ovšem Blue doplnit o Zigbee nebo Z-Wave adapter. Blue je osazen síťovou přípojkou RJ45. Pokud není použit žádný z adapterů, Blue je schopný využívat i Zigbee/Z-Wave zařízení, ovšem vyžaduje ke komunikaci s nimi nějaký jiný hub, který je připojen do sítě a dokáže komunikovat pomocí Zigbee/Z-Wave technologií. Se svými rozměry 10,4cm x 3,6cm x 9,4cm je Blue skladný a díky hliníkovému plášti s logem systému je poutavý na pohled.

¹²Informace čerpány z <https://www.apple.com/homepod-mini/>

¹³Apple TV převzato z <https://www.alza.cz/apple-tv-4k?dq=5113624>

¹⁴Apple HomePod převzato z <https://www.voltio.cz/cs/huby/485-apple-homepod-vesmirne-sedy-0190198796424.html>

¹⁵Apple HomePod mini převzato z <https://www.alza.cz/apple-homepod-mini-vesmirne-seda-d6217272.htm>

¹⁶Informace čerpány z <https://www.home-assistant.io/blue/>



Obrázek 2.11: Home Assistant Blue¹⁷

- **Homey Pro**¹⁸ je dalším z všestranných hubů. Homey Pro nabízí uživateli možnost automatizovat určité akce do takzvaných flow. Tyto flow poté za splněních podmínek vykonává sám. Homey dokáže komunikovat se zařízeními na Lan, Zigbee, Z-Wave a dokonce pomocí IR. Mimo moduly Homey rovněž disponuje led páskem, který slouží jako stavová kontrolka. Cílem Homey Pro je dopřát uživateli požitky ze systému, který dokáže spravovat všechna zařízení uživatele a automatizovat jejich funkce dle preferencí uživatele.



Obrázek 2.12: Homey Pro¹⁹

Smart huby samy pouze shlukují zařízení a je třeba je posléze ovládat, například chytrými aplikacemi, které jsou uvedeny v následující podkapitole.

2.6 Existující smart home aplikace

Chytré aplikace často podporují velké množství produktů od různých společností. Cílem práce není je všechny obsáhnout, ale zmínění jsou pouze zástupci.

- **Samsung SmartThings**²⁰ usiluje o vytvoření zážitku z domova, který vyhovuje uživateli. SmartThings dovoluje synchronizovat domov s životním stylem uživatele. Aplikace poskytuje informace o připojených zařízeních, pomáhá s domácími rutinami a vylepšuje zážitky. Díky SmartThings je možné ovládat celý domov z pohodlí telefonu, tabletu i hodinek. Aplikace se chová jako výkonné dálkové ovládání, umožňující výrazně vylepšit životní styl všech členů domácnosti.

¹⁷Home Assistant Blue převzato z <https://www.cnx-software.com/2020/12/16/odroid-n2-based-home-assistant-blue-announced-as-official-hardware-for-home-assistant/>

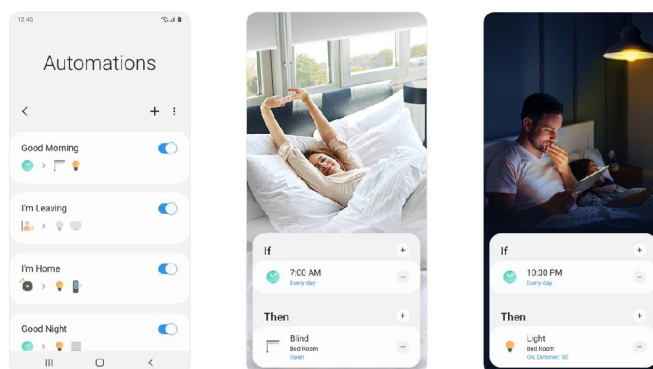
¹⁸Informace čerpány z <https://homey.app/en-us/homey/>

¹⁹Homey Pro převzato z <https://www.euronics.cz/ridici-jednotka-athom-homey-pro-2-0-atmhomeyproeu02583/p547183/>

²⁰Informace čerpány z <https://www.samsung.com/cz/apps/smartthings/>

SmartThings aplikace vyžaduje, aby byl uživatel přihlášen Samsung účtem, aplikace poté umožňuje přidávat zařízení pod tento účet. V aplikaci je možné vytvářet místnosti a zařízení do nich přidávat. Vzniká tedy velmi intuitivní řazení zařízení podle místností, kde se nacházejí. Primární funkce všech zařízení jde ihned využít a to stisknutím tlačítka na kartě zařízení. Některá zařízení jde dodatečně konfigurovat a to rozkliknutím zařízení. Tuto schopnost mají například RGB led žárovky s nastavitelnou úrovní zářivosti. Přístup do ovládání domácnosti je možné velmi jednoduše rozšířit na další Samsung účet. Účet je možné přidat pomocí ID účtu nebo pomocí vygenerování QR kódu pro naskenování.

Pouhé ovládání není tak uživatelsky přívětivé jako využívání scén. Aplikace umožňuje vytvářet scény, které dokáží ovládat více zařízení na základě podnětu. Příkladem může být scéna "Dobrou noc", kterou lze nastavit tak, aby po aktivaci zhasla všechna světla, televize v domě a upravila teploty v nevyužívaných místnostech. Ovládání pomocí scén je uživatelsky příjemné a usnadňuje denní život v chytré domácnosti. Dalším krokem pro usnadnění každodenních opakujících se událostí jsou automatizace. Aplikace automatizace vytváří pomocí jednoduchého schématu "IF podmínka Then akce". Podmínek i akcí je možné do automatizace zařadit více a vytvořit tak lze tedy komplexní automatizace velmi jednoduše.



Obrázek 2.13: Samsung SmartThings²¹

- **Home Assistant**²² nabízí pod jedním názvem celou řadu aplikací. Mezi ně patří i operační systém, který běží například na Home Assistant Blue. Home Assistant OS je operační systém, který uživatelé mohou instalovat na velký počet zařízení, jak jsem již uvedl u Home Assistant Blue Hubu. První boot systému může trvat i 20 minut. Systém během instalace vyžaduje připojení k internetu, jelikož stahuje nejnovější verzi systému. Díky tomuto kroku systém disponuje aktuální knihovnou rozšíření, která může uživatel využívat. Pro tento systém vycházejí aktualizace jednou až dvakrát do měsíce, tým developerů a komunita stále rozšiřují možnosti komunikace s novými senzory a moduly. Po dokončení bootu je systém dostupný na lokální síti a to pomocí IP adresy zařízení a portu 8123. Při prvním spuštění je třeba vytvořit admin účet, pomocí kterého se k systému lze připojit. Vytvářet se dají i další účty, ty mohou mít například nastavený jiný jazyk lokalizace, nebo jiné personifikované zobrazení na Dashboard.

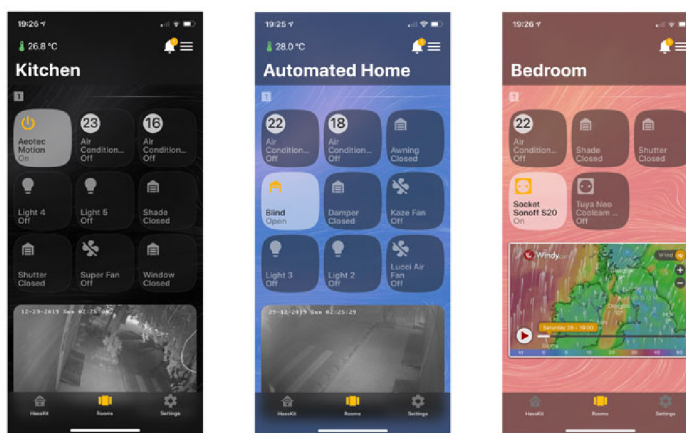
²¹Samsung SmartThings aplikace převzato z <https://www.samsung.com/cz/apps/smartthings/>

²²Informace čerpány z <https://www.home-assistant.io/docs/>

Po prvním spuštění má uživatel téměř prázdné zobrazení Dashboard. Uživatel může systém modifikovat dle svých potřeb. Po čisté instalaci systému může uživateli chybět funkcionalita, například MQTT. Uživatel proto může doinstalovat takzvané addony, které jsou dostupné k instalaci přímo ve webovém zobrazení. Konkrétně pro uvedený příklad takto uživatel doinstaluje Mosquitto broker, čímž aktivuje MQTT vlastnosti svého Home Assistant. Pokud uživatelův systém již disponuje brokerem, Home assistant lze konfigurovat tak, aby naslouchal brokeru na IP adrese. Tato metoda ovšem vyžaduje, aby uživatel upravil konfigurační soubor.

Home Assistant je možné detailně konfigurovat pomocí skriptů, ovšem to je určeno spíše pro pokročilé uživatele. Home Assistant nabízí možnosti, jak integrovat téměř každé IoT zařízení na trhu, i když u některých je to možné jen pomocí speciálních skriptů, které vytvořili uživatelé a jsou k nalezení na fóru. Hlavním cílem Home Assistant je vytvoření hlavního systému, který dokáže automatizovat veškeré uživatelské potřeby napříč řadou produktů různých firem.

Home Assistant mobilní aplikace přenáší funkcionalitu webového prostředí na mobilní telefon. Aplikace je dostupná na obou iOS App Store i Google Play Store. Aplikace pro iOS vyžaduje verzi iOS 10 a vyšší, omezuje tedy nejstarší zařízení na iPhone 5 a čtvrtou generaci iPadu. Android aplikace je dostupná ve dvou verzích, přesněji full a minimal. Obě tyto verze vyžadují Android systém verze 5.0 a novější. Na Google Play Store je dostupná verze full, především kvůli faktu, že vyžaduje Google Play Services k tomu, aby mohla plně fungovat. Kompletní seznam rozdílů mezi verzí full a minimal pro práci není příliš podstatný.



Obrázek 2.14: Home-Dashboard dříve (HassKit) aplikace na ovládání Home Assistant systému.²⁴

- **Apple Home**²⁵ app je multiplatformní aplikace pro Apple zařízení. Aplikace dovoluje ovládat ekosystém Apple HomeKit. Pomocí Home aplikace je možné vzdáleně ovládat světla, mít přehled o teplotě díky termostatům, přehrávat hudbu pomocí chytrých reproduktorů, nově dovoluje také sledovat záznam nebo živý přenos z HomeKit Secure Video.

²⁴Home-Dashboard aplikace převzato z <https://www.automatedhome.co.uk/new-products/hasskit-is-new-home-assistant-control-app.html>

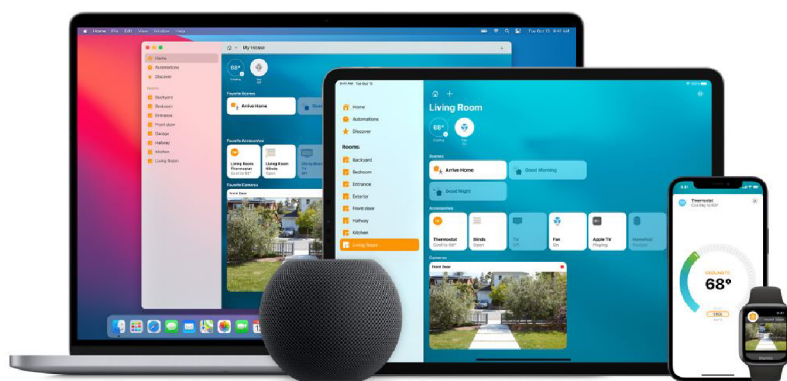
²⁵Informace čerpán z <https://www.apple.com/ios/home/>

Nehledě na vybrané zařízení, všechna HomeKit zařízení jsou kompatibilní pro využití Home app. Home app je dovoluje jednoduše připojit do systému a kontrolovat je. Více než 100 značek výrobců celosvětově poskytují zařízení, která jsou takto kompatibilní. Apple se zaručuje za správnou integraci těchto zařízení do HomeKit ekosystému a za bezpečnost kterou zařízení poskytují.

