

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Internet věcí v chytré domácnosti

Michal Štefek

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Štefek

Systémové inženýrství a informatika
Informatika

Název práce

Internet věcí v chytré domácnosti

Název anglicky

Smart homes and the Internet of Things

Cíle práce

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku využití internetu věcí (IoT) v chytrých domácnostech. Hlavním cílem bakalářské práce je navržení modelu využití IoT v domácnostech s využitím aktuálně dostupných a vyvíjených technologií.

Dílní cíle bakalářské práce jsou:

- zhodnotit a charakterizovat jednotlivé technologie IoT v domácnostech a jejich funkce,
- analyzovat dostupné technologie a IoT zařízení využívané v domácím prostředí,
- návrh modelu využití IoT pro chytré domácnosti.

Metodika

Teoretická část bakalářské práce bude založena na analýze a rešerši aktuálních odborných zdrojů.

V praktické části bakalářské práce budou na základě poznatků zjištěných v teoretické části zhodnoceny vybrané IoT technologie se zaměřením na chytré domácnosti. Dále budou vytvořeny modely chytré domácnosti s použitím dostupných technologií internetu věcí. Modely budou vytvořeny v několika variantách v různých cenových kategoriích. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

IoT, internet věcí, chytrá domácnost, Smart Home, technologie

Doporučené zdroje informací

KRANZ, Maciej. Building the Internet of Things. John Wiley & Sons, 2016. ISBN 978-1119285663

KYAS, Othmar. How To Smart Home: A Step by Step Guide for Smart Homes & Building Automation. Key Concept Press, 2017. ISBN 978-3-944980-12-6.

Oliveira, L., Mitchell, V. & May, A. Smart home technology—comparing householder expectations at the point of installation with experiences 1 year later. Pers Ubiquit Comput 24, 613–626 (2020).

<https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1007/s00779-019-01302-4>

PRŮCHA, Jan. Chytré bydlení: Inteligentní dům [online]. 2012 [cit. 2020-09-28]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/index.html>.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 18. 11. 2020

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 11. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Internet věcí v chytré domácnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalu Stočesovi, Ph. D. z katedry informačních technologií za jeho cenné rady, odborné vedení této bakalářské práce a čas, který mi věnoval během konzultací.

Internet věcí v chytré domácnosti

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití Internetu věcí v chytrých domácnostech. První kapitola teoretické části bakalářské práce se zabývá pojmem Internet věcí, jeho vývojem a možným budoucím rozvojem. V následující kapitole jsou analyzovány jednotlivé bezdrátové a kabelové sítě. Dále jsou detailně analyzovány jednotlivé skupiny chytrých zařízení. Jedná se o centrální jednotky, chytré osvětlení, chytré zásuvky, kamery, chytré termostaty a v poslední řadě také aplikace pro ovládání celého systému chytré domácnosti.

V praktické části bakalářské práce jsou navrhovány modely chytré domácnosti pro bytovou jednotku 2+1 pomocí vybraných chytrých zařízení. Všechna instalovaná zařízení musí komunikovat pomocí sítě Wifi a musí být kompatibilní s aplikacemi Amazon Alexa nebo Google Assistant. Všechny modelové návrhy jsou vždy postaveny na jedné platformě umožňující ovládání celého systému pomocí hlasových příkazů nebo aplikace v mobilním telefonu. Všechny vytvořené modely jsou zapsané do tabulek s cenami jednotlivých komponentů a výslednou cenou za daný model.

Klíčová slova: Internet věcí, technologie, chytré zařízení, sítě, vývoj, Wi-Fi, chytrá domácnost

Smart homes and the Internet of Things

Abstract

The bachelor thesis deals with the issue of using the Internet of Things in Smart Homes. The first chapter of the theoretical part of the bachelor thesis deals with the concept of the Internet of Things, its current development and its possible future development. The following chapter analyses wireless and wired networks. Furthermore, individual groups of smart devices are analysed in detail. These include smart speakers, smart lighting, smart plugs, cameras, smart thermostats, and applications used for control of the entire smart home system.

In the practical part of the bachelor thesis, models of smart homes are designed for a 2+1 housing unit. All devices must communicate via a Wifi network and must be compatible with Amazon Alexa or Google Assistant. All designed models are always built on a single platform allowing control of the entire system using voice commands or using a mobile application. All created models are entered in the tables with the prices of each component and the final price for the given model.

Keywords: Internet of Things, technology, smart device, networks, development, Wi-Fi, Smart Home

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika	10
3 Teoretická východiska	11
3.1 Internet věcí.....	11
3.1.1 Vývoj IoT.....	11
3.1.2 Rozvoj IoT	12
3.2 Komunikační sítě	13
3.2.1 Bezdrátové sítě.....	14
3.2.1.1 Wi-Fi.....	15
3.2.1.2 Bluetooth (BLE)	17
3.2.1.3 ZigBee	17
3.2.1.4 Z-Wave	18
3.2.1.5 Sigfox	19
3.2.1.6 LoRa	20
3.2.2 Kabelové sítě – Ethernet	20
3.3 Chytrá domácnost.....	21
3.3.1 Centrální jednotky.....	22
3.3.2 Osvětlení	23
3.3.3 Zásuvky.....	24
3.3.4 Kamery.....	24
3.3.5 Termostaty	25
3.3.6 Aplikace pro ovládání	25
3.3.6.1 Google Assistant.....	25
3.3.6.2 Amazon Alexa	25
3.3.6.3 Apple HomeKit	25
4 Vlastní práce	27
4.1 Analýza chytrých zařízení.....	28
4.1.1 Centrální jednotky.....	28
4.1.1.1 Porovnání centrálních jednotek	28
4.1.2 Osvětlení	30
4.1.2.1 Porovnání osvětlení	30
4.1.3 Zásuvky.....	31

4.1.3.1	Porovnání zásuvek.....	32
4.1.4	Bezpečnostní prvky.....	32
4.1.5	Termostaty	33
4.1.6	Ostatní zařízení	34
5	Výsledky a diskuse	35
5.1.1	Vzorové modely do 30 tisíc Kč	36
5.1.2	Vzorové modely nad 30 tisíc Kč.....	39
6	Závěr.....	42
7	Seznam použitých zdrojů	43

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vývoj celulárních IoT připojení (Lueth, 2020).....	12
Obrázek 2 - Topologie sítí (Sakovich 2018).....	14
Obrázek 3 - Rozdělení sítí dle dosahu (Zedek, 2017).....	15
Obrázek 4 - Logo WiFi (Sakovich, 2018)	16
Obrázek 5 - Logo Bluetooth (Sakovich, 2018).....	17
Obrázek 6 - Logo ZigBee (Sakovich, 2019).....	18
Obrázek 7 - Logo Z-Wave (Odunlade,2020).....	19
Obrázek 8 - Logo Sigfox (heliotgroup.com, b. r.)	19
Obrázek 9 - Logo LoRaWAN (Sakovich, 2018)	20
Obrázek 10 - Chytré termostatické hlavice Netatmo(alza.cz, b. r.).....	33

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Wi-Fi standardy (Intel, b.r.).....	16
Tabulka 2 - Centrální jednotky	29
Tabulka 3 - Žárovky	31
Tabulka 4 - Chytré zásuvky	32
Tabulka 5 - Vzorový model chytré domácnosti do 30 tisíc Kč Google Assistant.....	36
Tabulka 6 - Vzorový model chytré domácnosti do 30 tisíc Kč Amazon Alexa	38
Tabulka 7 - Vzorový model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč Google Assistant.....	39
Tabulka 8 - Vzorový model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč Amazon Alexa	41

Seznam použitých zkratk

IoT – Internet of Things

LPWA – Low Power, Wide Area

LPWAN – Low Power, Wide Area Network

NFC – Near-Field Communication

BAN – Body Area Network

PAN – Personal Area Network

LAN – Local Area Network

CAN – Campus / Corporate Area Network

MAN – Metropolitan Area Network

WAN – Wide Area Network

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

HAN – Home Area Network

DSL – Digital Subscriber Line Transceiver

ISM – Industrial, scientific and medical

1 Úvod

Ve světě komunikačních a informačních technologií je pojem „Internet věcí“ stále rozšířenější. V dnešní době je to obrovský fenomén, který má svá uplatnění v mnoha odvětvích. Od dopravy, průmyslu, zemědělství, až po využití v běžných domácnostech. Právě posledním bodem se tato bakalářská práce bude zabývat.

Lidé si již od pradávna chtěli své životy ulehčovat, k čemuž jim dnes, v oblasti bydlení, mohou pomoci jednotlivé IoT technologie. Tyto technologie lidem usnadňují jejich běžné činnosti a tím pádem zvyšují komfort jejich bydlení.

Pomocí velkého rozvoje chytrých domácností v posledních letech, nalezneme nyní na trhu velké množství produktů chytré domácnosti, mezi kterými můžeme vybírat. Zároveň jsou jednotlivé technologie dostupnější a v případě nákupu se nemusí jednat o extrémně velké výdaje, jako tomu mohlo být dříve, než se tento trend rozšířil.

Bakalářská práce má za cíl představit Internet věcí a využití IoT v domácnosti. Zároveň má za cíl představit čtenářům jednotlivá dostupná a vyvíjená chytrá zařízení, která lze instalovat do běžných domácností. V neposlední řadě bakalářská práce představí několik variant modelového návrhu chytré domácnosti, v závislosti na cenách jednotlivých komponentů.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Bakalářská práce se zaměřuje na problematiku využití internetu věcí (IoT) v chytrých domácnostech. Hlavním cílem bakalářské práce je navržení modelu využití IoT v domácnostech s využitím aktuálně dostupných a vyvíjených technologií.

Dílčí cíle práce jsou:

- Zhodnotit a charakterizovat jednotlivé technologie IoT v domácnostech a jejich funkce,
- Analyzovat dostupné technologie a IoT zařízení využívané v domácím prostředí,
- Návrh modelu využití IoT pro chytré domácnosti.

2.2 Metodika

Teoretická část bakalářské práce bude založena na analýze a rešerši aktuálních odborných zdrojů.

