

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Internet věcí v chytré domácnosti

Marek Moucha

© 2019 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marek Moucha

Informatika

Název práce

Internet věcí v chytré domácnosti

Název anglicky

Smart Home and Internet of Things

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku využití internetu věcí v chytré domácnosti. Hlavním cílem práce je zhodnocení zařízení využívajících internet věcí s ohledem na využití v chytré domácnosti.

Dílní cíle práce jsou:

- charakterizovat vybrané chytré zařízení pro chytré domácnosti,
- analyzovat možnosti vzdáleného ovládání chytré domácnosti,
- návrh modelového řešení inteligentního bydlení.

Metodika

Analytická část bakalářské práce se bude zakládat na analýze a rešerši odborných zdrojů. V praktické části práce budou na základě poznatků zjištěných v analytické části zhodnoceny vybrané zařízení využívající internet věcí s ohledem na využití v chytré domácnosti a možnosti jejich vzdáleného ovládání. Dále bude vytvořeno modelové řešení inteligentního bydlení. Na základě syntézy teoretických a praktických poznatků budou zpracovány závěry bakalářské práce.

Doporučený rozsah práce

35

Klíčová slova

Internet věcí, chytrá domácnost, chytré zařízení, vzdálené ovládání

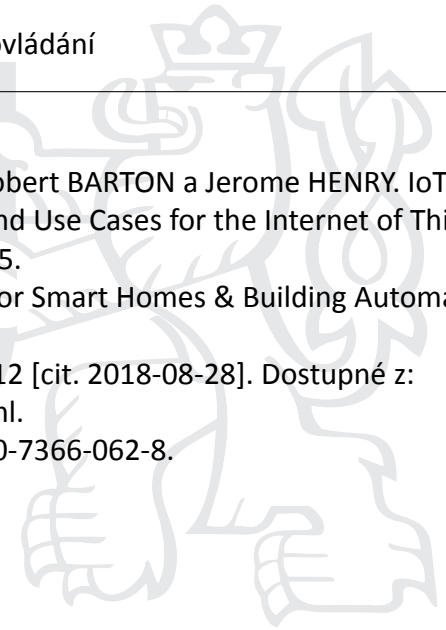
Doporučené zdroje informací

HANES David, Gonzalo SALGUEIRO, Patrick GROSSETETE, Robert BARTON a Jerome HENRY. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things. Indianapolis, IN: Cisco press, 2017. ISBN 1-58714-456-5.

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.

PRŮCHA, Jan. Chytré bydlení: Inteligentní dům [online]. 2012 [cit. 2018-08-28]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/index.html>.

VALEŠ, Miroslav. Inteligentní dům. Brno: ERA, 2006. ISBN 80-7366-062-8.



Předběžný termín obhajoby

2019/20 ZS – PEF (únor 2020)

Vedoucí práce

Ing. Michal Stočes, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra informačních technologií

Elektronicky schváleno dne 11. 9. 2018

Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 11. 2019

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 27.11.2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Michalovi Stočesovi, Ph.D. za vedení této bakalářské práce, odborné rady a spolupráci. Dále bych chtěl poděkovat celé mé rodině za podporu během mého studia.

Internet věcí v chytré domácnosti

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití internetu věcí (IoT) v chytré domácnosti. Konkrétně jsou řešeny možnosti realizace chytré domácnosti a instalace chytrých zařízení do domácnosti. Teoretická část se zabývá problematikou internetu věcí a chytré domácnosti. Jsou zde analyzovány různé aspekty IoT především technologie bezdrátových přenosových sítí internetu věcí. V rámci chytré domácnosti jsou analyzovány centralizované ale i decentralizované systémy, možnosti komunikace chytrých zařízení s internetem, základní IoT komponenty chytré domácnosti, možnosti ovládání a jednotlivá chytrá zařízení. V praktické části je řešena problematika modelového návrhu chytré domácnosti pro bytovou jednotu typu 3+1. V rámci modelového návrhu je řešeno primárně ovládání a zabezpečení chytré domácnosti. Všechna instalovaná chytrá zařízení v modelovém návrhu využívají pro komunikaci výhradně bezdrátové přenosové sítě. Všechny varianty modelového návrhu jsou řešeny tak, aby každá varianta měla celý systém chytré domácnosti postavený na jedné platformě umožňující ovládání prostřednictvím jedné univerzální mobilní aplikace. V závěrečném shrnutí praktické části jsou pak uvedeny ceny všech variant modelového návrhu chytré domácnosti.

Klíčová slova: internet věcí, bezdrátová přenosová síť, Wi-Fi, chytrá domácnost, chytré zařízení, vzdálené ovládání, chytrý telefon, mobilní aplikace, hlasový asistent, chytré osvětlení

Smart Home and Internet of Things

Abstract

A primary topic of this bachelor thesis is a discussion of possible applications of the Internet of Things (IoT) in a smart home. Especially, options for a realization of a smart home and installations of IoT devices are discussed. Various aspects of IoT and smart home technologies are described in the theoretical part. The IoT communication networks are the primary focus of this the IoT part. Smart home centralized and decentralized systems, possible communication of smart devices with the internet, principal IoT components, possible control and specific smart devices are examined in the section of smart home technologies. In a practical part, the smart home designs are proposed for a four-room apartment. The controls and the security of the apartment are the center of attention of the design process. All of the installed smart devices in the design variants are connected solely by wireless communication networks. Additionally, all the possible variants of the design are built on a single platform providing us the control via a single mobile application. Last but not least, a retail price comparison between all the variants is provided in the summary.

Keywords: Internet of Things, wireless communication network, Wi-Fi, Smart Home, smart device, remote control, smartphone, mobile application, voice assistant, smart light

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Cíl práce a metodika	12
3. Teoretická východiska	13
3.1 Internet věcí.....	13
3.1.1 Vývoj internetu věcí.....	13
3.1.2 Bezdrátové přenosové sítě (protokoly) internetu věcí	15
3.2 Chytrá domácnost.....	20
3.2.1 Vývoj chytré domácnosti	21
3.2.2 Centralizované a decentralizované systémy chytré domácnosti.....	21
3.2.3 Možnosti komunikace chytrých zařízení s internetem	23
3.2.4 Základní IoT komponenty chytré domácnosti	25
3.2.5 Možnosti ovládání chytré domácnosti	27
3.2.6 Konkrétní chytrá zařízení.....	31
4. Vlastní práce	36
4.1 Modelový návrh chytré domácnosti.....	37
4.1.1 Systémy ovládání.....	38
4.1.2 Bezpečnostní prvky.....	42
4.1.3 Systémy osvětlení	43
4.1.4 Regulace teploty	46
4.1.5 Regulace venkovního světla	47
5. Výsledky a diskuse	49
6. Závěr.....	55
7. Seznam použitých zdrojů	56

Seznam obrázků

Obrázek 1: Vývoj věcí připojených k internetu (Evans, 2011)	14
Obrázek 2: Vývoj podílu chytrých (IoT) zařízení připojených k internetu (iot-analytics.com, 2018)	14
Obrázek 3: Přehled bezdrátových přenosových sítí (protokolů) internetu věcí (Vojáček, 2016)	15
Obrázek 4: Logo Wi-Fi a Bluetooth (Patkar, 2018)	17
Obrázek 5: Logo ZigBee a Z-Wave (Tross, 2019)	19
Obrázek 6: Aplikace Google Home (play.google.com, 2019a).....	29
Obrázek 7: Aplikace Amazon Alexa (play.google.com, 2019b).....	29
Obrázek 8: Chytré reproduktory Apple HomePod, Google Home, Amazon Echo (techgeek365.com, 2018).....	31
Obrázek 9: Chytré žárovky Philips Hue (mall.cz, 2017a)	32
Obrázek 10: Chytrý termostat Google Nest (mall.cz, 2017b)	33
Obrázek 11: Podíl prodaných chytrých zařízení v Evropě – 2019 (Láska, 2019).....	36
Obrázek 12: Nákres modelové bytové jednotky typu 3+1	37
Obrázek 13: Osoby v bytech podle počtu obytných místností v letech 2001 a 2011 (czso.cz, 2011)	38
Obrázek 14: Podíl mobilních operačních systémů v České republice – Zář 2019 (gs.statcounter.com, 2019).....	38
Obrázek 15: Podíl prodaných chytrých reproduktorů a centrálních jednotek v Evropě – 2019 (Láska, 2019)	39
Obrázek 16: Chytré reproduktory Google Home Hub a Google Home Mini (beachcamera.com, 2019)	40
Obrázek 17: Chytré reproduktory Amazon Echo Plus 2.generace a Amazon Echo Dot 3.generace (androidcentral.com, 2019).....	40
Obrázek 18: Ovládání chytré domácnosti pomocí aplikace Google Home (the-ambient.com, 2018)	41
Obrázek 19: Chytré dveřní kukátko EZVIZ DP1 (czc.cz, 2018a).....	42
Obrázek 20: Chytrá venkovní kamera EZVIZ Husky Air (czc.cz, 2018b)	42
Obrázek 21: Chytrý detektor Google Nest Protect Wireless (czc.cz, 2016).....	43
Obrázek 22: Chytrá žárovka Xiaomi Yeelight LED smart bulb (barevná) (banggood.com, 2018)	44
Obrázek 23: Chytrý spínač Sonoff Touch (aamobilmarket.cz, 2017)	45
Obrázek 24: Chytré termostatické hlavice Netatmo Radiator Valves a centrální jednotka Netatmo (mall.cz, 2017c).....	46
Obrázek 25: Chytré rolety FYRTUR a KADRILJ (swedroid.se, 2019).....	47
Obrázek 26: TRÅDFRI brána (ikea.com, 2019a).....	48
Obrázek 27: Signální zesilovač (ikea.com, 2019b)	48
Obrázek 28: Nákres modelové bytové jednotky typu 3+1 se zakreslenými chytrými zařízeními.....	49

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled rozdílů mezi jednotlivými síťovými Wi-Fi standardy IEEE 802.11 (wi-fi.unas.cz, 2006).....	16
Tabulka 2: Chytré reproduktory	41
Tabulka 3: Chytré kamery a chytrý detektor	43
Tabulka 4: Chytré osvětlení a chytrý spínač.....	45
Tabulka 5: Chytré termostatické hlavice	47
Tabulka 6: Chytré rolety a TRÁDFRI brána	48
Tabulka 7: Celková cena reproduktorů Google Home a osvětlení Xiaomi Yeelight se spínači Sonoff Touch	50
Tabulka 8: Celková cena reproduktorů Amazon Echo a osvětlení Philips Hue se spínači Sonoff Touch	50
Tabulka 9: Celková cena kamer, detektoru a termostatických hlavic	51
Tabulka 10: Celková cena rolet IKEA a TRÁDFRI brány.....	51
Tabulka 11: Celková cena základního modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta A za celkovou cenu do 50 000 Kč	52
Tabulka 12: Celková cena základního modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta B za celkovou cenu do 75 000 Kč	52
Tabulka 13: Celková cena rozšířeného modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta C za celkovou cenu do 100 000 Kč	53
Tabulka 14: Celková cena rozšířeného modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta D za celkovou cenu do 100 000 Kč	53

Seznam použitých zkratk

IoT: Internet věcí (Internet of Things)

IT: Informační technologie (Information technology)

1. Úvod

Je obecně známo, že si lidé rádi ulehčují rutinní domácí práce, a už několik desítek let jsou v domácnosti běžně využívané různé spotřebiče ulehčující domácí práce, jako jsou například automatická pračka a vysavač.

Již v roce 1950 strojní inženýr Emil Mathias sestrojil první chytrý dům, který využíval soudobé technologie ke zlepšení bydlení, a obsahoval různé bezpečnostní prvky, které chránily dům před vloupáním.

V dnešní době už je běžné využívat moderní technologie, které usnadňují každodenní činnosti, a čím dál častěji se i v domácnostech využívají různé moderní technologie, které zvyšují komfort bydlení. Moderní pokročilé automatizované ovládání domácnosti dokonce umožňuje snižovat spotřebu energií. Odvětví chytrých domácností má v posledních letech velmi rychlý rozvoj a stále přibývají domácnosti, které využívají různá chytrá zařízení.

Důvody zatím malého rozšíření chytrých domácností v České republice jsou zejména v neinformovanosti široké veřejnosti a v představě vysoké finanční náročnosti. Dnes už ale chytrá domácnost nemusí představovat jen vysoké statisíkové investice, ale je možné vytvořit chytrou domácnost se základními funkcemi v řádu desítek tisíc korun.

Bakalářská práce má právě za cíl představit internet věcí, jak je možné využít internet věcí v chytré domácnosti, a jaká chytrá zařízení lze instalovat do běžné domácnosti. Bakalářská práce zároveň představí několik variant řešení modelového návrhu chytré domácnosti.

2. Cíl práce a metodika

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku využití internetu věcí v chytré domácnosti. Hlavním cílem práce je zhodnocení zařízení využívajících internet věcí s ohledem na využití v chytré domácnosti.

Dílčí cíle práce jsou:

- Charakterizovat vybrané chytré zařízení pro chytré domácnosti.
- Analyzovat možnosti vzdáleného ovládání chytré domácnosti.
- Návrh modelového řešení inteligentního bydlení.

Metodika

Analytická část bakalářské práce se bude zakládat na analýze a řešení odborných zdrojů. V praktické části práce budou na základě poznatků zjištěných v analytické části zhodnocena vybraná zařízení využívající internet věcí s ohledem na využití v chytré domácnosti a možnosti jejich vzdáleného ovládání. Dále bude vytvořeno modelové řešení inteligentního bydlení. 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) je termín pro vzájemně propojené věci, které komunikují pomocí internetu mezi sebou nebo s uživatelem. Ke komunikaci mezi IoT zařízeními se využívá zejména bezdrátový přenos dat. Základem internetu věcí je nízká energetická náročnost pro zajištění komunikace mezi IoT zařízeními při minimální spotřebě energie.

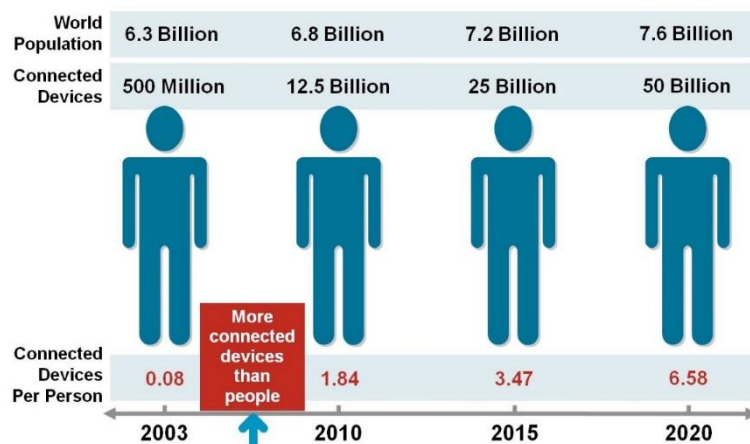
Známým příkladem internetu věcí v domácnosti je lednice, která umožňuje kontrolovat trvanlivost potravin, hlídat co je v ní za potraviny a vytvářet nákupní seznamy. Internet věcí se ale využívá i v průmyslu, kde pomáhá snižovat náklady především díky zvyšování efektivity výroby a automatizaci procesů.