Apple Home app sjednocuje zařízení podle místností tak, aby bylo možné přehledně rozlišit, kde se zařízení v domácnosti nacházejí. Všechna zařízení v místnosti poté zobrazují uživateli svůj stav a kliknutím s nimi uživatel může interakovat. Tyto komplexnější interakce, jako například přizpůsobení tónu světel, jsou dostupné pouze v aplikaci. Uživatel může také využít Siri, chytrého asistenta od Apple, pro ovládání místností. Příkazy poté mohou vypadat takto: "Turn off my bedroom lights". Aplikace dovoluje přidat i chytré televize, disponující AirPlay 2 vlastnostmi a ty je poté opět možné ovládat v aplikaci. Home app umožňuje zobrazovat záznam pořízený domovními kamerami, nebo živý přenos a to pomocí HomeKit Secure Video. Tato vlastnost vyžaduje jeden z hubů, který Secure Video podporují. Celý přenos citlivých údajů z kamer je několikanásobně šifrován a poskytován pouze do Home App. Pokud se v HomeKit síti nachází jeden z Apple hubů, které jsou popsány dříve v této podkapitole, je možné domácnost ovládat i z míst mimo domácí síť.

K pokročilým systémovým vlastnostem patří především scény. Ty dovolují nastavit domácnost do stavu, který vyhovuje častým aktivitám a daný stav zařízení na požádání reprodukovat. Příkladem scén je například "Good Morning", kdy scéna odemkne domovní zámek, rozsvítí příjemné osvětlení v chodbě, roztáhne závěsy, zapne ranní novinky v televizi a to vše například pomocí příkazu Siri.

Scény je možné automatizovat a to tak, aby byly automaticky spuštěny po splnění podmínky. Automatizace jde ovládat třemi typy podmínek: polohou, časem, akcí. Jde například nastavit scénu, která osvětluje příjezdovou cestu a vchod domu, pokud se iPhone uživatele přiblíží k domu. Příkladem časového ovládání může být provedení scény "Good Morning" v určitý čas každý den. Třetím z příkladů je akce, zde je možnost využití jednou z největších, jelikož se nabízejí automatizace například osvětlení schodů pokud jsou otevřeny dveře do sklepa. Stav senzoru tedy ovlivňuje provedení dané automatizace.

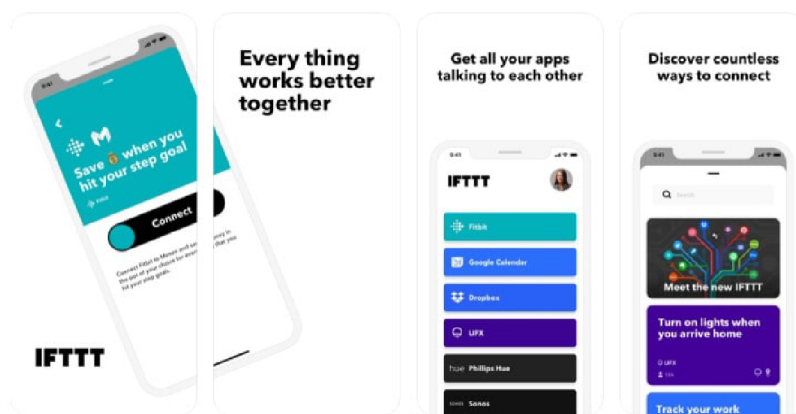


Obrázek 2.15: Apple Home aplikace.²⁶

²⁶Apple Home aplikace převzato z <https://www.apple.com/ios/home/>

- **IFTTT**²⁷, neboli IF This Than That, je aplikace, která dovoluje sjednotit funkcionalitu jiných aplikací a vytvořit nad nimi automatizace. Každá z funkcionalit podporovaných platformem je označena jako "Service". Tyto Service je poté možno využívat díky Appletům. Pomocí Appletů je poté možné ovládat aplikace tak, jak to bez nich nešlo. Tedy například vytvořit událost v iPhone kalendáři pomocí Google Assistant. Service, které uživatel může využívat, jsou dvojího typu a to dle potřeby přihlášení. Dělí se tedy na authenticated a non-authenticated. Mezi authenticated patří například Gmail. Po přidání Service je možné začít využívat Applety. Buďto je možné najít populární komunitní Applety, nebo je možné, aby si je uživatel udělal sám. Standardní Applet má strukturu "IF podmínka Than činnost".

Aplikace je dostupná ve dvou variantách, které se liší jak cenově, tak dostupnou funkcionalitou. Standard verze umožňuje využívat vytvořené Applety a uživatel si může vytvořit až 3 své Applety. Standard verze je zdarma, druhou verzí je Pro, která je zpoplatněná měsíčním odběrem. Pro verze uživateli dovoluje vytvořit neomezený počet svých Appletů. Hlavním přínosem jsou pak pokročilejší Applety. Strukturu "IF podmínka Than činnost" rozšiřuje o "Filter" a "And". Vzniká tedy struktura "IF podmínka Filter podmínka Than činnost And činnost". Automatizace mohou tedy být složitější a uživatelské potřeby budou plněny přesněji.



Obrázek 2.16: IFTTT aplikace.²⁸

- **Smart Life - Smart Living**²⁹ je aplikace vhodná jak pro Android, tak pro iPhone zařízení. Aplikace dovoluje sjednotit ovládání zařízení od různých výrobců. Smart Life usnadňuje život v chytré domácnosti, ovládání chytrých zařízení je velmi jednoduché díky Smart Life aplikaci.

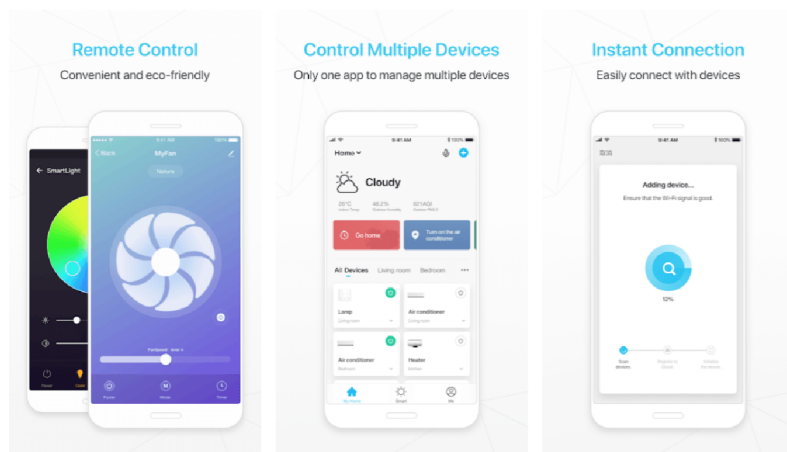
Smart Life dovoluje připojovat zařízení pomocí ikony plus, po rozkliknutí je možné buďto vyhledat konkrétní model zařízení ručně, nebo provést scan WiFi sítě a najít zařízení automaticky. Zařízení po vyhledání je potřeba konfigurovat a pojmenovat. Zařízení je poté připojeno a je možné jej ovládat aplikací. Do aplikace je také možné připojit chytré asistenty Amazon Alexa a Google Home. Aplikace obsahuje i vestavěné hlasové ovládání, ovšem uživatel jej musí aktivovat před použitím.

²⁷Informace čerpán z <https://ifttt.com/>

²⁸IFTTT aplikace převzato z <https://www.techaheadcorp.com/blog/what-is-ifttt/>

²⁹Informace čerpány z <https://developer.tuya.com/en/docs/iot/user-manual-for-tuya-smart-v3177?id=K9obrofrfk4sk>

Připojená zařízení je možné sjednotit pod místnosti, vyhledávání konkrétního zařízení je poté usnadněno. Dále je možné sdružovat zařízení do scén. Scény umožňují vykonat konkrétní sekvenci příkazů na jednom nebo více zařízeních. Scéna může například rozsvítit všechna světla v místnosti konkrétní barvou. Dalším způsobem, jak ovládat více zařízení, je využít "Tap to Run". Tato funkce je součástí automatizací. Jedná se o automatizaci, ovšem Condition (podmínka) je nastavena na "Tap to Run", tyto automatizace je poté možné využívat i bez spuštění aplikace pomocí widgetu. U automatizací je možné nastavit čas, kdy je možné, aby byla daná automatizace aktivovaná. Condition může být komplexní a složená ze splnění stavů více zařízení.



Obrázek 2.17: Smart Life - Smart Living aplikace.³⁰

- **Olisto**³¹ aplikace je dostupná jak pro Android tak pro iOS. Aplikace umožňuje sdružovat zařízení, aplikace a ovládat je jednotně vlastními pravidly.

Automatizace jsou prováděny pomocí "Triggs", kdy uživatel může využít Triggs k přizpůsobení chování zařízení, dle svých požadavků a potřeb. Triggs využívají jednoduchý systém pravidel "WHEN THEN". Pokud jsou splněny podmínky v sekci "WHEN" daná automatizace provede všechny akce v sekci "THEN". Automatizace podporují využití více podmínek i akcí pro vytváření komplexních automatizací. Olisto umožňuje vytvářet relevantní chytré notifikace, které mohou obsahovat data o pozici, spotřebě energie, předpovědi počasí a stavu senzorů. Olisto je možné také ovládat pomocí integrované podpory Amazon Alexa a Google Home asistentů.

Aplikace pro domácnost nejsou mnohdy schopné postihnout kompletně všechny požadavky uživatele, často proto uživatelé využívají více aplikací pro ovládání celého ekosystému.

Smart home řešení na míru

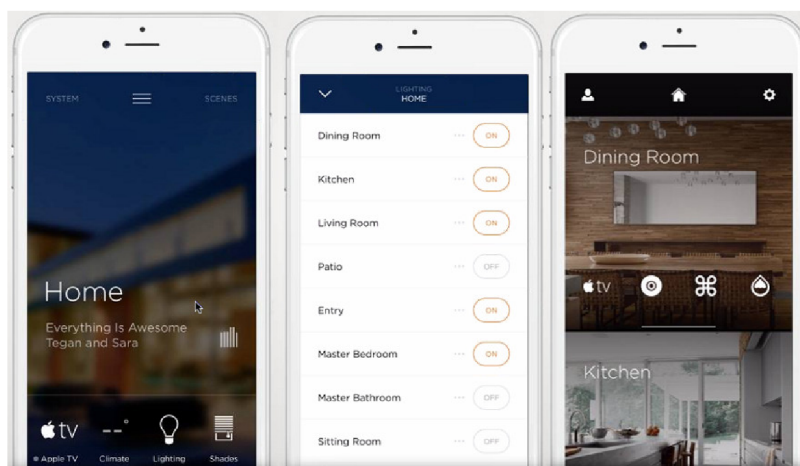
- **Savant Pro**³² je aplikace, která umožňuje využít funkcionalitu Savant domovního systému. Aplikace dovoluje rychlý přístup ke všem místnostem, scénám a vlastnostem, které zařízení v Savant home poskytují. Savant home je vybaven pečlivě vybranými

³⁰Smart Life - Smart Living aplikace převzato z <https://www.softforpc.com/smart-life-for-pc/>

³¹Informace čerpány z <https://olisto.com/app/>

produkty vysoké kvality. Seznam těchto produktů je dostupný na firemním webu. Savant míří na jednoduchost ovládání systému, přidání nového zařízení probíhá skenem sítě. Nová zařízení se uživateli zobrazí a je možné je ihned přidat do již vytvořených místností. Dále je možné konfigurovat přesné vlastnosti zařízení, například pro ovladač lampy je možné nastavovat úroveň osvětlení.

Savant dovoluje systém ovládat pomocí hlasových příkazů, do systému je možné integrovat buďto Amazon Alexa, nebo Google Assistant. Savant umožňuje i využití Apple hlasového asistenta Siri. V tomto případě je ovšem nutné využít Savant Pro Remote X2. Jedná se o ovladač, kterým je možné pohodlně ovládat scény a zařízení integrované do Savant systému. Savant systém je určen pro bezstarostné využívání, obvykle je instalován do domu pomocí smluvních firem a školených odborníků.