V praktické části bakalářské práce budou na základě poznatků zjištěných v teoretické části zhodnoceny vybrané IoT technologie se zaměřením na chytré domácnosti. Dále budou vytvořeny modely chytré domácnosti s použitím dostupných technologií internetu věcí. Modely budou vytvořeny v několika variantách v různých cenových kategoriích. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

3 Teoretická východiska

3.1 Internet věcí

Internet věcí, anglicky „Internet of Things“ (zkráceně IoT), lze definovat jako systém vzájemně propojených výpočetních zařízení a jiných chytrých zařízení s možností vzájemné komunikace nebo spolupráce bez asistence člověka. Tento systém se skládá z chytrých zařízení s webovými rozhraními, které využívají vestavěné systémy-senzory, procesory, komunikační hardware, ke shromažďování, odesílání a přijímání získaných dat. Často tato zařízení komunikují s dalšími souvisejícími zařízeními a jednají dle dat, která od sebe získají. Všechna tato práce probíhá bez přítomnosti člověka. Lidé mohou s těmito zařízeními komunikovat, dávat jim pokyny, nastavovat je a přistupovat k získaným datům. (Rouse, 2020) (Burgess, 2018) (Kranz, 2016)

3.1.1 Vývoj IoT

Historie Internetu věcí sahá až do roku 1832. V tento rok byl Baronem Schillingem vynalezen elektromagnetický telegraf. Krátce poté, v roce 1833 v německém Göttingenu, Carl Friedrich Gauss společně s Wilhelmem Weberem vynalezli vlastní kód pro komunikace až na vzdálenost 1200 metrů. (Harwood, 2019)

Ve 20. století, přesněji v roce 1926, Nicolas Tesla ve svém rozhovoru pro časopis *Colliers* prakticky předpověděl budoucnost komunikačních a informačních zařízení, kdy prohlásil: „Když bude „bezdrátovost“ perfektně aplikována, celá země se promění v jeden obrovský mozek, čímž ve skutečnosti je, všechny věci se stanou součástí jednoho reálného a rytmického celku. Budeme schopni spolu všichni komunikovat okamžitě, bez ohledu na vzdálenost. Nejen to, ale prostřednictvím televize a telefonování se budeme vidět a slyšet tak dokonale, jako bychom stáli tváří v tvář, navzdory vzdálenosti tisíců mil, a nástroje, jejichž prostřednictvím bychom toho byli schopni, budou ve srovnání s naším dnešním telefonem neuvěřitelně jednoduché. Člověk bude moci nosit takový přístroj ve své kapse.“ (Novak, 2015)

Termín „Internet věcí“ byl vytvořen až v roce 1999, když Kevin Ashton během své práce pro společnost Procter&Gamble pojmenoval svou prezentaci „Internet věcí“. Přestože byl internet v roce 1999 žhavým zbožím, tak si tento výraz v příštích 10 letech nezískal širokou pozornost.

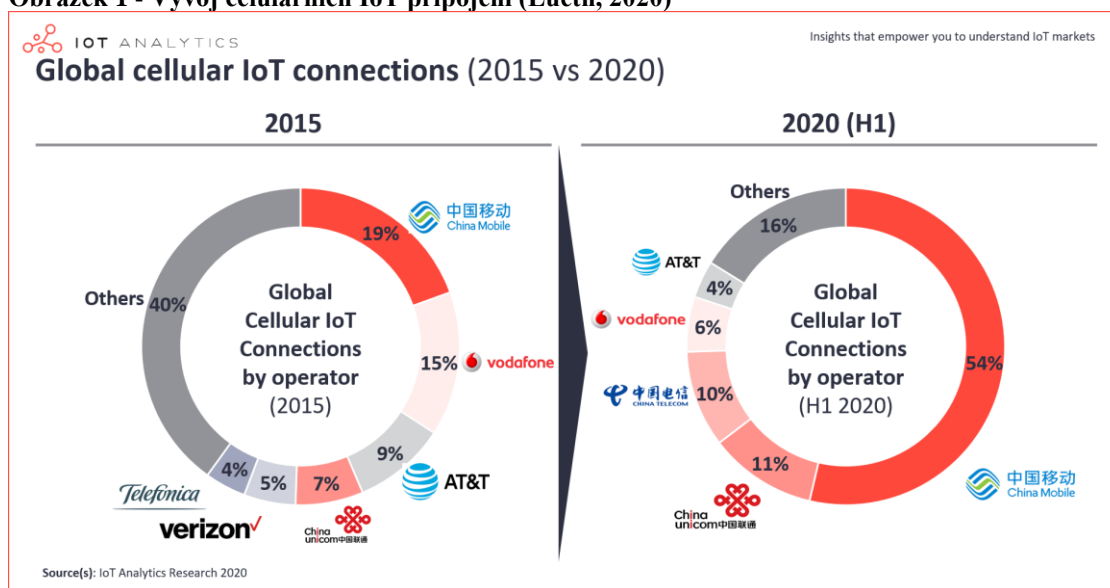
Samotný Internet věcí vznikl mezi lety 2008 a 2009, kdy podle společnosti Cisco Internet Business Solutions Group bylo k internetu připojeno více „věcí a objektů“ než lidí.

V roce 2010 se zvýšil počet připojených zařízení k internetu na 12,5 miliardy, zatímco lidská populace vzrostla na 6,8 miliardy. (Harwood, 2019)

3.1.2 Rozvoj IoT

Dle serveru IoT-Analytics v roce 2020 počet připojených IoT zařízení poprvé překonal počet připojených zařízení, která nespádají do IoT (počítače, telefony, tablety). Z celkových 21,7 miliard připojených zařízení čítá 11,7 miliard (neboli 54 %) zařízení IoT. Předpokládá se, že do roku 2025 bude připojeno až 30 miliard IoT zařízení, což znamená v průměru 4 zařízení na jednu osobu. Toto číslo se ovšem stále mění. S porovnáním s analýzou z roku 2018 se očekávaný počet připojených IoT zařízení změnil z 21.5 miliard na 30.9 miliard, jelikož tento růst řídí několik významných faktorů. Největším z nich je Čína, kde IoT zažívá obrovský boom na úrovních, které se před lety zdály naprosto nepředstavitelné. Zatímco například v roce 2015 představovaly čínské telekomunikační společnosti zhruba čtvrtinu (27 %) všech celulárních IoT připojení, tento počet v roce 2020 vystřelil až na 75 %, především díky China Mobile, China Telecom a China Unicom. (Lueth, 2020)

Obrázek 1 - Vývoj celulárních IoT připojení (Lueth, 2020)



Druhým faktorem je rychlejší nárůst počtu osobních a domácích zařízení. Všudypřítomné používání osobních IoT zařízení, jako jsou například měřicí zařízení pro fitness, se v posledních 2 letech zrychlilo a očekává se, že tento trend bude nadále pokračovat. K tomu se přidává větší nárůst nových generací chytrých domácích zařízení (např. Amazon Echo) a s ním spojené komponenty.

Třetím faktorem jsou takzvané LPWA (Low Power, Wide Area) připojení. Počítaje pouhých 10 milionů připojení v roce 2015, globální trh pro nízkoenergetické širokopásmové připojení (LPWA) před 5 lety téměř neexistoval. LPWA umožňuje připojení IoT pro vzdálená bateriová zařízení, jako jsou inteligentní měřiče, kontejnery v logistice nebo kritická infrastruktura, jako jsou požární hydranty ve městech. V roce 2020 tento trh dosáhl 423 milionů připojení k Internetu věcí a očekává se, že do roku 2025 dosáhne až 2,5 miliardy připojení k Internetu věcí.

Do budoucna se očekává, že počet zařízení IoT bude i nadále růst mnohem rychleji. Aktuální prognóza je, že do roku 2025 bude připojeno 30,9 miliard připojených zařízení IoT, které budou dále poháněny novými technologickými standardy, jako je 5G. (Lueth, 2020)

3.2 Komunikační sítě

Internet věcí je velmi různorodá a mnohostranná oblast, proto pro propojení jednotlivých zařízení neexistuje jedno univerzální komunikační řešení. Aby systém IoT mohl komunikovat a online přenášet informace, je nutné, aby zařízení byla bezpečně připojena ke komunikační síti. Co umožňuje takové propojení? Jsou to standardy a protokoly IoT, které umožňují fyzickým objektům mezi sebou komunikovat. Sítě jsou rozděleny do kategorií na základě rozsahu vzdálenosti, kterou poskytují.

Nanonetwork (Nanosít') - Nejmenší síť ze všech. Jedná se o sadu malých zařízení (maximálně o velikosti několika mikrometrů), která provádí velmi jednoduché úkoly, jako je snímání, výpočet, ukládání a ovládání. Tyto systémy se používají v biometrických, vojenských a jiných nanotechnologiích.

NFC (Near-Field Communication) - nízkorychlostní síť pro připojení elektronických zařízení ve vzdálenosti do 4 cm od sebe. Možnými aplikacemi jsou bezkontaktní platební systémy, doklady totožnosti a klíčenky.

BAN (Body Area Network) - síť pro připojení nositelných výpočetních zařízení, která lze nosit buď pevně na těle, nebo v blízkosti těla v různých polohách, nebo zabudovaná do těla (implantáty).

PAN (Personal Area Network) - síť pro propojení zařízení v okruhu zhruba jedné nebo několika místností.

LAN (Local Area Network) - síť pokrývající plochu jedné budovy.

CAN (Campus / Corporate Area Network) - síť, která spojuje menší lokální sítě v omezené geografické oblasti (podnik, univerzita).

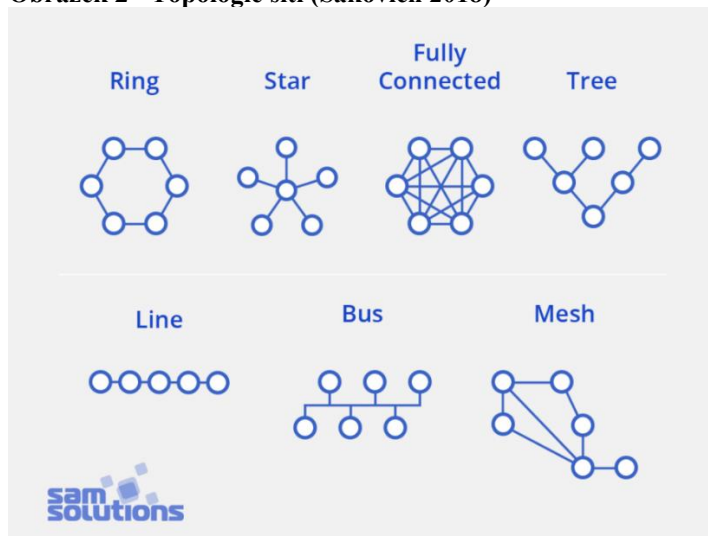
MAN (Metropolitan Area Network) - velká síť pro určitou metropolitní oblast poháněná technologií mikrovlnného přenosu.

