Vysoká škola ekonomická v Praze

Fakulta informatiky a statistiky

Využití mikropočítačů v prostředí chytré domácnosti

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Aplikovaná informatika

Studijní obor: Informační systémy a technologie]

Autor: Bc. Lukáš Červenka

Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Šebesta, Ph.D.

Praha, červen 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci

„Využití mikropočítačů v prostředí chytré domácnosti“ vypracoval samostatně

za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 27. června 2019 .....

Lukáš Červenka

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Michalu Šebestovi, Ph.D. za ochotu, připomínky a cenné rady při psaní této práce. Také děkuji své rodině a přátelům za podporu.

Abstrakt

Tato práce se zabývá několika různými aspekty důležitého fenoménu dnešní doby, Smart Home. Aby z výhod, které potenciálně nabízí, mohlo těžit co nejvíce obyvatel, je nezbytné, aby technologie a ekosystémy spolu byly schopny a ochotny komunikovat. V teoretické a analytické části se zabývám historií, souvislostmi, technologiemi, standardy Smart Home, a to především těmi nejvíce rozšířenými. Účelem je zjistit vztah různých technologií a ekosystémů Smart Home, především je pak prověřována možnost jejich propojování a role, kterou v tomto propojování mohou hrát otevřené platformy. Tyto poznatky pak využívám pro další práci. V části věnované deskriptivní případové studii uvádím dva možné příklady s různými výchozími podmínkami a omezeními, a zjišťuji vliv těchto faktorů na podobu výsledného návrhu systému Smart Home.

Klíčová slova

Smart Home, inteligentní domácnost, propojování

JEL klasifikace

L63

Abstract

This theses deals with different aspects of an important phenomenon, Smart Home. If we want most of the people to benefit from this phenomenon, it is necessary to meet the conditions such that the devices and ecosytems are able and want to communicate with each other.

The first part deals with history, context, technology and Smart Home standards, especially the most widespread ones. The purpose is to relate to different technologies and ecosystems. This information can be later used for further work. In the Case study section I provide two examples of possibilities and limitations that could affect the operation of these systems.

Keywords

Smart Home, Connected Home, intelligent home, integration

JEL Classification

L63

Obsah

1 Úvod 8
1.1 Struktura a metody práce 8
1.2 Cíle práce 9
1.3 Komentovaná rešerše 9
2 Smart Home v souvislostech 10
2.1 Vztah IoT a Smart Home 10
2.2 Předchůdci, historie a vývoj Smart Home 16
2.3 Smart Home Enablers 19
2.4 Architektura a komponenty Smart Home 19
2.5 Funkční oblasti Smart Home 22
2.5.1 Vytápění, větrání a klimatizace 22
2.5.2 Osvětlení 23
2.5.3 Zabezpečení 24
2.5.4 Multimédia 24
2.5.5 Ostatní 25
2.6 Ovládání domácnosti s prvky Smart Home 25
3 Technologie Smart Home 27
3.1 Přenosová média v prostředí Smart Home 27
3.2 Technologie vyžadující kabeláž 29
3.2.1 HomeplugAV 29
3.2.2 X-10 a UPB 29
3.2.3 Ethernet 30
3.2.4 Ostatní komunikační technologie 30
3.3 Bezdrátové technologie 32
3.3.1 RFID/NFC 32
3.3.2 Wi-Fi 34
3.3.3 Optické technologie 35
3.3.4 EnOcean 36
3.3.5 Bluetooth 37
3.3.6 802.15.4 41
3.3.7 Thread 42
3.3.8 Zigbee 44
3.3.9 Z-Wave 46

4 Ekosystémy ... 47
4.1 KNX/EIB ... 47
4.2 Teco a iNELS ... 47
4.3 Insteon ... 49
4.4 Loxone ... 50
4.5 Zigbee ... 52
4.6 Thread a Dotdot ... 54
4.7 Z-wave ... 55
4.8 Hlasové ovládání a integrace ... 57
4.9 Specializovaná zařízení ... 59
4.9.1 Google Nest ... 59
4.9.2 Netatmo ... 60
4.9.3 Sonos ... 60
4.9.4 Ring ... 60
4.9.5 LIFX ... 60
4.9.6 Chytré zámky ... 61
4.10 Opensource nástroje pro Smart Home ... 61
5 Případová studie ... 63
5.1 Smart Home architektura a její prvky z pohledu uživatele ... 63
5.2 Byt pro krátkodobé ubytování – případová studie č. 1 ... 65
5.3 Byt pro rezidenční bydlení – případová studie č. 2 ... 71
5.4 Dílčí shrnutí ... 75
Závěr ... 77
Zdroje ... 78
Přílohy ... I
Příloha A: Dobový průzkum funkcí chytré domácnosti ... I
Příloha B: Legenda ... II

1 Úvod

Současná doba se vyznačuje široce dostupným přístupem k internetu. To umožňuje k němu připojovat a následně vzájemně propojovat zařízení, u kterých by to ještě nedávno nebylo buď možné, nebo ekonomické. Smyslem propojování těchto zařízení do společné komunikační sítě je sdílení údajů, zprostředkování ovládání těchto zařízení, a jejich vzájemná kooperace. Svět propojených zařízení vytváří fenomén nazývaný souhrnně internet věcí (Internet of Things, IoT).

Téma práce spadá pod oblast Smart Home, tedy tzv. chytrou domácnost. Smart Home je výseč IoT, zaměřená na zařízení a technologie, jejichž účelem je prostřednictvím automatizace a/nebo predikce zvýšit úroveň komfortu, bezpečí a efektivity fungování lidského obydlí, a tak vytvořit podmínky pro kvalitnější a příjemnější život jeho obyvatel.

1.1 Struktura a metody práce

Práce je rozdělena do šesti kapitol. V Úvodu jsou definovány cíle a metody práce a zároveň je provedena komentovaná rešerše.

Analytická část práce se zabývá nejprve širšími souvislostmi oblasti Smart Home. Kromě historického kontextu jsou řešeny základní pojmy, rozdělení a vztah příbuzným tématům jako je především IoT. Následně jsou definovány výchozí požadavky pro praktickou část z hlediska funkčního využití prvků Smart Home.

V analytické části se práce zabývá nejprve technologiemi využitelnými pro potřeby Smart Home, a následně ekosystémy které tyto technologie využívají, ve vztahu k potřebám různých funkcionalit chytré domácnosti. Budou zhodnocena a porovnána jak tradiční řešení, vycházející historicky z oboru průmyslové automatizace, tak řešení nová, vzniklá na bázi konceptů již zmíněného Smart Home. Cílem je srovnání těchto technologií a řešení, a shrnutí jejich specifik, výhod a nedostatků, a to z pohledu možnosti jejich využití v této oblasti Smart Home.

V části věnované případovým studiím navrhuji na základě poznatků z analytické části a v kombinaci s osobní zkušeností dva modelové systémy a to metodou deskriptivní případové studie. Jsou uvažovány různé výchozí podmínky, požadavky uživatelů, omezení a předpokládaná doba běhu projektu. Výběr zohledňuje funkční i technologická hlediska. Následně jsou poznatky z této části shrnuty, zhodnoceny a porovnány.

1.2 Cíle práce

Hlavním cílem práce je ověřit, zda v současné době technologie a ekosystémy Smart Home dospěly takové do fáze zralosti, že je dokáže zprovoznit i uživatel bez odborných znalostí, a zároveň zda je možné, v závislosti na komplexnosti uživatelských potřeb toto realizovat v rámci jednotné technologické platformy, pro typizované scénáře.

Vedlejšími cíli pak jsou především realizace přehledu aktuálních technologických řešení v této oblasti, a ilustrace typových aplikací na základě reálného použití.

Vzhledem k hlavnímu cíli a vedlejším cílům se jeví jako nejvhodnější metodou využití formy případových studií a toto ověření provést na konkrétních modelových případech

1.3 Komentovaná rešerše

Tématem Smart Home se, stejně jako internetem věcí, vzhledem k jeho šíři a momentální popularitě v poslední době zabývalo hned několik prací

Adéla Ježková –„Využití Raspberry Pi v domácnosti“ [1] – Autorka se zabývá možnostmi využití minipočítače Raspberry Pi v domácnosti, a to především z praktického hlediska, kde je Raspberry Pi využíváno jako řídící jednotka. V této práci realizuje některá zapojení z oblasti Smart Home elektrotechniky.

Jakub Kiele - „Chytrý dům na platformě Raspberry PI” [2] – Autor se zabývá tématem Smarthome, s cílem navrhnout architekturu systému pro chytré domy, následně implementovat její prototyp. V práci jsou řešeny komunikační protokoly a technologie, a také některá technická řešení.

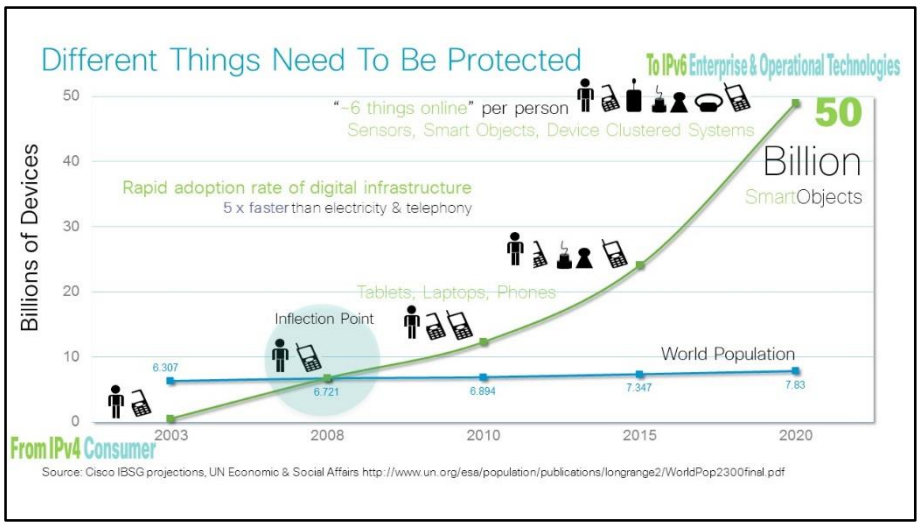
Tomáš Říha - „Finanční hodnocení efektivnosti investice do prvkuˇ chytré domácnosti“ [3] - Autor hodnotí chytrou domácnost především z ekonomického hlediska pomocí oceňovacího modelu. Toto hodnocení je založeno především na úsporách energie, ale i na nefinanční přínosy projektu

Anežka Apfelbecková – „Bezpečnostní aspekty internetu věcí“[4] – Autorka si klade za cíl s principy a bezpečnostními aspekty internetu věcí a u zvolených zařízení analyzuje bezpečnostní rizika a jejich vliv na systém.

2 Smart Home v souvislostech

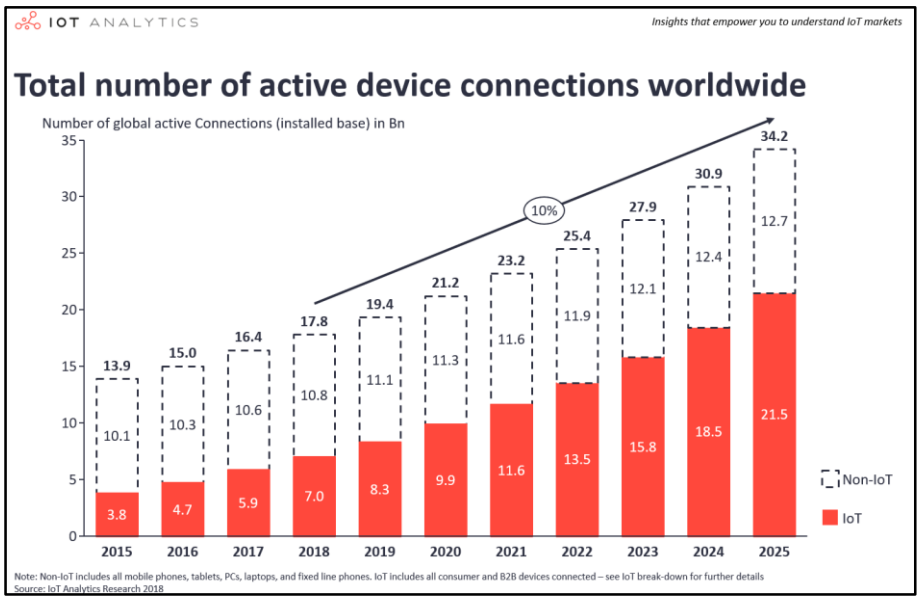
2.1 Vztah IoT a Smart Home

Internet věcí je fenomén, který v poslední době dramaticky mění chápání technologií a jejich používání. Termín „Internet of Things“ (ve smyslu v úvodu zmíněného světa propojených a komunikujících zařízení) byl poprvé použit před zhruba dvaceti lety v roce 1999, kdy měl – v době tzv. dotcom bubliny - pomoci zaujmout při prezentaci RFID řešení ve společnosti P&G Kevinem Ashtonem. Následovalo období relativního mediálního klidu, během kterého ale počet připojených zařízení rostl takovým tempem, že v roce 2008 byl [5] jejich počet na světě stejný, jako počet obyvatel na Zemi - viz Obrázek 1, který uvádí odhadovaný vývoj počtu připojených zařízení z roku 2012. Přestože jsou čísla ve skutečnosti o něco nižší, růst je stále značný. Nárůst je především způsoben růstem průměrného počtu připojených zařízení na obyvatele. Pro srovnání uvádím i novější a konzervativnější údaje a předpověď z jiného zdroje, v mírně odlišné struktuře a z roku 2018 – viz Obrázek 2.