Obrázek 2.18: Savant Pro aplikace.³³

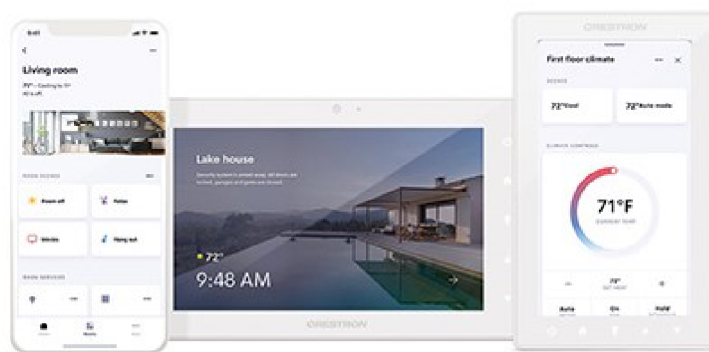
- **Crestron home**³⁴ je ekosystém od společnosti Crestron. Tento ekosystém je z největší části tvořen zařízeními přímo od společnosti Crestron, ovšem je možné do něj začlenit chytré televize od téměř všech společností na trhu. Vyjímkou nejsou pouze televize, Crestron od roku 2020 rozšířil svou podporu zařízení třetích stran. Mezi tato zařízení patří například ozvučení od společnosti Sonos. Crestron dokáže také spolupracovat se všemi zařízeními, která spadají pod nálepku Homekit compatible.

Jako většina systémů, které se na trhu objevují, tak i Crestron podporuje chytré asistenty Amazon Alexa, Google assistant i Apple Siri. Crestron home je možné ovládat pomocí po domě rozmístěných ovládacích dotykových panelů. Tyto panely Crestron vyvinul především se zaměřením na krátkou odezvu a vysokou senzitivitu tak, aby uživatel cítil snadné intuitivní a responzivní ovládání. Crestron nabízí i dálkové ovládání nebo přenosné dotykové panely, kterými lze rovněž ovládat domácnost velmi pohodlně. Pokud uživatel preferuje použití spíše mobilního telefonu, pak Crestron home app pro mobilní telefony se systémem Android nebo iOS je uživatelsky velmi přívětivá a dovoluje nastavovat systém i ze vzdálených míst mimo domácí síť.

³²Informace čerpán z <https://www.savant.com/what-is-savant#>

³³Savant Pro aplikace převzato z <https://www.cyberhomes.co.uk/features-savant-pro-app/>

³⁴Informace čerpány z <https://www.crestron.com/Products/Market-Solutions/Crestron-Home/Environment>



Obrázek 2.19: Crestron home aplikace.³⁵

- **Control4**³⁶ je dalším ze systémů, které uživatelům poskytují odbornou instalaci. Control4 disponuje portfoliem zařízení, která podporuje. Podrobný výčet podporovaných zařízení je dostupný na webové stránce výrobce. Control4 se snaží poskytnout maximum luxusu zákaznickova domu. Nabízí správu osvětlení, termostatů, rolet, domácího intercomu, ozvučení i ovládání televize. Tyto prvky je možné ovládat pomocí dálkových ovladačů, vestavěných dotykových panelů, přenosných panelů nebo mobilního telefonu pomocí Control4 app. Systém nabízí i hlasovou obsluhu pomocí Google asistenta nebo Amazon Alexa. Nejen, že systém může zákazník ovládat, ale je možné jej i automatizovat. Automatizací může být například adekvátní závlaha trávníku dle předpovědi počasí, nebo použití robotické travní sekačky pouze ve chvíli, kdy to uživateli nevadí. Control4 je určený pro všestranné využití, vhodný je pro rodinné domy, byty, hotely, restaurace, bary a firemní prostory. Control4 umožňuje přenos obrazu v nejvyšší kvalitě 4K HDR a dokáže streamovat zvuk do jedné nebo všech místností a to v kvalitě Dolby Atmos do reproduktorů Triad.

³⁵Crestron home aplikace převzato z <https://de.crestron.com/News/Press-Releases/2019/New-Crestron-Home,-Powered-by-OS-3,-Delivers-Smart>

³⁶Informace čerpány z <https://www.control4.cz/wp-content/uploads/control4-smart-home-vsechny-informace-v-kostce.pdf>

Kapitola 3

Analýza IoT domácích systémů a technické zadání

Tato kapitola je zaměřena na analýzu přínosů systémů a hubů a dále jsou zde představeny důvody a motivace k vytvoření vlastního systému. V poslední části kapitoly představují upřesněné zadání a požadavky, které implementovaný systém musí splňovat.

3.1 Porovnání existujících aplikací a hubů v domácích systémech

Jelikož na trhu se vyskytuje velká řada zařízení a aplikací díky kterým je možné vytvořit chytrou domácnost, zaměřil jsem se na porovnání jejich vlastností. Práce obsahuje pouze srovnání zařízení a aplikací uvedených v podkapitolách 2.5 a 2.6.

Srovnání hubů

V kapitole 2.5 je uvedena řada hubů, které se na trhu vyskytují, ovšem ne všechny mají stejnou funkcionalitu. U hubů se také objevují i společné vlastnosti, u kterých je ovšem nutné zhodnotit jejich provedení.

V následující tabulce 3.1 je možné vidět názorné srovnání vybraných kritérií jako: přítomnost Zigbee, Z-Wave, Bluetooth vysílačů, kompatibilita se zařízeními dostupnými na trhu, jednoduchost obsluhy a konfigurace uživatelským rozhraním, složitost automatizací které se dají využívat, aktuální cena v době psaní této práce a možnost lokální správy systému. U bodovaných kritérií, jako například kompatibilita jsem zvolil bodování vzestupně, hodnota 0 tedy vyjadřuje nejhorší hodnocení a 10 je nejvíce vyhovující.

| | Zigbee | Z-Wave | Bluetooth | kompatibilita | obsluha | rutiny | cena | lokální |
|---------------------|--------|--------|-----------|---------------|---------|--------|-------|---------|
| Aeotec Smart Home | ✓ | ✓ | – | 9 | 10 | 9 | 2847 | – |
| Philips HUE bridge | ✓ | – | – | 1 | 9 | 2 | 1500 | ✓ |
| Hubitat Elevation | ✓ | ✓ | – | 6 | 4 | 7 | 3241 | ✓ |
| Amazon Echo 4 | ✓ | – | ✓ | 8 | 8 | 3 | 4000 | – |
| Amazon Echo Studio | ✓ | – | ✓ | 9 | 8 | 3 | 5500 | – |
| Apple TV | – | – | ✓ | 3 | 10 | 4 | 5000 | ✓ |
| Apple HomePod | – | – | ✓ | 3 | 10 | 4 | 9990 | ✓ |
| Apple HomePod mini | – | – | ✓ | 4 | 10 | 4 | 3090 | ✓ |
| Home Assistant Blue | ? | ? | – | 10 | 2 | 10 | 3020 | ✓ |
| Homey Pro | ✓ | ✓ | ✓ | 9 | 7 | 7 | 10200 | ✓ |

Tabulka 3.1: Tabulka srovnání hubů pro chytrou domácnost.

Některé informace, které hodnotím jako klady a zápory, nebylo možné je vystihnout v tabulce 3.1, proto jsou uvedeny pro každý z hubů níže.

- Aeotec Smart Home
 - + Dovoluje velmi komplexní automatizace.
- Philips HUE bridge
 - + Správa až padesáti HUE zařízení.
 - + Přítomnost v síti umožňuje ovládat HUE zařízení i mimo síť.
 - Nedovoluje komplexní automatizace.
 - Nekompatibilní s koncovými zařízeními jiných firem.
- Hubitat Elevation
 - + Hubitat je vhodný pro uživatele, kterým jde především o lokální správu systému.
 - + Automatizace, které hub dokáže vykonávat, jsou složitostí téměř neomezené.
 - Webová aplikace, jejíž pomocí probíhá správa hubu, není uživatelsky přívětivá a vizuálně připadá zastaralá.
- Amazon Echo 4 / Amazon Echo Studio
 - + Do domácnosti přináší chytrého asistenta a s ním ovládání hlasem.
 - + Echo disponuje kvalitní sadou reproduktorů a šesticí mikrofonů zajišťujících kvalitní rozpoznání příkazů i při hluku v okolí. Echo Studio disponuje kvalitnější reproduktorovou soustavou a umožňuje využít technologii Dolby Atmos.

- + Při správném použití se "Hunches" dají využít jako automatizace domácnosti, ovšem jejich využití je omezené. Hunches dovolují Alexe upozornit uživatele na nějakou skutečnost a čekat jeho reakci. Hunches se dají také nastavit tak, aby na ně reagovala přímo Alexa místo uživatele. Například: Pokud je pozdě v noci a svítí světla v garáži, Alexa je zhasne bez upozornění uživatele.
- Apple TV / Apple HomePod / Apple HomePod mini
 - + HomePod i HomePod mini přináší bezdrátový reproduktor do domácnosti, kvalitnějším je originální HomePod.
 - + Poskytuje funkci Apple Secure Video.
 - + Do domácnosti přináší asistenta Siri.
 - Podporuje pouze zařízení certifikovaná společností Apple, cena HomeKit zařízení je vyšší, než u konkurenčních zařízení.
- Home Assistant Blue
 - + Všechna zařízení na trhu je možné integrovat, pokud je uživatel dostatečně zdatný ve vytváření scriptů, protože některá zařízení je potřeba konfigurovat ručně.
 - + Dovoluje lokální správu, ovšem některá zařízení i přesto komunikují s Cloud, až poté s Blue.
 - + Možnost využití stejného OS v dockeru domácího serveru nebo na Raspberry.
 - Zařízení využívající Zigbee nebo Z-Wave je možné používat pouze pokud jsou připojeny Zigbee/Z-Wave moduly s vysílači.
- Homey Pro
 - + Certifikace pro Apple HomeKit.
 - + Vestavěné vysílače Bluetooth, WiFi, Z-Wave, Zigbee, velmi ceněná může být i přítomnost infračerveného přijímače a šesti infračervených vysílačů.
 - + Obsahuje reproduktor.

Jak je možné vidět z tabulky 3.1, mezi nejlepší huby se řadí Homey Pro, Aeotec Smart Home a Home Assistant. Tyto huby jsou ty nejkompatibilnější s dostupnými koncovými zařízeními. Dalším hlavním kritériem je možnost vytvořit komplexní rutiny. Nejvýkonnějším a nejvšestrannějším hubem je tedy Home Assistant Blue. Problémem je ovšem absence vestavěných vysílačů. Hub je možné rozšířit pomocí usb modulů s vysílači Zigbee/Z-Wave. Toto řešení je ovšem jak od uživatelů tak od vydavatelů doporučováno spíše pro pokročilé uživatele.

Srovnání smart home aplikací

Tato kapitola představuje zhodnocení kladů a záporů jednotlivých aplikací uvedených v podkapitole 2.6. U aplikací hodnotím především možnosti automatizací, ale také se často zaměřuji na jejich uživatelské prostředí a přívětivost použití aplikace pro uživatele.

Následující tabulka 3.2 vyobrazuje schopnosti jednotlivých aplikací, které jsou dle mého úsudku podstatné. Mezi hodnocené kategorie patří například možnost využití chytrého asistenta jako Google Assistant nebo Amazon Alexa. U aplikací je brána v potaz dostupnost na

Android i na iOS. Dalšími kritérii jsou kvalita a přívětivost obsluhy UI, kompatibilita s počtem zařízení, které aplikace ovládá. Sloupec rutiny vystihuje kvalitu a komplexnost rutin, které aplikace dovoluje vytvářet. Poslední důležitý komponent je obtížnost/jednoduchost připojení nových zařízení.

| | Google Assistant | Amazon Alexa | Android | iOS | obsluha | kompatibilita | rutiny | připojení |
|---------------------------|------------------|--------------|---------|-----|---------|---------------|--------|-----------|
| Samsung SmartThings | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 9 | 9 | | 9 |
| Home Assistant | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 7 | 10 | | 6 |
| Apple Home | – | – | – | ✓ | 10 | 3 | | 10 |
| IFTTT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 7 | 8 | | 8 |
| Smart Life - Smart Living | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 8 | 8 | | 8 |
| Olisto | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 8 | 7 | | 7 |

Tabulka 3.2: Tabulka srovnání aplikací pro chytrou domácnost.