V chytré domácnosti umožňuje internet věcí propojit a zajistit vzájemnou komunikaci domácích spotřebičů jako jsou například lednice, pračka, osvětlení, topení, klimatizace, kamery a různé chytré detektory či senzory. Mezi internet věcí lze ale zařadit například i automobily a jakýkoliv jiný objekt, který je schopen přenášet data přes síť. (t-mobile.cz, 2018; Rouse, 2019)

„Internet věcí znamená: síť propojených objektů (věcí), které jsou jednoznačně adresovatelné s tím, že tato síť je založena na standardizovaných komunikačních protokolech umožňující výměnu a sdílení dat a informací, jejichž analýzou bude možné docílit vyšší přidané hodnoty.“ (Pohanka, 2015)

3.1.1 Vývoj internetu věcí

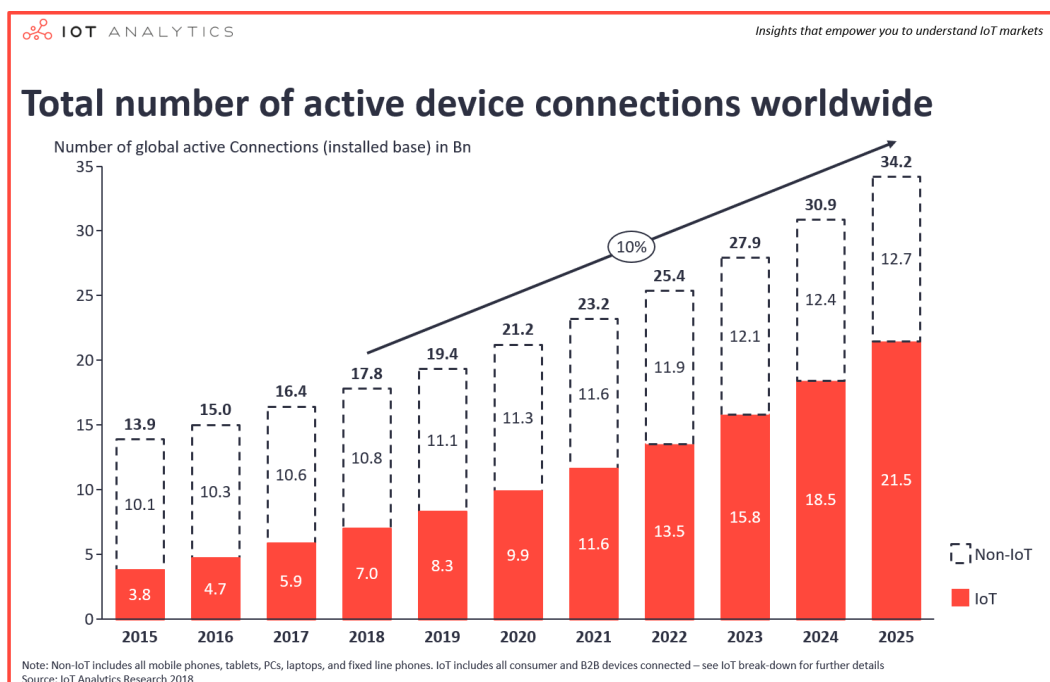
Pojem „Internet věcí“ se poprvé objevil v roce 1999, kdy byl použit při prezentaci Kevina Ashтона. Kevin Ashton ve své prezentaci uvedl, že většina dat na internetu jsou vytvářena lidmi, a bylo by tak přínosné sdílet data mezi systémy a využívat propojené senzory. Vznik internetu věcí je ale datován až do let 2008 a 2009, kdy společnost Cisco odhadla, že počet zařízení připojených k internetu je větší než celkový počet světové populace (Obrázek 1). (Evans, 2011)



Obrázek 1: Vývoj věcí připojených k internetu (Evans, 2011)

Dříve se do internetu připojovali zejména počítače, později přibyla různá přenosná zařízení jako jsou chytré telefony, tablety, chytré hodinky a až v posledních letech se k internetu začali připojovat také různé detektory, senzory a další chytrá zařízení.

Existuje předpoklad, že se bude nadále zvětšovat počet chytrých zařízení připojených k internetu, a chytrá zařízení tak budou tvořit stále větší podíl na úkor počítačů, chytrých telefonů, tabletů a chytrých hodinek (Obrázek 2). Zároveň se očekává, že celosvětový trh s chytrými zařízeními bude nadále růst rychlým tempem a většina velkých technologických společností do něj bude stále více investovat. (iot-analytics.com, 2018)



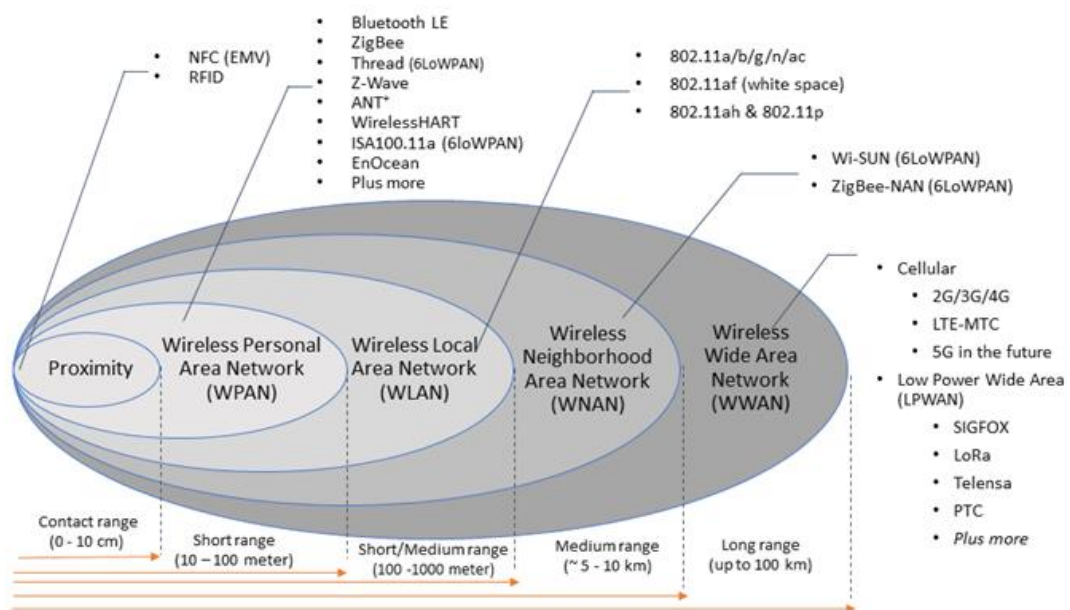
Obrázek 2: Vývoj podílu chytrých (IoT) zařízení připojených k internetu (iot-analytics.com, 2018)

3.1.2 Bezdrátové přenosové sítě (protokoly) internetu věcí

Většina chytrých zařízení přenáší jen malé množství dat a komunikují tak velmi omezeně. Řada chytrých zařízení využívá pouze jednosměrnou komunikaci a nejsou vůbec nastavena na obousměrnou komunikaci. Jedná se především o různé detektory či senzory pro sběr dat například o teplotě, vlhkosti nebo poloze. V případě internetu věcí je internet využíván převážně jen jako páteřní síť, protože IoT zařízení využívají pro komunikaci vlastní bezdrátové přenosové sítě.

Pro internet věcí dnes existuje spousta bezdrátových přenosových sítí (Obrázek 3) jak s malým, tak i s velkým dosahem, díky kterým chytrá zařízení komunikují s okolím. Bezdrátové přenosové sítě pro internet věcí se odlišují hned několika faktory, kdy mezi nejdůležitější se řadí dosah, spotřeba energie, přenosová rychlost a frekvence. Každá přenosová síť má své výhody a nevýhody a je vhodná pro jiné využití.

Mezi bezdrátové přenosové sítě internetu věcí patří například i běžně využívaná Wi-Fi síť nebo Bluetooth (v případě internetu věcí zvláště pak Bluetooth Low-Energy). V posledních letech se zejména pro internet věcí stále vyvíjí a vylepšují nové energeticky nenáročné bezdrátové přenosové sítě. Mezi nejznámější bezdrátové přenosové sítě internetu věcí se řadí ZigBee a Z-Wave využívané především v chytré domácnosti s dosahem sítě několik desítek až stovek metrů, nebo přenosové sítě z kategorie LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) Sigfox a LoRa s dosahem sítě až 15 kilometrů. (Vojáček, 2016; IoT Fundamentals, 2017)



Obrázek 3: Přehled bezdrátových přenosových sítí (protokolů) internetu věcí (Vojáček, 2016)

Wi-Fi vs. Bluetooth

Wi-Fi a Bluetooth (Obrázek 4) jsou bezdrátové přenosové protokoly, které umožňují spojení dvou zařízení bez nutnosti kabelů. Wi-Fi síť disponuje silnějším signálem a vyšší přenosovou rychlostí, ale má zároveň vyšší spotřebu energie. Bluetooth umí zase udržovat stabilnější spojení a má nižší spotřebu energie, ale dosahuje menší přenosové rychlosti. Proto se každý z přenosových protokolů využívá pro trochu jiné účely. (Patkar, 2018)

Wi-Fi

Wi-Fi je standard bezdrátové přenosové sítě z kategorie WLAN (Wireless Local Area Network), která využívá rádiové vlny k přenosu dat v síti bez nutnosti kabelu a umožňuje obousměrnou komunikaci. Wi-Fi síť se využívá zejména k připojení zařízení k internetu. Data přijatá z internetu nejdříve prochází routerem, kde jsou kódována do rádiového signálu, který přijímá bezdrátový adaptér cílového zařízení. Každé zařízení využívající Wi-Fi síť musí obsahovat bezdrátový adaptér, který převádí rádiový signál na data a naopak. (ccm.net, 2019)

Wi-Fi síť pracuje na frekvencích 2,4 GHz nebo 5 GHz, a využívá síťový standard IEEE 802.11 (Tabulka 1). Síťový Wi-Fi standard IEEE 802.11 je stále vyvíjený standard pro lokální bezdrátové sítě. Jednotlivé síťové Wi-Fi standardy 802.11x se navzájem liší různými využívanými doplňky, které vylepšují základní síťový Wi-Fi standard 802.11. (wi-fi.unas.cz, 2006)

Tabulka 1: Přehled rozdílů mezi jednotlivými síťovými Wi-Fi standardy IEEE 802.11 (wi-fi.unas.cz, 2006)

Standardy 802.11x	Přenos dat na frekvenci	Maximální rychlost přenosu
802.11a	5 GHz	54 megabitů za sekundu
802.11b	2,4 GHz	11 megabitů za sekundu
802.11g	2,4 GHz	54 megabitů za sekundu
802.11n	2,4 GHz nebo 5 GHz	600 megabitů za sekundu
802.11ac	2,4 GHz nebo 5 GHz	1800 megabitů za sekundu

Bluetooth

Bluetooth je standard bezdrátové přenosové sítě, který pracuje pomocí radiových vln a jehož hlavním účelem je přenos dat bez nutnosti kabelu. Bluetooth udržuje stabilní

spojení mezi zařízeními na krátké vzdálenosti a využívá se zejména k přenosu malého množství dat s nízkou spotřebou energie. Modul Bluetooth je jen malá část čipu v zařízení, která umožňuje danému zařízení bezdrátově komunikovat s modulem Bluetooth na jakémkoli jiném zařízení.

Bluetooth pracuje na frekvenci 2,4 GHz stejně jako Wi-Fi síť. To, co odlišuje Bluetooth od Wi-Fi sítě, je využívání takzvané techniky „frequency hopping“. Tato technika spočívá v tom, že Bluetooth využívá 79 pásem rádiových vln na frekvenci 2,4 GHz. Bluetooth nejprve rozdělí odesílaná data do menších paketů, které jsou pak odesílány jednotlivě přes těchto 79 pásem radiových vln a zároveň dokáže tato využívaná pásma rychle měnit tak, aby se nezaneslo žádné z využívaných pásem.

Bluetooth je stále vyvíjený standard, který ve verzi Bluetooth 5.0 dokáže odesílat data maximální rychlostí až 2 megabitů za sekundu na vzdálenost až 14 metrů. (Patkar, 2018)



Obrázek 4: Logo Wi-Fi a Bluetooth (Patkar, 2018)

ZigBee vs. Z-Wave

ZigBee a Z-Wave (Obrázek 5) jsou otevřené přenosové protokoly bezdrátové komunikace vyvinuté pro internet věcí, které jsou využívány k propojení a komunikaci chytrých zařízení v chytré domácnosti. Pomocí šifrované komunikace tyto bezdrátové přenosové protokoly propojují chytrá zařízení různých výrobců, a zajišťují tak pohodlné ovládání celé chytré domácnosti. Chytrá zařízení využívají bezdrátové přenosové protokoly zejména ke komunikaci s centrální jednotkou, což umožňuje jejich ovládání jak z domova, tak i vzdáleně přes internet pomocí počítačů, chytrých telefonů a tabletů. Zároveň je díky tomu možné automaticky ovládat chytrá zařízení v chytré domácnosti podle polohy uživatele, která se lokalizuje například pomocí GPS čipu v chytrém telefonu daného uživatele.

ZigBee a Z-Wave využívají především topologii sítí typu Mesh, kdy chytrá zařízení komunikují jak s centrální jednotkou, tak i navzájem mezi sebou, což umožňuje zvětšovat dosah sítě. Čím více je zapojených chytrých zařízení v síti, která jsou mezi sebou navzájem propojená, tím větší je dosah sítě od centrální jednotky k nejvzdálenějšímu chytrému zařízení.

V Evropě ZigBee pracuje na frekvencích 2,4 GHz a 868 MHz a Z-Wave na frekvenci 868,42 MHz, díky čemuž nejsou rušeny signálem Wi-Fi sítí, které pracují na frekvencích 2,4 GHz nebo 5 GHz nebo signálem Bluetooth, který pracuje na frekvenci 2,4 GHz. Bezdrátové přenosové sítě ZigBee a Z-Wave nejsou navzájem kompatibilní. (Hendrickson, 2018; Tross, 2019)

ZigBee

- ZigBee je otevřený standart vyvíjený aliancí ZigBee Alliance.
- Chytrá zařízení se dokáží mezi sebou propojit na vzdálenost kolem až 18 metrů.
- Chytrá zařízení lze propojit pomocí neomezeného počtu hopů (signál je možné vést přes neomezený počet zařízení).
- ZigBee dokáže v jedné síti obsloužit až 65 000 zařízení.
- ZigBee zařízení vyžadují méně energie než Z-Wave zařízení.

Bezdrátový přenosový protokol ZigBee je navržen s otevřeným zdrojovým kódem, což znamená, že každý výrobce, který chce vyrobit chytré zařízení podporující protokol ZigBee, může volně přistupovat ke zdrojovému kódu a upravovat jej. To vedlo v minulosti k rozdílům mezi zdrojovými kódy různých ZigBee zařízení, a proto ne všechna ZigBee zařízení mezi sebou dokázala komunikovat. ZigBee ve verzi 3.0 ale přinesl nový sjednocený standard, který tento problém řeší. ZigBee tvoří alianci s více než 400 společnostmi nabízejícími více než 2 500 produktů, které podporují přenosový protokol ZigBee.