WAN (Wide Area Network) - síť, která existuje ve velké zeměpisné oblasti a spojuje různé menší sítě, včetně LAN a MAN. (Sakovich, 2018)

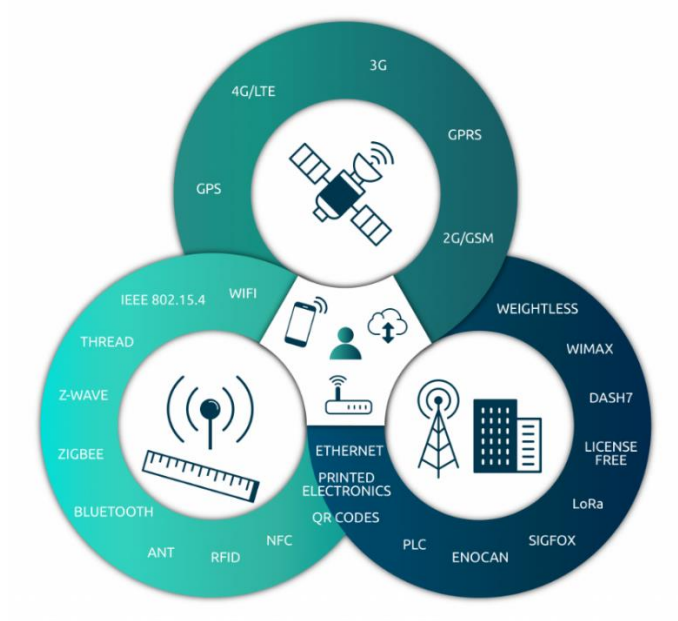
3.2.1 Bezdrátové sítě

Bezdrátové sítě se dají rozdělit do 3 skupin podle jejich dosahu. Na síť krátkého, středního a dlouhého dosahu (viz obrázek 3). Lze je ovšem také kategorizovat podle jejich topologie neboli podle konfigurace jejich připojení (viz obrázek 2). Mezi jednotlivými uzly mohou existovat různé kombinace. Smíšené topologie (Mesh networks) mají největší výhody ve srovnání s jinými typy sítí, protože nemají hierarchii. Každý uzel je připojen k co největšímu počtu dalších uzlů. Informace lze směřovat příměji a efektivněji, což zabrání problémům s komunikací. Díky tomu jsou smíšené sítě vynikajícím řešením pro připojené objekty. Nejjednodušším typem sítě je takzvaný point-to-point, který znázorňuje propojení pouze 2 zařízení. V následujících kapitolách budou probrány nejčastěji využívané sítě v chytrých domácnostech, kterými se zabývá tato bakalářská práce.

Obrázek 2 - Topologie sítí (Sakovich 2018)



Obrázek 3 - Rozdělení sítí dle dosahu (Zedek, 2017)



Bezdrátové připojení má oproti drátovému připojení několik výhod.

Škálovatelnost: Bezdrátové sítě nevyžadují žádnou instalaci hardwaru. Obvykle zahrnují konfigurace a mohou být funkční v krátké době. Lze je také velmi snadno prodloužit bez ohledu na překážky v zařízení. Novější bezdrátové technologie využívají technologii Plug and Play, včetně automatického zjišťování, které pomáhá zkracovat dobu instalace.

Cena: Vzhledem k pokroku v bezdrátové technologii a počtu výrobců se náklady na bezdrátovou síť v posledních několika letech snižovaly. Většina bezdrátových senzorů navíc přichází s uzly, které lze rozšířit přidáním dalších uzlů podle požadavků.

Bezdrátové připojení má však oproti kabelovému i několik nevýhod.

Rušení: Elektronická zařízení v blízkosti bezdrátových sítí mohou snadno rušit a způsobit ztrátu spojení nebo snížit kvalitu připojení. To může vést ke ztrátě produktivity, dokud nebude problém identifikován a vyřešen.

Pomalejší rychlost: Při práci s daty v reálném čase je bezpodmínečně nutné, aby byla data přenášena a dostupná co nejrychleji. Bezdrátové sítě jsou citlivé na zvýšenou latenci a rušení signálu, které ovlivňuje rychlost a konzistenci dat. (Zedek, 2017), (Sakovich, 2018) (Senseware.co, b. r.) (Průcha, 2012)

3.2.1.1 Wi-Fi

Wi-Fi je protokol bezdrátové sítě, který je používán ke komunikaci bez přímého kabelového připojení, místo kterého fungují pomocí radiofrekvenční technologie. Jedná se o

průmyslový pojem, který představuje typ protokolu bezdrátové místní sítě (LAN) založený na síťovém standardu 802.11 IEEE.

Wi-Fi je nejčastěji používaným prostředkem bezdrátové komunikace. Wi-Fi je ochranná známka Wi-Fi Alliance, mezinárodního sdružení společností zabývajících se bezdrátovými technologiemi a produkty LAN. Toto sdružení definuje Wi-Fi jako jakoukoli WLAN (Wireless local area network), která je založena na standardech IEEE 802.11. Wi-Fi Alliance rozšířila obecné použití termínu Wi-Fi tak, aby zahrnoval jakýkoliv typ sítě nebo WLAN produktu založeného na jakémkoli z 802.11 standardů. (viz tabulka 1) (Uy, 2020) (Norton, b.r)

Tabulka 1 - Wi-Fi standardy (Intel, b.r.)

Protokol	Frekvence	Šířka kanálu	Maximální rychlost přenosu dat (teoreticky)
802.11ax	2.4 nebo 5GHz	20, 40, 80, 160MHz	2.4 Gbps
802.11ac wave2	5 GHz	20, 40, 80, 160MHz	1.73 Gbps
802.11ac wave1	5 GHz	20, 40, 80MHz	866.7 Mbps
802.11n	2.4 nebo 5 GHz	20, 40MHz	450 Mbps
802.11g	2.4 GHz	20 MHz	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20 MHz	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	20 MHz	11 Mbps
Legacy 802.11	2.4 GHz	20 MHz	2 Mbps

Obrázek 4 - Logo WiFi (Sakovich, 2018)



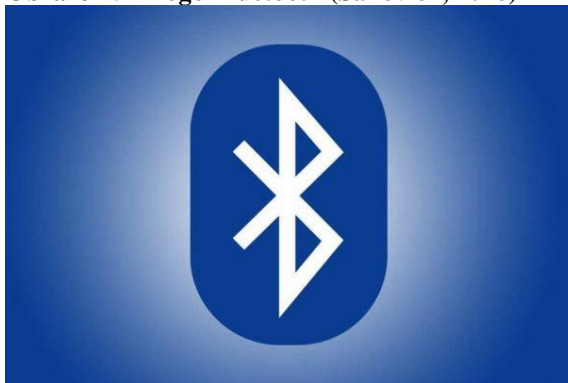
3.2.1.2 Bluetooth (BLE)

Bluetooth je komunikační technologie, založena na síťovém standardu 802.15.1, krátkého dosahu integrovaná do většiny smartphonů a mobilních zařízení. Bluetooth vynalezl tým inženýrů pracující pro společnost Ericsson v roce 1994. Modul Bluetooth je malá část čipu v zařízení, která mu umožňuje bezdrátově komunikovat s modulem Bluetooth na jakýchkoli jiných zařízeních.

Objevil se však nový významný protokol pro aplikace IoT - Bluetooth Low-Energy (BLE) nebo Bluetooth Smart. Tato technologie je skutečným základem pro IoT, protože je škálovatelná a flexibilní vůči všem inovacím na trhu. Navíc je navržena tak, aby snižovala spotřebu energie.

Bluetooth funguje na rádiových vlnách, konkrétně ve spektru 2,4 GHz. Tuto frekvenci krátkého dosahu běžně používá většina zařízení, která vyžadují bezdrátové připojení, včetně Wi-Fi. (Patkar, 2018)(Sakovich, 2018)

Obrázek 5 - Logo Bluetooth (Sakovich, 2018)



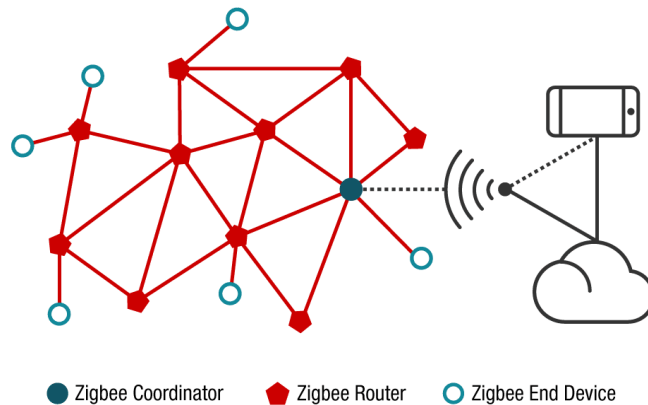
3.2.1.3 ZigBee

ZigBee je celosvětový, otevřený, nízkenergetický standard pro síťové připojení s nízkou energetickou náročností. Nabízí kompletní řešení IoT pro automatizaci budov, díky schopnosti systémů vzájemně efektivně spolupracovat a vzájemně si poskytovat služby. Síť ZigBee se mohou skládat ze stovky uzlů a mají vylepšené bezpečnostní funkce. Protokol Zigbee je navržen s otevřeným zdrojovým kódem, což znamená, že každý výrobce, který chce vyrábět chytrá zařízení s podporou ZigBee, může ke kódu volně přistupovat a vytvářet jej. Zigbee má alianci složenou z více než 400 společností a 2 500 chytrých zařízení, které podporují platformu Zigbee.

Zigbee používá buď silnou frekvenci 2,4 GHz, nebo nižší frekvenci 915 MHz. Jeho frekvence 2,4 GHz spotřebovává více energie a funguje mnohem rychleji než 915 MHz, ale může rušit vaši Wi-Fi síť nebo vaši mikrovlnnou troubu. Nízkenergetická bezdrátová

frekvence 915 MHz nabízí menší rušení, ale ve srovnání se silnějším signálem vám poskytne pouze rychlost 40 kb/s.(Pink, 2017)(Tross, 2019)

Obrázek 6 - Topologie sítě ZigBee (Texas Instruments, b. r.)



Obrázek 6 - Logo ZigBee (Sakovich, 2019)



3.2.1.4 Z-Wave

Z-Wave je jednou z původních bezdrátových síťových technologií pro HAN (home area network) a pracuje na frekvenci 2,4 GHz. Jeho patentovaná technologie byla vyvinuta společností Zensys speciálně k dálkovému ovládání a monitorování zařízení IoT. Společnost Z-Wave, zakoupená společností Sigma Designs v roce 2008, nadále nastavuje standard pro automatické osvětlení, vytápění, zabezpečení, spotřebiče a další inteligentní zařízení. Z-wave je k dispozici pro použití zákazníky Zensys a Sigma Designs. Aliance Z-Wave se skládá ze 450 členů a 1700 certifikovaných produktů, které jsou schopné navzájem spolupracovat.