Informace, které tabulka 3.2 nemohla postihnout jsou pro jednotlivé aplikace vypsány v následujících bodech.

- Samsung SmartThings
 - + Aplikace dovoluje ovládat systém i pomocí Samsung Watch nebo Android Auto.
 - + Mobilní telefony Samsung dovoluji rychlé využití zařízení chytré domácnosti pomocí stavové lišty telefonu.
 - Aplikace vyžaduje cloud k ovládání. Z tohoto důvodu obsahuje aplikace zpoždění.
- Home Assistant
 - + Poskytuje nejkomplexnější automatizace.
 - + Velmi velký počet zařízení, pro která aplikace nabízí ovládání.
 - + Nabízí vytvoření vlastních nástěnek, které uživatel může přizpůsobit svým potřebám.
 - Připojování zařízení může být obtížné.
- Apple Home
 - Aplikace neumožňuje ovládat velké množství zařízení na trhu.
 - Využití je omezeno pouze pro zařízení s iOS.
- IFTTT
 - + Aplikace dokáže spravovat den uživatele i jinak, než jen pomocí chytré domácnosti.
 - Aplikace dovoluje vytvořit bezplatně pouze tři Applety, jak jsem již uvedl v jejím rozboru v kapitole 2.6.
- Smart Life - Smart Living

- + Aplikace dovoluje příjemné používání pomocí widgetu.
- Olisto
 - + Relevantní chytré notifikace.

Na základě tabulky je možné vyvodit tři závěry a to především podle využití, které uživatel požaduje. Pro začínající uživatele je vhodnou volbou buďto Samsung SmartThings nebo Apple Home. Apple Home je vhodný spíše pro uživatele, kteří využívají i Apple ekosystém. Obě aplikace jsou uživatelsky přívětivé a dovolují jednoduché přidávání nových zařízení. SmartThings navíc dovoluje používat i hlasové asistenty od Google a Amazon, zatímco Apple používá především Siri. Pokud je uživatel náročnější na využití systému a chce mít více možností jak systém ovládat, vhodnou volbou je Home Assistant. Home assistant pomocí nástěnek dokáže poskytovat uživatelům naprosto všechny informace pohromadě, dle jejich preferencí. Obsluha systému vyžaduje větší znalosti a je spíše pro zkušenější uživatele.

3.2 Motivace k vytvoření implementace

O IoT jsem se okrajově zajímal již během nástupu na vysokou školu. Jelikož jsem byl požádán o můj názor na vytvoření chytré domácnosti v novostavbě na pozemku mých rodičů, začal jsem studovat možnosti, které jsou na trhu dostupné. Překvapilo mě, jak velký trh se senzory a systémy je. Dostupnost senzorů je velmi velká a především kvůli tomu vznikají problémy s kompatibilitou. I přesto, že většina výrobců využívá stejné technologie, každý z výrobců volí svou implementaci. Právě vlivem toho je možné, že systém najde zařízení, ovšem rozpozná špatně jeho vlastnosti. Může se tedy stát, že Zigbee žárovka se bude systému jevit jako Zigbee spínač, bude mít pouze on/off vlastnost a postrádat nastavení barvy a zářivosti.

Kvůli tomuto problému s kompatibilitou jsem začal hledat různé platformy pro domácnost. První platformou, o kterou jsem se zajímal, byla na mém telefonu předinstalovaná aplikace SmartThings. Tato platforma se jevila velmi kvalitní, ovšem na trhu se jich nachází velké množství a vznikla potřeba nastudovat jejich vlastnosti a rozdíly.

Zadáním práce bylo sestavení systému pro domácnost, abych se vyhnul komerčním produktům rozhodl jsem se vytvořit experimentální systém od začátku, k tomu bylo potřeba nejprve nastudovat podrobně technologie a současný stav dostupných zařízení. Systém byl navrhnutý v návaznosti na nastudované informace o existujících systémech a mých představách o tom, jak bude systém používán. Můj systém poskytuje pouze okrajový nástin možné funkcionality domácího systému, ovšem jeho budoucí rozšíření bude již jednodušší, jelikož vzniklá aplikace i server, který je součástí systému, již hlavní problémy konfrontují. Jedním z uživatelů systému jsem i já a proto mám možnost chyby, které soužití se systémem představí odladit i po dokončení práce.

3.3 Technické nároky na implementovaný systém

Systém musí být koncipován tak, aby bylo možné jej vylepšit nad rámec aktuálního zadání, například o správu kouřových senzorů, pořizování bezpečnostního záznamu a správu záznamu. Rozhodl jsem se vytvořit systém s těmito vlastnostmi:

- Systém bude ovladatelný pomocí mobilní aplikace, která bude fungovat na systémech s android Api 29 a novějších.

- Systém bude možné ovládat pomocí Samsung Galaxy Watch tak, aby bylo uživatelské prostředí příjemné, nutně nemusí obsahovat plnou funkcionalitu.
- Systém bude využívat jako Home Gateway Raspberry Pi 3B+
- Pojezdová brána - systém bude schopný monitorovat stav pojezdové brány a ovládat její pohyb.
- Osvětlení příjezdové cesty - systém bude monitorovat stav světelného okruhu a bude moci jej zapnout/vypnout.
- Osvětlení bude možné automatizovat nastavením času spuštění a vypnutí.
- Pokud bude existovat jiné řešení, systém nebude využívat bateriových článků a to z důvodu údržby baterií.
- Systém bude nasazen do provozu, jeho činnost bude monitorována a testována.

Pokud systém splní výše uvedené předpoklady je možné implementaci považovat za úspěšnou. Systém bude do budoucna rozšiřován a jedním ze základních předpokladů je vytvoření dobré infrastruktury pro rozvinutí systému.

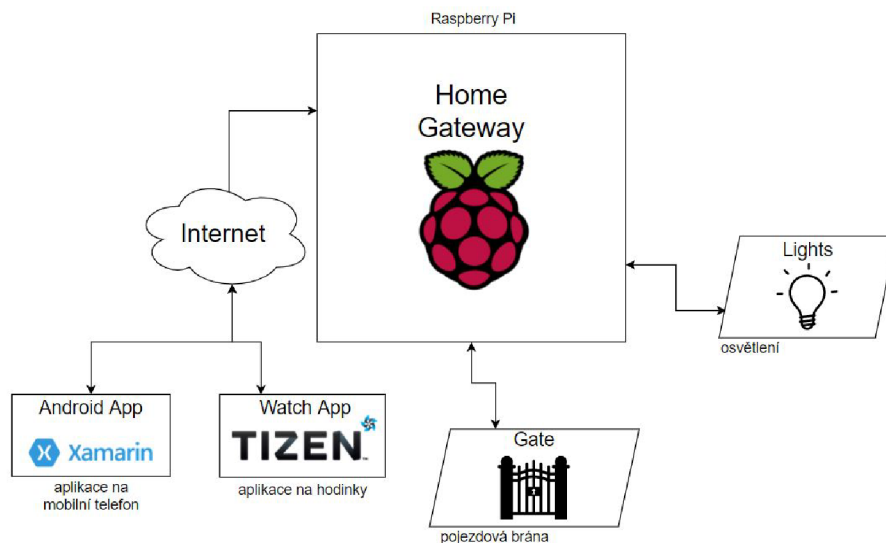
Kapitola 4

Implementace IoT smart home systému

Tato kapitola představuje zvolený způsob a řešení, kterým jsem kladené požadavky vyřešil. Dále obsahuje podkapitulu s návrhem systému a jeho bloků. Tyto bloky jsou podrobně popsány s výhodami i nevýhodami, které přinášejí. Poslední podkapitola je zaměřena na testy a provoz systému.

4.1 Koncepce systému

Prvním krokem byl návrh systému a jednotlivých prvků, z nichž bude složen. Z tohoto důvodu jsem začal právě stanovením struktury systému a vytvořením blokového schématu, ve kterém jsou také znázorněny základní logické bloky systému. Na obrázku 4.1 lze vidět, jaké bloky jsem zvolil, přičemž Gate a Lights vyjadřují konkrétní zařízení, která jsou ovládaná. Hlavním blokem systému je Home Gateway. Home Gateway je domácí server, který zastřešuje ovládání domácnosti. S tímto serverem komunikují obě aplikace přes internet. V podkapitole 4.3 jsou tyto bloky nejprve specifikovány obecně a poté podrobně popíši každý z nich.



Obrázek 4.1: Jednoduché blokové schéma systému.

4.2 Volba prostředků

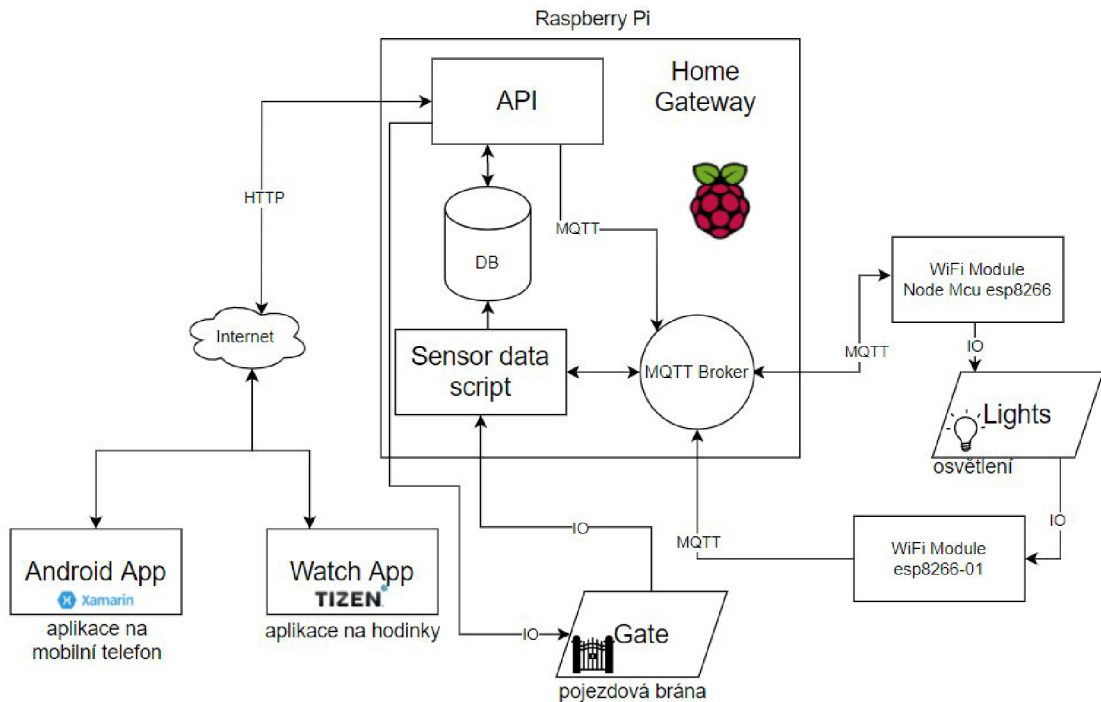
S ohledem na technické zadání a nastudované informace jsem specifikoval prostředky, které jsou použity v tomto projektu.

- Android aplikace je napsaná v jazyce C#, konkrétně pomocí Xamarin Forms a to především z důvodu poměrně nevelkých úprav v případě, pokud by v budoucnu vyvstala potřeba po iOS verzi na výrobky společnosti Apple.
- Vstup do aplikace je zabezpečen přihlášením.
- Jako hub, neboli Home Gateway, je využito Raspberry PI 3B+ a to především kvůli požadavkům na zpracovávání obrazu bezpečnostních kamer, jejichž instalace je v budoucnu zamýšlena.
- Kvůli fyzické vzdálenosti brány od místa, kde by bylo vhodné umístit Home Gateway, jsem se rozhodl využít kabelového připojení.
- Stávající zapojení světelného okruhu vyžadovalo, aby byly prvky bezdrátové. Ovládací prvek je umístěn v místě s připojením ke zdroji elektrické energie.
- Jelikož raspberry disponuje připojením k internetu a pozemek je v potřebných místech pokrytý WiFi, rozhodl jsem se využít tuto technologii.
- Aplikace na Samsung Galaxy watch, rozhodl jsem se pro využití Tizen Wearable xaml app a to tak, aby hodinky nebyly závislé na mobilním telefonu pro vykonání příkazů.
- Obě aplikace, jak na Android, tak na hodinky Samsung jsem vytvořil ve stejném motivu, a to pro snadnější práci s oběma.
- Obě aplikace je možné nainstalovat pomocí apk nebo tpk souborů.