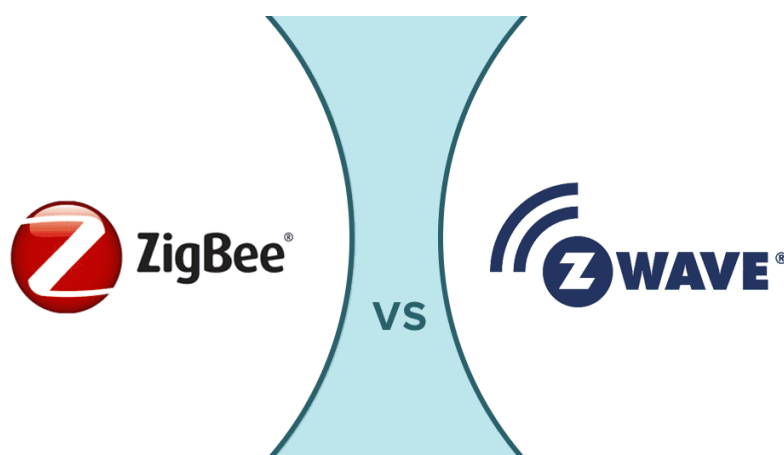
ZigBee má sice menší dosah mezi jednotlivými zařízeními, ale tento problém řeší díky možnosti vést signál přes neomezený počet zařízení. Hlavní nevýhodou tohoto přenosového protokolu je nutnost mít na delší vzdálenosti více zapojených zařízení v síti, která jsou mezi sebou navzájem propojená tak, aby zvětšovali dosah sítě od centrální jednotky. Proto je pro větší prostory vhodnější bezdrátová přenosová síť Z-Wave. (Hendrickson, 2018; Tross, 2019)

Z-Wave

- Z-Wave je uzavřený standard vlastněný společností Silicon Labs.
- Chytrá zařízení se dokáží mezi sebou propojit na vzdálenost kolem až 168 metrů.
- Chytrá zařízení lze propojit jen pomocí maximálně 4 hopů (signál je možné vést přes propojený řetěz postupně od centrální jednotky až do maximálně čtvrtého zařízení v řetězu).
- Z-Wave dokáže v jedné síti obsloužit až 232 zařízení.
- Z-Wave zařízení vyžadují více energie než ZigBee zařízení.

Bezdrátový přenosový protokol Z-Wave má uzavřený zdrojový kód, díky čemuž má sjednocený standard, a je tak lepší než protokol ZigBee z hlediska bezpečnosti. Všechna Z-Wave zařízení umí komunikovat se všemi minulými, současnými i budoucími Z-Wave zařízeními, díky sjednocenému standardu sítě, takže by se uživatel neměl setkat s problémem nekompatibility Z-Wave zařízení. Z-Wave tvoří alianci s více než 700 společnostmi nabízejícími více než 2 400 produktů, které podporují přenosový protokol Z-Wave.

Z-Wave zařízení lze sice propojit jen pomocí maximálně 4 hopů, ale zase mezi zařízeními může být delší vzdálenost než v případě bezdrátové přenosové sítě ZigBee, a proto je Z-Wave vhodnější přenosová síť na delší vzdálenosti v rámci chytré domácnosti. (Hendrickson, 2018; Tross, 2019)



Obrázek 5: Logo ZigBee a Z-Wave (Tross, 2019)

3.2 Chytrá domácnost

Chytrá domácnost anglicky „Smart Home“, je též někdy označovaná jako Inteligentní domácnost nebo Digitální domácnost. Jedná se o podobné termíny, které všechny vystihují stejnou věc, a to moderní domácnost, kde technologie zajišťují pohodlnější bydlení a zefektivňují každodenní činnosti. Technologie se v chytré domácnosti nestarají jen o pohodlí uživatelů, ale mají spoustu dalších funkcí jako jsou například úspora nákladů na provoz domácnosti či zajištění lepšího zabezpečení domácnosti. Dnešní pokročilé automatizované ovládání chytré domácnosti umožňuje snížit spotřebu energií v oblasti topení či elektřiny díky možnostem komplexního nastavení chytrých termostatů, chytrého osvětlení a dalších chytrých zařízení v chytré domácnosti.

Chytrá domácnost tedy představuje soubor prvků (chytrých zařízení), které spolu komunikují a dohromady zajišťují uživateli vyšší životní úroveň díky zlepšení komfortu bydlení, úspoře nákladů na provoz domácnosti a zajištění lepšího zabezpečení domácnosti. (lupa.cz, 2013)

Základním prvkem chytré domácnosti je snadné ovládání všech chytrých zařízení. Domy či byty mají dnes stále více chytrých zařízení, a proto je nutné chytrá zařízení integrovat do jednoho snadno ovladatelného celku. To pak uživateli umožňuje chytrou domácnost pohodlně ovládat a kontrolovat jak z domova, tak i vzdáleně.

„Smart Home je dům nebo byt řešený komplexně, nejde jen o jednotlivé inteligentní součásti, které si poskládáte dohromady sami. Jde o centrální řešení s podobným ovládáním i uživatelským rozhraním.“ (Kroc, 2018)

Oblasti aplikace chytré domácnosti:

- Osvětlení.
- Rolety.
- Zásuvky a spínače.
- Termostaty.
- Meteostanice.
- Zabezpečení domácnosti.

3.2.1 Vývoj chytré domácnosti

Počátky chytré domácnosti lze datovat už do konce 19. století, kdy se začínali objevovat první pomocníci do domácností, které ulehčovali práci a zvyšovali komfort bydlení. Konkrétně se jednalo zejména o automatické pračky a vysavače.

První chytrý dům jako takový sestrojil v roce 1950 strojní inženýr Emil Mathias. Dům využíval soudobé technologie ke zlepšení bydlení a umožňoval ovládat různé prvky pomocí tlačítek. V domě bylo možné například dálkově zapnout a vypnout rádio, tlačítko na stěně umožňovalo ovládat závěsy, a tak zatahovat okna, a garážová vrata byla ovladatelná vzdáleně. Po celém domě byly také rozmístěny požární hlásiče. Dům obsahoval i další bezpečnostní prvky, které například kontrolovaly, zda jsou dveře zamčené, čímž chránily dům před vloupáním.

Za první chytré zařízení je považován elektronický domácí počítač ECHO IV z roku 1966. Jednalo se o sestavu vážící kolem 360 kilogramů, která umožňovala zapínat a vypínat různé spotřebiče, a monitorovat teplotu v domě. (achb.cz, 2016)

V roce 1984 americká asociace National Association of Home Builders uznala spojení „Smart Home“ jako odborný termín, a vytvořila speciální skupinu představující vizi architektonického návrhu domu pod kontrolou počítače.

V roce 1999 společnost Microsoft představila svojí vizi chytrého domu, která se už podobala současným představám o chytré domácnosti. Vize domu obsahovala chytré ovládání osvětlení, vytápění, chytré zámky a bezpečnostní kamerový systém. Vše mělo jít ovládat pomocí kapesního počítače Pocket PC.

S nástupem chytrých telefonů a tabletů se začala chytrá domácnost stávat stále více populární, protože se stalo ovládání chytré domácnosti a jejích chytrých zařízení snadnější. V Evropě se mezi lety 2014 a 2017 počet chytrých domácností dokonce ztrojnásobil a předpokládá se, že se podíl chytrých domácností bude stále zvyšovat. (cz.iot-nn.com, 2018; Průcha, 2012)

3.2.2 Centralizované a decentralizované systémy chytré domácnosti

Centralizovaný systém umožňuje rychlou instalaci zařízení a je snadné provádět změny v systému. Hlavní nevýhodou centralizovaného systému je, že pokud dojde k poruše centrální jednotky, tak přestane fungovat celý systém. Další nevýhodou je nutnost průběžných aktualizací, bez kterých mohou být funkce systému omezeny.

Distribuovaný systém na rozdíl od centralizovaného systému běží na pozadí a umožňuje bezproblémovou integraci všech funkcí a aplikací v chytré domácnosti. Nemá žádnou centrální jednotku, která by se mohla rozbít, a tím způsobit nefunkčnost celého systému. V případě poruchy jednoho chytrého zařízení systém nadále funguje. Nevýhodou distribuovaného systému je, že ve většině případů je potřeba profesionální instalace systému. (hestiamagazine.eu, 2018)

Centralizovaný systém chytré domácnosti

Centralizovaný systém je řízen centrální jednotkou. Chytrá zařízení jsou připojena k centrální jednotce, která umožňuje mezi sebou propojit všechna chytrá zařízení a nakonfigurovat jejich nastavení v jednom místě.

Centrální systémy obvykle disponují snadno použitelným rozhraním, což umožňuje konfiguraci upravit pomocí několika málo kliknutí. Uživatelské rozhraní centralizovaných systémů má většinou přívětivý moderní design, který je snadno pochopitelný i pro nezkušené uživatele.

Většina dnešních chytrých domácností je centralizována. Hlavní nevýhodou centralizovaného systému je možnost poruchy centrální jednotky, která celý systém vyřadí z provozu. Je nutné také průběžně spravovat samotná chytrá zařízení, která občas vyžadují výměnu baterie, opravu nebo dokonce výměnu. Chytrá zařízení centralizovaného systému obvykle nemají tak dlouhou životnost, jakou mají chytrá zařízení v decentralizovaném systému, a tak centralizovaný systém potřebuje neustálé aktualizace, což vytváří stále další náklady na chytrou domácnost.

Souhrnně lze tedy říci, že centralizovaný systém je možné snadno nainstalovat a umožňuje snadno konfigurovat nastavení, ale je náročnější na průběžnou údržbu. (hestiamagazine.eu, 2018)

Decentralizovaný systém chytré domácnosti

Decentralizovaný nebo distribuovaný systém neumožňuje uživateli ho konfigurovat a provádět v něm změny v instalaci chytrých zařízení. Vše už je předem nastaveno a chytrá zařízení dělají vše automaticky, takže se uživatel nemusí o nic starat.

V decentralizovaném systému všechna zařízení spolu vzájemně komunikují na rozdíl od centralizovaného systému, kde jedna centrální jednotka komunikuje s každým chytrým zařízením zvlášť. Decentralizovaný systém tak zajišťuje, že i když se hlavní

ovládací zařízení porouchá, tak zbývající chytrá zařízení budou nadále fungovat. To je důležité zejména v komerčních budovách jako jsou obchody, kanceláře nebo hotely.

Decentralizovaný systém má dlouhodobou životnost a nevyžaduje žádné aktualizace, které by ovlivňovali funkčnost celého systému. Nevýhodou decentralizovaného systému je však složitá instalace systému, kterou by měl provádět jen profesionální instalační technik. Ve většině případů, kdy jsou prováděny nutné změny v instalaci decentralizovaného systému, je potřeba profesionálního instalačního technika.

Příkladem decentralizovaného systému je norma KNX. Norma KNX nabízí software, pro který celá řada dalších společností vytváří svá chytrá zařízení, která mohou mezi sebou vzájemně komunikovat, což vede k celé řadě možností domácí automatizace. Norma KNX ETS Inside vyvinutá v poslední době dokonce umožňuje uživateli provádět drobné úpravy v instalaci decentralizovaného systému a je možné ho ovládat pomocí chytrého telefonu nebo tabletu.

Souhrnně lze tedy říci, že decentralizovaný systém je složitý na instalaci a neumožňuje snadnou konfiguraci nastavení, ale je nenáročný na údržbu a jeho životnost je dlouhodobá. (hestiamagazine.eu, 2018)

3.2.3 Možnosti komunikace chytrých zařízení s internetem

V poslední době se v domácnostech stalo populární bezdrátové řešení sítí. V domácnostech je dnes běžné mít vlastní Wi-Fi síť, ke které uživatelé domácnosti připojují své počítače, chytré telefony, tablety, televize, audio systémy, tiskárny a další elektroniku. Výhodou je, že není potřeba žádných kabelů a zařízení je možné používat kdekoli v domácnosti. Pokud se ale podíváme na podniky, zjistíme, že zaměstnanci mají kabelové připojení určené výhradně pro ně a bezdrátové sítě jsou obvykle ponechány volně k použití pro návštěvníky. (home-automate.co.uk, 2018)

Kabelová instalace chytré domácnosti

Kabelová instalace chytré domácnosti je dobrá volba zejména pro nové stavby nebo rozsáhlé rekonstrukce, kdy je možná instalace kabelů do zdí a po dokončení nebudou kabely viditelné. Vzhledem k tomu, že každá kabelová instalace vyžaduje, aby kabely vedly po celé domácnosti, je nezbytné kabelovou instalaci předem rozmyslet a navrhnout, protože pozdější úpravy jsou složité a nákladné. Hlavní nevýhodou kabelové instalace jsou

pořizovací náklady, které jsou vyšší než u bezdrátové instalace. Důvodem vyšší ceny jsou zejména náklady za stavební práce, profesionální instalaci a kabeláž.

Na druhé straně investice do kabelové instalace přináší své výhody. Jednou z hlavních výhod kabelové instalace je lepší zabezpečení, protože je pro útočníky těžší do sítě proniknout. Kabelová instalace má také vyšší spolehlivost a stabilitu, protože její signál není nikdy ovlivňován jinými sítěmi jako v případě bezdrátové instalace. Dalším pozitivním prvkem kabelové instalace je rychlost, kdy lze dosahovat rychlosti přenosu dat až 1 gigabit dat za sekundu. (home-automate.co.uk, 2018)

Bezdrátová instalace chytré domácnosti

Bezdrátová instalace je méně nákladné a jednodušší řešení realizace chytré domácnosti, a jedná se o vhodnější řešení pro již zařízené domácnosti než realizace kabelové instalace. Bezdrátová instalace také vyžaduje méně vybavení, protože není nutné rozvádět kabely po celé domácnosti a zároveň je snadné provádět pozdější úpravy v instalaci.

Bezdrátovou instalaci ale mohou provázet problémy s pokrytím celé domácnosti, kdy občas vznikají některá místa, kde je slabý signál nebo dokonce úplně bez signálu. Dalšími negativy bezdrátové instalace jsou nižší rychlosti přenosů dat a horší zabezpečení bezdrátové sítě než v případě kabelové instalace. (home-automate.co.uk, 2018)

Hybridní řešení chytré domácnosti

Kompromisem mezi kabelovou a bezdrátovou instalací chytré domácnosti je hybridní řešení chytré domácnosti. Hybridní řešení funguje tak, že kabelová instalace spojuje chytré detektory, senzory, spínače, termostaty a další chytrá zařízení, a funguje jako sběrníková síť, která je propojena pomocí kabelů se základnovými stanicemi. Tyto základové stanice pak mimo jiné slouží jako přístupové body pro různá chytrá bezdrátová zařízení. Tím je zajištěna vyšší spolehlivost a stabilita signálu v celé chytré domácnosti, ale zároveň je zachována možnost snadných pozdějších úprav některých prvků v hybridním řešení chytré domácnosti. (Sharma, 2018)

3.2.4 Základní IoT komponenty chytré domácnosti

Chytrá domácnost se skládá z několika základních IoT komponentů. Jsou jimi řídicí síť, centrální jednotka, ovládací zařízení, akční prvky, detektory a senzory.

Řídicí síť

Řídicí síť zajišťuje propojení mezi centrální jednotkou a ovládacími zařízeními na jedné straně s ovládanými chytrými zařízeními (akční prvky, detektory a senzory) na druhé straně. V rámci práce jsou řešeny primárně řídicí sítě založené na využití elektrického vedení a bezdrátového přenosu dat. (Kyas, 2017)

Mezi hlavní technologie pro řídicí sítě v chytré domácnosti se řadí:

- Kabelový přenos dat.
- Bezdrátový přenos dat.

Centrální jednotka (Smart hub)

Centrální jednotka je hlavním prvkem chytré domácnosti. K centrální jednotce jsou připojeny všechny detektory, senzory, akční prvky a chytrá zařízení v domácnosti. Chytrá zařízení komunikují s centrální jednotkou pomocí jednoho či více přenosových protokolů. Přes centrální jednotku uživatel přistupuje ke všem chytrým zařízením v domácnosti a má možnost je ovládat.

Některá chytrá zařízení nedokáží přímo komunikovat s konkrétní centrální jednotkou, když například centrální jednotka přímo nepodporuje přenosový protokol, který daná chytrá zařízení využívají. Tento problém je možné vyřešit pomocí dílčí centrální jednotky, která je přímo určena pouze pro daná nepodporovaná chytrá zařízení. Přes tuto dílčí centrální jednotku pak nepodporovaná chytrá zařízení komunikují s hlavní centrální jednotkou, kdy centrální jednotky mezi sebou komunikují většinou pomocí Wi-Fi sítě, kterou centrální jednotky ve většině případů podporují.