Z-Wave je založena, stejně jako síť ZigBee, na smíšené topologii, která může obsahovat až 232 uzlů. Z-Wave pracuje na frekvenci 908,42 MHz v USA a Kanadě, ale používá jiné frekvence v jiných zemích v závislosti na jejich předpisech. Má rychlost přenosu dat od 9,6

kbits / s do 40 kbits / s. V podmínkách volného prostoru je možný dosah až 30 metrů. (Pink, 2017)

Obrázek 7 - Logo Z-Wave (Odunlade,2020)



3.2.1.5 Sigfox

Sigfox založili Ludovic Le Moan a Christophe Fournet v roce 2010 s vizí propojit každý objekt v našem fyzickém světě s tím digitálním. Nyní je Sigfox přítomný ve více než 70 státech a je jedním z největších hráčů na trhu, který vybudoval jeden z největších ekosystémů IoT na světě, od velkých výrobců až po stovky startupů a výrobců zařízení.

Sigfox je forma bezdrátové komunikace s dlouhým dosahem, nízkou spotřebou a nízkou rychlostí přenosu dat, která byla vyvinuta, aby poskytovala bezdrátové připojení pro IoT zařízení. Toto rozhraní bylo vyvinuto, aby veškerá komunikace, která probíhá, spotřebovávala minimální množství energie. Tímto způsobem mohou vzdálená zařízení běžet na baterii po velmi dlouhou dobu bez nutnosti jakékoli výměny baterie nebo jejich údržby.

Sigfox používá nelicencovaná rádiová pásma ISM (industrial, scientific and medical). Přesné frekvence se mohou lišit podle národních předpisů, ale v Evropě se používá pásmo 868MHz; v USA je to 915MHz; a 433 MHz v Asii. (Sigfox, b. r.) (Electronics-notes.com, b. r.)

Obrázek 8 - Logo Sigfox (heliotgroup.com, b. r.)



3.2.1.6 LoRa

LoRa je bezdrátová technologie, která nabízí dlouhý dosah, nízkou spotřebu a bezpečný přenos dat pro aplikace IoT. Technologii LoRa lze použít k bezdrátovému připojení chytrých zařízení ke cloudu. Pracuje v různých frekvenčních pásmech v závislosti na regionech. Ve Spojených státech pracuje v pásmu 915 MHz, v Evropě v pásmu 868 MHz a v Asii v pásmu 865 až 867 MHz, 920 až 923 MHz.

Technologie LoRa byla vytvořena francouzskou společností Cycleo, kterou v roce 2012 získala společnost Semtech. Semtech byl zakládajícím členem LoRa Alliance, která je nyní řídicím orgánem LoRa Technology. LoRa Alliance je jednou z nejrychleji rostoucích technologických aliancí. Toto neziskové sdružení se skládá z více než 500 členských společností, které se zavázaly umožnit rozsáhlé nasazení IoT Low Power Wide Area Networks (LPWAN) prostřednictvím vývoje a propagace otevřeného standardu LoRaWAN.

LoRaWAN je síťový protokol Low Power, Wide Area (LPWA) vyvinutý LoRa Alliance, který bezdrátově připojuje „věci“ napájené bateriemi k internetu v regionálních, národních nebo globálních sítích a zaměřuje se na klíčový Internet věcí (IoT). (What is LoRa?, 2018)

Obrázek 9 - Logo LoRaWAN (Sakovich, 2018)



3.2.2 Kabelové sítě – Ethernet

Kabelová síť používá k připojení k síti kabel Ethernet. Kabel Ethernet je připojen k DSL (Digital Subscriber Line Transceiver, česky modem pro digitální zákaznickou přípojku) nebo k síťové bráně. Drátové sítě jsou vyspělou technologií a je snadné se zapojit, pokud již máte telefonní vedení, elektrické vedení a koaxiální kabelové vedení.

I v případě bezdrátové sítě jsou tyto sítě v určitém okamžiku obvykle připojeny ke kabelové síti; proto nejběžněji používanou sítí je hybrid kabelového i bezdrátového připojení k síti.

Drátové připojení má oproti bezdrátovému několik výhod.

Spolehlivost: Ethernetová připojení existují mnohem déle než technologie Wi-Fi, což je činí mnohem spolehlivějšími. Jsou méně náchylné k přerušenému připojení a jsou spolehlivější bez neustálého ladění.

Rychlost: Drátové připojení je méně ovlivňováno místními faktory, jako jsou stěny, podlahy, skříně, délka místnosti, rušení jinými elektronickými zařízeními atd. Díky tomu je kabelové připojení mnohem rychlejší než bezdrátové. Drátové datové přenosy nejsou citlivé na vzdálenosti a umístění zařízení nemá žádný nepříznivý vliv na výkon připojení.

Zabezpečení: Kabelová připojení jsou obvykle umístěna za bránou firewall v místní síti (LAN), a proto umožňují úplnou kontrolu nad komunikačním systémem. To znamená, že neexistují žádná vysílací data, do kterých by bylo možné proniknout.

Ovšem existuje i mnoho nevýhod, oproti bezdrátovým připojením.

Cena: Drátové připojení je dražší než bezdrátové připojení, a to z důvodu nákladů na kabel a mzdových nákladů na instalaci. V případě poškození kabelu jsou náklady na opravu nebo výměnu také extrémně vysoké ve srovnání s bezdrátovými sítěmi s relativně nízkou údržbou.

Mobilita: Kabelové sítě by musely být zakopány ve stěnách, podlahách a stropěch, aby se dostaly k senzorům, které je třeba k nim připojit. Jelikož jsou senzory malé a lze je umístit kdekoli v zařízení, bylo by fyzicky nemožné se k nim dostat.

Škálovatelnost: Budování a rozšiřování kabelových sítí vyžaduje plánování a rozpočet na jejich vybudování. Drátové systémy vyžadují hardware, který je třeba zakoupit, nainstalovat a nakonfigurovat, aby mohl být plně funkční. Škálovatelnost by byla problémem nejen pro rychlé zprovoznění sítí, ale také pro účely plánování a nákladů. (Senseware.co, b. r.)

3.3 Chytrá domácnost

Chytrá domácnost nebo chytrý dům je domácnost, která pomocí zařízení připojených k internetu umožňuje vzdálené monitorování a ovládání spotřebičů nebo systémů, jako je osvětlení či topení. Automatizace domácností se za poslední roky značně změnila. Změny jsou ovlivňovány rychle se rozvíjejícími technologiemi jako jsou internet, mobilní komunikace a obnovitelné energie. Vývoj se týká všech aspektů inteligentního domu či domácnosti:

- Schopnosti domácí infrastruktury a kontrolovaných zařízení
- Použitelnost mobilních a stacionárních uživatelských rozhraní
- Motivace k investování do automatizačních a řídicích technologií

Až donedávna byla automatizace domácností zaměřena především na instalaci ovladatelné elektrické zásuvky nebo vypínače. Technologie vyvinuté na počátku sedmdesátých let minulého století, které jsou z dnešního pohledu již pomalé, nespolehlivé a nejjisté byly jádrem ovládání budov. Avšak rychlý vývoj mobilní komunikace znamenal obrovský skok dopředu v oblasti domácí automatizace. Bezdrátové sítě (3G, 4G, Wi-Fi, LoRa, Sigfox) a inteligentní zařízení s bezdrátovými komunikačními rozhraními (Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi), jsou všudypřítomné a umožňují uživateli posunout ovládání domů a automatizaci budov na další úroveň. Namísto jednoduchého zapínání a vypínání zásuvky jsou zde smysluplné funkce spotřební elektroniky a zařízení. Dnes tato automatizace může přinést funkce, které opravdu vedou k většímu pohodlí, bezpečnosti a úspoře energie v domácnostech. (Kyas, 2013) (Rouse, 2020)

Následující kapitoly budou zaměřeny na zařízení použité v praktické části bakalářské práce. Jedná se o hlasové asistenty neboli centrální jednotky, chytrá osvětlení, chytré zásuvky, chytré kamery a termostaty. Další kapitola se bude zabývat samotnými aplikacemi pro ovládání všech těchto zařízení.

3.3.1 Centrální jednotky

Centrální jednotky, chytré reproduktory nebo také hlasoví asistenti (smart speakers), tak by se daly pojmenovat zařízení, která jsou základem každé chytré domácnosti. Jedná se o zařízení v podobě reproduktoru, která jsou schopná nejen přehrávat hudbu, jak by se od klasického reproduktoru očekávalo, ale také dokážou zodpovídat všemožné ústně kladené otázky, a především ovládat ostatní propojená zařízení v chytré domácnosti. To vše pomocí vestavěné funkce virtuálního asistenta. Tato jednotka slouží jako centrální zdroj informací.

Mezi těmito zařízeními neexistují žádné oficiální standardy, co by tato jednotka měla umět a jak by měla vypadat. Přesto by se za centrální jednotkou dalo označit zařízení, které má následující parametry a funkce:

- **Kompaktní velikost.** Tato jednotka musí mít takovou velikost, aby nikomu nepřekážela a dala se umístit kamkoliv v domácnosti. Na noční stůl, polici nebo kuchyňskou linku.
- **Přehrávání hudby.** Pochopitelně, inteligentní reproduktory mohou umět přehrávat hudbu jako jakýkoli jiný reproduktor. Narozdíl od „hloupých“ reproduktorů jsou navrženy jiným způsobem, kdy se jedná o samostatně napájené reproduktory.
- **Internet.** Chytré reproduktory jsou schopné se připojit k internetu z domácí sítě Wi-Fi.