Všechny hardwarové prvky jsou kompletovány s využitím nepájivého pole, jelikož se jedná pouze o funkční vzorek a ne komerční produkt.

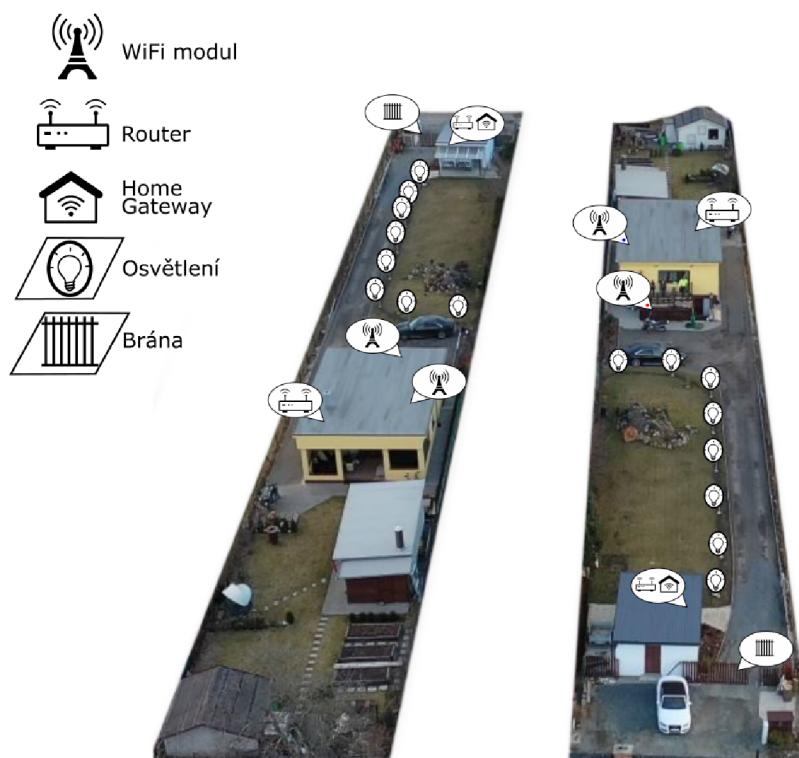
4.3 Implementace systému

Jak je již zmíněno v první sekci kapitoly, blokové schéma je zjednodušené. Obrázek 4.2 je schématem skutečné podoby systému, včetně typů komunikace jednotlivých částí. Nejsložitějším prvkem je již zmíněný Home Gateway.



Obrázek 4.2: Blokové schéma projektu

Na obrázku 4.2 je možné vidět systém, rozdělený na bloky Android App, Watch App, Home Gateway a dva separátní WiFi moduly, které se starají o obsluhu zařízení Lights. Tyto bloky jsou podrobně popsány v následujících podkapitolách. Na následujícím obrázku 4.3 je možné vidět mapu pozemku a rozmístění jednotlivých prvků. Na mapě je vidět umístění pojezdové brány a ovládání osvětlení (na mapě znázorněné jako WiFi modul s červeným označením). Na mapě je možné všimnout si umístění routerů. Právě z důvodu přístupu k WiFi síti jsem zvolil tuto technologii pro bezdrátové moduly.



Obrázek 4.3: Mapa systému.

Jak je možné vidět na obrázku 4.3, pokrytí internetem na pozemku je díky dvěma routerům velmi dobré. I proto jsem zvolil WiFi technologii.

4.4 Home Gateway

Jak je uvedeno dříve v kapitole 4.2, na bloku Home Gateway je závislý zbytek celého systému. Home Gateway lze považovat za jádro celého systému. Pro Home Gateway je využito Raspberry PI a to především kvůli výkonu, který bude dostatečný pro budoucí plánované rozšíření. Na Raspberry jsem se rozhodl nainstalovat operační systém Raspbian, vycházející ze systému Debian. Jelikož Home Gateway zde plní roli serveru, bylo nutné využít zřízené statické IP adresy a port forwardingu v používaném routeru tak, aby server umožnil vzdálenou komunikaci z míst mimo lokální síť.

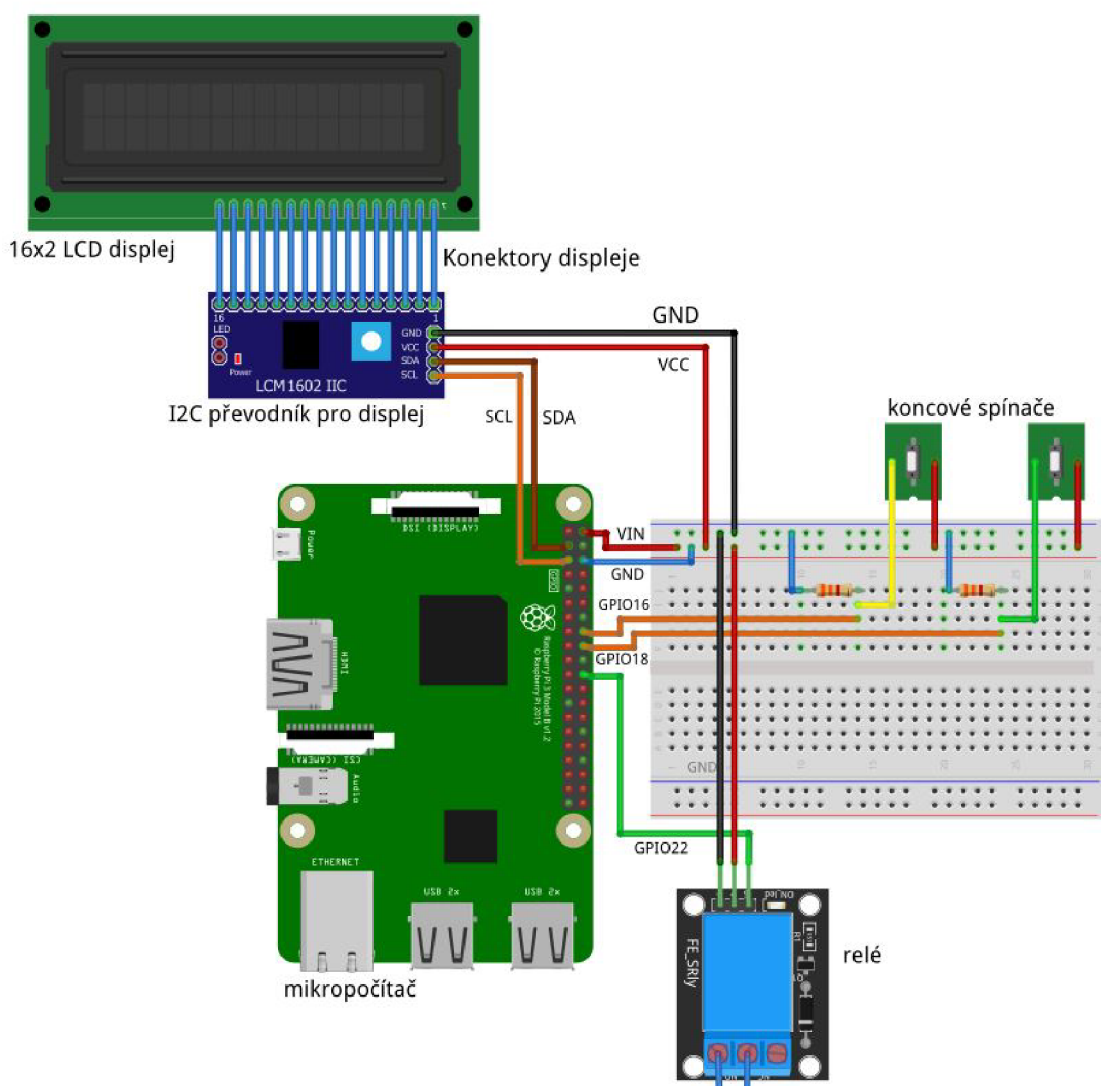
Na raspberry serveru se nachází Python Flask API rozhraní, piapp.py, které je popsáno dále v této podkapitole. Na raspberry se ihned při bootu spustí skripty piapp.py a sensor_script.

Na serveru je rovněž nainstalovaná a běží databáze MariaDB. Schéma DB je velmi jednoduché, databáze spravuje pouze dvě tabulky. V první tabulce "User" jsou uložena uživatelská jména spolu s hesly, která jsou zahashovaná pomocí SHA-256. V druhé tabulce "Sensors" je umístěn stav zařízení, která jsou spravována. Tedy pojezdové brány a osvětlení. Jak lze vidět z obrázku tabulky sensors 4.4, každé zařízení má společné ale i specifické záznamy. Pro bránu "Value1" a "Value2" vystihují stav senzorů, nabývají hodnoty 0/1. Hodnota "Value-Last" je nastavena na hodnotu 1/2 ve chvíli, kdy je jeden ze senzorů aktivován. Pro osvětlení

jsou hodnoty "Value1" a "Value2" taky využíváné ovšem k jiným účelům. "Value1" vyjadřuje zapnutá/vypnutá světla, kdežto "Value2" vyjadřuje zapnuté/vypnuté automatické osvětlení. S automatickým osvětlením souvisejí i hodnoty "TimeStart" a "TimeEnd". Tyto hodnoty vyjadřují dobu, kdy se osvětlení aktivuje a kdy se má automaticky vypnout.

| SensorID | Name | Value1 | Value2 | ValueLast | TimeStart | TimeEnd |
|----------|--------|--------|--------|-----------|-----------|----------|
| 1 | gate | 0 | 0 | 1 | <null> | <null> |
| 2 | lights | 1 | 0 | <null> | 22:30:00 | 22:40:00 |

Obrázek 4.4: Tabulka Sensors databáze běžící na Home Gateway.



Obrázek 4.5: Schéma odpovídající zapojení Home Gateway.

Na Raspberry serveru je rovněž nainstalován Mosquitto MQTT broker, který je dostupný ke komunikaci pro lokální síť. Oba WiFi moduly, které využívám kvůli obsluze světel, využívají ke komunikaci zvláštních témat MQTT. Pro zjištění stavu světel slouží téma "LSTATE" a pro spuštění nebo vypnutí světel slouží téma "LCOMM". Broker po ob-

držení zprávy, která se týká těchto témat, zašle její kopii všem účastníkům, kteří odebírají dané téma.

Databáze je plněna python scriptem `sensor_script`. Tento script kontroluje fyzický stav brány a osvětlení. Pokud se stav senzorů změní, změna je zavedena do DB. Script po spuštění inicializuje MQTT připojení k brokeru a před spuštěním MQTT klientské smyčky vytvoří vlákno (dále jen thread), který periodicky ověřuje stav brány. Sensory pojezdové brány jsou zapojeny pomocí GPIO pinů Raspberry 4.5, konkrétně piny 16 a 18. Stav senzorů je kontrolován v pravidelných intervalech tří sekund. Pokud je senzor aktivován, je do DB zaslán aktualizovaný záznam. V aktualizovaném záznamu je hodnota odpovídající senzoru (databázová tabulka je popsána u obrázku 4.4) zapsána jako 1, druhý senzor je nastaven na 0 a hodnota `ValueLast` nabývá hodnoty 1 nebo 2 v závislosti na pořadovém čísle aktivního senzoru. Pokud je brána otevřena, script zobrazí tuto informaci na 16x2 LCD displeji. Tento displej je zapojen pomocí I2C modulu k Raspberry, ke komunikaci využívám knihovnu¹. Senzor týkající se osvětlení je osazen na ESP8266 vývojové platformě od společnosti NodeMCU a s `sensor_script` komunikuje pomocí MQTT. Script je odběratel (Subscriber) tématu "LSTATE", zároveň script podle aktuálního času může automaticky zapnout/vypnout osvětlení dle doby nastavené v databázi. Pokud je aktuální čas v intervalu, který je nastaven, script zašle zprávu za pomoci MQTT protokolu. Tato zpráva bude poslána pomocí tématu "LCOMM".