Uživatel může chytrá zařízení ovládat buď přímo z centrální jednotky, nebo vzdáleně pomocí aplikace v ovládacím zařízení, chytrém telefonu nebo tabletu. Aplikace s centrální jednotkou komunikuje, a tak umožňuje ovládat chytrá zařízení. (Prospero, 2019; chytredomacnosti.cz, 2019)

Mezi nejpoužívanější centrální jednotky (smart huby) se řadí:

- Google Home.
- Amazon Echo.
- Apple HomePod.
- Samsung SmartThings Hub.

Ovládací zařízení

Ovládací zařízení umožňují ovládat chytrou domácnost díky tomu, že jsou připojena k centrální jednotce pomocí řídicí sítě. Ovládací zařízení může být například jednoduchý dálkový ovladač určený pro dané chytré zařízení, ale může to být také komplexní dálkový ovladač s aplikací, která ovládá více chytrých zařízení. Nejčastější je pro ovládání využití aplikace pro chytré telefony nebo tablety, která slouží jako vzdálené ovládací zařízení. (Kyas, 2017)

Akční prvky (aktory)

Akční prvek si lze představit jako nějaký pohyblivý prvek v chytré domácnosti, který vykonává akce podle obdržených příkazů. Příkazy mohou přijít přes centrální jednotku z detektoru, senzoru nebo přímo od uživatele. (chytredomacnosti.cz, 2019)

Mezi nejpoužívanější akční prvky se řadí:

- Relé pro ovládání osvětlení.
- Relé pro ovládání rolet.
- Chytré zásuvky a spínače pro ovládání elektrických spotřebičů.

Detektory a senzory

Rozdíl mezi detektory a senzory je velmi malý, a někdy je složité určit, jestli je dané zařízení detektor nebo senzor. Detektor je podle definice zařízení, které zjišťuje přítomnost nějakého fyzikálního jevu. Senzor je zase podle definice zařízení, které přeměňuje sledovanou veličinu na elektrický signál. (Schafferová, 2018)

Detektory a senzory mají za úkol průběžně sbírat data, která pak odesílají do centrální jednotky. Pokud detekují předem nastavenou hodnotu, která má spustit nějakou činnost, tak tuto informaci odešlou do centrální jednotky. Ta data vyhodnotí a pošle příkaz do akčních prvků, které pak začnou provádět to co mají předem nastaveno.

Detektory a senzory jsou určeny k zaznamenávání různých událostí nebo pro průběžné měření a hlídání sledované veličiny. Detektory a senzory většinou komunikují s centrální jednotkou přes bezdrátové přenosové protokoly, které jsou méně náročné na spotřebu energie. Spotřeba energie je důležitá především proto, že jsou detektory a senzory většinou bezdrátové a jsou tak napájeny jen pomocí baterie. Proto se data nejčastěji přenáší přes bezdrátové přenosové protokoly ZigBee a Z-Wave, ale může být pro přenos dat využita i Wi-Fi síť a Bluetooth.

Detektorů a senzorů je celá řada a mezi nejpoužívanější se řadí detektory kouře, plynu, oxidu uhelnatého, vibrací, úniku vody, prostorové pohybové senzory a pohybové senzory pro okna a dveře. Když nastane nějaká mimořádná událost v chytré domácnosti, kterou chytrý detektor nebo senzor zaznamená, tak daný detektor nebo senzor zašle přes centrální jednotku uživateli oznámení o události například na chytrý telefon nebo tablet. (chytredomacnosti.cz, 2019)

Mezi nejpoužívanější detektory a senzory se řadí:

- Detektory kouře, plynu, oxidu uhelnatého, vibrací a úniku vody.
- Senzory přítomnosti a pohybu.
- Senzory intenzity osvětlení.
- Senzory teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu a kvality ovzduší.

3.2.5 Možnosti ovládání chytré domácnosti

Většina běžných domácností v dnešní době obsahuje mechanické ovládací prvky. Mechanické ovládací prvky slouží vždy k jednomu určitému úkolu a jednotlivé mechanické ovládací prvky mezi sebou vzájemně nekomunikují. Tyto mechanické ovládací prvky jsou manuálně ovládané (tlačítka, páčky, přepínače) a mají jednoduché a intuitivní ovládání.

Na druhé straně je pak chytrá domácnost, která tyto mechanické ovládací prvky nahrazuje chytrými zařízeními. Tato chytrá zařízení spolu dokáží vzájemně komunikovat a umožňují vzdálené ovládání. Chytrá domácnost zároveň automatizuje všechny opakující se činnosti, které by uživatel musel opakovaně manuálně vykonávat, a tím uživateli zvětšuje pohodlí a usnadňuje běžný chod domácnosti. (Valeš, 2006)

Mechanické ovládací prvky

Mechanické ovládací prvky jsou fyzická zařízení, která jsou velmi dobře viditelná a způsob jejich ovládání je všem dobře znám. Mechanické ovládací prvky jsou přítomny ve většině dnešních běžných domácností. Tyto mechanické ovládací prvky uživateli většinou svým tvarem a ergonomií naznačují způsob jejich ovládání. Není možné je nijak přizpůsobit uživateli či omezit možnost využívání daného ovládacího prvku jen pro určité uživatele. Mezi mechanické ovládací prvky řadíme zejména různé mechanicky ovladatelné ovladače, tlačítka, páčky, přepínače, spínače. (Valeš, 2006)

Ovládání pomocí aplikace (vzdálené ovládání)

Ovládání pomocí aplikace je v současné době nejrozšířenější způsob ovládání chytré domácnosti zřejmě díky své jednoduchosti. Využívá se při něm grafického uživatelského rozhraní, které umožňuje zobrazit velké množství informací a grafických prvků jako jsou například různé ikony. Díky tomu je ovládání uživatelsky přístupné, protože interakce s grafickým uživatelským rozhraním je příjemné a nemá vysoké nároky na znalosti uživatele. Jednoduché grafické uživatelské rozhraní je dnes zabudováno do mnoha zařízení, a běžně ho využívají i domácí spotřebiče, které nejsou ani součástí chytré domácnosti, právě pro svou přehlednost a jednoduchost. (Valeš, 2006)

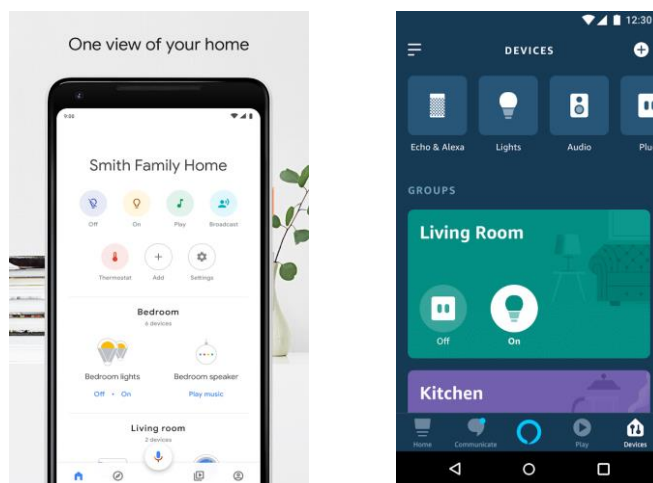
Většina dnešních chytrých zařízení má obvykle vlastní aplikaci pro chytré telefony a tablety, přes kterou lze chytrá zařízení ovládat. Uživatel si tak ke každému chytrému zařízení může stáhnout vlastní unikátní aplikaci k jeho nastavení a ovládání. To může být ale nepřehledné a nepohodlné, když má uživatel více chytrých zařízení ve své chytré domácnosti, protože musí každé chytré zařízení ovládat z jiné aplikace. Tomuto problému se lze vyhnout pomocí univerzálních aplikací, které dokážou ovládat většinu chytrých zařízení v chytré domácnosti.

Univerzální aplikace jsou společně s hlasovým ovládním nejlepším způsobem, jak ovládat chytrou domácnost. To platí zejména v případě, kdy všichni uživatelé chytré domácnosti využívají stejnou univerzální aplikaci. Uživatel tak může ovládat většinu funkcí všech chytrých zařízení v chytré domácnosti pomocí jediné univerzální aplikace. Po správném nastavení univerzální aplikace bude potřeba dalších aplikací pouze pro aktualizaci firmwaru chytrých zařízení a příležitostně pro některé rozšířené funkce chytrých zařízení, které univerzální aplikace nepodporuje.

Nejprve je však stále nutné nainstalovat aplikaci spojenou s daným chytrým zařízením. Ta se použije k nastavení chytrého zařízení a až poté je možné zařízení připojit k univerzální aplikaci. Původní aplikace by se však ani po připojení chytrého zařízení do univerzální aplikace neměla odinstalovat, protože jí bude stále potřeba někdy použít pro aktualizaci firmwaru nebo pro rozšířené funkce. Například aplikace Philips Hue nabízí pro chytré žárovky více barevných možností než univerzální aplikace Google Home. V takovém případě je nutné nastavit si barevné scény v aplikaci Philips Hue. Pokud však univerzální aplikace umožňuje ovládat většinu funkcí chytrého zařízení, tak se stále jedná o velké zjednodušení běžného ovládání chytré domácnosti.

Pro průměrnou chytrou domácnost, která nepotřebuje mít žádné složité nastavení rutin, časovačů a scén, jsou vhodné aplikace Google Home (Obrázek 6) a Amazon Alexa (Obrázek 7), které dobře fungují jako univerzální aplikace na ovládání chytré domácnosti, a umožňují tak propojit všechny chytré telefony, tablety a chytré reproduktory na jednom místě. Pokud uživatel chytré domácnosti využívá produkty od společnosti Apple, může použít aplikaci Home pro Apple HomeKit, která zastává stejnou funkci jako aplikace Google Home a Amazon Alexa.

Tyto univerzální aplikace jsou zejména využívány s příslušnými chytrými reproduktory Google Home, Amazon Echo nebo Apple HomePod, které zároveň slouží jako centrální jednotky chytré domácnosti. Díky tomu, že jsou chytré reproduktory neustále připojeny k domácí Wi-Fi síti, je možné ovládat chytrou domácnost vzdáleně přes aplikaci i mimo domov. Aby bylo možné chytré zařízení přidat do dané univerzální aplikace, je nutné, aby tuto možnost zařízení podporovalo. Proto je nutné vybírat chytrá zařízení mimo jiné podle toho, zda dané zařízení aplikaci podporuje. (Hendrickson, 2019)



Obrázek 6: Aplikace Google Home (play.google.com, 2019a)
Obrázek 7: Aplikace Amazon Alexa (play.google.com, 2019b)

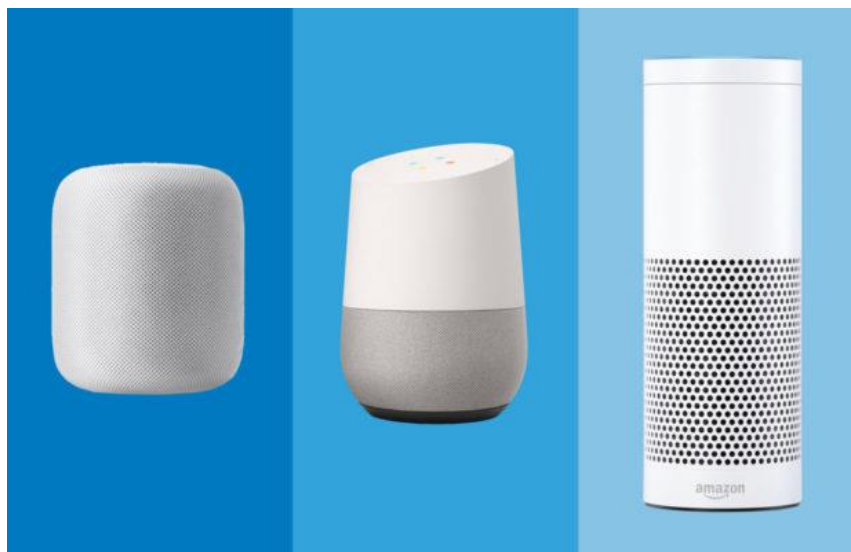
Hlasový asistenti (hlasové ovládání)

Hlasové ovládání je jeden z nejpřirozenějších způsobů, jak ovládat chytrou domácnost. Interakce s chytrým reproduktorem je pro uživatele intuitivní, protože uživatel nemusí nic hledat ani číst, ale stačí pouze aby vyslovil příkaz, který chytrý reproduktor rozpozná, vyhodnotí a následně provede. Nevýhodou hlasového ovládání je problém s rozpoznáním příkazu, kdy příkaz musí být vysloven zřetelně a v některých případech se musí jednat o přesnou frázi. Dále je zde problém s podporou hlasových příkazů v některých méně rozšířených jazycích jako je například čeština. (Valeš, 2006)

V současné době je vývoj hlasového ovládání velmi aktuální a největší technologické společnosti ho stále vylepšují. Hlasové ovládání už ale není jen o zadávání a rozpoznávání příkazů, ale postupným vývojem se proměnilo hlasové ovládání na hlasového asistenta, který dokáže nejen ovládat chytrou domácnost, ale umí s uživatelem komunikovat, číst mu zprávy, budit ho a mnoho dalších užitečných činností.

Mezi nejpoužívanější hlasové asistenty patří Google Assistant, Amazon Alexa a Siri od společnosti Apple. Uživatel s hlasovými asistenty komunikuje přes chytré reproduktory (Obrázek 8), kdy každý asistent má svůj vlastní chytrý reproduktor, který následně komunikuje s cílovými chytrými zařízeními. Google Assistant využívá chytré reproduktory Google Home, Amazon Alexa chytré reproduktory Amazon Echo a Siri chytré reproduktory Apple HomePod pro Apple HomeKit, který sdružuje všechna kompatibilní chytrá zařízení s danou platformou od různých výrobců. Společnost Google dokonce nabízí chytrý reproduktor Google Home Hub, který má v sobě zabudován dotykový displej, a využívá tak hlasového asistenta v kombinaci s grafickým rozhraním.

Aby bylo možné komunikovat s hlasovým asistentem v celé chytré domácnosti, tak je nutné rozmístit chytré reproduktory do každé místnosti, kde uživatel vyžaduje přítomnost hlasového asistenta. Hlasový asistenti se navzájem neruší, a je tak možné používat více asistentů od různých výrobců v jedné chytré domácnosti. (Dennon, 2019)



Obrázek 8: Chytré reproduktory Apple HomePod, Google Home, Amazon Echo (techgeek365.com, 2018)

Ovládání pomocí gest

Princip fungování ovládání pomocí gest je založen na snímání pohybu lidského těla uživatele pomocí různých senzorů a kamer. Senzory a kamery neustále detekují pohyb uživatele, který je vyhodnocován a jakmile uživatel provede předem dané gesto, tak je realizována činnost, která je nastavená k danému gestu. Například uživatel mávne rukou shora dolů směrem k oknu, tak systém gesto vyhodnotí a stáhnou se dolů okenní rolety. Nevýhodou ovládání pomocí gest je možnost nezaznamenání gesta kamerou kvůli špatné poloze kamery nebo špatným světelným podmínkám. Zároveň je nutné neustálé snímání pohybu uživatele po celé chytré domácnosti, což může být některým uživatelům nepříjemné. (Valeš, 2006)

3.2.6 Konkrétní chytrá zařízení

Chytrá domácnost je komplexní systém, který v sobě propojuje několik různých chytrých zařízení a dohromady tak vytváří funkční celek, který uživatelům domácnosti zvyšuje komfort bydlení a usnadňuje běžné každodenní činnosti.