- **Hudební streaming.** Díky připojení k síti a internetu mohou inteligentní reproduktory streamovat hudbu z online zdrojů podporovaných konkrétní značkou a modelem.
- **Bluetooth.** Kromě připojení k internetu pomocí Wi-Fi může chytrý reproduktor podporovat Bluetooth. To umožňuje uživateli streamovat hudbu ze smartphonu či tabletu bez závislosti na připojení k Wi-Fi síti.
- **Ovládání hlasem.** Každý inteligentní reproduktor má jeden nebo více zabudovaných mikrofónů, díky kterým je možnost tento reproduktor a k němu připojené zařízení ovládat pomocí hlasu.
- **Virtuální asistent.** Kromě rozpoznávání a ovládání hlasu může inteligentní reproduktor fungovat jako virtuální domácí asistent. Mezi funkce domácího asistenta patří například přístup k místním bezdrátovým rozhlasovým stanicím, ovládání TV a osvětlení, diktování zpráv, přehrávání audioknih, jazykový překlad, nakupování a telefonování hands-free. Tyto poskytované funkce jsou v každém zařízení jiné v závislosti na výrobcu či modelu zařízení. Zároveň některé funkce mohou vyžadovat instalaci externího firmwaru nebo spolupráci s externími zařízeními. (Silva, 2020)

3.3.2 Osvětlení

Inteligentní osvětlení je pokročilý způsob, jak osvětlit chytré domácnosti. Chytré LED žárovky obsahují software, pomocí kterého se mohou připojit k aplikaci v telefonu či tabletu, virtuálnímu asistentovi nebo jinému chytrému zařízení. Díky tomuto propojení mohou uživatelé světla ovládat na dálku nebo je automatizovat. Aplikace umožňuje chytrým LED žárovkám měnit jas, měnit barvu světla, pokud jsou vybaveny barevnými LED, nebo uložit profily k různým příležitostem. Největší výhodou je ovládání na dálku, ovšem to není jedinou výhodou využívání těchto inteligentních žárovek. Mezi další výhody patří:

- Oproti klasickým žárovkám se snadno stmívají. Běžně využívané žárovky se ovládají jen pomocí nástěnných spínačů. Často nemají možnost ztlumit světlo. Jedinou možností je instalace stmívače do stěny, za čímž je mnoho práce. Zatímco inteligentní LED světla lze ovládat, včetně stmívání, pomocí aplikace pohodlně pomocí mobilní aplikace nebo jiného chytrého zařízení.
- Šetří energii. Inteligentní LED žárovky vydrží mnohem déle a generují méně tepla než klasické žárovky, tím pádem spotřebovávají méně energie.

- Automatizace. Inteligentní LED žárovky lze konfigurovat jednotlivě nebo jako skupinu. Uživatel může nastavit časovače, které automaticky vypnou všechna světla v určitou dobu, a nakonfigurovat světla tak, aby se zapínala a vypínala podle daného nastavení. Inteligentní osvětlení může být i bezpečnostní složkou v chytré domácnosti. Světla jdou nakonfigurovat tak, aby se zapínala a vypínala, když nikdo není doma a napodobovala přítomnost v domácnosti. (Philips Hue, 2019) (Marshall, 2017)

3.3.3 Zásuvky

Pomocí chytrých zásuvek se z klasických „hloupých“ spotřebičů, ať už se jedná o kávovar, ventilátor nebo stolní lampu, stávají chytré spotřebiče a přidávají se tím do systému chytré domácnosti.

Použití inteligentních zásuvek je velmi jednoduché. Tyto chytré zásuvky se zapojují do běžných elektrických zásuvek, poté se k nim připojí vybraný spotřebič a následně se připojí k virtuálnímu asistentovi nebo aplikaci v mobilním telefonu. Díky tomuto propojení je možné zapínat a vypínat napájení spotřebiče připojeného k inteligentní zásuvce jen pomocí příkazů z mobilní aplikace nebo centrální jednotky. Některé typy chytrých zásuvek mají funkci, díky které mohou kontrolovat množství využívané energie, případně měřit teplotu běžné zásuvky, aby nedošlo k jejímu přehřátí. (Bradford, 2020) (Paras, 2020)

3.3.4 Kamery

Oči jsou považovány za nejmocnější lidský smysl. Ekvivalentním technologickým nástrojem je inteligentní videokamera, která může pozorovat, analyzovat a jednat na základě poskytnutých informací.

Inteligentní kamera je připojena ke cloudu, který analyzuje živý videoobsah. Události, které jsou zachycené touto kamerou, mohou okamžitě vést k požadovaným akcím. Kamera je inteligentní díky schopnosti jednat samostatně bez pomoci člověka. Chytré kamery slouží především k zabezpečení domácnosti. Tyto kamery disponují několika vlastnostmi:

- Živé streamování videa přes Wi-Fi nebo kabel LAN
- U některých modelů je zabudované noční vidění
- Záznam se ukládá do cloudu, microSD kartu nebo FTP (File Transfer Protocol)
- Rozpoznávání obličejů
- Zasílání notifikací uživateli do jeho mobilního telefonu

(Ro Heuch, 2016) (Alza.cz, b. r.)

3.3.5 Termostaty

Inteligentní termostaty vám, stejně jako jiná inteligentní zařízení, umožňují dálkově ovládat teplotu vašeho domova prostřednictvím mobilního zařízení nebo zařízení připojeného k internetu. Díky této schopnosti je hlídání teploty v domácnosti mnohem pohodlnější, efektivnější a tím pádem uživateli ušetří mnoho peněz. Chytré termostaty umožňují zároveň sledovat spotřebu energie v celé domácnosti, jen pomocí chytrého telefonu a aplikace propojené s chytrým termostatem. Navíc, některé modely v sobě mají zabudovanou funkci, která sleduje pohyb obyvatelů domácnosti, kdy na základě jejich pohybu chytrý termostat přizpůsobuje teplotu v domácnosti, čímž také ušetří velké množství elektrické energie. (Alza.cz, b. r.) (Mrelectric.com, b. r.)

3.3.6 Aplikace pro ovládání

3.3.6.1 Google Assistant

Google Assistant je výkonný hlasový asistent od firmy Google pro zařízení Android a iOS. Google Assistant byl spuštěn v květnu 2016 jako součást aplikace Google Allo, která dnes již neexistuje. Po krátké době, kdy byl k dispozici jen na prvním telefonu Google Pixel je nyní Google Assistant k dispozici na téměř každém zařízení Android se systémem Android 5.0 a výše. K dispozici je však i na zařízeních iPhone, iPad a především na zařízeních Google Home, pod které spadají i chytré reproduktory Google. (Stegner, 2020)

3.3.6.2 Amazon Alexa

Amazon Alexa, zkráceně jen Alexa, je hlasový asistent od firmy Amazon. Nejčastěji se vyskytuje v sérii chytrých reproduktorů Amazon Echo, ale i reproduktorech třetích stran, televizích nebo v autech. Stejně jako u jiných virtuálních asistentů, Alexa dokáže zodpovídat dotazy, nastavit budíky, vytvářet seznamy úkolů a číst zprávy. To vše pouze pomocí hlasu uživatele. (Furn, 2020)

3.3.6.3 Apple HomeKit

Jedná se o inteligentní domácí systém, který uživateli umožní ovládat všechna připojená chytrá zařízení od firmy Apple. Poskytuje kontrolu nad inteligentním termostatem, světly, zámek a dalšími zařízeními napříč celou domácností. Tím vším je možné vytvořit správnou atmosféru pouhým klepnutím na mobilní telefon.

Apple HomeKit není kompatibilní s tolika zařízeními, jako Amazon Alexa nebo Google Assistant, ale tento počet každý den stoupá. Právě díky základně podporovaných zámků, světel, zásuvek a dalších zařízení je Apple HomeKit tím pravým výchozím bodem pro fanoušky Apple, kteří chtějí začít budovat chytrou domácnost. (Kozuch, 2020)

4 Vlastní práce

V praktické části bakalářské práce budou porovnána jednotlivá chytrá zařízení dostupná na českém trhu. Následně budou realizovány modely chytrých domácností sestavených pomocí vybraných zařízení.

V první části práce budou zhodnocena a porovnána zařízení spadající do skupin z kapitoly 3.3 Chytrá domácnost, tedy centrální jednotky, osvětlení, zásuvky, termostaty, kamery, do kterých byly zahrnuty mimo jiné bezpečnostní zařízení, jako jsou chytré zámky a dveřní kukátka. Do kategorie Ostatní zařízení poté budou zařazena zbylá zařízení, která nespádají do žádné z těchto kategorií a budou využita v další části bakalářské práce. Cena každého z výrobků je brána jako doporučená cena výrobku distributorem nebo cena při zařazení výrobku do prodeje na vybraném e-shopu.

Zároveň cílem této bakalářské práce je vytvořit modely chytrých domácností ve dvou cenových hladinách. Ceny chytrých domácností jsou škálovatelné a mohou se pohybovat od stovek korun za jednotlivé komponenty až po desetitisíce či dokonce statisíce korun. Zároveň, dle Českého statistického úřadu, průměrná hrubá mzda v roce 2020 byla 35 402 Kč. Z tohoto důvodu byly zvoleny cenové hladiny na úrovni průměrné hrubé mzdy, tedy do 30 tisíc Kč a nad 30 tisíc Kč.

Pro zaručení správné funkce systému je zapotřebí, aby jednotlivé komponenty byly navzájem kompatibilní a byly schopné navzájem komunikovat. Dle serveru statcounter.com (2021), k lednu 2021 v České republice využívá 75,8 % uživatelů operační systém Android, proto budou vytvářeny modely podporující právě tento mobilní operační systém. Všechny počty použitých zařízení v následujících modelech budou přizpůsobeny na byt velikosti 2+1. Tedy na byt se třemi obytnými místnostmi (obývací pokoj, ložnice a kuchyně). Tento typ bytu je dle výsledků z posledního Sčítání lidu, domů a bytů z roku 2011, dostupných na stránkách Českého statistického úřadu, druhým nejčastějším typem bytu v ČR. Navíc čerpám ze svých vlastních zkušeností s tímto typem bytu.

4.1 Analýza chytrých zařízení

V následujících oddílech bude provedena analýza jednotlivých chytrých zařízení. U všech kategorií bylo stanoveno několik kritérií. Kritérium cena je jediné kritérium stejné u všech skupin zařízení. V ostatních parametrech se skupiny liší v závislosti na typu zařízení.

Kritéria kompatibilita, připojení a podporovaný OS nejsou porovnávána, jelikož podle těchto kritérií jsou níže uvedená zařízení vybírána. Vybírána jsou pouze zařízení podporující OS Android, tedy kompatibilní s aplikacemi Amazon Alexa a Google Assistant. Zároveň jsou vybírána zařízení, která lze připojit pomocí sítě Wifi.

4.1.1 Centrální jednotky

Centrální jednotky jsou základem každé chytré domácnosti. Pomocí chytrých reproduktorů lze jednoduše ovládat, pomocí hlasu, ostatní zařízení, která jsou vzájemně propojena v systému chytré domácnosti.