Api poskytuje aplikacím potřebné informace, které jsou získávány pomocí `sensor_scriptu`, které jsou zobrazovány uživateli. Tyto informace jsou dostupné pomocí kontaktování serveru a konkrétního endpointu. Pokud z jakéhokoliv důvodu selže vykonávaný databázový povel, endpointy vrací návratovou hodnotu "fail".

- Pro přihlášení je využíván endpoint `"/login"`. Tento endpoint zajišťuje kontrolu, zda uživatel s tímto heslem má oprávnění do systému vstoupit. Endpoint využívá metodu POST a očekává 2 vstupy. Tyto vstupy reprezentují username, passhash. Pomocí username je kontrolována tabulka User databáze. Pokud existuje shoda se záznamem v databázi, hodnota Password v záznamu je porovnána s předaným passhash. Pokud se hesla shodují, endpoint vrací hodnotu "OK". Pokud ovšem buďto uživatel v databázi neexistuje, nebo je heslo nesprávné, endpoint vrátí hodnotu "FAIL".
- Pro zjištění stavu brány mohou aplikace využít endpoint `"/gate/status"`. Endpoint využívá metodu GET. Endpoint po zavolání zjistí aktuální stav dvou senzorů, které monitorují stav pojezdové brány a stav, ve kterém se brána naposledy nacházela. Podle těchto hodnot, které jsou získány z databáze, je determinován stav pojezdové brány. Návratovou hodnotou je poté jedna z hodnot "Opened"/ "Closed"/ "partially Opened".
- Díky dvěma senzorům je možné determinovat další pohyb pojezdové brány, slouží k tomu `"/gate/nextstatus"`. Jedná se o obdobu endpointu `"/gate/status"`, ovšem návratové hodnoty jsou pouze "Open"/ "Close".
- Bránu je možné aktivovat pomocí endpointu `"/gate/trigger"`. Jedná se o jediný endpoint, který využívá GPIO piny Raspberry PI. Jak lze vidět na schématu 4.5, ovládání motoru pojezdové brány je připojeno k relé, které může být aktivováno přivedením logické 1 na pin 22.

¹Knihovna LCD převzata z <https://www.circuitbasics.com/raspberry-pi-i2c-lcd-set-up-and-programming/>

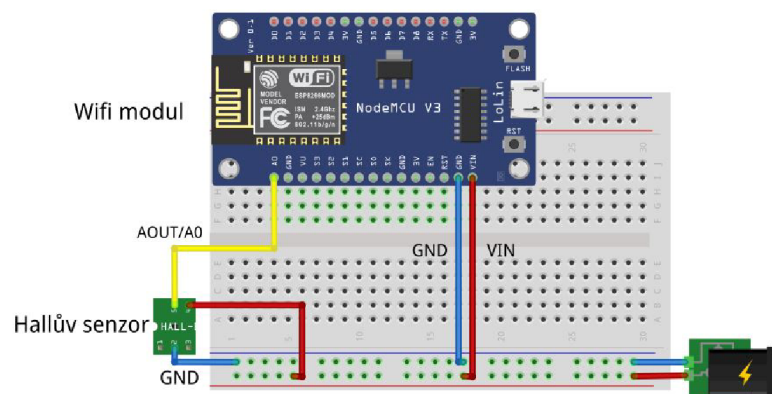
- Co se týče osvětlení, endpoint `"/lights/status"` je podobný `"/gate/status"`. Opět v tabulce Sensors databáze vyhledá dle skupiny "lights" záznam. Záznam obsahuje aktuální stav okruhu světel a stav přednastaveného programu. Oba záznamy nabývají hodnot 1/0. Tyto hodnoty jsou převedeny na řetězce ON/OFF. Jsou od sebe odděleny prázdným znakem ' ' a odeslány jako návratová hodnota.
- Jelikož u osvětlení je možné nastavit čas automatického spuštění, `"/lights/programget"`. Obdobně jako u `"/lights/status"`, vyhledá záznam k lights. Tentokrát jsou ovšem zajímavé hodnoty TimeStart a TimeEnd. Hodnoty vyjadřují začátek a konec programu na automatické osvětlení. Tyto hodnoty společně s prázdným znakem ' ' jsou předány jako návratová hodnota.
- Hodnoty programového spuštění je také potřeba nastavit, k tomu slouží endpoint `"/lights/programset"`. Využívá POST metodu a očekává dvě hodnoty. Tyto hodnoty startTime a endTime jsou zaslány do databázové tabulky Sensors pomocí příkazu update. Pokud se update zdařil, je návratovou hodnotou řetězec "updated".
- Ovládání osvětlení je zprostředkováno pomocí `"/lights/trigger"`. Tento endpoint je výjimečný především tím, že využívá MQTT technologii. Pokud je zavolán endpoint, funkce zašle zprávu pomocí publish režimu na téma "LCOMM". Zpráva obsahuje text "LIGHTS TRIGGER". Tuto zprávu poté dostane jednotka spravující ovládání osvětlení a zpracuje ji, jak je uvedeno v následující sekci.

Uživatelské aplikace bez api nejsou schopné poskytovat relevantní informace uživateli.

4.5 Osvětlovací modul

Tento blok je zajímavý především využitím MQTT protokolu k bezdrátové komunikaci s využitím WiFi technologie. Z důvodu zakomponování mnou navrženého systému do již fungující domácnosti bylo potřeba analyzovat zapojení světelného okruhu. Při analýze jsem zjistil, že vhodné místo k zapojení senzoru, kterým monitoruji stav světelného okruhu, je v blízkosti rozvaděče, tedy uvnitř domu. Síla WiFi signálu je zde velmi dobrá, jelikož se modul nachází ve vzdálenosti 6 metrů od nejbližšího access pointu. Vzhledem k na pozemku využívaným bezdrátovým spínačům, které mají svou řídicí jednotku v blízkosti parkoviště, jsem se rozhodl využít jednotu přemostit pomocí relé. Používám tedy dva moduly pro komunikaci se světly, jeden pro stav a druhý k ovládání. Na obou místech, kde se bezdrátové moduly nacházejí, je snadný přístup ke zdroji elektrické energie a není potřeba využívat napájení bateriemi. Obě zařízení jsou pouze experimentální, proto jsou osazeny na nepájivém poli.

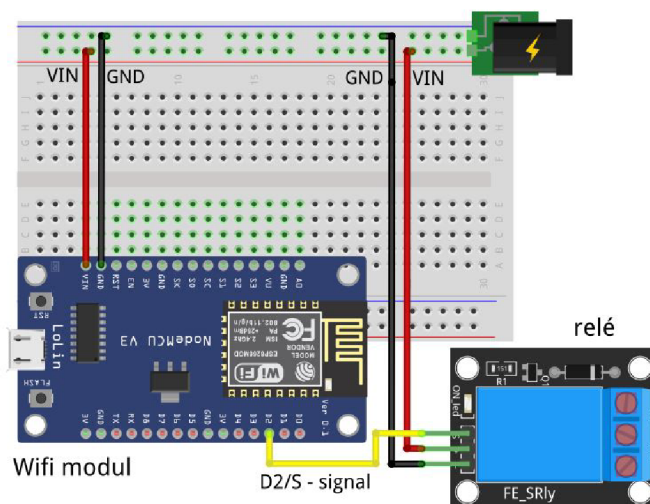
- Zjišťování stavu - tato jednotka je založena na modulu ESP8266, osazeném na vývojové desce od NoceMCU. Tento modul je velmi malý, ovšem výkonný. Pro tento účel je vhodný především proto že přes svou velikost disponuje i analogovým pinem. Tento pin využívám při čtení aktuální spotřeby naměřené pomocí senzoru WCS1700. Modul je možné jednoduše naprogramovat pomocí micro USB a prostředí Arduino IDE s využitím jazyka C++. Výhody NodeMCU se projeví především při budoucím rozšíření. Poloha tohoto modulu je vhodná k zjišťování spotřeby energie v domácnosti a monitorování běhu spotřebičů.



Obrázek 4.6: Schéma odpovídající zapojení ESP modulu pro zjišťování stavu světelného okruhu.

Jak lze vidět na obrázku 4.6, využívám tedy A0 pin modulu, který je konfigurovaný jako input pin. Na tento pin přivádím AOUT pin Hallova senzoru. Konkrétní model senzoru, který používám je WCS 1700. Senzor má pouze čtyři piny, VCC, GND, AOUT a DOUT. Hranice pro sepnutí na DOUT je nastavitelná pomocí potenciometru. Tento senzor napájím 5 volty a využívám proto napájecího modulu nepájivého pole, který umožňuje volitelný výstup 3,3V nebo 5V. Kód, který modul ESP vykonává, periodicky v rozmezí pěti sekund kontroluje stav Hallova senzoru. Modul zašle pomocí publish metody MQTT knihovny zprávu ON/OFF brokeru která je předána odběratelům.

- Ovládání - tato jednotka se nachází v blízkosti parkoviště, jak lze vidět na snímku mapy pozemku 4.3. Jednotka je postavená na modulu NodeMCU ESP8266. Tento modul disponuje větším počtem IO pinů. Aktualně sice tato vlastnost není podstatná, ovšem v budoucnu je v blízkosti plánováno využití zavlažovacího systému a piny navíc budou zužitkovány. Pro současné potřeby by mohl být vhodný i samotný ESP8266-01, který je velmi odlehčenou verzí.



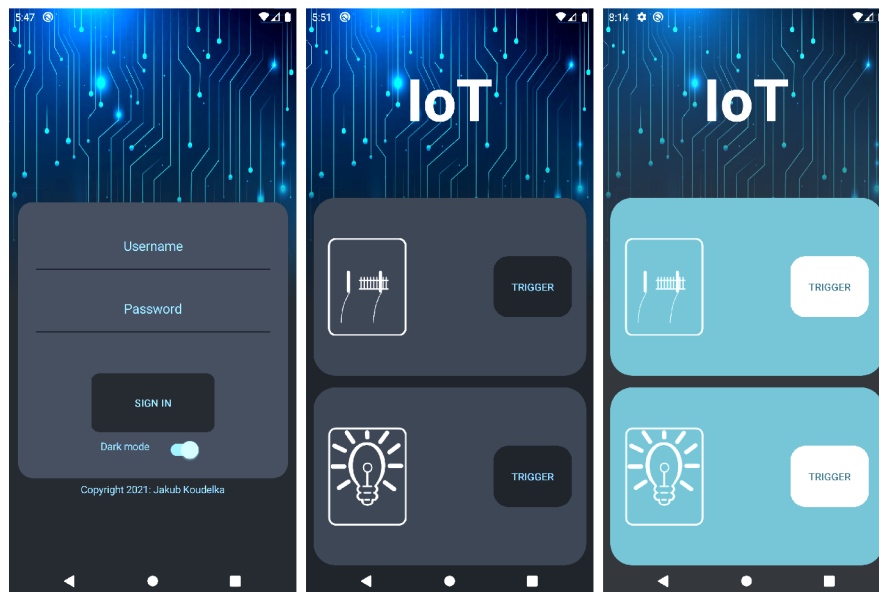
Obrázek 4.7: Schéma odpovídající zapojení ESP modulu pro ovládání světelného okruhu.

Program nahraný na modulu je připojen přes MQTT k brokeru jako odběratel (Subscriber) na tématu "LCOMM". Pokud na tématu zaznamená zprávu "LIGHTS TRIGGER" podle aktuálního stavu proměnné, do které se ukládají hodnoty relé, nastaví output pin na high nebo low. Tento pin je přiveden na pin "S" relé, které přemostuje existující spínač světelného okruhu.

Jak je v sekci zmíněno bezdrátové moduly jsou záměrně naddimenzované tak, aby budoucí rozšíření mohla tyto moduly využívat, bez potřeby inovace.