Obrázek 1 – Cisco - Odhad vývoje počtu připojených zařízení [6]

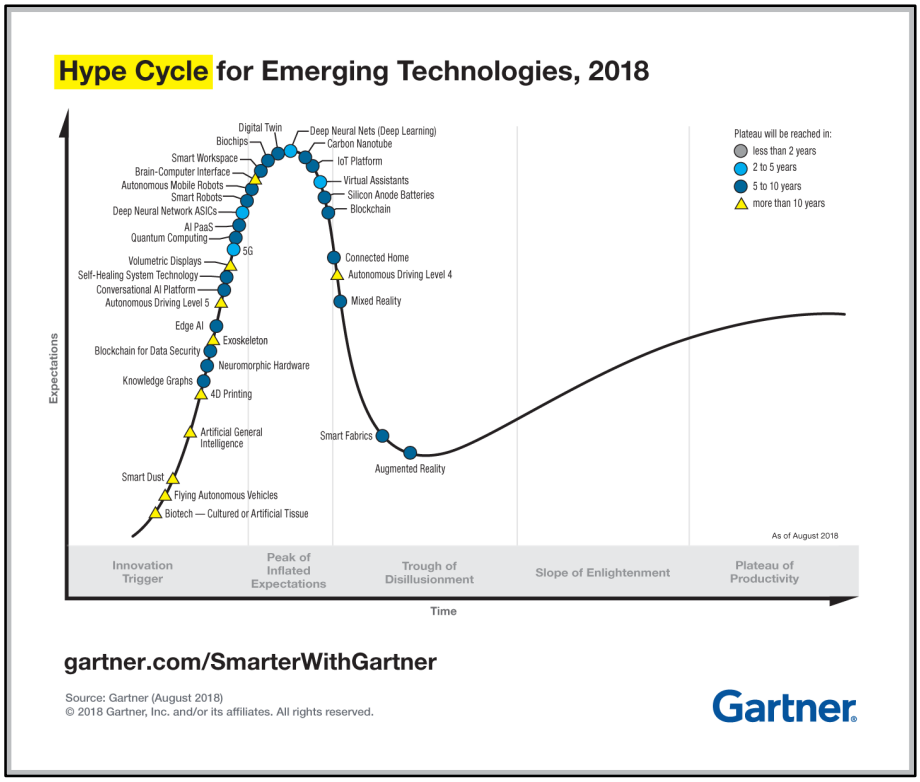
V roce 2011 se termín IoT objevil ve známém dokumentu Hype Cycle společnosti Gartner, s odhadovanou dobou 5-10 let do přijetí mainstreamovým trhem [7]. Postupem času se IoT posunul do oblasti nejvyšší pozornosti – do oblasti přehnaného očekávání. Tato očekávání jsou ovšem přehnaná pouze ve vztahu k rychlosti přijetí technologie, nikoliv s ohledem na potenciální dopad, který je v daném případě globální. Po sedmi letech od zařazení do Hype Cycle nalezneme IoT prakticky na vrcholu křivky, zatímco Smart (resp. zde Connected) Home je již v sestupné fázi deziluze. Odhadovaná doba do dospělosti technologie ovšem zůstává stejná (5-10let), z čehož vyplývá, že technologie udělala menší pokrok, než bylo očekáváno.



Obrázek 2 – IoT Analytics – odhad vývoje počtu připojených zařízení [8]

S existencí takto globálního fenoménu jako je IoT vyvstala i potřeba jej definovat. V literatuře [9], nebo na tematických webech [10], [11] lze nalézt definic mnoho, za cíl si jej kladlo i několik samostatných prací. Hlavním výsledkem práce v pod záštitou IEEE [12] jsou dvě definice. První z nich je určena pro prostředí s menší komplexitou – tzv. „Small environment scenario“ - kterou je možné aplikovat i na oblast Smart Home v současném stavu:

„An IoT is a network that connects uniquely identifiable “Things” to the Internet. The “Things” have sensing/actuation and potential programmability capabilities. Through the exploitation of unique identification and sensing, information about the “Thing” can be collected and the state of the ‘Thing’ can be changed from anywhere, anytime, by anything.” [12]



Obrázek 3 – IoT a Smart Home na Gartner Hype Cycle v roce 2018 [13]

Druhá definice je obsáhlejší, určená pro systémy s vyšší komplexitou, tzv. „Large environment scenario“ bere v potaz i další možnosti napojení, a tuto definici je možné chápat jako určitý náhled do budoucnosti, jak by v ideálním případě mohl IoT fungovat:

„Internet of Things envisions a self-configuring, adaptive, complex network that interconnects 'things' to the Internet through the use of standard communication protocols. The interconnected things have physical or virtual representation in the digital world, sensing/actuation capability, a programmability feature and are uniquely identifiable. The representation contains information including the thing's identity, status, location or any other business, social or privately relevant information. The things offer services, with or without human intervention, through the exploitation of unique identification, data capture and communication, and actuation capability. The service is exploited through the use of intelligent interfaces and is made available anywhere, anytime, and for anything taking security into consideration." [12]

První variantě IEEE definici je blízká i definice IoT z IT slovníku společnosti Gartner:

„The Internet of Things (IoT) is the network of physical objects that contain embedded technology to communicate and sense or interact with their internal states or the external environment"[11]

V této definici je velmi stručně a výstižně formulováno, co vlastně IoT je – tedy propojená síť chytrých zařízení s vestavěnou logikou, a které mohou buď zjišťovat vlastnosti svého okolí, nebo je ovlivňovat. Sloveso „ to communicate“ pak vyjadřuje, že zařízení je schopno o

celém procesu prostřednictvím komunikační sítě informovat určenou protistranu, což může být jak jiné lokální autonomní zařízení, uživatel nebo služba typu IoT cloud.

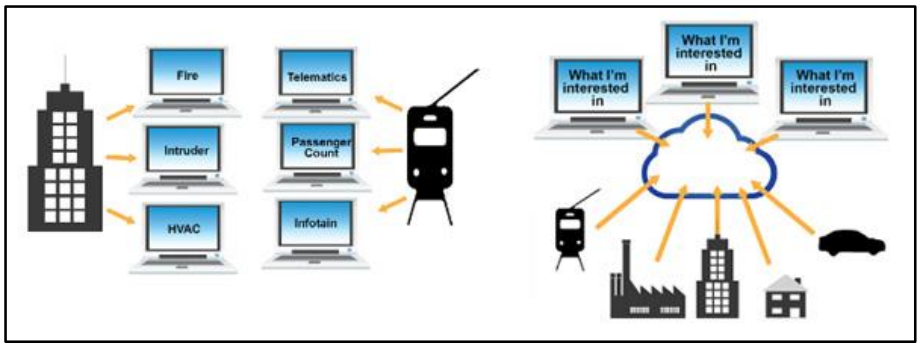
ITU pak ve svom doporučení Y.2060/Y.4000 definuje pojmy "thing" a IoT následovně:

„Thing - With regard to the Internet of things, this is an object of the physical world (physical things) or the information world (virtual things), which is capable of being identified and integrated into communication networks"

„IoT - A global infrastructure for the information society, enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on existing and evolving interoperable information and communication technologies" [14]

Přesto, že některé definice obsahují termín „připojení k internetu", domnívám se, že pouhá propojenost a vlastní logika je z pohledu definice dostačující. Připojení k internetu, pokud je vůbec žádoucí může být řešeno až na vyšších úrovních, a to až na základě požadavků konkrétní aplikace (řízení, analytika, automatizace, integrace, ukládání dat a další).

Zmíněná „propojenost" představuje naopak zásadní rozdíl mezi IoT a jeho defacto předchůdcem - M2M, (machine to machine), tedy komunikací mezi zařízeními. Velice dobře rozdíly mezi M2M a jeho nástupcem - IoT vystihuje, shodou okolností na příkladu automatizace budovy, Tim Taberner na Obrázek 4 a v citaci níže [15]:



Obrázek 4 – Rozdíl mezi M2M a IoT [15]

„Tradiční M2M systémy byly typicky aplikovány k monitorování, kontrole nebo optimalizaci jediného procesu. Byly specifikovány, navrženy a zavedeny k okamžitému řešení problému okamžitým řešením. Příkladem použití staré M2M architektury by mohla být budova s oddělenými systémy pro řízení klimatizace, bezpečnosti a detekci požáru. Docela často tyto diskrétní systémy přijímají stejná měření ze stejných míst od samostatných snímačů. Snímače jsou zapojeny zpět do oddělených přístrojových skříní, a vyvedeny na oddělené obrazovky obsluhy. Každý systém tak komunikuje interně s využitím vlastních (často proprietárních) protokolů a standardů. Sdílení dat mezi takovými systémy je obtížné, často nemožné."

Koncept „propojenosti“ bezesporu klade vyšší nároky na komunikační standardy zařízení a způsob jejich integrace. Benefity ve formě vyšší efektivity propojených systémů (a realizovaného přínosu využití takového propojení) tyto zvýšené nároky v dlouhodobém horizontu vyvažují, což dokazuje nárůst druhů i počtů připojených zařízení a postupné pronikání fenoménu IoT do běžného života. Důležitým konceptem při přechodu od M2M k IoT je snaha, tam kde to je smysluplné, o vyšší úroveň abstrakce. To je umožněno díky výpočetnímu výkonu v koncových zařízeních, který umožní například základní vyhodnocování údajů a reakci na ně, místo řešením těchto operací v cloudové platformě. Tento přístup se nazývá Edge computing a je důležitou součástí IoT, zvyšující mimo jiné spolehlivost, bezpečnost i škálovatelnost.

Terminologie v oblasti inteligentní domácnosti není zcela ujednocená, a to jak v akademické, tak komerční sféře. Především v anglicky mluvících zemích se místo termínu Smart Home často setkáváme ve stejném významu s užíváním termínu Connected Home. V českém prostředí se ustálilo spojení Smart Home, nebo chytrá, případně inteligentní domácnost/dům.

Zmíněné atributy „Smart“ a „Connected“ by bylo sice možné oddělit a k možným kombinacím obou přistupovat separátně, takové dělení by nemělo žádný přínos. Trendem v běžných podmínkách, jak bude řešeno později, je tzv. všudypřítomná konektivita. Přesto by ale měl být Smart Home systém zároveň, byť s omezeným komfortem, provozovatelný v závislosti na volbě uživatele i bez konektivity. V dalším textu bude proto používán v místních podmínkách zažitý termín Smart Home (který se mj. ujal i v podmínkách ČR) pro domácnost která obsahuje oba tyto prvky, tedy domácnost, obsahující rozhodovací a automatizační algoritmy, která je zároveň ovladatelná a řiditelná dálkově.

Definice Smart/Connected Home podle slovníku společnosti Gartner je tedy následující:

„A connected home is networked to enable the interconnection and interoperability of multiple devices, services and apps, ranging from communications and entertainment to healthcare, security and home automation. These services and apps are delivered over multiple interlinked and integrated devices, sensors, tools and platforms. Connected, real-time, smart and contextual experiences are provided for the household inhabitants, and individuals are enabled to control and monitor the home remotely as well as within it“. [16]

Podobně jako obsáhlejší, druhá definice IoT, i tato obsahuje stejné prvky, s rozšířením o specifické oblasti lidského obydlí. Zároveň nelze přehlédnout, že se opět jedná do určité míry o idealizovanou představu, jak by vše mělo fungovat.

Smart Home, jak bylo zmíněno v úvodu, je významnou a rychle rostoucí oblastí IoT. Uživateli totiž nabízí zvýšení komfortu a velmi často i ekonomickou výhodnost. V globálním měřítku je na trhu zařízení pro Smart Home predikován [17] 27% růst pro rok 2019, přičemž nejsilnější růst pro období 2019-2023 je očekáván v segmentu osvětlění a zabezpečení. Potenciální zákazníci se také často zajímají o zařízení s virtuálním asistentem. Poslední výzkum provedený v ČR uvádí [18] že domácností vybavených prvky Smart Home je v ČR cca 90 tisíc, tedy zhruba 2%. To je více než v Polsku či na Slovensku, ale znatelně méně než v Rakousku nebo Německu - viz.

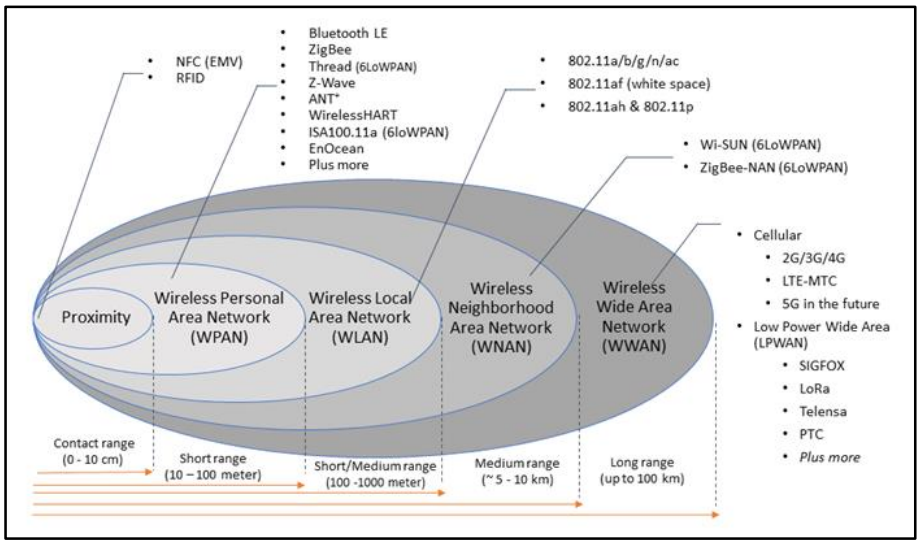
Tabulka 1

Země	Zastoupení domácností s prvky Smart Home (%)
Česká Republika	2,0
Slovensko	1,8
Polsko	1,1
Rakousko	6,4
Německo	11,2

Tabulka 1 – Zastoupení domácností s prvky Smart Home ve vybraných zemích EU [11]

Z tabulky lze usuzovat, že český trh má, z hlediska Smart Home technologií stále nevyužitý potenciál, kterému nahrává i dobrá ekonomická situace v zemi. Jedním z důvodů může být i delší doba, za kterou se dostane výrobek na český trh, v porovnání s ostatními zeměmi. Tato problematika bude podrobněji rozebrána v části zabývající se Smart Home ekosystémy.