Na dnešním trhu se lze setkat s velkou řadou centrálních jednotek, lišících se cenou, designem, velikostí nebo aplikací, pomocí které je pak ovládána (viz kapitola 3.3.6 Aplikace pro ovládání). Pro účely této bakalářské práce byly vybrány nejprodávanější centrální jednotky, využívající aplikace Amazon Alexa nebo Google Assistant, ze serveru Alza.cz. Vybráno bylo následujících pět chytrých centrálních jednotek:

- *Google Nest Mini*
- *Google Nest Hub*
- *Amazon Echo Dot 4. generace*
- *Google Home*
- *Amazon Echo Show 5*

4.1.1.1 Porovnání centrálních jednotek

Cena

Jeden z nejdůležitějších aspektů při výběru a koupi chytrého reproduktoru je cena. Cenové rozpětí u výše zmíněných reproduktorů se pohybuje od 1 590 Kč do 2 790 Kč. Nejlevnějším je chytrý reproduktor *Google Nest Mini*, nejdražším pak *Google Nest Hub*. U chytrých reproduktorů Amazon je cena podobná. Levnější, *Amazon Echo Dot 4. generace*, stojí 2 299 Kč. Dražší *Amazon Echo Show 5* je k dostání za 2 490 Kč.

Lokalizace

Český jazyk je dostupný pouze u dvou aplikací u zařízení od Google. Jedná se o reproduktory *Google Nest Mini* a *Google Home*. U aplikací ostatních zařízení je dostupná angličtina. U všech chytrých reproduktorů je nutné znát anglické fráze pro hlasové ovládání celého systému.

Dotykový displej

Posledním kritériem je, zdali u vybraného chytrého reproduktoru je implementovaný dotykový displej. Ve výběru kritérium splňují dva reproduktory, *Google Nest Hub* a *Amazon Echo Show 5*. U ostatních zařízení se jedná o chytré reproduktory bez dotykového displeje.

Všechna tato kritéria jsou zaznamenána v následující tabulce 2.

Tabulka 2 - Centrální jednotky

	Google Nest Mini	Google Nest Hub	Amazon Echo Dot 4.gen	Google Home	Amazon Echo Show 5
Cena (Kč)	1 590	2 790	2 299	2 509	2 490
Lokalizace	Čeština, Angličtina	Angličtina	Angličtina	Čeština, Angličtina	Angličtina
Dotykový displej	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano
Kompatibilita	Google Assistant	Google Assistant	Amazon Alexa	Google Assistant	Amazon Alexa
Připojení	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth	Wifi, Bluetooth
Podporovaný OS	Android, iOS	Android, iOS	Android, iOS	Android, iOS	Android, iOS
Zdroj	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz

Z tabulky jsou zřejmé dvě dvojice centrálních jednotek, které si jsou podobné. Jedná se o chytrý reproduktor *Google Nest Mini*, ke kterému je alternativou reproduktor *Amazon Echo Dot*, který je ovšem o 709 Kč dražší. Podobají se i centrální jednotky s dotykovým displejem *Google Nest Hub* a *Amazon Echo Show 5*, které si jsou podobné i svojí cenou, která se liší o 300 Kč. Obě tyto dvojice budou využity v modelech chytré domácnosti.

4.1.2 Osvětlení

Chytré osvětlení je možné ovládat pomocí mobilního telefonu, ať už se jedná o chytré LED pásy, chytré lampy nebo chytré žárovky. V navrhovaných modelech budou využité pouze chytré žárovky.

Vybráno bylo šest žárovek kompatibilních s Google Assistant a Amazon Alexa. Zároveň byl brán zřetel na možnost připojení přes síť Wifi. Nejprodávanějšími žárovkami splňující tyto aspekty jsou:

- Philips Hue White and Color ambiance 9W E27
- Philips Hue White Ambiance 8.5W E27
- WOOX Chytrá Wifi E27
- TP-LINK Tapo L530E
- Vocolinc Smart žárovka L3 ColorLight
- iGET SECURITY DP23

4.1.2.1 Porovnání osvětlení

Cena

Cenové rozpětí je široké, od 392 Kč až po 1 632 Kč. Nejlevnější variantou z výběru je chytrá žárovka *TP-LINK Tapo L530E*, nejdražší variantou naopak žárovka *Philips Hue White and Color ambiance*, která se navíc prodává pouze po balení po třech žárovkách.

Životnost

Každá z vybraných chytrých žárovek má životnost v řádech desítek tisíc hodin. Nejdelší životnost uvedenou výrobcem, až 30 000 hodin, má žárovka firmy *WOOX*. Poloviční životností disponují pak žárovky *Philips Hue White ambiance* a *TP-LINK Tapo L530E*, kde se hodnota pohybuje kolem 15 000 hodin.

Patice

U všech vybraných žárovek je patice typu E27. Jedná se o nejběžněji využívaný závit u LED žárovek.

Tabulka 3 - Žárovky

	Philips Hue White and Color ambiance	Philips Hue White ambiance	WOOX Chytrá Wifi E27	TP-LINK Tapo L530E	Vocolinc Smart žárovka L3	iGET Security DP23
Cena/ks (Kč)	1 632*	829	445	392	647	479
Životnost(hod)	25 000	15 000	30 000	15 000	25 000	25 000
Patice	E27	E27	E27	E27	E27	E27
Kompatibilita	Apple HomeKit, Amazon Alexa, Google Assistant	Apple HomeKit, Amazon Alexa, Google Assistant	Amazon Alexa, Google Assistant	Amazon Alexa, Google Assistant	Apple HomeKit, Amazon Alexa, Google Assistant	Amazon Alexa, Google Assistant
Sít'	Bluetooth, ZigBee Wifi	Bluetooth, Wifi	Wifi	Wifi	Wifi	Wifi
Barevné světlo	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
Zdroj	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz

*žárovka prodávána jen v balení po 3 kusech. Uvedená cena je průměrná cena za 1 kus

Nejlepší volbou v poměru ceny a životnosti je chytrá žárovka *WOOX*. Nejlevnější žárovka *TP-LINK Tapo L530E* disponuje nejnižší životností ze všech žárovek. Nejdražší volbou je pak *Philips Hue White and Color ambiance*, kde jedna žárovka vyjde až na 1632 Kč. Velkým problémem u této žárovky je prodej pouze balení po třech kusech.

4.1.3 Zásuvky

Chytré zásuvky jsou v domácnostech využívány pro kontrolu spotřeby elektrické energie u největších spotřebičů. Liší se cenou, kompatibilitou s ostatními zařízeními, sítí, pomocí které jsou připojeny, a maximální únosnou zátěží. Pro porovnání byly vybrány čtyři nejprodávanější zásuvky s možností připojení pomocí sítě Wifi ze serveru Alza.cz:

- *TP-LINK Tapo P100 Mini*
- *WOOX Smart Plug*
- *Sonoff S26*
- *Vocolinc Smart Adapter*

4.1.3.1 Porovnání zásuvek

Cena

Cena všech chytrých zásuvek se pohybuje v řádech stovek korun. Nejlevnější z výběru je chytrá zásuvka *TP-LINK Tapo P100 Mini* za 349 Kč. Naopak nejdražší zásuvkou je *Vocolinc Smart Adapter* za 619 Kč.

Maximální zátěž

Největší zátěž snese zásuvka *WOOX Smart Plug*, kde tato hodnota dosahuje 3 680 W. Stejnou hodnotu, 2 300 W, mají zásuvky *TP-LINK Tapo P100 Mini* a *Vocolinc Smart Adapter*. U zásuvky *Sonoff S26* tato hodnota není uvedena.

Tabulka 4 - Chytré zásuvky

	TP – LINK Tapo P100 Mini	WOOX Smart Plug	Sonoff S26	Vocolinc Smart Adapter
Cena (Kč)	349	449	369	619
Maximální zátěž(W)	2 300	3 680	-	2 300
Kompatibilita	Amazon Alexa, Google Assistant	Amazon Alexa, Google Assistant	Amazon Alexa, Google Assistant	Apple HomeKit, Amazon Alexa, Google Assistant
Sít'	Wifi	Wifi	Wifi	Wifi
Jazyk aplikace	Angličtina	Angličtina	Angličtina	Angličtina
Zdroj	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz	Alza.cz

Podobně jako u chytrých žárovek je nejlevnější volbou zásuvka od *TP-LINK Tapo*. Tato a zásuvky *WOOX* a *Vocolinc* lze ovládat pomocí stejné aplikace, kterou jsou ovládány žárovky od totožných značek. Touto kombinací lze zmenšit počet ovládacích aplikací v mobilním telefonu.

4.1.4 Bezpečnostní prvky

Bezpečnost je jedním z důvodů, proč si lidé pořizují chytrou domácnost. O tu se společně s chytrými kamerami starají také chytré bezpečnostní zámky a dveřní kukátka. V následujících modelech chytré domácnosti nejsou využity žádné kamery, ale jen

bezpečnostní zámky a dveřní kukátka. Nejprodávanejším a zároveň nejlépe hodnoceným zámekem na serveru Alza.cz je zámek od značky YALE, ke kterému bylo zvoleno dveřní kukátko od stejné značky.

- *YALE Linus zámek*
- *YALE DDV 500 Essential dveřní kukátko*

Tato zařízení jsou kompatibilní se všemi využívanými aplikacemi, jak Google Assistant, tak i Amazon Alexa. Zámek navíc komunikuje pomocí sítě Wifi, jako všechna ostatní použitá zařízení.

4.1.5 Termostaty

Termostatické hlavice slouží ke kontrole vytápění domácnosti a může uživateli pomoci i ušetřit. Samotné termostatické hlavice se dají se sledovat a regulovat pomocí aplikace v mobilním telefonu. Pro účely této práce byla zvolena *Netatmo Additional Smart Radiator Valve* (obrázek 10). Tyto termostatické hlavice jsou kompatibilní s oběma použitými aplikacemi, tedy Google Assistant i Amazon Alexa, zároveň je možné je připojit pomocí sítě Wifi. Zároveň se jedná o nejprodávanejší termostatické hlavice na serveru Alza.cz. To jsou důvody jejich využití ve všech navrhovaných modelech chytré domácnosti. V případě potřeba je možné dokoupit samotný termostat na vlastní kotel od stejné značky. Ten v následujících modelech ovšem není zahrnut.

Obrázek 10 - Chytré termostatické hlavice Netatmo(alza.cz, b. r.)