4.6 Android mobilní aplikace

Jak bylo již zmíněno, v případě mobilní aplikace jsem se rozhodl využít Xamarin Forms. Opět se jedná spíše o přípravu, pro případ rozšíření na iOS. Pro vytvoření mobilní aplikace jsem začal se vzorovým uživatelským prostředím (UI). UI jsem se rozhodl motivovat do tmavých barev jak je možné vidět na obrázku 4.8. Pro případ potřeby je možné aplikaci přepnout z defaultního temného režimu do světlého režimu. Ten je vhodný například za slunného dne, kdy jas displeje neumožňuje uživatelsky komfortní využití aplikace. Aplikace využívá přihlašovací okno, kde se vyhodnotí, zda má uživatel přístup k aplikaci. Pomocí algoritmu SHA256 se vygeneruje hash hesla a spolu s uživatelským jménem se zašle na Api endpoint login pomocí metody POST. Pokud se hodnoty shodují se záznamem v tabulce User v databázi, aplikace uživatele přesune do okna Menu 4.8. Pokud se neshoduje je uživateli zobrazeno chybové hlášení, v kolonce pro přihlašovací jméno.

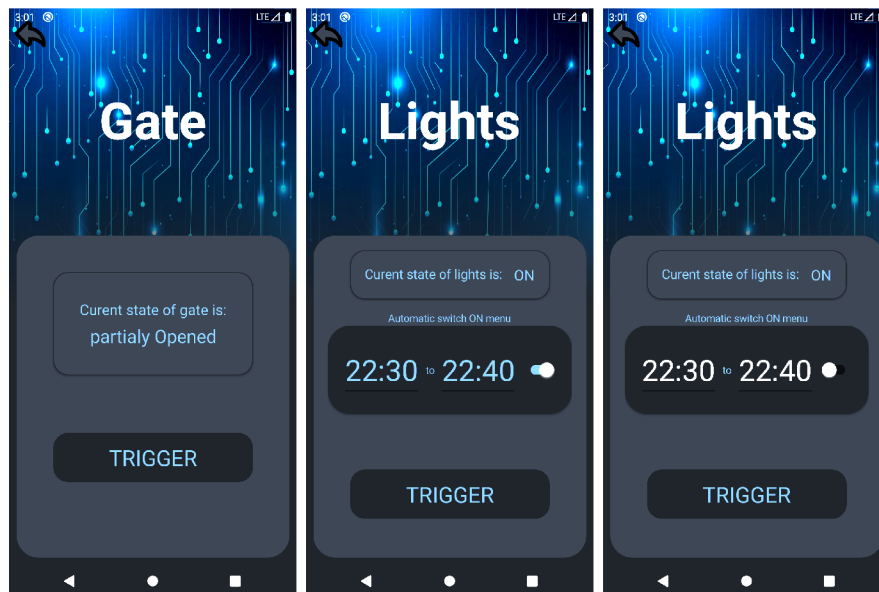


Obrázek 4.8: Vlevo - úvodní obrazovka pro přihlášení do aplikace, Vpravo - menu stránka v temném a světlém režimu

Po příchodu na stránku menu jsou zaslány potřebné dotazy na server. Tyto dotazy zjistí aktuální stav pojezdové brány a osvětlení. Aktuální stav je možné získat na této i ostatních stránkách pomocí tažení směrem dolů vhodné části obrazovky. Domovská stránka, jak ji můžeme vidět na obrázku 4.8, musí uživateli poskytnout možnost použít bránu/světla a zároveň intuitivně ukazovat stav obou zařízení. Stránku jsem se rozhodl odlehčit o informace, které běžný uživatel nepotřebuje ihned znát. Pokud ovšem tyto informace bude chtít, záložku zařízení je možné rozkliknout. Každé zařízení má svou vlastní ikonu aktuálního stavu. Tyto ikony se mění v závislosti na datech, které aplikace obdrží od serveru. Pro bránu, jak jsem již popisoval v sekci Home Gateway výše v této kapitole, rozlišuji tři stavy "Open"/ "Closed"/ "partially Open". Tyto stavy jsou vyobrazeny graficky a zobrazeny. Obdobné ikony stavů jsou i u osvětlení, zde se jedná o stav "ON"/ "OFF". V blízkosti ikon odpovídající zařízení se nachází tlačítko "TRIGGER", které zašle příkaz na server a ten způsobí aktivaci zařízení.

Rozkliknutím se aktuální stránka změní na stránku detailu zařízení, která je pro každé zařízení specifická. Ze stránky zařízení se dá přejít zpět na stránku menu šipkou vlevo nahore. Stránka detailu pojezdové brány, na obrázku 4.9, obsahuje informace o aktuálním stavu pojezdové brány a tlačítko pro aktivaci pohybu brány.

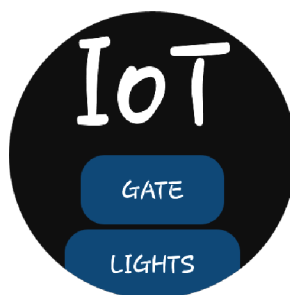
Stránka detailu 4.9 osvětlení obsahuje více informací, než detail pojezdové brány. Mimo aktivaci zařízení a informaci o stavu zařízení totiž stránka dává uživateli možnost nastavit čas automatického zapnutí a vypnutí. Čas uživatel navolí pomocí kruhového výběru času, po zadání hodnot uživatel aktivuje program pomocí táhla, které se nachází vpravo od nastavování časového intervalu.



Obrázek 4.9: Vlevo - stránka detailu pojezdové brány, Vpravo - stránka detailu osvětlení

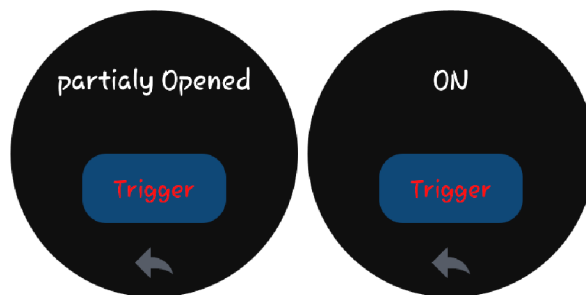
4.7 Aplikace pro Samsung Galaxy Watch

Jak bylo již zmíněno v podkapitole 4.2, pro tuto aplikaci jsem se rozhodl využít Tizen. Přesněji Tizen wearable xaml app. Tato aplikace byla vyvíjena v prostředí Visual studia 2019 pomocí balíčku tools for tizen. Tento balíček dovoluje spravovat tizen emulator, tizen certificate manager a tizen device manager. Jelikož disponuji hodinkami Samsung Galaxy Watch po registraci certifikátu pro podepisování aplikací jsem byl schopný připojit hodinky pomocí device manageru. Díky tomu bylo možné provádět debugging přímo na hodinkách, které jsou responzivnější než emulator. Aplikace je koncipována do tří oken.



Obrázek 4.10: Stránka menu aplikace na hodinky.

První okno, jak lze vidět na obrázku 4.10, slouží jako menu pro volbu ovládání buďto pojezdové brány nebo osvětlení. Během vývoje byl kladen důraz na podobu aplikace s aplikací pro Android. Po rozkliknutí jednoho z tlačítek je uživatel přesunut na detailní stránku zařízení, ze které je zařízení schopný ovládat.



Obrázek 4.11: Stránky s detailním zobrazením zařízení.

Vlevo na obrázku 4.11 je vidět detail stránky pro ovládání pojezdové brány a vpravo je možné vidět stránku ovládání osvětlení. Obě stránky disponují stejnou funkcionalitou. V horní části displeje je vidět aktuální stav zařízení. Stav je možné aktualizovat kliknutím na nápis. Tlačítko trigger zašle povel k použití zařízení, stejně jako tomu bylo i u Android aplikace. V dolní části displeje je vidět šipku zpět, kterou je možné vrátit se do menu aplikace.

4.8 Testování a provoz

V rámci této práce byly navrženy možné testy systému, které by měly být na tomto a obdobných systémech provedeny. Jelikož je práce spojením hardware a fyzických zařízení se software je nutné testovat obě roviny. Pro tento konkrétní systém by bylo vhodné provést zejména tyto testy:

- **Test stability:** systém by měl být schopný pracovat nepřetržitě a v případě výpadku energie by měl obnovit činnost bez uživatelského zásahu.
- **Zátěžový test:** zde jsou zahrnuty jak zátěžové testy wifi sítě a chování systému v těchto situacích, tak i zátěžový test systému a jeho databáze.
- **Test odolnosti živelů:** především Wifi modulu, který se nachází ve venkovním prostředí je umístěn v ochranném plastovém krytu, který by jej měl uchránit. Ovšem je třeba brát v potaz například mráz.
- **Test mechanické odolnosti.** Jelikož systém využívá koncové spínače pro monitorování pozice brány, je třeba monitorovat jejich stav a stav dorazů.
- **Test uživatelského prostředí** by měl být proveden u každé aplikace a jde o zjištění, zda je aplikace intuitivní pro uživatele. Aplikace by měla být intuitivní tak, aby nevyžadovala dlouhé učení uživatele pro správné využívání.

Jelikož některé z výše uvedených testy jsou buďto časově náročné (v řádech měsíců), náročné počtem uživatelů (desítky) nebo počtem využívaných zařízení (desítky), ne všechny testy byly provedeny. Časový rámec, který práce zabírá nedovoluje tyto testy provést. I přesto plánuji testy v budoucnu provést a to nad rámec práce. Z uvedených testů byly proto provedeny jen následující testy:

- **Provedení testu stability:** jednalo se o test nepřetržitého běhu systému. Systém byl schopný běžet 15 dní 10 hod. Test byl předčasně ukončen z důvodu nečekaného

výpadku proudu na hlavním jističi pozemku. Po opětovném přivedení elektrické energie byl systém schopný opět obnovit svou činnost bez zásahu uživatele. Tento test tedy považuji za splněný, ovšem opakované a dlouhodobé testování je do budoucna třeba provést.

- **Provedení testu uživatelského prostředí:** tento test bylo obtížné provést především kvůli faktu, že systém je určen do konkrétní domácnosti a nebude jej využívat velký počet uživatelů. Test byl přesto proveden na skupině, která je malá, ovšem její věk je různorodý. Mezi uživatele tedy patří muž 19 let, žena 51 let a žena 72 let. Nikdo z uživatelů není vzdělaný v oboru IT, ovšem patří mezi běžné uživatele IT technologií na různých úrovních i v Anglickém jazyce. Uživatelé využívali pouze Android aplikaci, protože nedisponují Samsung Galaxy Watch. S výsledkem testování jsem spokojen jelikož po týdnu práce s aplikací mladší uživatelé neměli připomínky k jejímu uživatelskému prostředí. Nejstarší z dotazovaných by ocenila světlý mód aplikace s jinou barevnou paletou. Tato připomínka otevírá možnost do budoucna vytvořit uživatelské nastavení, kde si uživatel buďto vybere z předvytvořených režimů nebo si navolí vlastní. Z časových důvodů tato funkcionality již není doplněna ovšem do budoucna ji plánuji zahrnout.

Jelikož v průběhu práce jsem měl možnost zjišťovat nedostatky, po implementaci systému uživatelé žádné neregistrují. Mezi nedostatky, které v průběhu vývoje uživatelé chtěli doplnit, byla možnost informací o otevřené bráně zobrazit v kancelářském prostoru v blízkosti brány. Tato potřeba vyplývá z důvodu, že brána v otevřeném stavu se nachází před vchodovými dveřmi a tato informace poskytuje uživatelům možnost zamezit škodám na dveřích i bráně.

Dosud provedené testy svědčí o tom že systém plní stanovené parametry určené v kapitole 3.3.

Kapitola 5

Závěr

Cílem této práce bylo zhonocení aktuálních existujících řešení pro chytrou domácnost a následná implementace mnou vytvořeného systému s uživatelskými aplikacemi. Cíl práce byl naplněn.

Pro splnění cíle práce bylo velmi důležité nastudovat a seznámit se s technologiemi, které se v oblasti bezdrátových prvků chytrých domácností využívají. Dále jsem se seznámil s aktuálním stavem dostupných řešení. Po nastudování těchto zařízení a aplikací jsem je ohodnotil podle jejich kvalit. Na základě těchto znalostí jsem navrhl a implementoval systém, který spravuje pojezdovou bránu a osvětlení. Tento systém je ovladatelný pomocí dvou aplikací na Android mobilní telefony a Samsung Galaxy Watch.