Z technologického hlediska nevyvstává, oproti IoT, pro Smart Home aplikace potřeba komunikace na velké vzdálenosti, čímž jsou vymezeny parametry užívaných technologií. Smart Home instalace fungují obvykle v rámci vlastní bezdrátové sítě (sítí, v případě více technologií), o obvyklé velikosti desítek metrů, vycházející z rozměru domu nebo bytu. Některé, v současnosti používané technologie, jsou rozděleny podle typického dosahu na Obrázek 5. Pro Smart Home aplikace jsou nejčastěji využívány první tři oblasti, s důrazem na druhou a třetí (WPAN a WLAN).



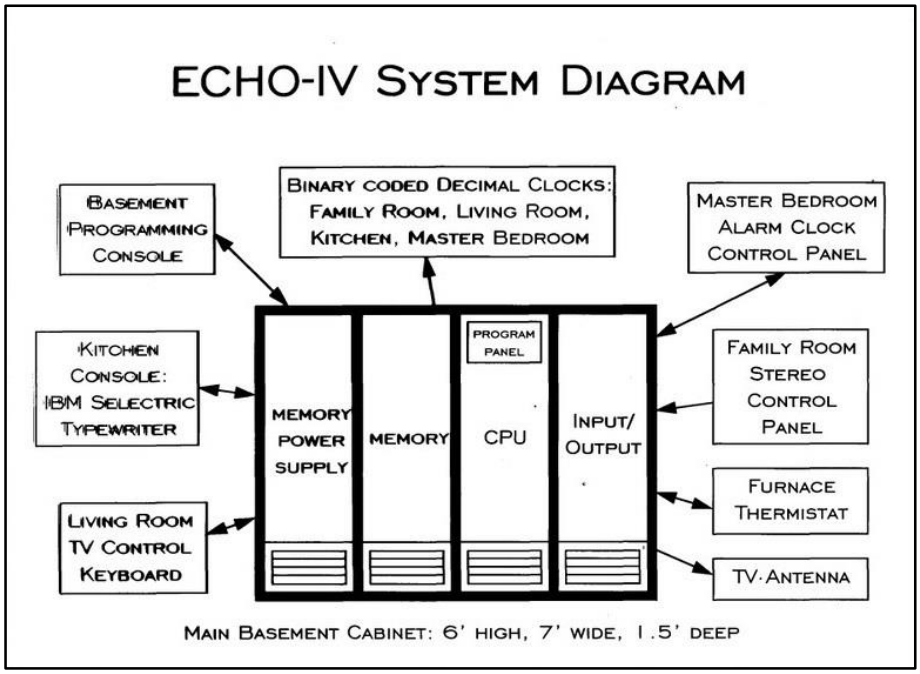
Obrázek 5 – Přehled bezdrátových technologií IoT [19], [20]

Obdobně jako v IoT, je velkou výzvou navrhnout Smart Home zařízení tak, aby nesnižovala uživatelský komfort nadbytečnou údržbou. Z hlediska používání se jedná především o energetickou autonomii celého prvku. Tyto požadavky je nutno zohlednit již při návrhu zařízení a výběru energetického zdroje, s přihlédnutím k energetické náročnosti daného prvku. Některá zařízení je vhodnější napájet trvale, jiná si vystačí s akumulátorem anebo s jednorázovou baterií. Výhody takového přístupu nabývají na významu, pokud uvažujeme nasazení daných prvků ve větším měřítku (kancelářská budova), a to z hlediska nižších nákladů na údržbu takového systému. Ovšem výhody dobře navrženého Smart Home zařízení zvýší komfort i v domácí instalaci. Tyto faktory budou podrobněji rozebrány v kapitole zabývající se technologiemi Smart Home.

2.2 Předchůdci, historie a vývoj Smart Home

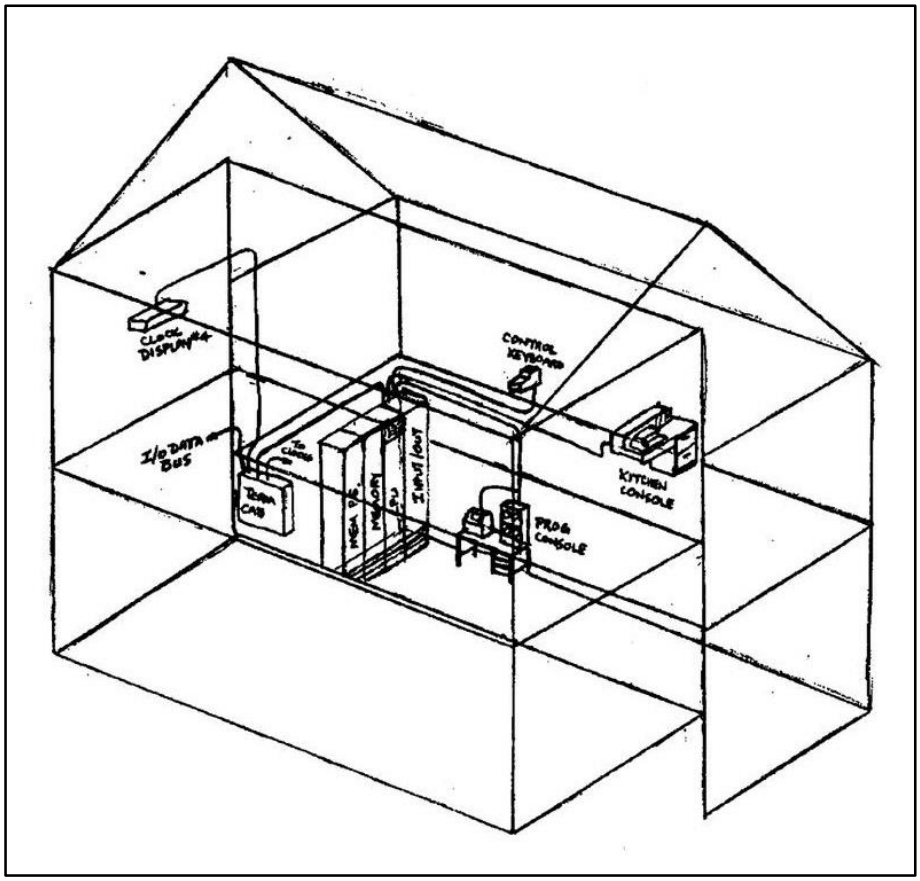
Myšlenka domova, ve kterém přístroje zvyšují komfort jeho obyvatel, může jen stěží být označena jako nová. Důvody, proč lidé investují do Smart Home lze zjednodušit [21] do tři hlavních kategorií - Productivity, Protection, Pleasure, neboli produktivita (či pohodlí), bezpečí a zábava. Příkladem první skupiny mohou být žaluzie, které jsou ovládány v závislosti na podmínkách, druhou skupinu by mohlo zastupovat čidlo kvality vzduchu, a třetí barevné žárovky pro vytvoření relaxační nálady. Snaha ulehčit si práci je navíc vlastnost, která provází lidstvo od nepaměti a lze ji označit za jeden z významných faktorů pokroku. Ostatně prapůvodní vzor „chytré domácnosti“ můžeme spatřovat v týmu služebnictva, který měli k dispozici výše postavení obyvatelé většiny různých civilizací v historii. Proto je pochopitelné, že se brzy po objevu domácích spotřebičů na počátku dvacátého století objevily pokusy, jak je ovládat jinak než přímou interakcí.

V roce 1950 se v časopise Popular Mechanics vyšel článek „Push-Button Manor“ [22] [23], který pojednával o nadšeneckém projektu Emila Mathiase. Uvádí se zde, že dům obsahoval v té době neuvěřitelných více jak 2000 m kabeláže. Z nejzajímavějších prvků lze uvést zabezpečovací systém s hlasitým odposlechem, hlásič požáru, ozvučení více místností a automatické zavírání oken na základě signálu z dešťového senzoru. Svou vizi do budoucnosti s některými prvky Smart Home představila i společnost Monsanto v Disneylandu v roce 1957 [24]. Jednalo se ovšem – s ohledem na zaměření společnosti na plastové výrobky – o produkty – pojatou především tímto směrem.



Obrázek 6 – Blokové schéma počítače ECHO IV [25]

16 let od představení Push-Button Manor sestavil v roce 1966 Jim Sutherland prototyp systému ECHO IV [25] z přebytků hardware ze systému PRODAC svého zaměstnavatele Westinghouse. Jednalo se o plnohodnotný programovatelný počítač (původně určený pro řízení průmyslových procesů) – který zabíral prostor o velikosti více jak 4 dnešních standardních rozvaděčů - viz Obrázek 6. Systém disponoval hodinami, ovládáním audiosystému a několika vstupními jednotkami – viz. Obrázek 7. Jednou z jeho funkcí bylo i řízení vytápění, ke kterému za běhu sám přispíval příkonem 3 kW. Další uváděné parametry jsou – frekvence 160 kHz, paměť 15 kB, 75 reléových výstupů Systém kromě jiného obsahoval tehdy zcela neobvyklý textový procesor. Neméně zajímavým je i dochovaný průzkum - seznam odpovědí na otázku, jaké činnosti by měl podobný přístroj být schopen zabezpečit. Jak je patrné (Příloha A), rozsah se z velké části i po více jak padesáti letech ve velké části shoduje s potřebami člověka žijícího v současné společnosti. ECHO IV byl na svou dobu velmi pokročilý systém, a co do možností a schopností jednoznačně předběhl dobu. Zda se, v případě dnes prodávaných reproduktorů Amazon Echo, jedná o shodu náhod nebo úmyslnou referenci, se bohužel zjistit nepodařilo.



Obrázek 7 – Instalace počítače ECHO IV [25]

Rok 1984 je udáván jako rok prvního použití termínu Smart Home, a to na konferenci The National Association of Home Builders [26]. Jednalo se o iniciativu zahrnující výrobce a kladoucí si za cíl urychlit vývoj v této oblasti. Zajímavostí je, že se projektu vedle korporací jako je Bell, Honeywell, GE a Whirpool účastnila tehdy čerstvě založená společnost Apple. V propagačním videu řídící jednotka pracovala mimo jiné s detekcí přítomnosti obyvatel, hlasovým ovládáním systému, dálkově ovládaného zámku a dalšími. Inovativní byla i myšlenka elektrických rozvodů, které by zapínaly jednotlivé okruhy až v návaznosti na požadavek na jejich zapnutí. Zároveň byl zmíněn i argument ekonomický, a to schopnost spotřebičů využít levnější sazbu elektřiny v závislosti na čase.

V roce 1999 prezentovala svou vizi konceptu Smart Home společnost Microsoft opět v reklamním videu [27]. Zde již koncept obsahuje mnoho dnes běžně dostupných a používaných funkcí a prvků chytré domácnosti. Prezentováno je, již tradičně hlasové ovládání a předdefinované scény, novinkou je geolokace. Technologie GPS byla do té doby využívána především v armádě a v segmentu spotřební elektroniky byla novinkou (pro civilní přijímače byla do roku 2000 uměle zhoršována přesnost – tzv. Selected Availability). Dalším novým prvkem byla biometrika – domovní zámek se odemykal na základě skenu obličeje nebo oka.

2.3 Smart Home Enablers

Samotná existence fenoménu Smart Home by nebyla možná, aniž by nebylo splněno několik podmínek. Smart Home, potažmo IoT, totiž těží především z technologií, které byly vyvinuty původně za jiným účelem, jedná se o příklad rekombinace, kterým se zabývá například McAfee a Brynjolfsson v knize The Second Machine Age [28]. Nejdůležitější, klíčové faktory, nazývané Enablers (faktory, které umožňují vznik zkoumaného jevu) jsou uvedeny tomto oddíle.

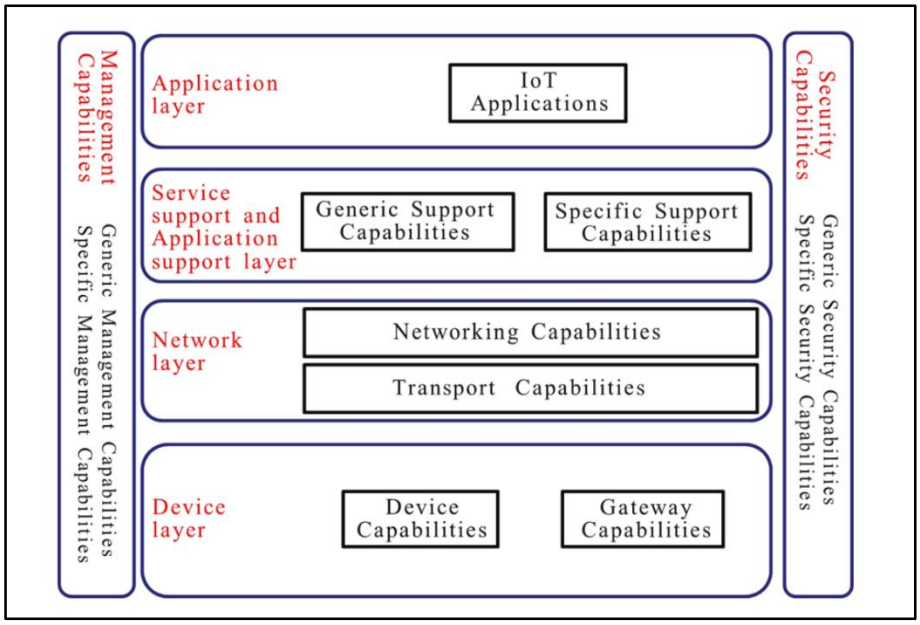
Všepřítomná konektivita (Ubiquitous connectivity) – je klíčový faktor, umožňující v důsledku oddělit koncové prvky od výpočetního výkonu. Dostatečná konektivita umožňuje zároveň komfortnější (s menší prodlevou) ovládání systému na dálku a je nutnou podmínkou pro pokročilé bezpečností funkce jako je vzdálený dohled kdy jsou přenášena obrazová data. Je také obvykle podmínkou využití služeb poskytovaných formou cloudu, například virtuálních asistentů.