Chytré osvětlení

Chytré osvětlení umožňuje uživateli vzdáleně ovládat světla v chytré domácnosti pomocí dálkového ovladače, chytrého telefonu, tabletu nebo chytrého reproduktoru. Světla lze na dálku zapínat, vypínat, měnit jejich intenzitu osvětlení, a dokonce některé světla

umožňují změnu barvy osvětlení. Chytré osvětlení umožňuje vytvářet světelné scény, a tak uživatel snadno upraví osvětlení v místnosti tak, aby bylo vhodné pro danou situaci. Například při sledování televize jsou světla více ztlumená, a naopak při večírku může být osvětlení více intenzivní a měnit různé barvy.

Světla lze také naprogramovat tak, aby se zapínala a vypínala v určitý čas. To může sloužit jako ochranný prvek domácnosti, kdy se domácnost může z venku jevit jako obsazená, a přitom uživatel může být mimo domácnost. Naprogramování světel umožňuje šetřit elektrickou energii díky automatizovanému ovládání chytrého osvětlení. Nejčastěji chytré osvětlení využívá bezdrátové přenosové protokoly ZigBee, Z-Wave a Wi-Fi síť.

Chytré osvětlení může být buď v podobě svítidla, které lze jako už hotový spotřebič umístit na vhodné místo, nebo může být v podobě chytrých LED žárovek či chytrých LED pásek. Mezi nejznámější systémy chytrého osvětlení patří Philips Hue (Obrázek 9) a Xiaomi Yeelight. (Crist, 2019)



Obrázek 9: Chytré žárovky Philips Hue (mall.cz, 2017a)

Chytré rolety

Chytré rolety slouží k vzdálenému ovládání zatahování oken v chytré domácnosti, a ovládají se pomocí dálkového ovladače, chytrého telefonu, tabletu nebo chytrého reproduktoru. Chytré rolety mohou být buď venkovní nebo vnitřní. (Kluska, 2019)

Chytré zásuvky a spínače

Chytré zásuvky a spínače je možné vzdáleně aktivovat či deaktivovat pomocí chytrého telefonu, tabletu nebo chytrého reproduktoru. Díky tomu je možné vzdáleně zapínat nebo vypínat všechna zařízení připojená do chytrých zásuvek. Chytré spínače mohou sloužit také jako levnější a jednodušší náhrada chytrého osvětlení, kdy umožňují ovládat vzdáleně klasická světla, ale nenabídnou funkce jako jsou změna intenzity osvětlení, změna barvy osvětlení a vytváření světelných scén. (Liu, 2018)

Chytré termostaty

Chytré termostaty (Obrázek 10) umožňují ovládání vytápění v chytré domácnosti vzdáleně pomocí chytrého telefonu nebo tabletu. Díky chytrým termostatům má uživatel přehled o spotřebované energii v domácnosti, a zároveň umožňují zefektivnit vytápění domácnosti. Pomocí chytrých termostatů lze vzdáleně nastavovat teplotu domácnosti, a dokonce chytré termostaty podporují různé režimy, které si uživatel může naprogramovat. Uživatel si tak může naprogramovat různé režimy pro všední dny, víkendy a různá roční období, díky čemuž je možné ušetřit energii.

Chytré termostaty je možné využívat několika způsoby. Buď je možné použít samostatný chytrý termostat, který nahradí klasický termostat v domácnosti, nebo je možné použít samostatné chytré termostatické hlavice, které jsou připojené přímo k radiátorům. Samostatné chytré termostatické hlavice jsou vhodné zejména pro domácnosti s centrálním vytápěním, kde není možné nastavovat vlastní kotel. Pro domácnosti s vlastním kotlem je nejvhodnější použít jak chytrý termostat, tak i chytré termostatické hlavice, díky čemuž je možné komplexněji nastavovat teplotu v domácnosti a mít tak úplnou kontrolu nad teplotou v každé místnosti.

Chytrý termostat lze připojit místo klasického termostatu, kdy je spojení s kotlem zajištěno pomocí původních již nainstalovaných drátů. Pokud v domácnosti dříve termostat nebyl, je možné ke kotli drátově připojit spínač a chytrý termostat pak umístit kdekoliv v domácnosti.

Chytré termostaty komunikují nejčastěji pomocí Wi-Fi sítě, ale jsou i termostaty, které komunikují pomocí Bluetooth nebo pomocí jiného přenosového protokolu. Umístěný chytrý termostat může být buď napájen z elektrické sítě nebo pomocí baterie. Chytré termostatické hlavice jsou vždy napájeny pomocí baterie. (Rawes, 2019)



Obrázek 10: Chytrý termostat Google Nest (mall.cz, 2017b)

Chytré meteostanice

Chytré meteostanice dokáží oproti klasickým meteostanicím komunikovat s uživatelem přes chytrý telefon nebo tablet pomocí Wi-Fi sítě či Bluetooth, a tak si uživatel může vzdáleně zobrazit různé informace jako jsou různé statistiky či grafy o počasí. Zároveň umožňují rozšíření svých funkcí pomocí přidání dalších detektorů nebo senzorů. Nejčastěji však měří teplotu vzduchu, vlhkost vzduchu, tlak vzduchu a kvalitu ovzduší.

Chytré meteostanice mohou být buď s vlastním integrovaným displejem nebo bez displeje, kdy si všechny informace uživatel musí zobrazovat pomocí chytrého telefonu nebo tabletu. (Tofel, 2019)

Chytré zabezpečení domácnosti

Prvky chytrého zabezpečení zvyšují úroveň zabezpečení chytré domácnosti. Mezi nejběžnější chytré bezpečnostní prvky domácnosti patří chytré alarmy, chytré zámky, videotelefony, chytrá dveřní kukátka a chytré kamery. Dohromady tyto bezpečnostní prvky tvoří bezpečnostní systém chytré domácnosti. (smarthome.com, 2018)

Chytré alarmy

Chytré alarmy informují uživatele chytré domácnosti v reálném čase o každé nestandardní situaci. Chytrý alarm upozorní uživatele na nestandardní situaci buď zavoláním, zasláním SMS zprávy nebo pomocí zaslání notifikace do aplikace chytrého telefonu nebo tabletu. Chytré alarmy fungují bezdrátově a dají se ovládat pomocí dálkového ovladače, chytrého telefonu nebo tabletu. K hlídání domácnosti chytré alarmy využívají především pohybové senzory a zabudovanou sirénu, ale je možné jejich bezpečnostní systém rozšířit o další detektory a senzory. (smarthome.com, 2018)

Chytré zámky

Chytré zámky nahrazují klasické zámky, a slouží k bezdrátovému odemykání a zamykání dveří pomocí chytrého telefonu. Chytré zámky umožňují přiřadit přístupová práva různým uživatelům, a dále pak monitorovat příchody a odchody každého z nich. (smarthome.com, 2018)

Videotelefony

Videotelefony jsou vhodné zejména pro domy, a skládají se z kamerové jednotky a vnitřní jednotky, kdy kamerová jednotka je umístěná u vstupních dveří nebo u vrat, a vnitřní jednotka s displejem je umístěná uvnitř domu. Přes videotelefony lze dálkově odemknout vstupní dveře, umožňují sledovat dění před domem a umí komunikovat s chytrým telefonem nebo tabletem. (smarthome.com, 2018)

Chytrá dveřní kukátka

Chytrá dveřní kukátka nahrazují klasické dveřní kukátko. Hodí se zejména pro vstupní dveře do bytové jednotky. V chytrém dveřním kukátku je integrovaná kamera, která sleduje dění před bytem. Uživatel může sledovat dění před bytem buď pomocí obrazovky umístěné uvnitř bytu, nebo pomocí chytrého telefonu a tabletu. (smarthome.com, 2018)

Chytré kamery

Chytré kamery umožňují nahrávání a ukládání videa do cloudu nebo na SD kartu a jeho streamování v reálném čase přes Wi-Fi síť nebo LAN kabel. Chytré kamery zároveň umí rozpoznat osoby, zvířata nebo auta, a zasílat uživateli notifikace o zaznamenaném pohybu na chytrý telefon nebo tablet.

Chytré kamery mohou být vybaveny různými speciálními funkcemi jako jsou například noční vidění nebo termovize. Dělí se na venkovní chytré kamery a vnitřní chytré kamery, kdy venkovní chytré kamery jsou určeny k monitorování okolí domu a vnitřní chytré kamery jsou určeny k monitorování domácnosti. (smarthome.com, 2018)

4. Vlastní práce

V rámci praktické části bakalářské práce bude realizován modelový návrh chytré domácnosti. Modelový návrh chytré domácnosti bude sloužit jako demonstrační řešení chytré domácnosti. Budou zde řešeny různé oblasti návrhu chytré domácnosti jako jsou ovládání, zabezpečení, osvětlení, regulace teploty a regulace venkovního světla. Modelový návrh bude mít pro některé oblasti návrhu více variant řešení, kdy tyto různé varianty řešení budou zhodnoceny z hlediska funkcí.

Z odborných zdrojů bylo zjištěno, že stěžejní oblasti chytré domácnosti dle preferencí evropských uživatelů jsou ovládání domácnosti pomocí chytrých reproduktorů, zabezpečení domácnosti monitorovacími systémy, chytré osvětlení a regulace teploty pomocí chytrých termostatů (Obrázek 11). Proto tyto oblasti budou zahrnuty ve všech variantách modelových řešení chytré domácnosti.

Product Category	2019 Shipments*	2019 Share*	2023 Shipments**	2023 Share**	CAGR 2019–2023
Video entertainment	60,389	56.0%	77,257	41.7%	6.4%
Smart speaker	22,490	20.9%	43,291	23.3%	17.8%
Lighting	6,560	6.1%	28,495	15.4%	44.4%
Home monitoring/security	11,625	10.8%	21,536	11.6%	16.7%
Thermostat	2,909	2.7%	5,856	3.2%	19.1%
Others	3,821	3.5%	9,022	4.8%	24.0%
Total	107,794	100.0%	185,457	100.0%	14.5%

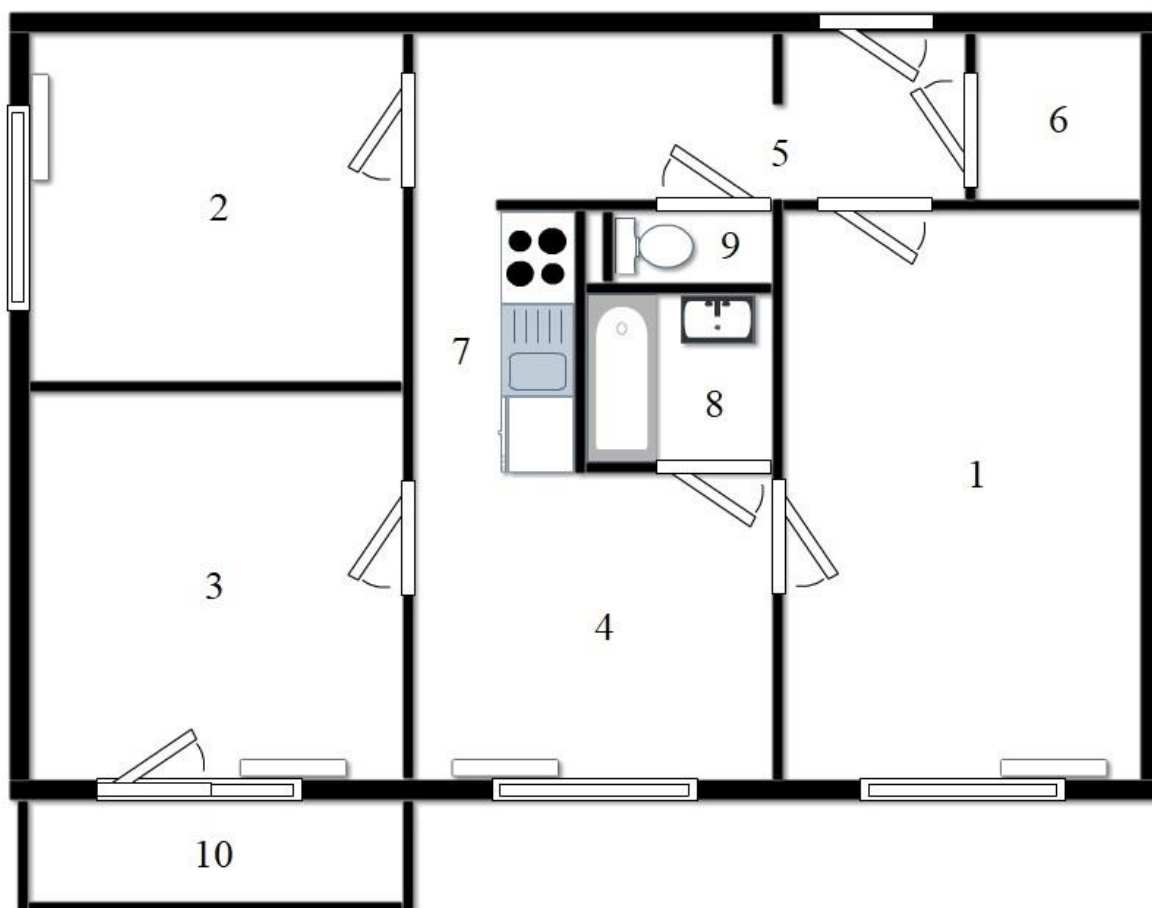
Obrázek 11: Podíl prodaných chytrých zařízení v Evropě – 2019 (Láska, 2019)

Cílem je vytvořit několik variantních modelů řešení chytré domácnosti lišících se výběrem chytrých zařízení a v množství řešených oblastí chytré domácnosti. Je vyžadováno, aby byl celý systém chytré domácnosti postaven na jedné platformě umožňující ovládání prostřednictvím jedné univerzální mobilní aplikace, protože to zásadně přispívá k snadnému ovládání celé chytré domácnosti a zvyšuje to uživatelskou přívětivost chytré domácnosti. Všechna instalovaná chytrá zařízení budou využívat pro komunikaci výhradně bezdrátové přenosové sítě.

4.1 Modelový návrh chytré domácnosti

Modelový návrh chytré domácnosti je realizován pro bytovou jednotku typu 3+1 o rozloze 75 m² (Obrázek 12). Bytová jednotka byla zvolena na základě statistiky, kdy reprezentuje jeden z nejvíce využívaných typů bytů v České republice dle posledního průzkumu Českého statistického úřadu z roku 2011 (Obrázek 13). Dalšími důvody pro výběr této konkrétní bytové jednotky byly dobrá znalost bytové jednotky a přístup k přesnému nákresu bytové jednotky, jelikož se jedná o byt, ve kterém v současné době bydlím.

Bytová jednotka je vhodná pro tři až čtyř člennou rodinu, je jednopodlažní, a skládá se z obývacího pokoje (1), dětského pokoje (2), ložnice (3) a kuchyně (7) s jídelním koutem (4). Součástí bytové jednotky je také příchodová chodba (5), komora (6), koupelna (8), WC (9) a balkon (10).