4.1.6 Ostatní zařízení

V modelech chytré domácnosti jsou využity i zařízení, která nespádají do žádné z předchozích kategorií. Jedná se o meteostanice, senzory snímající vlhkost vzduchu v interiéru, aroma difuzéry či zatemňovací rolety. Jsou využity následující:

- *Netatmo Smart Indoor Air Quality*
- *Netatmo Smart Home Weather Station*
- *Vocolinc Smart Aroma difuzér FLOWEBUD*
- *Zatemňovací roleta FYRTUR 140x195 cm*

5 Výsledky a diskuse

Celkem byly navrženy 4 modely chytré domácnosti sestaveny z vybraných chytrých zařízení. Modely byly navrženy tak, aby spadaly do jednotlivých cenových kategorií. Jednalo se o modely do 30 tisíc Kč a nad 30 tisíc Kč. Všechny modely byly navrhovány tak, aby je bylo možné ovládat pomocí hlasových asistentů ze všech místností bytu 2+1, tedy ložnice, obývacího pokoje, kuchyně a předsíně. Z tohoto důvodu byly ve všech variantách zvoleny čtyři chytré reproduktory. Důraz byl kladen především na kompatibilitu všech použitých zařízení. Zároveň byla vyhledávána a zvolena všechna zařízení, která jsou připojena a komunikují mezi sebou pomocí domácí sítě za pomoci Wifi a nebylo potřeba využívat speciální hub. Z tohoto důvodu je u všech modelů vyžadováno rychlé a stabilní internetové připojení.

V obou cenových kategoriích jsou vytvořené modely navzájem podobné. V kategorii do 30 tisíc Kč se vytvořené modely liší především centrálními jednotkami. V obou případech byla vždy zvolena jedna jednotka s dotykovým displejem a tři chytré reproduktory bez displeje. Dále se modely Amazon Alexa a Google Assistant liší v použitém osvětlení společně s chytrými zásuvkami. Obě tyto možnosti lze využít v obou modelech. V kategorii nad 30 tisíc korun se obě varianty liší opět jen v nějakých zařízeních. Stejně jako v nižší cenové kategorii se modely liší využitými centrálními jednotkami. V obou případech byly zvoleny zásuvky a žárovky značky *Vocolinc*, které, jako v předešlém případě, lze nahradit jinou variantou. Dále se model Amazon Alexa liší využitím meteostanice *Netatmo Smart Home Weather Station*, která není kompatibilní se zařízeními Google Assistant. Do modelu Google Assistant byl zvolen senzor pro interiér *Netatmo Smart Indoor Air Quality Monitor*.

5.1.1 Vzorové modely do 30 tisíc Kč

Tabulka 5 - Vzorový model chytré domácnosti do 30 tisíc Kč Google Assistant

Zařízení	Model	Počet ks	Celková cena (Kč)	Zdroj
Centrální jednotka	Google Nest Hub	1	2 790	Alza.cz
	Google Nest mini	3	4 770	Alza.cz
Chytré osvětlení	WOOX Chytrá Wifi E27	8	3 560	Alza.cz
Chytrá zásuvka	WOOX Smart Plug	4	1 796	Alza.cz
Dveřní kukátko	YALE DDV 500 Essential	1	1 599	Alza.cz
Bezpečnostní zámek	YALE Linus zámek	1	6 699	Alza.cz
Termostatické hlavice	Netatmo Additional Smart Radiator Valve	3	5 805	Alza.cz
Senzor pro interiér	Netatmo Smart Indoor Air Quality	1	2 699	Alza.cz
Součet:			29 718 Kč	

Jádrem celého modelu, navrženého na aplikaci Google Assistant, je centrální jednotka *Google Nest Hub* s integrovaným dotykovým displejem. Tuto jednotku doplňují tři chytré reproduktory *Google Nest mini*. Pomocí čtyř centrálních jednotek je možné ovládat celý systém chytré domácnosti z každé místnosti bytu.

Chytré osvětlení je řešeno pomocí žárovek *WOOX*. Žárovky značky *WOOX* byly zvoleny z důvodu jejich nízké ceny a dlouhé životnosti. Zároveň, i přes možnost ovládání hlasem, byla potřeba minimalizovat počet aplikací pro ovládání, proto byly zvoleny žárovky a chytré zásuvky využívající stejnou aplikaci. Jako levnější alternativa jdou zvolit žárovky a zásuvky *TP-LINK Tapo*, které byly zvoleny v následujícím modelu Amazon Alexa. Dražší alternativou mohou být zařízení značky *Vocolinc*.

Největší investicí v modelu jsou bezpečnostní zařízení značky *YALE*, bezpečnostní zámek *YALE Linus* a dveřní kukátko *YALE DDV 500 Essential*, které dohromady vyšly na 8 298 Kč.

Ke kontrole vytápění bytu byly zvoleny tři termostatické hlavice *Netatmo* na každé topení. V případě vlastního kotle je možné dokoupit samotný termostat totožné značky. Od téže firmy byl použit i senzor pro kontrolu kvality vzduchu v interiéru *Netatmo Smart Indoor Air Quality*.

V součtu navržený model vychází na 29 718 Kč. Všechna využitá zařízení je možné ovládat hlasem pomocí Google Assistant chytrých reproduktorů nebo přímo pomocí jejich aplikací v chytrém telefonu.

Tabulka 6 - Vzorový model chytré domácnosti do 30 tisíc Kč Amazon Alexa

Zařízení	Model	Počet ks	Celková cena (Kč)	Zdroj
Centrální jednotka	Amazon Echo Show 5	1	2 490	Alza.cz
	Amazon Echo Dot	3	6 897	Alza.cz
Chytré osvětlení	TP-LINK Tapo L350E	10	3 920	Alza.cz
Chytrá zásuvka	TP-LINK Tapo P100 Mini	4	1 396	Alza.cz
Dveřní kukátko	YALE DDV 500 Essential	1	1 599	Alza.cz
Bezpečnostní zámek	YALE Linus zámek	1	6 699	Alza.cz
Termostatické hlavice	Netatmo Additional Smart Radiator Valve	3	5 805	Alza.cz
Součet:			28 806 Kč	

Systém modelu chytré domácnosti Amazon Alexa je možné ovládat pomocí centrální jednotky *Amazon Echo Show 5* s integrovaným dotykovým displejem společně se třemi chytrými reproduktory *Amazon Echo Dot 4. generace*.

I přes svou nižší životnost, oproti jiným žárovkám, byly zvoleny žárovky *TP-LINK Tapo L530E* především díky své nízké ceně. Tyto barevné žárovky mohou být nahrazeny levnější variantou, žárovkami *TP-LINK Tapo L510E*, které mohou vyzařovat pouze bílé světlo. Z důvodu co nejmenšího počtu aplikací pro ovládání chytré domácnosti byly zvoleny chytré zásuvky taktéž od firmy *TP-LINK Tapo* v celkovém počtu čtyř zásuvek.

Jako bezpečnostní prvky byly zvoleny opět zařízení YALE. Dveřní kukátko *YALE DDV 500 Essential* a chytrý bezpečnostní zámek *YALE Linus* v celkové ceně 8 298 Kč.

Kontrolovat vytápění pomáhají stejně jako v předchozím modelu tři termostatické hlavice *Netatmo Additional Smart Radiator Valve*.

Cena modelu Amazon Alexa se vyšplhala na 28 806 Kč. Všechna použitá zařízení jsou kompatibilní s aplikací Amazon Alexa. Pomocí této aplikace a chytrých reproduktorů lze celý systém ovládat pomocí hlasových příkazů.

5.1.2 Vzorové modely nad 30 tisíc Kč

Tabulka 7 - Vzorový model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč Google Assistant

Zařízení	Model	Počet ks	Celková cena (Kč)	Zdroj
Centrální jednotka	Google Nest Hub	2	5 580	Alza.cz
	Google Nest mini	2	3 180	Alza.cz
Chytré osvětlení	Vocolinc Smart žárovka L3	10	6 470	Alza.cz
Chytrá zásuvka	Vocolinc Smart Adapter	4	2 596	Alza.cz
Dvevní kukátko	YALE DDV 500 Essential	1	1 599	Alza.cz
Bezpečnostní zámek	YALE Linus zámek	1	6 699	Alza.cz
Termostatické hlavice	Netatmo Additional Smart Radiator Valve	3	5 805	Alza.cz
Senzor pro interiér	Netatmo Smart Indoor Air Quality Monitor	1	2 699	Alza.cz
Aroma difuzér	Vocolinc Smart Aroma difuzér FLOWERBUD	2	3 198	Alza.cz
Zatemňovací roleta	FYRTUR 140x195 cm	1	3 990	Ikea
Součet:			41 816 Kč	

Model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč, kompatibilní se zařízeními Google Assistant, vyjde na 41 816 Kč.

Základ modelu tvoří dvě centrální jednotky *Google Nest Hub* s integrovaným dotykovým displejem, které jsou doplněny o dvě jednotky *Google Nest mini*. Předpokládané umístění jednotek *Google Nest Hub* je v ložnici a obývacím pokoji, kde se tráví nejvíce času. Centrální jednotky *Google Nest mini* jsou umístěny tedy do kuchyně a předsíně, díky čemuž je pokrytý celý byt a je možné ovládat chytrou domácnost odkudkoliv.

Osvětlení je zajištěno pomocí deseti chytrých žárovek *Vocolinc Smart*. Od značky *Vocolinc* byly zvoleny dále i čtyři chytré zásuvky *Vocolinc Smart Adapter* pro kontrolu

spotřeby elektrické energie. Zpříjemnit ovzduší pomáhají i dva chytré aroma difuzéry od těžce značky.

Bezpečnost zajišťují opět dveřní kukátko a bezpečnostní zámek značky YALE. Konkrétně se jedná o typ *YALE DDV 500 Essential* a *YALE Linus zámek*.

S kontrolou vytápění pomáhají opět tři termostatické hlavice *Netatmo Additional Smart Radiator Valve* umístěné na všech třech radiátorech. V případě vlastního kotle v domácnosti lze zakoupit sadu tří termostatických hlavic a samotného termostatu přímo na kotel od stejné značky *Netatmo*.

Pomocí senzoru *Netatmo Smart Indoor Air Quality Monitor* lze kontrolovat kvalitu a vlhkost ovzduší v interiéru. Posledním doplňkem je zatemňovací roleta *FYRTUR*, instalována do ložnice, fungující na dálkové ovládání.