Miniaturizace elementů – pokud jsou využívané elementy dostatečně malé, zabudování do koncových zařízení je snadnější. Současné bezdrátové moduly, prakticky nezávisle na technologii, mají díky technologii SoC (Systém on chip, všechny součástky umístěné v jednom pouzdru) rozměry v řádech nižších desítek milimetrů (ESP32 a další). Spolu s miniaturizací jsme zároveň svědky i růstu výkonu procesorů.

Nízká spotřeba – je zásadním faktorem u zařízení, která jsou napájena z baterie. Klíčová je u teploměrů, vypínačů, kouřových hlásičů prvků a podobných prvků, kde je požadována dlouhá životnost. Některá zařízení je možné napájet z akumulátoru, který je třeba jednou za čas dobít. Toto řešení se používá u prvků, kde není kladen takový důraz na rozměry, a které mají zároveň ze své podstaty vyšší potřebu energie – tedy mechanické prvky, jako jsou termostatické hlavice, elektromechanický ventil nebo elektronický zámek. Na spotřebu celého prvku má zásadní vliv zvolená bezdrátová technologie, pomocí které se dané zařízení připojuje do sítě. První chytrá zařízení využívala připojení pomocí Wi-Fi, což omezovalo chytrá zařízení prakticky jen na ty pevně připojené do elektrické sítě. Současné energeticky řádově méně náročné prvky vybavené nízkoenergetickými technologiemi jako je Zigbee, Z-Wave nebo Bluetooth LE vydrží fungovat mnoho měsíců až let bez výměny baterie, případně baterii nepotřebují a energii získávají ze svého okolí.

2.4 Architektura a komponenty Smart Home

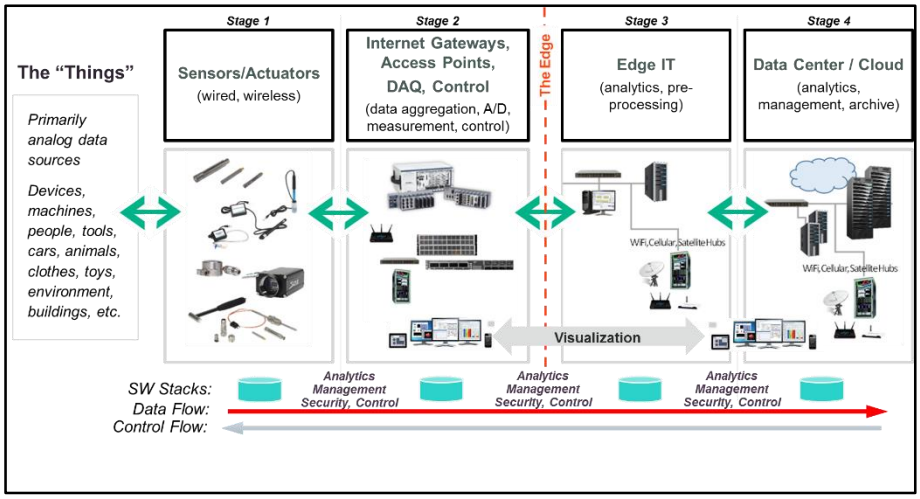
Pohledů na architekturu IoT je, obdobně jako definic více, a to s různou úrovní podrobnosti. Nejjednodušší modely uvádějí 3 vrstvy, zatímco komplexnější, podle granularity vrstev a míry abstrakce obsahují vrstev 7 nebo více. Vhodným modelem, který obsahuje všechny důležité prvky užívané v oblasti Smart Home (a zároveň neřeší vrstvy, které v této oblasti obvykle využívány nejsou), je například model ITU dostupný v dokumentu Y.4000/Y.2060 znázorněný na Obrázek 8. Stejný model, ale už aplikovaný do prostředí Smart Home je na obrázku Obrázek 9 – Čtyřvrstvý model Smart Home [29]



Obrázek 8 – Čtyřvrstvý model ITU [14]

První vrstva (Device layer) má za úkol interakci s okolím. V některých modelech je nazývána Perception layer. Zařízení první vrstvy buď pomocí senzorů sbírají informace (tlak, teplota, vlhkost vzduchu), nebo okolí pomocí aktuátoru ovlivňuje (ventil, relé apod.). U senzorů dochází k převodu analogových veličin (např. odpor teplotního čidla) na digitální. Gateway capabilities“ znamená v tomto kontextu, že samotné adresovatelné IoT zařízení je ještě defacto prostředníkem pro jinou sběrnici, kde mohou být senzory, které jsou schopny komunikovat pouze přímo s tímto zařízením (např. WSN – Wireless Sensor Network struktura, Mbus a podobně, které nejsou adresovatelné „Things“ ve smyslu definice IoT). „Device capabilities“ pak řeší dle doporučení ITU power management nebo komunikaci s nadřazenou, tedy síťovou vrstvou.

Nad percepční vrstvou je vrstva síťová (také Network Layer přpadně Transmission Layer), jejímž účelem je přenos získaných dat. Zde se řeší v závislosti na topologii přenos k nejbližší bráně, a následně přenos v rámci internetu (což vychází z paradigmatu, že každý element by měl být samostatně adresovatelný) Vzhledem k rozdílným požadavkům obou prostředí je toto jednou z velkých výzev celého odvětví. Síťovou vrstva je podrobněji rozebrána v oddělené kapitole. Zařízení na síťové vrstvě je například brána umožňující síti Zigbee přístup do internetu, Wi-Fi přístupové bod typicky brány, přístupové body, routery a další.



Obrázek 9 – Čtyřvrstvý model Smart Home [29]

Následuje vrstva servisní (také Middleware, Management Service, Data processing nebo Edge IT), která získaná data analyzuje, ukládá, anebo nad nimi provádí autonomní rozhodování. Dělicí linií, která se ovšem v průběhu času, tak jak se daří navyšovat výkon zařízení, posouvá, je právě ono vykonávání operací nad získanými daty. Některé operace mohou probíhat lokálně, jiné mohou být realizovány formou cloudové služby.

V aplikační vrstvě jsou informace získané v předchozích vrstvách dále zpracovávány, nebo prezentovány uživateli skrze aplikaci tak, aby se získanými informacemi mohl uživatel efektivně pracovat (dashboard). Aplikační vrstvu je možné v případě potřeby dále dělit, a doplnit tak vyšší míru abstrakce (Business objekty, procesy apod. v oblastech jako je logistika nebo Smart Cities).

Z hlediska architektury, modelování ale i údržby Smart Home lze očekávat i přínos nového konceptu tzv. digitálního dvojčete - Digital Twin. Definice je zcela jednoduchá (Gartner):

Digitální dvojče je digitální reprezentací objektu nebo systému z fyzického světa. [30]

Využití konceptu digitálního dvojčete je výhodné pro potřeby návrhu, dokumentace, údržby, a dohledávání chyb v systému, případně pro sdílení údajů z něj. V případe použití digitálního dvojčete je zajištěna konsistence údajů pro všechny subjekty. Dále koncept přináší výhody při simulaci – pro potřeby navazujících systémů, nebo modelování nových verzí entity samotné. Využití se očekává především v průmyslu a komplexnějších aplikací, z hlediska Smart Home je ale možné si představit využití konceptu Digital Twins pro účely údržby. Poslední zprávy [31], [32] z této oblasti naznačují, že se bude jednat o důležitý trend v oblasti IoT, je tedy šance, že z konceptu bude výhledově těžit i odvětví Smart Home

Pro účely Smart Home se zdá zajímavou implementace Azure Digital Twins, služby představené v roce 2018 společností Microsoft. Přestože je z obchodního hlediska cílena na větší (kancelářské) objekty, domnívám se, že princip bude využitelný i ve Smart Home prostředích. Jedním z prvků služby je tzv. „Spatial intelligence graph“, tedy graf prostorové inteligence, dokument, který by měl doplňovat projekt Smart Home instalace:

„A virtual representation of a physical environment that models the relationships between people, places, and devices. This digital twin generates insights that allow organizations to build solutions that can improve energy efficiency, space utilization, occupant experience, and more.“ [33]

2.5 Funkční oblasti Smart Home

Jak již byl řečeno dříve, a s ohledem na definice, zásadním přínosem konceptu IoT, potažmo Smart Home je propojenost. Jedním z důsledků tohoto konceptu je, že konkrétního cíle lze v rámci řešeného systému dosáhnout často několika způsoby. Tuto myšlenku lze formulovat i ve smyslu, že není podstatný původní účel prvku, ale požadovaný výsledek. Míra úspěchu pak závisí na úrovni propojení prvků a nastavení řídící logiky nad nimi.

Propojenost (a propojitelnost, resp. otevřenost) jednotlivých prvků pak přímo ovlivňuje možnost jejich zapojení. Smart Home prvky jsou totiž, na rozdíl od tradiční instalace, využívány více „uživateli“, tedy subsystémy chytré domácnosti. S informací od senzoru, že bylo otevřeno okno, může být – podle momentálního nastavení zabezpečovacího systému – naloženo dvěma způsoby: Buď je vyvolán poplach, (pokud je dům uzamčen), anebo vydat povel k uzavření termostatické hlavice na radiátoru a tím ušetřit náklady na vytápění (pokud je dům odemčen). Spolupráce mezi systémy byla prezentována již dříve, na Obrázek 4 v předešlém textu. I proto občas vyvstává otázka, kam daný prvek vlastně patří, pokud má z hlediska Smart Home systému více funkcí. Žaluzie je jistě možné ovládat tradičním způsobem, ale v pojetí Smart Home je lze využít i k práci se světlem (nadefinované scény), předstírání přítomnosti, k vytápění slunečním zářením v zimě, nebo naopak izolací před slunečními paprsky v létě, to vše automaticky, za pomoci dat dostupných z meteostanice, osvitových a teplotních čidel a internetu.

Dostupné prvky Smart Home v dnešní době pokrývají prakticky všechny oblasti, se kterými se můžeme v domácnosti setkat Oblasti zastoupené nejvíce a stručné důvody proč tomu tak je, jsou uvedeny níže.

2.5.1 Vytápění, větrání a klimatizace

V anglicky mluvících zemích se pro tyto tři dílčí oblasti označují zkratkou HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning). V rámci stávajících instalací se jedná – v případě vytápění – o jednu ze vstupních bran do světa technologií Smart Home. Důvodů bychom možná nalezli více, ale faktem je, že výdaje za vytápění (nebo klimatizaci, v případě podnebí s vyšší teplotou) jsou obvykle největší nákladovou položkou domácnosti. Z ekonomického hlediska má smysl se snahou o úspory začít právě zde, protože se náklady na investici nejdříve vrátí formou úspor na energiích. Výzkum [18] uvádí, že vytápění je nejčastěji řešená oblast chytré domácnosti v ČR [34]

V případě topného systému, který byl instalován v posledních dvaceti letech, je pravděpodobné, že nějakou formu řízení využívá (s výjimkou krbů a kamen které jsou obvykle užívány pouze jako lokální zdroj tepla bez radiátorů apod.) Obvykle se jedná o termostaty s různou úrovní vybavení, kvality a autonomie. Lze se setkat jak se systémy

s prostorovým termostatem s jedním čidlem, přes termostaty s týdenním plánováním až po složitější systémy např. na bázi ekvitermní křivky.

Tyto systémy je možné snadno osadit inteligentním termostatem, který bude mít k dispozici údaje z teplotních čidel v jednotlivých místnostech. Je možné jej doplnit jak o zmíněné ekvitermní čidlo (sensor umístěný vně domu), aby systém mohl vzít v úvahu potřebou tepla s ohledem na danou venkovní teplotu. Některá zařízení jsou schopná se učit, a to jak ve smyslu tepelné kapacity a setrvačnosti domu, tak co se týká návyků obyvatel domácnosti. Zároveň pracují i s detekcí přítomností osob. Příkladem takového zařízení je například termostat Nest [35] nebo Ecobee [36]. Topný systém je možné také doplnit o elektronické termostatické hlavice, které podobně jako jejich mechanické protějšky zajišťují tepelný komfort v místnostech, ovšem s možným nastavením v závislosti na dni v týdnu, denní době nebo dalších faktorech. Řídící jednotka může být schopna adaptovat se na teplenou setrvačnost domu, a být schopna s předstihem takový zdroj tepla regulovat, a to operativněji než tradiční způsoby regulace.