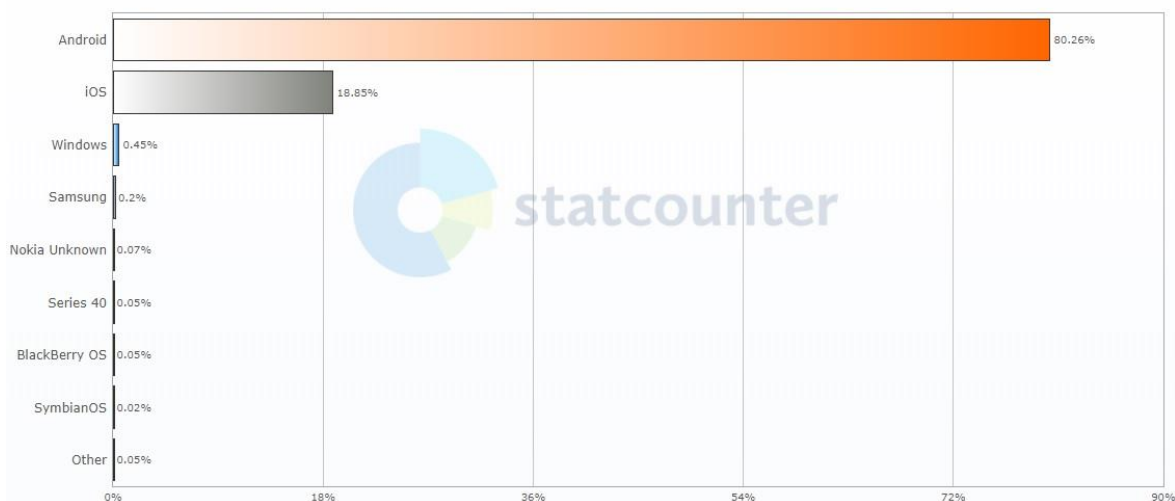
Obrázek 12: Nákres modelové bytové jednotky typu 3+1

	2001	2011	2011 dle metodiky 2001	2001	2011	2011 dle metodiky 2001
	abs.			%		
Osoby v bytech celkem	10 101 302	10 144 961	10 144 961	100,0	100,0	100,0
v tom v bytech s počtem obytných místností						
1	862 660	338 873	739 735	8,5	3,3	7,3
2	2 669 730	980 233	2 173 425	26,4	9,7	21,4
3	3 940 356	2 279 902	3 387 638	39,0	22,5	33,4
4	1 500 375	2 982 796	1 680 570	14,9	29,4	16,6
5+	1 062 656	2 810 737	1 411 173	10,5	27,7	13,9
nezjištěno	65 525	752 420	752 420	0,6	7,4	7,4

Obrázek 13: Osoby v bytech podle počtu obytných místností v letech 2001 a 2011 (czso.cz, 2011)

Celý systém chytré domácnosti je postaven na platformě Android, protože se jedná o nejrozšířenější mobilní operační systém v České republice (Obrázek 14). Z tohoto důvodu byl Android vybrán namísto konkurenčního mobilního operačního systému iOS.

Mobile Operating System Market Share Czech Republic
Sept 2019



Obrázek 14: Podíl mobilních operačních systémů v České republice – Září 2019 (gs.statcounter.com, 2019)

4.1.1 Systémy ovládání

Modelový návrh chytré domácnosti obsahuje relativně velké množství chytrých zařízení, a proto je nutné zajistit jejich snadné ovládání pod jednou platformou, což je pro tento modelový návrh mobilní operační systém Android. Na základě preferencí evropských uživatelů (Obrázek 15) je zvolen jako centrální jednotka celé chytré domácnosti chytrý reproduktor (Tabulka 2) Google Home Hub (Obrázek 16), který slouží k propojení všech

chytrých zařízení v bytě. Google Home Hub komunikuje s ostatními chytrými zařízeními v bytě pomocí Wi-Fi sítě a Bluetooth.

Jako alternativní řešení pro centrální jednotku chytré domácnosti by dle preferencí evropských uživatelů mohl sloužit chytrý reproduktor Amazon Echo Plus 2.generace (Obrázek 17).

Vendor	2Q19 Shipment Volume	2Q19 Market Share	2Q18 Shipment Volume	2Q18 Market Share	Year-Over-Year Change
1. Google	3,480	15.8%	2,985	16.0%	16.6%
2. Amazon.com	3,363	15.3%	2,616	14.0%	28.5%
3. Samsung	2,872	13.0%	2,470	13.2%	16.2%
4. LG Electronics	2,127	9.7%	2,020	10.8%	5.3%
5. Sony	1,191	5.4%	1,187	6.4%	0.3%
Others	8,976	40.8%	7,397	39.6%	21.3%
Total	22,009	100.0%	18,677	100.0%	17.8%

Obrázek 15: Podíl prodaných chytrých reproduktorů a centrálních jednotek v Evropě – 2019 (Láska, 2019)

Hlasový asistent (hlasové ovládání)

Ovládání chytré domácnosti funguje primárně skrze hlasového asistenta Google Assistant, který je integrován v chytrém reproduktoru Google Home Hub. Pomocí Google Assistanta je možné komunikovat se všemi chytrými zařízeními v bytě a ovládat tak celou chytrou domácnost. Hlavní nevýhodou Google Assistanta a všech hlasových asistentů obecně je, že zatím nepodporují český jazyk.

Aby bylo dosaženo optimálního získávání hlasových povelů po celém bytě, je nutné, aby bylo v domácnosti rozmístěno více chytrých reproduktorů, které spolu vzájemně komunikují. Pro zvětšení dosahu Google Assistanta v bytě slouží chytré reproduktory Google Home Mini (Obrázek 16), které jsou k tomuto účelu vhodné díky jejich malé velikosti.

Hlavní chytrý reproduktor v domácnosti je Google Home Hub s integrovaným sedmi palcovým displejem, který zobrazuje čas, datum, počasí a další základní informace. Google Home Hub je jako centrální jednotka celé chytré domácnosti umístěn v obývacím pokoji. Další čtyři chytré reproduktory Google Home Mini jsou umístěny v dětském pokoji, v ložnici, v jídelním koutě a v příchodové chodbě. Chytré reproduktory nejsou

umístěny v kuchyni, v komoře, v koupelně, na WC a na balkoně, protože zde nemají dostatečné využití.

V případě varianty s hlavním chytrým reproduktorem Amazon Echo Plus 2.generace by pro zvětšení dosahu sloužily malé chytré reproduktory Amazon Echo Dot 3.generace (Obrázek 17). Chytré reproduktory Amazon mají integrovaného hlasového asistenta Amazon Alexa. Výhodou chytrého reproduktoru Amazon Echo Plus 2.generace je proti Google Home Hubu podpora protokolu ZigBee, kterou má integrovanou společně s podporou Wi-Fi sítě a Bluetooth. Na druhou stranu Amazon Echo Plus 2.generace postrádá integrovaný displej a nemá nativně propojeného hlasového asistenta se systémem Android.



Obrázek 16: Chytré reproduktory Google Home Hub a Google Home Mini (beachcamera.com, 2019)



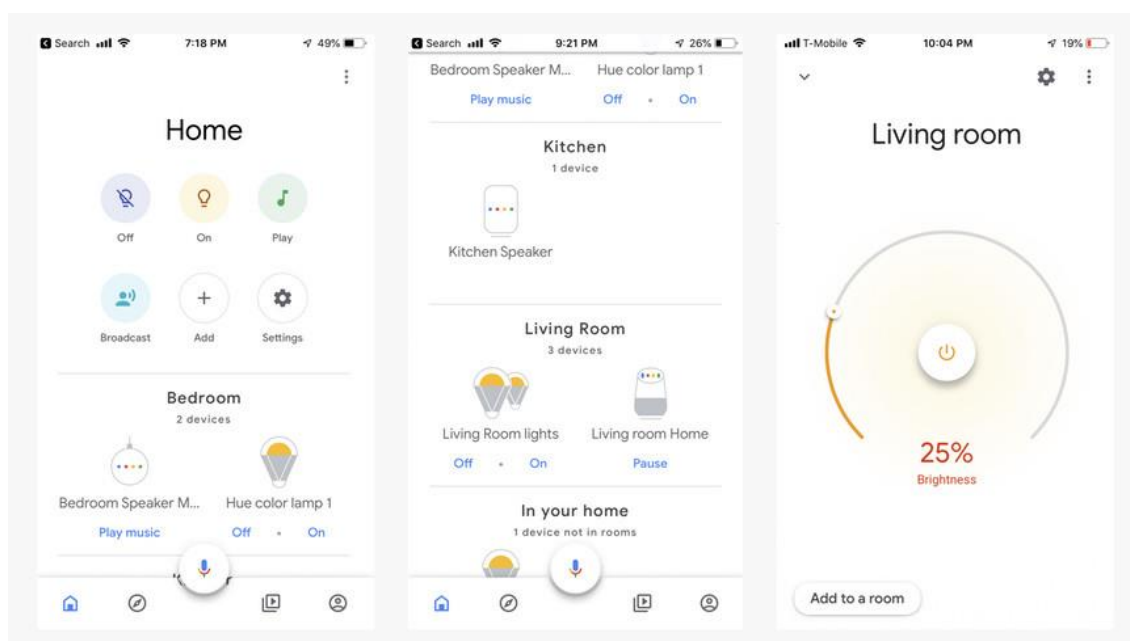
Obrázek 17: Chytré reproduktory Amazon Echo Plus 2.generace a Amazon Echo Dot 3.generace (androidcentral.com, 2019)

Ovládání pomocí aplikace (vzdálené ovládání)

Další způsob, jak lze ovládat celou chytrou domácnost, je skrze univerzální mobilní aplikaci Google Home (Obrázek 6; Obrázek 18) za pomoci chytrého telefonu nebo tabletu. Aplikace zároveň slouží k nastavení a spárování všech chytrých zařízení v bytě s chytrými reproduktory.

Díky univerzální mobilní aplikaci Google Home je možné automatizovat a vzdáleně ovládat celou chytrou domácnost, což například umožňuje uživateli mimo domov zkontrolovat, zda jsou zhasnutá světla, regulovat teplotu nebo zatáhnout rolety, aby do bytu nesvítilo slunce.

Chytré reproduktory Amazon mají také svojí vlastní univerzální mobilní aplikaci Amazon Alexa (Obrázek 7), která plní stejnou funkci jako mobilní aplikace Google Home.



Obrázek 18: Ovládání chytré domácnosti pomocí aplikace Google Home (the-ambient.com, 2018)

Tabulka 2: Chytré reproduktory

Produkt	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Zdroj	Cena v Kč
Google Home Hub	Ano	Ano	Ne	alza.cz	4590
Google Home Mini	Ano	Ano	Ne	alza.cz	1290
Amazon Echo Plus 2.generace	Ano	Ano	Ano	alza.cz	4899
Amazon Echo Dot 3.generace	Ano	Ano	Ne	alza.cz	1390

4.1.2 Bezpečnostní prvky

Chytré kamery

Bytová jednotka je zabezpečena pomocí kamerového systému (Tabulka 3), který se skládá z chytrého dveřního kukátka instalovaného na vstupních dveřích a z chytré venkovní kamery instalované na balkoně. Zabezpečení bytu pomocí chytrého kukátka je vhodné zejména proto, že jediný vchod do bytu je přes vstupní dveře, a tak chytré kukátko může sloužit zároveň jako bezpečnostní kamera. Výhodou tohoto řešení je, že v příchodové chodbě uvnitř bytu nemusí být instalována bezpečnostní kamera. To je příjemné pro všechny členy domácnosti, protože nejsou v bytě neustále sledováni bezpečnostní kamerou. Chytrá venkovní kamera na balkoně je zde instalovaná pro případ, kdyby se někdo snažil přes balkon vniknout do bytu.

Všechny bezpečnostní kamery v bytě jsou od společnosti EZVIZ, protože podporují Google Assistant a nativně komunikují s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě. Bezpečnostní kamery EZVIZ mají také vlastní mobilní aplikaci EZVIZ.

Konkrétně se jedná o dveřní kukátko EZVIZ DP1 (Obrázek 19) a venkovní kameru EZVIZ Husky Air (Obrázek 20). Dveřní kukátko EZVIZ DP1 je napájeno pomocí dobíjecí baterie a venkovní kamera EZVIZ Husky Air je napájena pomocí adaptéru zapojeného do zásuvky.



Obrázek 19: Chytré dveřní kukátko EZVIZ DP1 (czc.cz, 2018a)



Obrázek 20: Chytrá venkovní kamera EZVIZ Husky Air (czc.cz, 2018b)

Chytrý detektor

V kuchyni je ještě na stropu umístěn chytrý detektor (Tabulka 3) kouře a CO Google Nest Protect Wireless (Obrázek 21), který je zde z důvodu prevence proti požáru. Tento detektor byl vybrán, protože podporuje Google Assistanta a nativně komunikuje s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě. Chytrý detektor Google Nest Protect Wireless má také vlastní mobilní aplikaci Nest a integrovaný reproduktor, který v případě detekování nestandardní hodnoty měřené veličiny začne hlasitě houkat a informuje členy domácnosti o tom co detekoval. Je napájen šesti AA bateriemi.



Obrázek 21: Chytrý detektor Google Nest Protect Wireless (czc.cz, 2016)

Tabulka 3: Chytré kamery a chytrý detektor

Produkt	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Zdroj	Cena v Kč
Dveřní kukátko EZVIZ DP1	Ano	Ne	Ne	alza.cz	6999
Venkovní kamera EZVIZ Husky Air	Ano	Ne	Ne	alza.cz	2599
Detektor Google Nest Protect Wireless	Ano	Ne	Ne	alza.cz	3989

4.1.3 Systémy osvětlení

K osvětlení bytu je využit systém chytrého osvětlení (Tabulka 4), který se skládá z několika chytrých zařízení. Konkrétně se jedná o chytré LED žárovky, chytré LED pásky a chytré nástěnné spínače. Všechny jednotlivé chytré LED žárovky jsou instalovány do obyčejných lustrů, díky čemuž jsou zapojeny do elektrické sítě, a tak není nutné řešit jejich napájení. Aby bylo možné chytré LED žárovky dálkově ovládat a využívat jejich chytré funkce, je nutné, aby byl mechanický spínač světel stále v zapnutém stavu. Chytré LED

pásky jsou napájeny adaptérem, který je zapojen do zásuvky. Chytré nástěnné spínače jsou po instalaci místo mechanických spínačů napájeny přímo z elektrické sítě.

Chytré osvětlení v bytě je postaveno zejména na systému chytrého osvětlení Xiaomi Yeelight, protože podporuje ovládání pomocí Google Assistant a nativně komunikuje s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě. Xiaomi Yeelight má také vlastní mobilní aplikaci Yeelight.

Stropní světla v obývacím pokoji, v dětském pokoji, v ložnici a v jídelním koutě jsou řešena pomocí chytrých žárovek Xiaomi Yeelight LED (Obrázek 22). V obývacím pokoji je ještě za televizí instalován chytrý LED pásek Xiaomi Yeelight Lightstrip. Chytré žárovky Xiaomi Yeelight LED jsou instalovány ve variantě s nastavitelnými barvami. Měnit barvy umožňuje i chytrý LED pásek Xiaomi Yeelight Lightstrip. Díky tomu je možné vytvořit příjemnou atmosféru například při sledování televize, čtení knihy nebo relaxaci.

Alternativou k Xiaomi Yeelight může být systém chytrého osvětlení Philips Hue (Obrázek 9), který má velmi propracované funkce a je nejpopulárnější ze všech systémů chytrého osvětlení. Na druhé straně je Philips Hue dražší než Xiaomi Yeelight. Philips Hue zařízení komunikují buď pomocí protokolu ZigBee nebo pomocí Bluetooth. Proto by bylo nutné u některých Philips Hue zařízení pro komunikaci s Google Home Hubem instalovat Philips Hue Bridge, který komunikuje s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě a s Philips Hue zařízeními pomocí protokolu ZigBee. Amazon Echo Plus 2. generace může, díky podpoře protokolu ZigBee, komunikovat se všemi Philips Hue zařízeními bez instalovaného Philips Hue Bridge. Philips Hue má také vlastní mobilní aplikaci Philips Hue.



Obrázek 22: Chytrá žárovka Xiaomi Yeelight LED smart bulb (barevná) (banggood.com, 2018)

Jelikož v některých místnostech nejsou dostatečně využitelné možnosti změn barvy a intenzity osvětlení, jsou pro ovládání osvětlení v kuchyni, v příchodové chodbě, v komoře, v koupelně a na WC instalovány chytré nástěnné spínače Sonoff Touch (Obrázek 23), které jsou levnější než ve zbytku domácnosti využívané chytré LED žárovky. Nástěnné spínače Sonoff Touch lze ovládat buď manuálně pomocí dotyku, nebo pomocí Google Assistant a mobilní aplikace. Tyto nástěnné spínače byli zvoleny, protože nativně komunikují s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě.