Systém využívá dva senzory pro monitorování stavu pojezdové brány a I2C LCD displej pro hlášení o stavu brány. Systém dále disponuje dvěma moduly ESP8266, se kterými komunikuje pomocí WiFi. Tyto moduly spravují chování osvětlení. Osvětlení je složeno z 10 LED svítidel.

Mezi hlavní potíže při tvorbě systému patřili problémy s nefunkčními senzory a práce s emulátorem Samsung Galaxy Watch.

Do budoucna hodlám v práci pokračovat. Prvním krokem bude dokončení testů a monitorování činnosti systému po delší době od nasazení. Možným rozšířením systému je například zakomponování chytrého zavlažovacího systému. Ten by mohl využívat senzory vlhkosti i předpověď počasí v dané lokalitě. Dalším rozšířením je možnost správy bezdrátových bezpečnostních kamer, ovládání osvětlení vnitřních prostor, využití chytrého zámku na brance pozemku, senzory indikující otevřené dveře dílny. Co se týče aplikací, tak kromě podpory nových zařízení by mohla mobilní aplikace umožňovat i zabezpečené živé vysílání bezpečnostních kamer. Pro případ nutnosti by obě aplikace mohly mít svou variantu i pro zařízení od společnosti Apple.

Literatura

- [1] BATTY, M., AXHAUSEN, K. W., GIANNOTTI, F., POZDNOUKHOV, A., BAZZANI, A. et al. Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*. Spojené státy americké: Springer. 2012, sv. 214, č. 1, s. 481–518. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1140/epjst/e2012-01703-3>.
- [2] BORMANN, C., CASTELLANI, A. P. a SHELBY, Z. CoAP: An Application Protocol for Billions of Tiny Internet Nodes. *IEEE Internet Computing*. Spojené státy americké: IEEE. 2012, sv. 16, č. 2, s. 62–67. DOI: 10.1109/MIC.2012.29. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6159216>.
- [3] BURATTI, C., CONTI, A., DARDARI, D. a VERDONE, R. An Overview on Wireless Sensor Networks Technology and Evolution. *Sensors*. Švýcarsko: Mdpi. 2009, sv. 9, č. 9, s. 6869–6896. DOI: 10.3390/s90906869. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/9/9/6869>.
- [4] CHANG, K. Bluetooth: a viable solution for IoT? [Industry Perspectives]. *IEEE Wireless Communications*. Spojené státy americké: IEEE Communications Society. 2014, sv. 21, č. 6, s. 6–7. DOI: 10.1109/MWC.2014.7000963. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7000963>.
- [5] ELKAMCHOUCI, H., ELSHAFAEE. Design and prototype implementation of SMS based home automation system. In: *2012 IEEE International Conference on Electronics Design, Systems and Applications (ICEDSA)*. Malajsie: IEEE, 2012, s. 162–167. DOI: 10.1109/ICEDSA.2012.6507788. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6507788>.
- [6] GARTNER. *Gartner Survey Reveals 47% of Organizations Will Increase Investments in IoT Despite the Impact of COVID-19* [online]. Říjen 2020. (Accessed on 04/19/2021). Dostupné z: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-10-29-gartner-survey-reveals-47-percent-of-organizations-will-increase-investments-in-iot-despite-the-impact-of-covid-19->.
- [7] GILL, K., YANG, S. H., YAO, F. a LU, X. A zigbee-based home automation system. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. Spojené státy americké: IEEE. 2009, sv. 55, č. 2, s. 422–430. DOI: 10.1109/TCE.2009.5174403. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5174403>.
- [8] GOMEZ, C., OLLER, J. a PARADELLS, J. Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors*. Švýcarsko: Mdpi. 2012, sv. 12, č. 9, s. 11734–11753. DOI: 10.3390/s120911734. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11734>.

- [9] HASAN, M., BISWAS, P., BILASH, M. T. I. a DIPTO, M. A. Z. Smart Home Systems: Overview and Comparative Analysis. In: *2018 Fourth International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*. IEEE, 2018, s. 264–268. DOI: 10.1109/ICRCICN.2018.8718722. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8718722>.
- [10] JUN, Z., SIMPLOT RYL, D., BISDIKIAN, C. a MOUFTAH, H. The internet of things. *IEEE Commun. Mag.* Nizozemsko: IEEE. 2011, sv. 49, č. 11, s. 30–31. Dostupné z: <https://bit.ly/3o6CUsc>.
- [11] KASHYAP, M., SHARMA, V. a GUPTA, N. Taking MQTT and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things. *Procedia Computer Science*. Nizozemsko: Elsevier. 2018, sv. 132, s. 1611–1618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126>. ISSN 1877-0509. International Conference on Computational Intelligence and Data Science. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918308585>.
- [12] KODALI, R. K. a SORATKAL, S. MQTT based home automation system using ESP8266. In: *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*. Indie: IEEE, 2016, s. 1–5. DOI: 10.1109/R10-HTC.2016.7906845. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7906845>.
- [13] KOYUNCU, B. PC remote control of appliances by using telephone lines. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*. Spojené státy americké: IEEE. 1995, sv. 41, č. 1, s. 201–209. DOI: 10.1109/30.370328. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/370328>.
- [14] LEE, I. a LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*. Nizozemsko: Elsevier. 2015, sv. 58, č. 4, s. 431–440. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>. ISSN 0007-6813. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681315000373>.
- [15] MACKENSEN, E., LAI, M. a WENDT, T. M. Bluetooth Low Energy (BLE) based wireless sensors. In: *SENSORS, 2012 IEEE*. Taiwan: IEEE, 2012, s. 1–4. DOI: 10.1109/ICSENS.2012.6411303. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6411303>.
- [16] MALCHE, T. a MAHESHWARY, P. Internet of Things (IoT) for building smart home system. In: *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*. Indie: IEEE, 2017, s. 65–70. DOI: 10.1109/I-SMAC.2017.8058258. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8058258>.
- [17] MESQUITA, J., GUIMARÃES, D., PEREIRA, C., SANTOS, F. a ALMEIDA, L. Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things. In: *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*. Itálie: IEEE, 2018, sv. 1, s. 784–791. DOI: 10.1109/ETFA.2018.8502562. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8502562>.
- [18] REGGIO, G., LEOTTA, M., CERIOLI, M., SPALAZZESE, R. a ALKHABBAS, F. What are IoT systems for real? An experts' survey on software engineering aspects.

- Internet of Things*. Nizozemsko: Elsevier. 2020, sv. 12, s. 100313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100313>. ISSN 2542-6605. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254266052030144X>.
- [19] ROSE, K., ELDRIDGE, S. a CHAPIN, L. The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*. Spojené státy americké: The internet society. 2015, sv. 80, s. 1–50. Dostupné z: <https://bit.ly/3oeQo1S>.
- [20] SAFARIC, S. a MALARIC, K. ZigBee wireless standard. In: *Proceedings ELMAR 2006*. Chorvatsko: IEEE, 2006, s. 259–262. DOI: 10.1109/ELMAR.2006.329562. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4127535>.
- [21] SHARMA, N., SHAMKUWAR, M. a SINGH, I. *The History, Present and Future with IoT*. Cham: Springer International Publishing, 2019. 27–51 s. ISBN 978-3-030-04203-5. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04203-5_3.
- [22] SIANG, B. K., BIN RAMLI, A. R., PRAKASH, V. a BIN SYED MOHAMED, S. A. R. SMS gateway interface remote monitoring and controlling via GSM SMS. In: *4th National Conference of Telecommunication Technology, 2003. NCTT 2003 Proceedings*. Malajsie: IEEE, 2003, s. 84–87. DOI: 10.1109/NCTT.2003.1188308. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1188308>.
- [23] SIRUR, S., JUTURU, P., GUPTA, H. P., SERIKAR, P. R., REDDY, Y. K. et al. A mesh network for mobile devices using Bluetooth low energy. In: *2015 IEEE SENSORS*. Jižní Korea: IEEE, 2015, s. 1–4. DOI: 10.1109/ICSENS.2015.7370451. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7370451>.
- [24] TAYYABA, S. K., SHAH, M. A., KHAN, N. S. A., ASIM, Y., NAEEM, W. et al. Software-defined networks (SDNs) and Internet of Things (IoTs): A qualitative prediction for 2020. *International Journal of Computer Science and Applications*. Velká Británie: Taylor and Francis Ltd. 2016, sv. 7, č. 11. Dostupné z: <https://bit.ly/3f7zv8t>.
- [25] THANGAVEL, D., MA, X., VALERA, A., TAN, H. a TAN, C. K. Performance evaluation of MQTT and CoAP via a common middleware. In: *2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*. Singapur: IEEE, 2014, s. 1–6. DOI: 10.1109/ISSNIP.2014.6827678. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6827678>.
- [26] UNWALA, I., TAQVI, Z. a LU, J. Thread: An IoT Protocol. In: *2018 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)*. Spojené státy americké: IEEE, 2018, s. 161–167. DOI: 10.1109/GreenTech.2018.00037. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8373620>.
- [27] VISWANATH, S. K., YUEN, C., TUSHAR, W., LI, W., WEN, C. et al. System design of the internet of things for residential smart grid. *IEEE Wireless Communications*. Spojené státy americké: IEEE. 2016, sv. 23, č. 5, s. 90–98. DOI: 10.1109/MWC.2016.7721747. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7721747>.
- [28] YASSEIN, M. B., MARDINI, W. a KHALIL, A. Smart homes automation using Z-wave protocol. In: *2016 International Conference on Engineering MIS (ICEMIS)*. Maroko:

IEEE, 2016, s. 1–6. DOI: 10.1109/ICEMIS.2016.7745306. Dostupné z:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7745306>.

Příloha A

Obsah příloženého paměťového média

Tato příloha pojednává o obsahu digitálního média mé práce, který je dostupný na CD. Nosič obsahuje tyto soubory:

Android.BP.SmartHome.apk, tento soubor slouží k instalaci Android aplikace na zařízení se systémem Android 9.0. Aplikace by měla být funkční i na nižší verze systému, né však nižší než verze 5.0. Aplikaci je možné nainstalovat pomocí průzkumníka souborů na cílovém zařízení.

Android.zip obsahuje zdrojové soubory aplikace pro systém Android a README.md soubor, projekt využívá Xamarin forms.

Bp_watch.SmartHome-1.0.0.tpk je soubor aplikace na Samsung Galaxy Watch, pro instalaci je zapotřebí využít Tizen Device Manager, pomocí kterého je možné se připojit ke konkrétnímu zařízení hodinek a nainstalovat aplikaci.

bpp.fzz je soubor určený pro program Fritzing. Daný soubor obsahuje všechna schémata zapojení vytvořena v rámci projektu.

IoT s Raspberry Pi, telefonem a hodinkami Samsung Galaxy Watch.pdf výsledný text práce ve formátu pdf.

IoT s Raspberry Pi, telefonem a hodinkami Samsung Galaxy Watch.zip je zip soubor s zdrojovým tvarem bakalářské práce.

LCOMM.ino je soubor obsahující program, který využívám na ESP8266 modulu pro ovládání osvětlení.

LSTATE.ino je druhým z programů na jednotku ESP8266, přičemž tento program zjišťuje a periodicky zasílá stav světelného okruhu pomocí MQTT.

piapp.py script soubor využívající flask knihovnu pro vytvoření api. Soubor běží na raspberry serveru a poskytuje api pro uživatelské aplikace.

sensor_script.py je dalším scriptem běžícím na Raspberry. Tento script zajišťuje zber informací ze senzorů umístěných na pojezdové bráně. Zároveň reaguje na zprávy MQTT brokeru na tématu LSTATE. všechny tyto informace poté ukládá do databáze.

Watch.zip obsahuje zdrojové soubory aplikace pro systém Tizen a README.md soubor, projekt využívá Tizen Wearable Xaml. App.

Všechny programy jsou podrobně popsány v textu práce.