Faktorem, který by mohl nasazení inteligentního termostatu ztěžovat, jsou vícezdrojové otopné systémy (které kromě tradičních způsobů vytápění využívají i solární panely, kogeneraci nebo tepelná čerpadla). Dostupné chytré termostaty dosud takové systémy řídit neumí, nicméně řídící jednotky podobných systémů dnes již umožňují komunikovat s okolím. Řídit obdobný systém chytrým termostatem by, vzhledem ke složitosti takového systému ani z hlediska záruky či provozování nebylo smysluplné. V takové situaci je možné použít termostat, který ovšem bude ovládat pouze termostatické hlavice, obdobně jako u systémů centrálního vytápění. Výrobci termostatů (například zmíněný Nest) nicméně disponují seznamy podporovaných přístrojů, a jsou schopni pomocí série otázek doporučit vhodné zařízení.

Z hlediska uživatele je jednoznačným přínosem Smart Home systémů větší možnost efektivně (na dálku, automaticky v závislosti na čase, programu nebo autonomním rozhodnutí řídící jednotky) řídit teplotu v čase a jednotlivých místnostech. To vše navíc s větší přesností, neboť bezdrátové teploměry, je možné umisťovat v domácnosti v dostatečném množství a za nízkých cenových nákladů – teploměr je jedna z nejjednodušších aplikací, senzory se často vyrábějí kombinované (Qubino, Aeotec Multisensor 6 aj.). Některé prvky (Netatmo, Fibaro) nabízí i další funkce zaměřené na úsporu energie, jako je automatické uzavření ventilu topení po zjištění otevřeného okna [37]. Monitoring spotřeby elektrické energie pomůže podle údajů z elektroměru vybrat vhodný tarif u dodavatele, nebo optimalizovat spouštění neprioritních spotřebičů tak, aby byla maximálně využita nízká sazba. Chytré termostaty zvládají i spolupráci s klimatizací, nicméně tato oblast se stále vyvíjí. Dostupné jsou i větráky (stropní i přenosné) nebo zvlhčovače či filtry vzduchu, které budou pracovat buď autonomně, nebo v režimu dálkového ovládání a tím s předstihem vytvoří v domě lepší podmínky, s dostatečným předstihem a za minimálních nákladů.

2.5.2 Osvětlení

Osvětlení a jeho ovládání je oblast, která má také ve Smart Home prvcích na trhu silné zastoupení. Opět se jedná o segment, kde se uživatelé často setkávají s konceptem Smart

Home poprvé. Důvodem je v tomto případě nikoliv potenciální úspora (tento problém by byl řešitelný jednoduchou LED žárovkou) nýbrž vizuální atraktivita světelných efektů, podpořená možností pochlubit se před přáteli. [38]

Osvětlení a jeho ovládání je zároveň oblastí, názorně demonstrující multiplikativní synergické efekty technologií. Zatímco vláknové žárovky nebo kompaktní zářivky bylo možné pouze stmívat, v případě žárovek založených na technologii LED jsou dostupné modely umožňující stmívání volbu barevné teploty i barvy. Novým prvkem v interiérech jsou i LED pásky, vhodné pro nepřímé scénické osvětlení. Díky Smart Home je možné jednoduše nastavit postupné rozsvěcení světla v místnosti v čas, kdy se chce člověk vzbudit. Další funkcí je například simulace přítomnosti osob.

Tématem v ovládání osvětlení je také řešení případných nedostatků stávající elektroinstalace. Dodatečné rádiové spínací moduly je možné umístit (v případě dostatečné hloubky krabice) pod stávající vypínač. V místě kde vypínač není, lze jednoduše nalepit dodatečný bezdrátový spínač, což má výhodu především v dodatečných úpravách elektroinstalace. Kromě bezdrátových vypínačů na baterii je možné využít spínače využívající mechanické energie stisku tlačítka k napájení bezdrátové části, které baterie nevyžadují. Tato technologie se nazývá Enocean a bude podrobněji zmíněna v části o technologiích.

2.5.3 Zabezpečení

Zabezpečení je po vytápění druhou [18] často poptávanou oblastí Smart Home prvků. V nabídce je opět velké množství prvků, první velkou skupinou jsou prvky označované souhrnně EZS – Elektronický zabezpečovací systém. Mající za cíl odhalit nebo odstrašit potenciálního narušitele obydlí. Jsou to například bezpečnostní kamery, čidla pohybu, siréna nebo senzor otevření dveří či oken. Patří sem ale i chytrý zvonek, který umí, pokud je třeba po stisknutí tlačítka zavolat na nastavené číslo, a zároveň uložit fotku nebo krátké video osoby která tlačítko stiskla. Jiným praktickým prvkem je i zámek, který je možné dálkově otevřít, nebo umožňuje nastavit jednotlivým uživatelům čas vstupu. Bezpečnostní kamera může mít aktivovanou funkci rozpoznávání obličeje a odemknout oprávněným osobám.

Formou zabezpečení je i oblast prevence škod, oblast, která může zahrnovat čidla od požárních po záplavové. Díky tomu, že současné technologie umožňují měřit veškerá média v reálném čase, což umožní na příklad vodoměru odhalit včas prasklou vodovodní trubku, vydat signál k uzavření vody a informovat uživatele o problému (obdobnou funkci je ale možné řešit i tlakovým snímačem).

2.5.4 Multimédia

Za součásti chytré domácnosti jsou dnes považovány zařízení typu televize, projektor nebo AV sestava, dříve označována jako audiovizuální/multimediální. Multimediální centra pak mohou disponovat mnoha funkcemi, od nahrávání, přes sdílení obrazovky s mobilním telefonem, přehrávání ze streamovacích služeb jako je Spotify nebo Netflix, zobrazovat dashboardy, dle potřeby záběry z kamer a mnohé další. Do oblasti multimédií řadíme i herní

konzole nebo síťové disky NAS. Často dochází k integraci více funkcí do jednoho zařízení. Chytré reproduktory umí díky Wi-Fi připojení zajistit stejnou hudbu ve všech místnostech v domě. Dalším vývojovým krokem jsou pak chytré reproduktory (a nově bezdrátová sluchátka) kombinované s hlasovým ovládáním, již zmíněný Amazon Echo, Google Home nebo Apple Homepod. Takové zařízení umožňuje kromě poslechu hudby i zadávat příkazy do systému nebo fungovat jako jeho řídící jednotka. Podobně jako reproduktor, nově se začínají objevovat sluchátka lze osadit modulem pro hlasovou asistenci.

2.5.5 Ostatní

Do poslední kategorie spadají prvky chytré domácností, které nebylo možné zařadit do předchozích kategorií. Jednou skupinou jsou specializované prvky, například robotické vysavače, kuchyňské spotřebiče, závlahové systémy, osobní váhy a další. Často se jedná o přístroje, kde je případná integrace do Smart Home diskutabilní, a use case vychází spíš ze schopností návrháře, než aby řešila reálné potřeby zákazníka. Dále univerzální prvky, umožňující automatizaci nebo dálkové ovládání, tedy dálkově ovládané zásuvky, vypínače nebo relé určené pro zabudování do stávající instalace nebo přístroje. Samostatnou oblastí, kde lze očekávat v budoucnu růst je nositelná elektronika kombinovaná s prvky ze zdravotnictví, kde jsou novinkou hodinky vybavené technologií k měření EKG (Apple Watch 4). Z hlediska služeb se tyto prvky nabízí pro aplikace jako je životní pojištění, kde je uživatel motivován ke zdravému životnímu stylu slevou z pojistného.

2.6 Ovládání domácnosti s prvky Smart Home

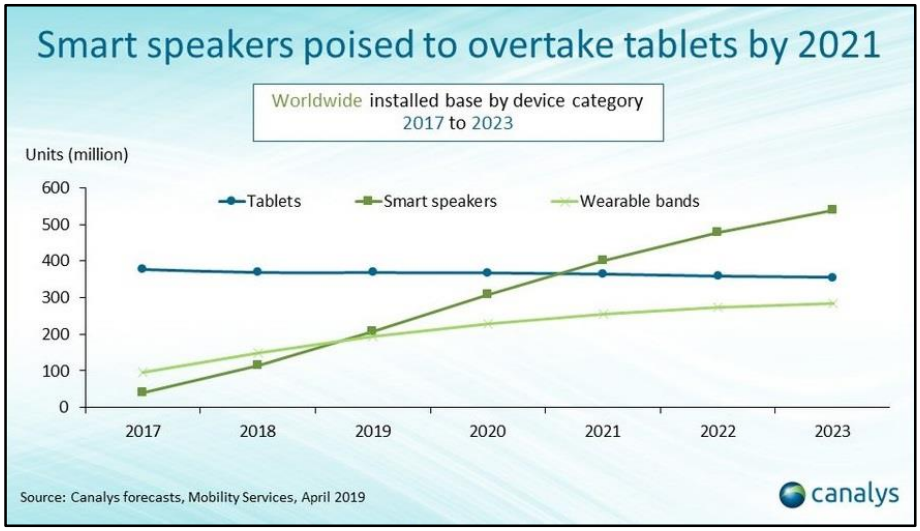
Interakce mezi uživatelem a Smart Home je možná mnoha způsoby a pro větší přehlednost je vhodné je rozdělit do několika skupin. Pro potřeby této práce jsem použil dělení na základě následujících kritérií:

Ovládání založené na interakci s objektem reálného světa - tato skupina zahrnuje ovládací prvky založené na hmatové interakci se spínačem, tlačítkem, regulátorem a to nezávisle na konkrétním technickém provedení. Do této skupiny můžeme proto zahrnout i dálkové ovládání chytré televize, tlačítko umístěné na displeji mobilního telefonu nebo tabletu, ale i gesto nakreslené na takovém zařízení. Důležitým aspektem (nejen) fyzického ovládání je zpětná vazba, uživatel by měl mít možnost sledovat buď ovládací prvek (vypínač), nebo ovládaný prvek (kurzor).

Ovládání založené na zvuku – z historického hlediska je komunikace hlasem pro člověka přirozeným způsobem jak něco sdělit, tedy že řeč je základním lidským komunikačním prostředkem. Hlasové ovládání bylo v průběhu času v ICT světě testováno v různých oblastech (ovládání OS, diktování textu), ale většího rozšíření dosáhlo až s rozmachem chytrých telefonů strojového učení. Uvádí [39] se, že do roku 2000 byla úspěšnost na uloženém slovníku zhruba 80%.

Ke změně došlo po nástupu chytrých telefonů v roce 2009, kdy Google umožnil uživatelům vyhledávat na základě hlasového vstupu jednoduché dotazy. Toto umožnilo Googlu získat reálná hlasová data, pomocí kterých bylo možné rozpoznávací algoritmy cvičit a vylepšovat.

Významným faktorem pokroku byly (a jsou) také nové způsoby učení pomocí neuronových sítí. [40] V roce 2011 Apple uvedl [41] první masově rozšířenou asistentku Siri dostupnou ve standardní výbavě telefonu, která byla schopna odpovídat na jednoduché dotazy.



Obrázek 10 – Vývoj počtu chytrých reproduktorů ve srovnání s tablety [42]

Jako milník v hlasovém ovládání je chápáno uvedení chytrého reproduktoru Amazon Echo Dot v roce 2014, který dosáhl masového rozšíření a je v nabídce dosud. Jedná se o levné zařízení, (často dostupné za sníženou cenu nebo zdarma v rámci balíčku) obsahující hlasovou asistentku Alexa. Tím se, mimo jiné, podařilo Amazonu etablovat na trhu chytrých reproduktorů, což mu poskytuje konkurenční výhodu díky velikosti uživatelské základny [43]. Hlasové ovládání tedy doplňuje Smart Home o další způsob ovládání (uživatelé mají stále možnost ovládat systém pomocí aplikace na mobilním telefonu nebo tabletu, nicméně řídící jednotkou je chytrý reproduktor). Jak je patrné, chytré reproduktory představují dynamický trh - Obrázek 10. Zároveň tento vývoj indikuje růstu trhu s dalšími komponenty chytré domácnosti, neboť chytrý reproduktor je možné chápat jako vstupní bránu pro nové uživatele do celého segmentu.

Ovládání gesty je způsob, který by mohl být využíván pro ovládání přístrojů, a tedy i Smart Home, v blízké budoucnosti. Vývoj tohoto způsobu ovládání bude nejspíše závislý (z hlediska Smart Home není ovládání gesty nezbytné) na dynamice několika odvětví. Jsou jimi automobilový průmysl, rozšířená realita, robotizace průmyslu a počítačové hry. Zde všude je třeba rozpoznávat fyzické prostředí a odpovídajícím způsoben na něj reagovat, obvykle s odezvou, která je pro potřeby Smart Home více než dostatečná. Ovládání gesty je v současné době již využíváno některými automobilkami [44] nicméně zpětná vazba od uživatelů je spíše smíšená.

Technologickou platformou, která by takové funkce mohla umožnit, je kupříkladu Azure Kinect. Zmíněná kamera je nový model zařízení, původně vyvinutého jako příslušenství k herní konzoli X-Box, určené ke snímání pohybu hráče. Obdobná funkce by mohla být v budoucnosti integrována do bezpečnostní kamery, která by pak mohla vyhodnocovat gesta uživatele v dané místnosti.

3 Technologie Smart Home

Kapitola se zabývá nejprve přenosovými médii na úrovni reálného světa, následně jsou představeny technologie využívající tato média z pohledu jejich podstatných vlastností.

3.1 Přenosová média v prostředí Smart Home

Byť je možné, snadno vnímat dobu, ve které dnes žijeme jako „bezdrátovou“, kabely mají v domovních instalacích stále své nezastupitelné místo. Nicméně, jejich instalace vyžaduje přípravu a znalost budoucí dispozice, a připadá tedy v úvahu především při stavbě nebo rekonstrukci nemovitosti. Z technologického hlediska je možností velmi mnoho, nicméně v geografických podmínkách ČR se setkáme prakticky jen s velmi úzkým výběrem. Cílem ani není předložit kompletní výčet možností, ale prezentace technologií nejdůležitějších, perspektivních, nebo neobvyklých. Běžně se setkáme s následujícími přenosovými médii, uvedenými níže.