Obrázek 23: Chytrý spínač Sonoff Touch (aamobilmarket.cz, 2017)

Tabulka 4: Chytré osvětlení a chytrý spínač

Produkt	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Zdroj	Cena v Kč
LED žárovka Xiaomi Yeelight LED smart bulb (barevná)	Ano	Ne	Ne	alza.cz	899
LED pásek Xiaomi Yeelight Lightstrip	Ano	Ne	Ne	alza.cz	1299
LED žárovka Philips Hue White and Color ambiance	Ne	Ano	Ne	alza.cz	1569
LED pásek Philips Hue LightStrips Plus	Ne	Ne	Ano	alza.cz	2199
Spínač Sonoff Touch	Ano	Ne	Ne	smart-switch.cz	599

4.1.4 Regulace teploty

Možnosti regulace teploty jsou v bytě s centrálním vytápěním relativně omezené. Jelikož má byt centrální vytápění, tak není možné využít chytrý termostat, který ovládá kotel a tím reguluje teplotu v bytě. Aby bylo možné regulovat teplotu ve všech vytápěných místnostech, jsou na každém radiátoru v bytě instalovány chytré termostatické hlavice (Tabulka 5) Netatmo Radiator Valves (Obrázek 24), které byly vybrány na základě podpory Google Assistanta.

Termostatické hlavice jsou napájeny dvěma AA bateriemi a mají v sobě integrovaný displej, který ukazuje aktuální teplotu v místnosti. Dokáží rozpoznat, když je v místnosti otevřené okno, a na základě tohoto zjištění vypnout vytápění, aby nedocházelo k zbytečnému úniku tepelné energie.

Teplotu lze na termostatické hlavici Netatmo Radiator Valves regulovat manuálně, přes mobilní aplikaci Netatmo Energy nebo pomocí Google Assistanta. Aby bylo možné termostatické hlavice ovládat pomocí Google Assistanta a mobilní aplikace, je nutné v bytě instalovat centrální jednotku Netatmo, která s termostatickými hlavicemi komunikuje. Centrální jednotka Netatmo je napájena ze zásuvky a komunikuje s Google Home Hubem pomocí Wi-Fi sítě.



Obrázek 24: Chytré termostatické hlavice Netatmo Radiator Valves a centrální jednotka Netatmo (mall.cz, 2017c)

Tabulka 5: Chytré termostatické hlavice

Produkt	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Zdroj	Cena v Kč
Termostatické hlavice Netatmo Valves Starter Pack (centrální jednotka + 2 termostatické hlavice)	Ano	Ne	Ne	alza.cz	5499
Termostatická hlavice Netatmo Radiator Valves	Ano	Ne	Ne	alza.cz	2199

4.1.5 Regulace venkovního světla

Pro zatahování oken a regulaci venkovního světla je v bytě využitý systém chytrých rolet (Tabulka 6) od společnosti IKEA, protože lze snadno instalovat a podporuje ovládání pomocí Google Assistanta. Konkrétně se jedná o zatemňovací rolety FYRTUR a KADRILJ (Obrázek 25). Zatemňovací rolety FYRTUR jsou tmavé a po zatažení zajistí v pokoji úplnou tmu. Druhý typ zatemňovacích rolet KADRILJ je světlejší a z části průsvitný, a proto po zatažení světlo jen filtruje, a tím brání vzniku odlesků na televizi nebo na monitoru počítače.

Do obývacího pokoje a kuchyně s jídelním koutem jsou proto umístěny světlejší zatemňovací rolety KADRILJ, protože zde není vyžadováno úplné zatemnění místností. Filtrace světla v obývacím pokoji může například zpříjemnit sledování televize nebo práci na počítači. Tmavé zatemňovací rolety FYRTUR jsou umístěny v ložnici a v dětském pokoji, díky čemuž je možné úplně zatemnit tyto pokoje. To se může hodit například v situaci, kdy chce jít uživatel domácnosti během dne spát.

**Obrázek 25: Chytré rolety FYRTUR a KADRILJ (swedroid.se, 2019)**

Chytré zatemňovací rolety jsou napájeny pomocí dobíjecích baterií. Každá zatemňovací roleta má svůj vlastní dálkový ovladač, a je propojitelná s mobilní aplikací IKEA Home smart. Zatemňovací rolety je možné ovládat pomocí Google Assistant, ale k tomu, aby komunikovali s Google Home Hubem, je nutná instalace TRÅDFRI brány (Obrázek 26), která je připojena pomocí ethernetového kabelu k routeru. TRÅDFRI brána pak komunikuje na jedné straně s Google Home Hubem a na druhé straně se zatemňovacími roletami. TRÅDFRI brána je také nezbytná pro propojení zatemňovacích rolet s aplikací IKEA Home smart. Aby byla každá zatemňovací roleta v bytě v dosahu TRÅDFRI brány, má každá roleta svůj bezdrátový signální zesilovač (Obrázek 27), který je připojený v zásuvce ve vzdálenosti maximálně 10 metrů od dané rolety.



Obrázek 26: TRÅDFRI brána (ikea.com, 2019a)



Obrázek 27: Signální zesilovač (ikea.com, 2019b)

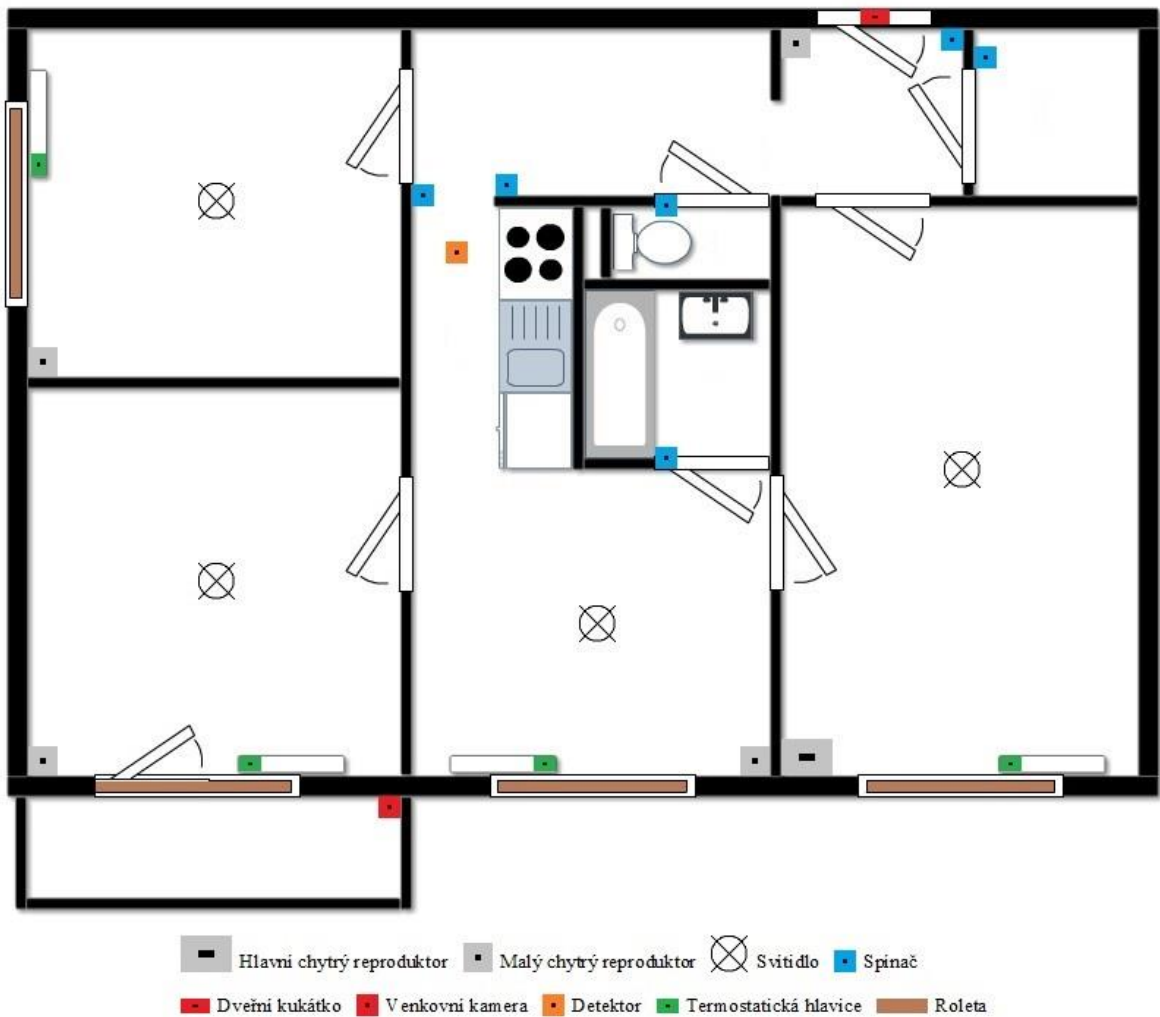
Tabulka 6: Chytré rolety a TRÅDFRI brána

Produkt	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee	Zdroj	Cena v Kč
Roleta FYRTUR 60x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	2690
Roleta FYRTUR 80x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	2990
Roleta FYRTUR 100x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	3490
Roleta FYRTUR 140x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	3990
Roleta KADRILJ 60x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	2490
Roleta KADRILJ 100x195	Ne	Ne	Ano	ikea.com/cz	2990
TRÅDFRI brána	Ano	Ne	Ano	ikea.com/cz	799

5. Výsledky a diskuse

Umístění komponent modelového návrhu chytré domácnosti

V nákresu modelové chytré domácnosti (Obrázek 28) jsou zakreslena instalovaná chytrá zařízení bez ohledu na konkrétní variantu modelového návrhu chytré domácnosti. Varianty návrhu, které obsahují chytré rolety mají u každého běžného okna instalovány tři rolety. U okna s balkonem mají instalovány jen dvě rolety s jinými rozměry kvůli balkonovým dveřím.



Obrázek 28: Nákres modelové bytové jednotky typu 3+1 se zakreslenými chytrými zařízeními

Celková cena modelového návrhu chytré domácnosti

Všechny uvedené ceny v tabulkách (Tabulka 7-10) jsou brány k 30.9.2019 a nezohledňují žádné slevové akce. Každá varianta modelového návrhu chytré domácnosti (Tabulka 11-14) je řešena tak, aby bylo možné ovládat celou chytrou domácnost pomocí jednoho hlasového asistenta a jedné univerzální mobilní aplikace.

Tabulka 7: Celková cena reproduktorů Google Home a osvětlení Xiaomi Yeelight se spínači Sonoff Touch

Produkt	Počet kusů	Zdroj ceny	Cena za 1 kus v Kč	Cena celkem v Kč
Google Home Hub	1	alza.cz	4590	4590
Google Home Mini	4	alza.cz	1290	5160
LED žárovka Xiaomi Yeelight LED smart bulb (barevná)	12	alza.cz	899	10788
LED pásek Xiaomi Yeelight Lightstrip	1	alza.cz	1299	1299
Spínač Sonoff Touch	6	smart-switch.cz	599	3594
Celková cena				25431

Tabulka 8: Celková cena reproduktorů Amazon Echo a osvětlení Philips Hue se spínači Sonoff Touch

Produkt	Počet kusů	Zdroj ceny	Cena za 1 kus v Kč	Cena celkem v Kč
Amazon Echo Plus 2.generace	1	alza.cz	4899	4899
Amazon Echo Dot 3.generace	4	alza.cz	1390	5560
LED žárovka Philips Hue White and Color ambiance	12	alza.cz	1569	18828
LED pásek Philips Hue LightStrips Plus	1	alza.cz	2199	2199
Spínač Sonoff Touch	6	smart-switch.cz	599	3594
Celková cena				35080

Tabulka 9: Celková cena kamer, detektoru a termostatických hlavice

Produkt	Počet kusů	Zdroj ceny	Cena za 1 kus v Kč	Cena celkem v Kč
Dveřní kukátko EZVIZ DP1	1	alza.cz	6999	6999
Venkovní kamera EZVIZ Husky Air	1	alza.cz	2599	2599
Detektor Google Nest Protect Wireless	1	alza.cz	3989	3989
Termostatické hlavice Netatmo Valves Starter Pack (centrální jednotka + 2 termostatické hlavice)	1	alza.cz	5499	5499
Termostatická hlavice Netatmo Radiator Valves	2	alza.cz	2199	4398
Celková cena				23484

Tabulka 10: Celková cena rolet IKEA a TRÅDFRI brány

Produkt	Počet kusů	Zdroj ceny	Cena za 1 kus v Kč	Cena celkem v Kč
Roleta FYRTUR 60x195	2	ikea.com/cz	2690	5380
Roleta FYRTUR 80x195	1	ikea.com/cz	2990	2990
Roleta FYRTUR 100x195	1	ikea.com/cz	3490	3490
Roleta FYRTUR 140x195	1	ikea.com/cz	3990	3990
Roleta KADRILJ 60x195	4	ikea.com/cz	2490	9960
Roleta KADRILJ 100x195	2	ikea.com/cz	2990	5980
TRÅDFRI brána	1	ikea.com/cz	799	799
Celková cena				32589

Charakteristika

- Byly navrženy čtyři varianty modelových řešení chytré domácnosti rozdělených do tří cenových kategorií za celkovou cenu do 50 000 Kč (Tabulka 11), do 75 000 Kč (Tabulka 12) a do 100 000 Kč (Tabulka 13 a 14).
- Celý systém chytré domácnosti je postaven jen na platformě mobilního operačního systému Android.
- Všechna instalovaná chytrá zařízení lze ovládat pomocí jednoho hlasového asistenta nebo jedné univerzální mobilní aplikace.
- Chytrou domácnost je možné automatizovat a ovládat vzdáleně mimo domov pomocí jedné univerzální mobilní aplikace.
- Zabezpečení domácnosti je zajištěno pomocí bezpečnostních kamer a detektoru kouře.

Tabulka 11: Celková cena základního modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta A za celkovou cenu do 50 000 Kč

Produkt	Cena v Kč
Reproduktory Google Home a osvětlení Xiaomi Yeelight se spínači Sonoff Touch	25431
Kamery, detektor a termostatické hlavice	23484
Celková cena	48915

Tabulka 12: Celková cena základního modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta B za celkovou cenu do 75 000 Kč

Produkt	Cena v Kč
Reproduktory Amazon Echo a osvětlení Philips Hue se spínači Sonoff Touch	35080
Kamery, detektor a termostatické hlavice	23484
Celková cena	58564

Tabulka 13: Celková cena rozšířeného modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta C za celkovou cenu do 100 000 Kč

Produkt	Cena v Kč
Reproduktory Google Home a osvětlení Xiaomi Yeelight se spínači Sonoff Touch	25431
Kamery, detektor a termostatické hlavice	23484
Rolety IKEA a TRÅDFRI brána	32589
Celková cena	81504

Tabulka 14: Celková cena rozšířeného modelového návrhu chytré domácnosti – Varianta D za celkovou cenu do 100 000 Kč

Produkt	Cena v Kč
Reproduktory Amazon Echo a osvětlení Philips Hue se spínači Sonoff Touch	35080
Kamery, detektor a termostatické hlavice	23484
Rolety IKEA a TRÅDFRI brána	32589
Celková cena	91153

Nedostatky

- Některá Philips Hue zařízení zatím vyžadují k propojení s Google Home Hubem svojí vlastní centrální jednotku Philips Hue Bridge (proto tato kombinace nabyla zahrnuta v žádné z variant řešení, jelikož zde byla snaha omezit počet dalších doplňkových chytrých zařízení na minimum).
- Chytré termostatické hlavice Netatmo Radiator Valves zatím vyžadují svojí vlastní centrální jednotku Netatmo.
- Chytré rolety od společnosti IKEA zatím vyžadují k propojení s Google Home Hubem TRÅDFRI bránu a signální zesilovače.