Tabulka 8 - Vzorový model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč Amazon Alexa

Zařízení	Model	Počet ks	Celková cena (Kč)	Zdroj
Centrální jednotka	Amazon Echo Show 5	2	4 980	Alza.cz
	Amazon Echo Dot	2	4 598	Alza.cz
Chytré osvětlení	Vocolinc Smart žárovka L3	10	6 470	Alza.cz
Chytrá zásuvka	Vocolinc Smart Adapter	4	2 596	Alza.cz
Dveřní kukátko	YALE DDV 500 Essential	1	1 599	Alza.cz
Bezpečnostní zámek	YALE Linus zámek	1	6 699	Alza.cz
Meteostanice	Netatmo Smart Home Weather Station	1	4 699	Alza.cz
Termostatické hlavice	Netatmo Additional Smart Radiator Valve	3	5 805	Alza.cz
Aroma difuzér	Vocolinc Smart Aroma difuzér FLOWERBUD	2	3 198	Alza.cz
Zatemňovací roleta	FYRTUR 140x195 cm	1	3 990	Ikea
Součet:			44 634 Kč	

Druhý model chytré domácnosti nad 30 tisíc Kč je alternativou k prvnímu modelu, pokud uživatel preferuje aplikaci Amazon Alexa před aplikací Google Assistant. Jádrem celého modelu tvoří opět dvě centrální jednotky s dotykovým displejem, *Amazon Echo Show 5*. Společně s nimi jsou využity dvě jednotky *Amazon Echo Dot*. Rozmístění centrálních jednotek je stejné jako u prvního modelu.

Kromě meteostanice *Netatmo Smart Home Weather Station*, která vychází na 4 699 Kč jsou dále modely Google Assistant a Amazon Alexa totožné. Důvodem je kompatibilita využitých zařízení. Všechna využitá zařízení spolupracují s oběma využitými aplikacemi, tedy jak s aplikací Google Assistant, tak s aplikací Amazon Alexa.

6 Závěr

Závěrečná práce je zaměřena na problematiku Internetu věcí a jeho využití v chytré domácnosti.

Cíle bakalářské práce byly následující. Zhodnotit a charakterizovat jednotlivé IoT technologie a jejich funkce, analyzovat dostupné technologie a IoT zařízení využívané v domácím prostředí. Hlavním cílem bakalářské práce bylo vytvoření modelu chytré domácnosti.

V teoretické části práce byla analyzována problematika Internetu věcí, zároveň byl rozebrán jeho historický vývoj a možný budoucí rozvoj. Následně byly analyzovány jednotlivé komunikační sítě a základní komponenty chytré domácnosti. V poslední kapitole byly zhodnoceny jednotlivé aplikace pro ovládání.

V praktické části bakalářské práce byla zhodnocena a porovnána konkrétní chytrá zařízení. Z těchto zařízení následně byly vytvořeny modely chytré domácnosti. Modely byly vytvořeny na byt typu 2+1 a zároveň byly rozděleny do dvou cenových kategorií do 30 tisíc Kč a nad 30 tisíc Kč. U všech vytvořených modelů byla použita zařízení, která byla propojena s ostatními pomocí bezdrátové sítě Wifi.

Přínosem bakalářské práce je celkový přehled o technologiích Internetu věcí a jednotlivých zařízeních v chytré domácnosti. Zároveň nabízí přehled o komunikačních sítích.

V poslední řadě byly vytvořeny 4 vzorové modely chytré pro bytovou jednotku 2+1. V kategorii do 30 tisíc Kč byly vymodelovány dva návrhy chytré domácnosti. Prvním byl model na platformě Google Assistant. Jako alternativa k prvnímu modelu byl následně vytvořen model chytré domácnosti postavený na platformě Amazon Alexa. V kategorii nad 30 tisíc byly vytvořeny také dva modely. První opět na postavený na platformě Google Assistant a druhý na platformě Amazon Alexa.

7 Seznam použitých zdrojů

ALZA.CZ. *Chytré kamery* [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/chytre-kamery/18855522.htm# cud=1>

ALZA.CZ. *Chytré termostaty* [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/chytre-termostaty/18855846.htm# cud=1>

ALZA.CZ. *Netatmo 3 Smart Radiator Valves* [online]. [cit. 2021-01-06]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/netatmo-3-single-valves-d5680366.htm>

BRADFORD, Alina, 2020. What are smart plugs? *Digitaltrends* [online]. 30.11.2020 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/home/what-are-smart-plugs/>

BURGESS, Matt, 2018. What is the Internet of Things? *WIRED* [online]. 12.2.2018 [cit. 2020-12-18]. Dostupné z: <https://www.wired.co.uk/article/internet-of-things-what-is-explained-iot>

ELECTRONICS-NOTES.COM. SigFox for M2M & IoT: SigFox provides a system that is aimed at providing long range low power & data rate IoT connectivity to a network of base stations. *Electronics-notes* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/sigfox/what-is-sigfox-basics-m2m-iot.php>

FURN, Daniel, 2020. What is Alexa? Amazon's virtual assistant explained. *Radiotimes.com* [online]. 26.8.2020 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.radiotimes.com/technology/what-is-alexa/>

HARWOOD, Trevor. 2019. *Internet of Things (IoT) History* [online]. 11.12.2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.postscapes.com/iot-history/>

HELIOTGROUP.COM. *Explore the Sigfox 0G LPWA-Network Technology* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.heliotgroup.com/sigfox-technology/>

INTEL. *Different Wi-Fi Protocols and Data Rates* [online]. [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/support/articles/000005725/network-and-ii-o/wireless.html>

KOZUCH, Kate, 2020. Apple HomeKit: What is it, and how do you use it? *Tomsguide.com* [online]. 13.10.2020 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.tomsguide.com/us/apple-homekit-faq,review-4195.html>

KRANZ, Maciej. *Building the Internet of Things*. John Wiley & Sons, 2016. ISBN 978-1119285663

KYAS, Othmar, 2013. *How To Smart Home: A Step by Step Guide Using Internet, Z-Wave, KNX & OpenRemote* [online]. Key Concept Press [cit. 2020-11-30]. ISBN 978-3-944980-07-2. Dostupné z: <http://www.openremote.com/wp-content/uploads/2013/12/How-To-Smart-Home-PDF-OR.pdf>

LUETH, Knud Lasse. *State of the IoT 2020: 12 billion IoT connections, surpassing non-IoT for the first time* [online]. 19.11.2020 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://iot->

analytics.com/state-of-the-iot-2020-12-billion-iot-connections-surpassing-non-iot-for-the-first-time/

MARSHALL, Carrie, 2017. *What is smart lighting? Everything you need to know for your connected home* [online]. 9.7.2017 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.techradar.com/news/what-is-smart-lighting-everything-you-need-to-know-for-your-connected-home>

MRELECTRIC.COM. *How Does a Smart Thermostat Work?* *Mrelectric.com* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://mrelectric.com/blog/how-does-a-smart-thermostat-work>

NORTON, Kaiti. *WiFi Definition & Meaning* [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: https://www.webopedia.com/TERM/W/Wi_Fi.html

NOVAK, Matt. *Nikola Tesla's Incredible Predictions For Our Connected World* [online]. 1.6.2015 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://paleofuture.gizmodo.com/nikola-teslas-incredible-predictions-for-our-connected-1661107313>

ODUNLADE, Emmanuel, 2020. *Understanding Z-Wave Protocol and its Role in Smart Home Automation Solutions* [online]. 18.2.2020 [cit. 2020-1-30]. Dostupné z: <https://circuitdigest.com/article/understanding-z-wave-protocol-and-its-role-in-home-automation>

PARAS, Anna, 2020. *What is a smart plug? How they work and how to use them.* *Diysmarthomesolutions* [online]. 1.12.2020 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.diysmarthomesolutions.com/what-is-a-smart-plug-how-they-work-and-how-to-use-them/>

PATKAR, Mihir, 2018. *What Is Bluetooth? 10 Common Questions, Asked and Answered* [online]. 20.9.2018 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/tag/what-is-bluetooth/>

PHILIPS HUE, 2019. *Smart lighting explained.* *Philips-Hue* [online]. 12.11.2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.philips-hue.com/en-us/explore-hue/blog/what-is-smart-lighting>

PINK, Roger, 2017. *ZigBee vs Z-Wave for the IoT* [online]. 4.5.2017 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://electronics360.globalspec.com/article/8625/zigbee-vs-z-wave-for-the-iot>

PRŮCHA, Jan. *Chytré bydlení: Inteligentní dům* [online]. 2012 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/index.html>.

RO HEUCH, Cathrine, 2016. *Cameras and IoT: Going from smart to intelligent* [online]. 22.7.2016 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://readwrite.com/2016/07/22/cameras-smart-intelligent-dt2/>

ROUSE, Margaret, 2020. *Internet of things (IoT)* [online]. [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>

ROUSE, Margaret, 2020. *Smart home or building (home automation or domotics)* [online]. 7/2020 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-home-or-building>

SAKOVICH, Natallia. *Internet of Things (IoT) Protocols and Connectivity Options: An Overview* [online]. 22.8.2018 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.samsolutions.com/blog/internet-of-things-iot-protocols-and-connectivity-options-an-overview/>

SENSEWARE.CO. The Truth About IoT Implementations - Wireless vs. Wired. *Senseware* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://blog.senseware.co/2017/10/10/iot-implementations-wireless-vs-wired>

SIGFOX. OUR STORY: Discover the story behind the making of the Sigfox company and our key milestones. *SigFox* [online]. [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.sigfox.com/en/sigfox-story>

SILVA, Robert, 2020. *What Is a Smart Speaker?: Getting started with smart speakers: Google vss Apple vss Amazon* [online]. 2.12.2020 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/smart-speaker-4145037>

STEGNER, Ben, 2020. What Is Google Assistant? How to Use It to Full Potential. *Makeuseof.com* [online]. 26.8.2020 [cit. 2020-11-19]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/tag/what-is-google-assistant/>

TEXAS INSTRUMENTS. *Zigbee wireless MCUs: Robust, low-power mesh networks for smart homes and buildings* [online]. [cit. 2020-11-18]. Dostupné z: https://www.ti.com/wireless-connectivity/zigbee/overview.html?gclid=Cj0KCQIAh4j-BRCsARIsAGeV12AXiiCIRMjHEGy1bnIvqRGIJod5vTV21q6NE5qqEQaWOb6-1pIhkqUaAqn1EALw_wcB&gclid=aw.ds#zigbee?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=epd-conn-null-zigbee_overview-cpc-lp-google-ww&utm_content=what_is_zigbee_technology&ds_k=what+is+zigbee+technology&DCM=yes

TROSS, Kasey, 2019. *What's the Difference between Zigbee and Z-Wave?* [online]. 10.6.2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.safewise.com/blog/zigbee-vs-zwave-review/>

UY, Melanie, 2020. *Understanding Wi-Fi and How It Works* [online]. 20.10.2020 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.lifewire.com/what-is-wi-fi-2377430>

What is LoRa? [online], 2018. 4.12.2018 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.everythingrf.com/community/what-is-lora>

ZEDEK, Sabeha, 2017. *IoT networks overview* [online]. 2.8.2017 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://axible.io/en/iot-networks-overview/>