Kabeláž UTP/STP – v ideálním případě jsou v objektu, kde má být Smart Home systém instalován, provedeny, nebo se uvažuje s provedením datových rozvodů. Nestíněný, v lepším případě stíněný (pomocí kovové fólie, kterou je nutno uzemnit) kabel, obsahující 4 kroucené páry měděného drátu je stále osvědčený způsob realizace datových rozvodů v případě nových instalací ale i rekonstrukcí. Jednotlivé verze, označované kategoriemi Cat 5e – Cat 8 se liší především konstrukcí a šířkou přenášeného pásma. Topologie se používá typu hvězda, kdy jsou kabely z jednotlivých přípojek svedeny do centrálního rozvaděče a jsou zakončeny v tzv. patch panelu. Zde je možné jednotlivé přípojky propojovat dle potřeby do dalších prvků, pomocí propojovacích patch kabelů. Výhodou datových kabelů je, oproti ostatním možnostem ze všech zmíněných, vysoká přenosová rychlost, odolnost vůči rušení, jednoduchá manipulace a přiměřená mechanická odolnost. Datové kabely je možné v případě potřeby využít k napájení prvků s nízkým příkonem, typicky infrastrukturních, jako jsou Wi-Fi přístupové body.

Kabely SYKFY/JYSTY/YCYM a obdobné jsou používané k nízkonapěťovým instalacím (domovní telefony, EZS, ale i ovládací tlačítka), prvků zabezpečovacích systémů, anebo domovní automatizace (sběrnicové systémy). Kabel bývá kroucený, nebo nekroucený, a obsahuje nejčastěji dva až pět párů vodičů, které mohou být stíněny. Průřez vodičů se pohybuje obvykle mezi 0,2 - 1mm^2. V současné době je preferováno využití datových kabelů, které jsou často zaměnitelné (naopak to ale neplatí), a při obdobných parametrech (rozměry/cena) jsou, v případě požadavku na změnu technologie, pro datové přenosy vhodnější.

Silové vodiče – domovní instalace elektrického rozvodu 230V jsou až na výjimky v posledních dvou desetiletích realizovány pomocí kabelů CYKY 3x2.5 nebo 3x1.5. V daném označení písmena udávají složení kabelu, první číslice počet žil a třetí průřez vodiče v milimetrech čtverečních. Ve starších instalacích (panelová výstavba) kde neproběhla

dosud rekonstrukce, je možné nalézt stále vodiče hliníkové, dříve využíváné z důvodu nižší ceny. Tyto hliníkové rozvody využívají pouze dva vodiče a vzhledem k možnosti poruch díky mechanicky méně odolnému hliníku v kombinaci se stářím instalace se pro Smart Home rozvody nedoporučují. Pro potřebu Smart Home je možné využít stávající instalaci při použití Powerline adaptérů. Jsou využívány v situaci, kdy bezdrátové připojení není dostačující, a není možné do určeného místa instalovat nový kabel (dočasná instalace, nájemní byt, zdi z litého betonu). Pokud je třeba využívat kabeláž u všech tří fází, je třeba použít fázovou spojku, která se instaluje do rozvaděče. Nevýhodou Powerline komunikace obecně je možné rušení od různých elektrických zařízení, které se v případě výskytu laikovi jen obtížně odhaluje.

Optický kabel – optická kabeláž se v současných instalacích vyskytuje ojediněle. Pokud se již vyskytne, jedná se většinou o přípojku internetu. Jako přenosové médium nabízí odolnost proti rušení a galvanické oddělení instalace (výhoda při úderu blesku, který se takto nešíří, na rozdíl od měděných telefonních rozvodů). V prostředí Smart Home je optický kabel využíván v situacích, kdy není žádoucí galvanické propojení přístrojů. To může být, kromě míst se zvýšeným rizikem úderu blesku jako jsou přijímače signálu či meteostanice (kde je pak nutné ale současně řešit i napájení), i multimediální centrum, kde se optický kabel používá k přenosu zvuku právě kvůli potlačení rušení. Hlavní výhodu optických rozvodů tkvící v maximální délce vedení, obvykle není v prostředí domovních rozvodů jak využít. Nevýhodou optické kabeláže je specializované vybavení nutné k instalaci a nízká mechanická odolnost. Ve Smart Home se tedy celkově jedná spíše o okrajovou záležitost.

Koaxiální kabely – jsou dnes využívané pro anténní rozvody pozemní, kabelové a satelitní televize (DVB tunery), nebo přípojky kabelového modemu. Kromě toho býval koaxiální kabel využíván ve starších instalacích CCTV pro přenos analogového signálu.

Pro bezdrátovou komunikaci je v domácnostech využíváno volné pásmo, souhrnně nazývané ISM (Industry, Science, Medical). Nejčastěji to jsou pásma 2,4Ghz a 5GHz pro provoz Wi-Fi, následuje tzv. Sub-1GHz pásmo, obsahujících několik dalších pásem, z nichž nejdůležitější jsou 868MHz a 433MHz. Výhodou Sub-1Ghz pásma je nižší energie nutná pro vyzáření stejného výkonu a delší dosah, což má v obou případech pozitivní vliv na spotřebu zařízení a je důvodem pro jeho využívání. Nevýhodou je nižší šířka pásma jednotlivých kanálů, nabízející omezenou přenosovou rychlost. Parametry provozu v jednotlivých pásmech určuje národní regulátor nebo obdobná instituce, v ČR je jím ČTÚ (Český telekomunikační úřad). Zařízení se tedy liší především z hlediska regionálního, takže se může stát, že prvek určený pro americký nebo čínský trh buď nebude fungovat vůbec, nebo v rozporu s podmínkami tzv. Všeobecného oprávnění, které je k dispozici na stránkách [45] ČTÚ.

3.2 Technologie vyžadující kabeláž

3.2.1 HomeplugAV

Technologií, které využívají pro přenos dat silové rozvody elektřiny je několik a nazývají se obecně Powerline Communications. Za nejvíce rozšířené je možné považovat zařízení vycházející ze standardu HomeplugAV. Princip spočívá v zakódování informací drobným zvýšením napětí vlny síťového napětí, které je z hlediska spotřebičů neškodné. Výhodou Homeplug adaptérů je, že pracují na linkové vrstvě, a jsou tedy z hlediska sítě transparentní, podobně jako switch nebo access point, což je pro využití v IP LAN sítích optimální. Instalace probíhá zapojením Homeplug adaptérů do zásuvek, přičemž jeden z nich je propojen s lokálním switchem, a další adaptéry (které musí být umístěny na stejné fázi, nebo je nutno použít fázovou spojku, pokud se jedná o třífázové rozvody) se chovají jako běžná LAN zásuvka. Homeplug Powerline adaptéry mohou být také kombinovány s Wi-Fi přístupovým bodem a používají se k vykrývání slepých míst. Přenosová rychlost závisí na parametrech konkrétní elektrické instalace a vzdálenosti koncových bodů. Rychlosti deklarované výrobci se podle zkušeností uživatelů i autora daří dosahovat spíše výjimečně, a jen v podmínkách blížících se ideálním. Obecně jsou powerline adaptéry v prostředí Smart Home spíše doplňkovou technologií. Faktorem, který je také třeba zvážit, je bezpečnost. Přestože jsou data šifrována, signál se šíří za hranice domácnosti, což vytváří potenciální slabé místo, které je třeba řešit v rámci zabezpečení systému. V ČR se můžeme setkat například s Powerline Homeplug adaptéry značek Devolo, TP-Link, Netgear, D-Link, Asus a nově Mikrotik.

3.2.2 X-10 a UPB

Další Powerline technologií je standard X10. Technologie vznikla v sedmdesátých letech s cílem umožnit zákazníkům jednoduchou domácí automatizaci. Většího rozšíření dosáhla až cca o deset let později, nicméně v USA je využívána (byť ne v takové míře) stále, včetně dostupných prvků, a integračních modulů pro další systémy. Na rozdíl od HomeplugAV, u X10 není silové vedení využíváno jako transportní médium pro protokol vyšší vrstvy, ale jako ovládací sběrnice. Ovládání prvků bylo řešeno příkazy, kterých bylo celkem šestnáct. Na jednotkách se nastavoval kód domu. Příkaz byl jednotkou přijat pouze pokud byl tento shodný s kódem domu vysílání (účelem bylo předejít přeslechům do sousedních domů) a kód zařízení (až 256). Příkazy jsou v systému X10 kódovány do 120kHz a vysílány na sběrnici vždy při průchodu napětí v sítu nulou (zatímco HomeplugAV využívá celou sinusoidu). Dosahovaná přenosová rychlost X10 je 100 nebo 120bit/s v závislosti na frekvenci rozvodné sítě. Díky nízké přenosové rychlosti jsou funkce sítě omezené na několik základních povelů. Komunikace v síti X10 není nijak zabezpečena. Technologií podobnou X-10 je i UPB (Universal Powerline Bus). Tato technologie je novější a ve většině parametrů vylepšená než její předchůdce, nicméně se jedná o uzavřený proprietární systém. Na rozdíl od komponentů X-10, se kterými se lze (byť velmi ojediněle) v ČR setkat, UPB se v ČR nevyskytuje.

3.2.3 Ethernet

Ethernet je globálním standardem pro lokální sítě (LAN – Local area network) definovanou standardem IEEE 802.3. K jeho výhodám patří flexibilita daná především možnostmi strukturované kabeláže, spolehlivost, rychlost, jednoduchá konfigurace (není obtížné dosáhnout rychlosti blížící se teoretickým hodnotám, a to i s běžnými komponenty) a vysoká bezpečnost v případě správného nastavení sítě. Nejvíce rozšířeným přenosovým médiem v prostředí instalací v domácnosti je metalický kabel na bázi mědi. Důležitá je také transparentnost z hlediska síťové vrstvy při propojení s bezdrátovými sítěmi WLAN. V současnosti je v prostředí domácností síť Ethernet realizována v drtivé většině metalickou technologií Cat5E, v závislosti na kategorii kabeláže a lokálních specifikách je možné běžně využívat rychlosti 100/1000Mbit/s, v případě potřeby až 10GBit.

Z hlediska Smart Home zařízení může dnes s postupující miniaturizací a pokrokem bezdrátových technologií představovat problém již samotná velikost připojovacího konektoru RJ45. Navíc, co do rychlosti se správně nastavená bezdrátová síť WLAN může co do rychlosti přiblížit nebo i překonat pevné LAN připojení. U prvků, které nepotřebují neustále přenášet data (čímž by došlo k zahlcení bezdrátového pásma a snížení rychlosti i pro ostatní stanice), nebo dosahovat gigabitových rychlostí (přehrávání HD videa), je pak přechod na bezdrátové připojení racionální volbou.

Pro potřeby využití méně kvalitních rozvodů by mělo v roce 2019 podle plánu dojít k finalizaci standardu 802.3cg, který má umožnit provoz sítě Ethernet po kroucené dvojlince – tzv. Single Pair Ethernet, což by z hlediska Smart Home mohlo být přínosné především pro dodatečné instalace, nebo nahrazení starých prvků novými – EZS apod. V případě potřeby lze metalický Ethernet využít k napájení energeticky nenáročných prvků (PoE, Power over Ethernet), původně ITC infrastruktury na špatně přístupných místech. Limitujícím faktorem délky vedení jsou ztráty, kterým je třeba přizpůsobit i napájecí napětí. Byť se využití pro senzory a podobné prvky nabízí, v praxi se toto řešení příliš nevyužívá, s výjimkou bezpečnostních kamer, v segmentu kde byl tento postup používán ještě před rozmachem Smart Home.

3.2.4 Ostatní komunikační technologie

První skupina technologií, kterou je třeba zde zmínit, se vyznačuje účelem, a to je komunikace v rámci celého Smart Home systému. Tyto technologie, jejichž příkladem je například KNX nebo Loxone Link nebo Teco CIB, udržují vlastní adresní prostor a pokrývají komunikaci všech prvků v systému. Takové systémy, nebo jejich zvolené prvky, je možné v případě potřeby „zviditelnit“ do jiného některého ze současných Smart Home systému.

Druhou skupinou jsou komunikační protokoly, které jsou typicky používány pro snímání nebo ovládání prvků. Ty mohou být buď univerzální (RS485, I2C, SPI apod.), nebo určené pro konkrétní scénáře (MBus, 1Wire, Opentherm, Dali). Z hlediska architektury se jedná v tomto případě o vrstvu mezi fyzickým světem a tzv. „Device Layer“ kde dochází ke komunikaci (i jednostranné) mezi ovládacím/ovládaným prvkem, a dalším prvkem, který již má určitou vyšší logiku (lokální řídící jednotka) a je zařazen do Smart Home logické struktury. Pro tyto účely se často využívají mikrokontrolery (MCU, Microcontroller unit),

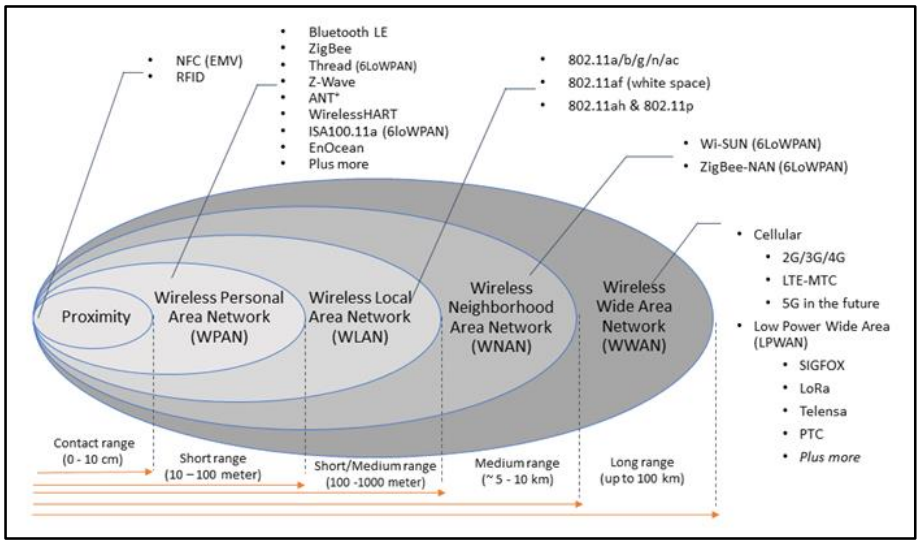
například NodeMCU, což je Arduino deska doplněná o Wi-Fi modul ESP8266 nebo obdobné zařízení.