Možnosti budoucího rozvoje

- Zlepšení integrace chytrých zařízení, aby bylo možné všechna chytrá zařízení propojit s chytrými reproduktory bez nutnosti dalších dílčích centrálních jednotek.
- Rozšíření nabídky chytrých zařízení ve všech oblastech chytré domácnosti.
- Rozšíření a vylepšení funkcionalit stávajících chytrých zařízení.
- Zlepšení dostupnosti některých chytrých zařízení v České republice.

Hodnocení modelového návrhu chytré domácnosti

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vytvořit několik variantních modelů řešení chytré domácnosti lišících se výběrem chytrých zařízení a v množství řešených oblastí chytré domácnosti. Řešené oblasti chytré domácnosti v modelovém návrhu byli vybrány na základě preferencí evropských uživatelů.

Chytrá domácnost byla navržena tak, aby byl celý systém chytré domácnosti postaven jen na platformě Android, která umožňuje ovládání prostřednictvím jedné univerzální mobilní aplikace. Univerzální mobilní aplikace zásadně přispívá k snadnému ovládání celé chytré domácnosti a zvyšuje uživatelskou přívětivost chytré domácnosti. Díky tomu tak všechna instalovaná chytrá zařízení v domácnosti tvoří jeden chytrý celek, který lze snadno ovládat pod jednou platformou Android.

Platforma Android má hlavní výhodu proti konkurenčnímu Apple HomeKitu zejména v tom, že univerzální mobilní aplikace je funkční na jakémkoliv aktualizovaném chytrém telefonu s androidem bez ohledu na jeho vybavenost a cenu. Na druhé straně aplikace Apple HomeKit funguje pouze se zařízeními od společnosti Apple, která jsou cenově více nákladná.

Rizikem chytré domácnosti je bezpečnost a s tím spojená možnost napadení chytré domácnosti z internetu. Nebezpečí napadení může pocházet například z neověřených chytrých zařízení z Číny. Z tohoto důvodu je nutné dbát na to, aby všechna využívaná chytrá zařízení v chytré domácnosti byla ověřená a průběžně aktualizovaná. Proto mají pro větší bezpečnost všechny chytré reproduktory Google Home a Amazon Echo implementované tlačítko, které umí deaktivovat mikrofon pro získávání hlasových povelů, čímž se eliminuje možnost odposlechu.

V závěrečném shrnutí výpočtu cen všech variantních modelů řešení chytré domácnosti nebyly zahrnuty náklady na instalaci chytré domácnosti, protože instalaci může provést každý technicky zdatný uživatel, jelikož chytrá domácnost byla navržena tak, aby všechna instalovaná chytrá zařízení využívala pro komunikaci výhradně bezdrátové přenosové sítě.

Nebyly zde započítány ani náklady na provoz chytré domácnosti. Jediným nákladem na provoz celé chytré domácnosti je spotřebovaná elektřina instalovanými chytrými zařízeními. Provozní náklady chytrých zařízení jsou ale kompenzovány možností snížit spotřebu energií v oblasti topení a elektřiny díky automatizovanému ovládání chytré domácnosti.

6. Závěr

Bakalářská práce řeší problematiku využití internetu věcí v chytré domácnosti a zhodnotila jednotlivá chytrá zařízení, která jsou využívána k zefektivnění každodenních činností.

Byly řešeny následující cíle bakalářské práce. Byla zhodnocena zařízení využívající internet věcí s ohledem na využití v chytré domácnosti, charakterizovala se vybraná chytrá zařízení pro chytré domácnosti, a analyzovala se možnost vzdáleného ovládání chytré domácnosti. Na závěr bakalářské práce byl vytvořen modelový návrh chytré domácnosti.

V teoretické části byl charakterizován internet věcí a chytrá domácnost. Zároveň zde byly analyzovány různé aspekty IoT především technologie bezdrátových přenosových sítí internetu věcí. V rámci chytré domácnosti byly analyzovány centralizované ale i decentralizované systémy, možnosti komunikace chytrých zařízení s internetem, základní IoT komponenty chytré domácnosti, možnosti ovládání a jednotlivá chytrá zařízení.

V praktické části byly navrženy čtyři varianty modelového návrhu chytré domácnosti pro bytovou jednotu typu 3+1, které byly rozděleny do tří cenových kategorií za celkovou cenu do 50 000 Kč, do 75 000 Kč a do 100 000 Kč. V rámci všech variant modelového návrhu bylo vyřešeno ovládání a zabezpečení chytré domácnosti. Celý systém chytré domácnosti byl postaven jen na platformě Android a všechna instalovaná chytrá zařízení využívala pro komunikaci výhradně bezdrátové přenosové sítě.

Byl kladen důraz především na vzdálené ovládání, a proto byly k ovládání chytré domácnosti zvoleny chytré reproduktory s hlasovým asistentem a s univerzální mobilní aplikací, která umožňuje vzdálené ovládání.

Jedná se o dynamicky se vyvíjející odvětví IT, a proto je zde předpoklad, že se chytrá zařízení budou nadále vyvíjet, a bude docházet k masivnímu rozvoji v tomto odvětví. Zároveň se bude zlepšovat kompatibilita jednotlivých chytrých zařízení v celém systému chytré domácnosti díky stále se zlepšující integraci jednotlivých bezdrátových přenosových sítí.

Přínosem bakalářské práce je ucelený přehled o problematice internetu věcí v chytré domácnosti. Bakalářská práce zároveň přináší přehled o bezdrátových přenosových sítích, o jednotlivých chytrých zařízeních a o možnostech vzdáleného ovládání chytré domácnosti. V bakalářské práci byly také sestaveny demonstrační modely chytré domácnosti pro běžnou bytovou jednotku typu 3+1.

7. Seznam použitých zdrojů

1. IoT – Internet věcí, 2018. *T-mobile.cz* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://www.t-mobile.cz/podnikatele-firmy/iot>
2. ROUSE, Margaret, 2019. Internet of things (IoT). *Internetofthingsagenda.techtarget.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
3. POHANKA, Pavel, 2015. Internet věcí. *Pavelpohanka.cz* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <http://www.pavelpohanka.cz/internet-of-things/#portfolio-image/0/>
4. EVANS, Dave, 2011. The Internet of Things. *Cisco.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
5. State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating, 2018. *Iot-analytics.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/>
6. VOJÁČEK, Antonín, 2016. Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT). *Automatizace.hw.cz* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html>
7. HANES, David, Gonzalo SALGUEIRO, Patrick GROSSETETE, Robert BARTON a Jerome HENRY, 2017. *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. Indianapolis: Cisco press. ISBN 1-58714-456-5.
8. PATKAR, Mihir, 2018. What Is Bluetooth? 10 Common Questions, Asked and Answered. *Makeuseof.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://www.makeuseof.com/tag/what-is-bluetooth/>
9. What is WiFi and How Does it Work?, 2019. *Ccm.net* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://ccm.net/faq/298-what-is-wifi-and-how-does-it-work>
10. IEEE 802.11, 2006. *Wi-fi.unas.cz* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <http://wi-fi.unas.cz/ieee-802-11.php>
11. HENDRICKSON, Josh, 2018. ZigBee vs. Z-Wave: Choosing Between Two Big Smarthome Standards. *Howtogeek.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://www.howtogeek.com/394567/zigbee-vs.-z-wave-choosing-between-two-big-smarthome-standards/>
12. TROSS, Kasey, 2019. What's the Difference between Zigbee and Z-Wave? *Safewise.com* [online]. [cit. 2019-09-24]. Dostupné z: <https://www.safewise.com/blog/zigbee-vs-zwave-review/>

13. Základy digitální domácnosti, 2013. *Lupa.cz* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/specially/zaklady-digitalni-domacnosti/>
14. KROC, Lukáš, 2018. Chytrá domácnost budoucnosti? Čím dál víc prvků a stále jednodušší ovládání, předpovídá přední český vývojář. *Radiozurnal.rozhlas.cz* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/chytra-domacnost-budoucnosti-cim-dal-vic-prvku-a-stale-jednodussi-ovladani-7715097>
15. Vývoj Smart Home, 2016. *Achb.cz* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <http://www.achb.cz/2016/02/vyvoj-smart-home/>
16. Vývoj chytrých domácností, 2018. *Cz.iot-nn.com* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://cz.iot-nn.com/blog/2018/09/24/vyvoj-chytrych-domacnosti/>
17. PRŮCHA, Jan, 2012. Chytré bydlení: Inteligentní dům. *Insighthome.eu* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <http://www.insighthome.eu/Chytre-bydleni/index.html>
18. The difference between a centralized and a decentralized smart home system, 2018. *Hestiamagazine.eu* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://www.hestiamagazine.eu/the-difference-between-a-centralized-and-a-decentralized-smart-home-system>
19. WIRED VS WIRELESS, 2018. *Home-automate.co.uk* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://home-automate.co.uk/blog/wired-vs-wireless>
20. SHARMA, Abhinav, 2018. Wired vs Wireless Home Automation. *Slashbill.com* [online]. [cit. 2019-09-25]. Dostupné z: <https://slashbill.com/blog/index.php?/archives/63-Wired-vs-Wireless-Home-Automation.html>
21. KYAS, Othmar, 2017. *How To Smart Home: A Step by Step Guide for Smart Homes & Building Automation*. Key Concept Press. ISBN 978-3-944980-12-6.
22. PROSPERO, Mike, 2019. Best Smart Home Hubs of 2019. *Tomsguide.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.tomsguide.com/us/best-smart-home-hubs,review-3200.html>
23. Z čeho se skládá chytrá domácnost?, 2019. *Chytredomacnosti.cz* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.chytredomacnosti.cz/chytra-domacnost/jednotlive-prvky-chytre-domacnosti/>
24. SCHAFFEROVÁ, Magdalena, 2018. Senzor, detektor, snímač a jiné zapeklité pojmy. *Zooco.io* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.zooco.io/blog/senzor-detektor-snimac-jine-zapeklite-pojmy/>
25. VALEŠ, Miroslav, 2006. *Inteligentní dům*. Brno: ERA. ISBN 80-7366-062-8.
26. HENDRICKSON, Josh, 2019. How to Control Your Entire Smarthome Through One App. *Howtogeek.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.howtogeek.com/435765/how-to-control-your-entire-smarthome-through-one-app/>

27. Google Home, 2019. *Play.google.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.chromecast.app&hl=cs>
28. Amazon Alexa, 2019. *Play.google.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.amazon.dee.app&hl=en>
29. DENNON, Anne, 2019. The Best Voice Assistants. *Reviews.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.reviews.com/voice-assistant/>
30. What Happens When You Ask Alexa, Google & Siri If They're Spying On You, 2018. *Techgeek365.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://techgeek365.com/what-happens-when-you-ask-alexa-google-siri-if-they-are-spying-on-you/>
31. CRIST, Ry, 2019. 7 things to know about smart lights before you buy a boatload of them. *Cnet.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.cnet.com/how-to/things-to-know-about-smart-lights-before-you-buy-a-boatload-of-them/>
32. Philips Hue White and Color ambiance 10W E27 starter kit, 2017. *Mall.cz* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/usporne-led-zarovky-zavit/philips-hue-zarovka-10w-a19-e27-3-set-eu>
33. KLUSKA, Vladislav, 2019. IKEA má chytré rolety na okna. Ovládají se na dálku a skrze HomeKit či Google Home. *Zive.cz* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/ikea-ma-chytre-rolety-na-okna-ovladaji-se-na-dalku-a-skrze-homekit-ci-google-home/sc-3-a-196677/default.aspx>
34. LIU, Gia, 2018. What is a smart plug? Here's all you need to know. *Digitaltrends.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/home/what-is-a-smart-plug/>
35. RAWES, Erika, 2019. What is a smart thermostat and how does it work? *Digitaltrends.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.digitaltrends.com/home/what-is-a-smart-thermostat/>
36. Google Nest termostat, 3. generace, 2017. *Mall.cz* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/regulace-vytapeni/google-nest-termostat-3-generace>
37. TOFEL, Kevin C., 2019. Do any weather stations connect to smart home devices? Yup! *Staceyoniot.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: <https://staceyoniot.com/do-any-weather-stations-connect-to-smart-home-devices-yup/>
38. Smart Home Security, 2018. *Smarthome.com* [online]. [cit. 2019-09-26]. Dostupné z: https://www.smarthome.com/home-security-systems?ranMID=1845&ranEAID=a1LgFw09t88&ranSiteID=a1LgFw09t88-ls2*WsPzjr1j4zLgIMb0Ww.html

39. LÁSKA, Jan, 2019. Evropané se šžili s chytrou domácností. Nejčastěji používají zařízení od Googlu a Amazonu. *Mobilmania.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/clanky/evropane-se-szili-s-chytrou-domacnosti-nejcasteji-pouzivaji-zarizeni-od-googlu-a-amazonu/sc-3-a-1346440/default.aspx>
40. Osoby bydlící v bytech, 2011. *Czso.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20551773/17022114a03.pdf/0bb6731b-5023-48eb-b116-c58ff2f946e5?version=1.0>
41. Mobile Operating System Market Share Czech Republic, 2019. *Gs.statcounter.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/czech-republic/#monthly-201909-201909-bar>
42. Chytré reproduktory Google Home Hub a Google Home Mini, 2019. In: *Beachcamera.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.beachcamera.com/shop/product-image.aspx?size=500&picId=456971>
43. Amazon Echo vs. Dot vs. Show vs. Plus: Which should you buy?, 2019. *Androidcentral.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.androidcentral.com/amazon-echo-which-should-you-buy>
44. How to use the new Google Home app, 2018. *The-ambient.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.the-ambient.com/features/google-home-new-app-guide-missing-manual-1046>
45. EZVIZ DP1, 2018. *Czc.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/ezviz-dp1/250065/produkt>
46. EZVIZ Husky Air (C3W), 2018. *Czc.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/ezviz-husky-air-c3w/250060/produkt>
47. Google Nest Protect Wireless – bateriové kouřové a CO čidlo, 2016. *Czc.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.czc.cz/google-nest-protect-wireless-bateriove-kourove-a-co-cidlo/203395/produkt>
48. Yeelight YLDP06YL E26 E27 10W RGBW Smart LED Bulb Work With Amazon Alexa AC100-240V (Xiaomi Ecosystem Product) - E26, 2018. *Banggood.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: https://www.banggood.com/Yeelight-YLDP06YL-E26-E27-10W-RGBW-Smart-LED-Bulb-Work-With-Alexa-AC100-240V-Xiaomi-Ecosystem-Product-p-1278500.html?ID=520615&cur_warehouse=USA
49. Chytrý spínač Sonoff Touch, 2017. In: *Aamobilmarket.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: https://img.aamobilmarket.cz/images/sonoff_touch_eu_02.jpg?tid=20
50. Netatmo Valves Starter Pack - startovací set chytrých termostatických hlavíc, 2017. *Mall.cz* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://www.mall.cz/gadgety/netatmo-valves-starter-pack>

51. IKEA utökar Trådfri-systemet med FYRTUR samt KADRILJ – elektriska rullgardiner, 2019. *Swedroid.se* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: <https://swedroid.se/ikea-utokar-tradfri-systemet-med-fyrtur-samt-kadrilj-elektriska-rullgardiner/>
52. TRÅDFRI brána, 2019. In: *Ikea.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: https://www.ikea.com/cz/cs/images/products/tradfri-brana-bila__0609523_PE684573_S4.JPG
53. Signální zesilovač, 2019. In: *Ikea.com* [online]. [cit. 2019-09-28]. Dostupné z: https://www.ikea.com/PIAimages/0594981_PE675910_S5.JPG?f=s