Z hlediska další integrace je podstatné, že část komunikačních protokolů je opět proprietární, a nelze pro takový systém vytvořit vlastní zařízení. Důvodem pro takové omezení může být buď čistě obchodní politika, nebo snaha o větší kontrolu nad kvalitou a kompatibilitou prodávaných periférií. Na zvážení potenciálního uživatele pak je, zda je konkurenční výhoda daného řešení tak zásadní, aby obhájila omezený výběr a nižší svobodu zasahovat do systému.

V některých případech mají „drátové“ varianty i svůj bezdrátový ekvivalent, což zvyšuje flexibilitu a záběr celého systému. Ideálním případem transparentnosti z hlediska sítě je například kombinaci LAN/WLAN, ale třeba KNX které může fungovat po silovém vedení (Powerline), dedikované sběrnici, bezdrátově, ale i přes IP (KNXnet/IP).

3.3 Bezdrátové technologie

Pro potřeby současné inteligentní domácnosti je, s ohledem na důraz na bezdrátové prvky, dosah bezdrátové sítě důležitým parametrem. Rozdělení z hlediska dosahu je orientačně znázorněno na Obrázek 11, opět se jedná o již známé první tři oblasti, jejichž úkolem je z pohledu Smart Home zařízení zajistit zmiňovanou „všudypřítomnou“ konektivitu (Ubiquitous connectivity).



Obrázek 11 – Přehled bezdrátových technologií IoT [19], [20]

Z této oblasti jsou vybrány buď technologie v podmínkách ČR rozšířené, a technologie nové, které tento potenciál mají v budoucnosti. V této části budou popsány především důležité vlastnosti a specifika jednotlivých standardů z hlediska technických parametrů sítě, topologie, pokrytí a energetické náročnosti. Naopak zde nebudou řešeny IoT komunikační technologie s delším dosahem, kterými jsou v ČR především Sigfox, LoRa, NB-IoT nebo IQRF, neboť jejich využití není namířeno do oblasti chytré domácnosti.

3.3.1 RFID/NFC

Zkratka RFID (Radio Frequency Identification) je obecný název pro technologii (vyvinutou v osmdesátých letech minulého století) umožňující vyčtení informací z RFID čipu (tagu) pomocí čtečky. Tato technologie byla původně určena pro průmysl a logistiku jako doplnění a/nebo náhrada čárových kódů, využití nalezla však postupem času například v oblasti EZS. Technologie RFID se dělí primárně na aktivní (napájené z baterie, užívané především v průmyslu) a pasivní, se kterými je možné se setkat např. u zmíněných přístupových systémů. Pasivní tag (přívěšek o velikosti několika cm) se skládá z čipu a antény, komunikace je realizována na principu elektromagnetické indukce. Nejčastěji využívaný RFID tag – klíčenka obsahuje pouze několik bajtů kapacity v podobě (při výrobě zapsaného, uživatelem nezměnitelného) čísla, které je možné pomocí vhodné čtečky vyčíst.

Obrázek 12 – Google Nest NFC Tag [46]

Na základě technologie RFID a díky novým potřebám především v oblasti kapacity a zabezpečení bylo v roce 2004 založeno NFC forum společnostmi Sony, Philips a Nokia pro podporu technologie nazývané NFC - Near Field Communication.

Technologie NFC z hlediska tagů definuje čtyři typy (NFC forum Typ 1-4), lišících se především účelem využití, kapacitou (až desítky kB) a zabezpečením (možnost uzamknutí, na rozdíl od běžných, volně čitelných RFID). Z existence vyšší kapacity pak vyplývá možnost zápisu, tedy oboustranné komunikace, a to i v pasivní verzi. Data jsou v NFC kartách uložena ve formátu NDEF (NFC Data Exchange Format).

Technologie RFID využívá v segmentu spotřební elektroniky především frekvence 125/134kHz označované jako LF-RFID, a 13,56 MHz označovanou jako HF-RFID. Pásmo 13,56 MHz je zároveň využívaná i technologií NFC, která je zpětně kompatibilní. Je tedy možné pomocí kombinovaného čtecího zařízení načíst údaje jak z RFID, tak NFC Tagu.

RFID/NFC Tag – viz. Obrázek 12 má nejčastěji podobu klíčenky, karty, náramku nebo samolepky. Je možné se ale setkat i s NFC prstenem, nebo NFC čipem vhodným pro implantování pod kůži. Tagem a zároveň i čtečkou může být chytré zařízení – hodinky, pásek či telefon. NFC čip je obsažen i v cestovních dokladech, kde je oblast rozdělená na veřejnou a neveřejnou (zašifrovanou) část. Na technologii NFC jsou založeny i v současné době populární platební systémy Apple Pay a Android Pay.

Díky vyšší ochraně NFC čipu biometrickými údaji v telefonu či hodinkách (na rozdíl od běžného RFID) se již objevily první automobily, které lze odemknout telefonem, u chytrých zámků lze proto podobný trend také očekávat. Novinka byla představena v oblasti NFC

společností Apple iOS [47]. Jedná se o funkci, díky které i vybitý telefon je ještě několik hodin schopen provádět NFC transakce, byť bez aktivního ověření pomocí biometrie. Taková funkce je na jednu stranu jistě užitečná, nicméně z hlediska bezpečnosti samozřejmě riziková.

Využití pasivního čipu je možné i obráceně, a to v případě, že je chytrý dům hlídán bezpečnostní službou. Díky aplikaci je schopna bezpečnostní služba prokázat, že byla obchůzka provedena po perimetru celého objektu a v daný čas, aniž by bylo nutné pracně kontrolovat kamerový záznam.

3.3.2 Wi-Fi

Název Wi-Fi, který je obchodní známkou Wi-Fi Alliance (organizací zastřešující certifikace zařízení) je používán pro bezdrátové technologie lokální sítě (WLAN, neboli Wireles LAN) ve verzích standardu IEEE 802.11.

Počátky WLAN sahají do devadesátých let a první verze Wi-Fi ve standardu 802.11 byla vydána v roce 1997. K většímu rozšíření Wi-Fi na trhu došlo až okolo roku 2000 s příchodem standardu 802.11b. Teoreticky dosažitelná rychlost zde činila 11Mbps (54Mbps u verze 802.11g), což bylo v té době pro běžnou práci dostačující. Zatímco verze b a g používají pouze pásmo 2,4GHz, novější verze 802.11n a 802.11ac (Wi-Fi 5) mohou využívat pásma 2,4GHz a 5Ghz. V obou případech se jedná o nelicencovaná pásma, konkrétní počet dostupných kanálů se ale liší, v závislosti na kmitočtovém plánu konkrétního státu.

Bezpečnost Wi-Fi je řešena volitelným šifrováním, přičemž starší algoritmy WEP a WPA jsou dnes považovány za nevyhovující a doporučován je alespoň WPA2. Typicky je pro připojení k síti pomocí Wi-Fi využívána topologie hvězda, stanice se tedy hlásí k centrálnímu přístupovému bodu (access point) v síti. Wi-Fi umožňuje i tzv. adhoc sítě, které se využívají ve speciálních případech. Poslední aktualizací je Wi-Fi 6 (802.11ax), kde by měla být přenosová rychlost za dobrých podmínek srovnatelná s gigabitovým Ethernetem

Wi-Fi bylo první bezdrátovou technologií, která začala být užívána pro vzdálené ovládání různých zařízení. Díky využití IP protokolu je takové zařízení možné ovládat odkudkoliv, a to bez potřeby lokální brány jako v případě dalších technologií (Bluetooth, Zigbee apod.) Ovládání může být prováděno napřímo (zařízení bude k dispozici pod vlastní IP adresou v internetu), nebo přes cloudovou službu kam se zařízení i uživatel přihlásí. V druhém případě odpadá nutnost udržovat znalost IP adresy cílového zařízení.

Z hlediska využitelnosti ve Smart Home instalacích je obrovskou výhodou Wi-Fi dostupnost infrastruktury, neboť se jedná v tomto směru o nejrozšířenější standard. Možnost vytvoření přístupového bodu Wi-Fi nabízí dnes většina zařízení poskytující konektivitu do internetu (xDSL, kabelové i modemy, routery). Co se týká přenosové rychlosti a dosahu, v obou případech vyhovuje požadavkům Smart Home instalací. Z bezdrátových technologií, které jsou běžně dostupné a dostatečně vyspělé je Wi-Fi ta s nejvyšší přenosovou rychlostí, což ji určuje především do oblasti multimédií, kde rychlosti není nikdy nazbyt.

Nevýhoda technologie Wi-Fi je naopak vysoká spotřeba, která činí z Wi-Fi nevhodnou technologii do zařízení určených pro provoz z baterií nebo akumulátorů, kde je kladen důraz

na nízkou spotřebu. Na vině ovšem není technologie samotná, nýbrž fakt, že cílem Wi-Fi je být Wireless LAN, tedy bezdrátové prodloužení lokální sítě. V tomto smyslu je požadavek na vysokou propustnost a nízkou odezvu protichůdný k energetické nenáročnosti. Problematické může být také zarušené pásmo v lokalitách s hustým osídlením. Tento problém řeší částečně druhé pásmo 5GHz, často je tedy třeba držet duální infrastrukturu s ohledem na zpětnou kompatibilitu vybavení které je vybaveno jen 2,4Ghz radiovou částí.

Konkurencí pro zavedené Smart Home protokoly může představovat standard 802.11ah pod marketingovým označením Wi-Fi HaLow, který má být s ohledem na potřeby IoT úspornější, a díky použité Sub-1GHz frekvenci bude nabízet větší dosah. Slabou stránkou je, z pohledu ČR potažmo EU, malá šířka nelicencovaného pásma (5Mhz EU vs. 26Mhz v USA), což je nejméně v porovnání s ostatními zeměmi.[48]

Novinkou, alespoň z hlediska nových produktů se staly Mesh Wi-Fi systémy. Prvky s těmito funkcemi nejsou sice úplnou novinkou (tak jako není nový požadavek na dostatečné pokrytí signálem libovolných větších prostor, ať je to sklad, kancelářská budova nebo univerzitní kampus), nicméně tyto prvky byly specializované, a nastavení správných parametrů nebylo triviální. Dnes všichni hlavní výrobci spotřebního ICT (Asus, Linksys, Zyxel) mají v nabídce balíček, obsahující sadu o 2-3 jednotkách se snadnou konfigurací do domácího prostředí. Často jsou nabízeny i doplňkové služby, jako monitoring sítě, řízení přístupu a podobné. Objevují se i prvky, které kombinují Wi-Fi pokrytí s další technologií, jako například Zigbee. Zařízení eero, které si zakládá především na jednoduché obsluze je pak dostupné s protokolem Thread.

3.3.3 Optické technologie

Optické technologie využívají ke svému fungování elektromagnetickém záření o vlnových délkách viditelného, nebo infračerveného světla. Infračervený přenos je již dlouhou dobu využíván v dálkových ovladačích, optočlenech využívaných pro odečty energií, nebo komunikačním protokolu IrDA.

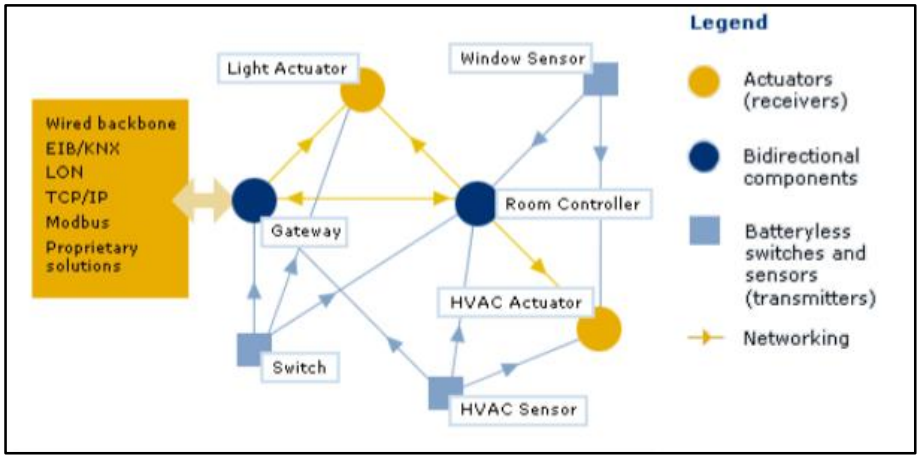
Novinkou jsou technologie, využívající ke komunikaci světelný zdroj na bázi LED. V případě že využívají viditelné světo, jsou označovány jako VLC (Visual Light Communication), je ale snaha využít obě části spektra, tedy i světlo neviditelné. Jedná se o nový směr vývoje, na který má zajisté pozitivní dopad zvětšující se podíl LED technologie na trhu s osvětlením. Světelné zdroje využívající LED jsou, na rozdíl od vláknové nebo fluorescenční technologie, schopné vysílat s frekvencí lidským okem nepostřehnutelnou. Data ve směru od zařízení k přístupovému bodu jsou vysílána právě v infračerveném, tedy neviditelném spektru. Přijímač je v současné době realizován formou USB zařízení. Technologie, nazvaná LiFi, není dosud komerčně dostupná, zdroje ale uvádí běžící pilotní projekty [49] a nabízí ukázkové kity [50] pro akademickou sféru. Šance úspěchu zvyšuje i angažovanost společnosti Signify, výrobce komerčně úspěšného systému LED žárovek Hue (dříve Phillips). Dalšími propagátory technologie jsou společnosti Lucibel a pureLiFi, prezentující na webu několik světelných zdrojů s integrovaným přístupovým bodem. Hlavní uváděnou výhodou technologie LiFi oproti Wi-Fi je mnohonásobná šířka pásma. Tyto výhody předurčují LiFi více než do chytré domácnosti do kancelářských budov. Každopádně se ale jedná o další komunikační médium, které posiluje koncept všeobecně dostupné konektivity.

Hypotetický access point nové generace by tak mohl obsahovat optickou a i bezdrátovou část, a zároveň fungovat jako chytré světlo (světelný panel).

3.3.4 EnOcean

Společnost EnOcean, odštěpená ze společnosti Siemens v roce 2001, je výrobce komponentů, zabývající se vývojem a výrobou bezbateriových a energeticky úsporných prvků pro Smart Home a Smart Building aplikace. Současně vyvinula i komunikační protokol EnOcean, uznaný v roce 2012 jako standard ISO/IEC 14543-3-10.

Protokol EnOcean pro komunikaci využívá Sub-1GHz pásmo, dosah je uváděn kolem 30 m v interiéru, při rychlosti 125kbit/s a volitelné šifrované komunikaci, kdy je podle důležitosti prvku nasazováno šifrování, plovoucí kód nebo nešifrovaná zpráva. Telegramy jsou velmi malé, u běžné zprávy je obsah zabírá méně než 14 byte, což při vysílání snižuje pravděpodobnost kolize (a díky tomu nutnosti opakovat energeticky náročné vysílání) i při větším počtu prvků. Sít EnOcean počítá u prvků často pouze s jednosměrnou komunikací – viz Obrázek 13 – Schéma sítě EnOcean [51]– např. okenní senzor.



Obrázek 13 – Schéma sítě EnOcean [51]

Jak již bylo řečeno, EnOcean zahrnuje i hardwarové prvky, které jsou napájeny pomocí patentované technologie – tzv. Energy Harvesting. Jde o koncept, kdy je zachycováno a využíváno sebemenší množství disponibilní energie z okolí prvku. Senzory mohou být napájeny miniaturním solárním článkem, využívat vibrace, rotační pohyb (vodoměru apod.), zatímco spínače využívají energii mechanického pohybu stisku tlačítka. Tato energie je následně konvertována na energii elektrickou a následně proběhne komunikace.

Výrobky založené na hardwaru EnOcean nemusí nezbytně používat komunikační protokol EnOcean. Běžně dostupným je například bezbateriový spínač Phillips Hue Tap komunikující protokolem Zigbee. Dostupné jsou (zatím pouze ve formě OEM radiových modulů) i verze pro Bluetooth. Jakkoliv je EnOcean zajímavá technologie, případný zájemce by si měl dobře propočítat ekonomiku celé instalace, respektive místa, kde je smysluplné (s

ohledem na stanovená kritéria) technologii nasadit. Bezúdržbovost (z hlediska baterií) těchto prvků je, jistě lákavá, na druhé misce vah, především u komplexnějších prvků s větší spotřebou (termostat, detekce CO_2 nebo kouře), je ovšem faktem, že jsou tyto prvky podstatně nákladnější než konkurenční bateriové řešení.

3.3.5 Bluetooth

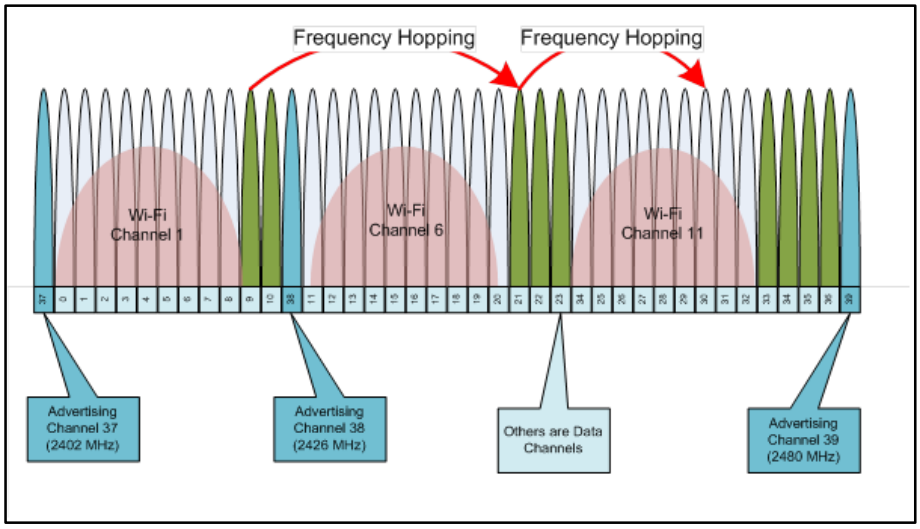
Bluetooth je komplexní univerzální protokol, jehož vznik se datuje do devadesátých let minulého století. Vývojem protokolu, stejně jako udělováním známky Bluetooth, se zabývá organizace Bluetooth SIG která má v dnešní době více jak 30 000 členů. Technologie Bluetooth funguje v nelicencovaném pásmu 2,4GHz a na fyzické a linkové vrstvě vychází ze standardu IEEE 802.15.1 pro sítě WPAN (Wireless Personal Area Network). Původním účelem technologie bylo nahradit sériové drátové spoje na krátké vzdálenosti a první implementací bylo sluchátko určené pro handsfree.

Protokol Bluetooth je velmi flexibilní, a zařízení tak mohou být navržena, nastavena a provozována v ideálním režimu vzhledem k jejich účelu. K dnešnímu dni obsahuje specifikace několik desítek aplikačních profilů, které upřesňují způsob využití protokolu různých situacích. Z pohledu OSI modelu jde tedy o protokol zasahující až do aplikační vrstvy. Aby spolu mohla dvě zařízení komunikovat, musí používat stejný aplikační profil. Zařízení se dělí do tříd (Class), které se liší vysílacím výkonem, a tedy i dosahem. Zatímco Class 1 má maximální výkon 100 mW (a udávaný maximální dosah 100 m), u Class 3 zařízení se jedná o 1 mW a 1 metr dosahu. Poslední ohlášenou verzí protokolu Bluetooth je 5.1, ale stále jsou běžně dostupná zařízení vybavená Bluetooth 4.0. Zařízení Bluetooth spolu komunikují v buňce, obsahující až sedm zařízení, která je nazývána piconet. Z hlediska hierarchie je v rámci buňky jedno zařízení, které komunikaci řídí (master). Komunikace probíhá standardně v režimu BD (Basic Rate) nebo EDR (Enhanced Data Rate), které se liší dosažitelnou přenosovou rychlostí.

Pro zařízení, které nepřenáší velký objem dat, ale je u nich preferována nízká spotřeba, vznikla odnož protokolu Bluetooth LE (Low Energy, BLE, dříve Bluetooth Smart) která řeší právě tento problém. Radiové části Bluetooth a Bluetooth LE nejsou navzájem kompatibilní z důvodu jiné šířky kanálu (1MHz Bluetooth vs 2MHz Bluetooth LE, viz. Tabulka 2), nicméně radiový modul může (a často obsahuje) obě technologie (tzv. dual mode controller). Aby se předešlo rušení z provozu Wi-Fi sítě, jsou pro řídící kanály Bluetooth LE vyhrazeny frekvence kde je menší šance, že vysílání neprobíhá – viz. Obrázek 14.

Vlastnost	Bluetooth BR/EDR	Bluetooth LE
Počet kanálů	79	40
Rozestup kanálů	1 MHz	2 MHz
Výkon	100 mW	10 mW
Dosah	30 m	50 m
Přenosová rychlost	1-3 Mbps	1 Mbps

Tabulka 2 – Srovnání Bluetooth BR/EDR a LE - NIST[52]

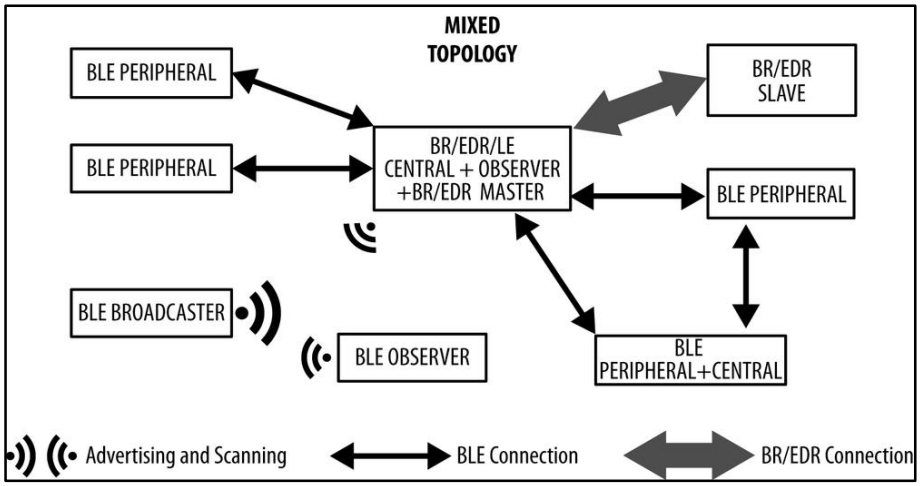


Obrázek 14 – Schéma kanálů Wi-Fi a BLE - [53]

Snížení spotřeby protokolu Bluetooth LE bylo realizováno změnou způsobu komunikace. U standardních režimů Bluetooth (BE/EDR) jednotka vysílá neustále, oproti tomu Bluetooth LE využívá jen krátké pulzy (burst) v běžné přenosové rychlosti, a ve zbylém čase je uspána. Další užitečnou funkcí (právě od verze Bluetooth 5, s rozšířením LE) je možnost použití nižších přenosových rychlostí (ovšem pro využití v aplikaci typu senzor stále dostačující), ale s výhodou delšího dosahu. Přenosová rychlost Bluetooth LE, se tedy podle zvoleného režimu pohybuje mezi 125 kbps po 2 Mbps s udávaným dosahem 10-100m.

Sada profilů pro BLE obsahuje právě zařízení, jako jsou senzory, ovládací prvky, ale i sportovní a zdravotnická zařízení (glukometry, teploměry, tlakoměry a další), ale je možné vytvořit i nový profil na bázi GATT (Generic Attribute Profile). Specifikace Bluetooth LE byla také doplněna o třídu odběru Class 1.5, (do 10mW) což umožní zařízení přesněji rozdělovat do kategorií dle výkonu podle potřeby konkrétní aplikace. Od verze Bluetooth 5 se také zařízení nerozlišují označením podverze. Funkcionalita LE není automatickou součástí zařízení označeného Bluetooth 5, ale volitelnou funkcí. Výhodou technologie Bluetooth v obou verzích je rozšířená podpora u mobilních zařízení jako jsou telefony, tablety nebo notebooky, takže je možné připojit se k prvkům napřímo.

Bluetooth LE také rozšířil funkcionalitu v síťové části. Prvky se nyní nemusí připojovat pouze v topologii do hvězdy, ale je možné využít topologii mesh. Díky tomu lze vytvářet větší sítě (dle specifikace až 32000 jednotek) a zároveň se, alespoň teoreticky, zvyšuje odolnost proti rušení. Možnou topologii smíšené sítě Bluetooth a rozdílná komunikační schémata ilustruje Obrázek 15.



Obrázek 15 – Smíšená síť Bluetooth [54]

Novinkou je také přístup do sítě v režimu broadcast, kdy nedochází k navazování spojení a přenosu parametrů služby přes GATT (viz výše), ale přijetí zprávy je na tzv. observerovi. Pomocí těchto úprav lze s Bluetooth LE dosáhnout řádově nižší spotřeby (až 50%) v porovnání se standardní verzí. Vylepšené parametry umožňují konkurovat technologii Bluetooth LE dalším bezdrátovým protokolům standardům.

V oblasti zabezpečení Bluetooth LE nabízí rozdílné úrovně zabezpečení, a je záležitostí konkrétní implementace, která úroveň bude zvolena. Nejvyšší úrovní je tzv. OOB (Out of Band) Pairing, kdy výměna klíče probíhá jiným kanálem než pomocí Bluetooth komunikace – např. přes display, NFC apod. - a je tedy nejbezpečnější. Nevýhodou je větší složitost zařízení, vyplývající z potřeby ošetřit funkčnost dodatečného kanálu, a proto není využívána plošně. Naopak nejnižší úroveň, označovaná jako „Just Works“ (kde je PIN nastaven na 0) je využívána u zařízení, které nemají klávesnici ani jiné ovládací prvky, kterými by bylo možné PIN zadat. Mezi těmito dvěma úrovněmi zabezpečení se nachází Passkey, kdy je zadáváno šestimístné číslo. Bluetooth LE od verze 4.2 zvyšuje dodatečným mechanismem (Numeric Comparison) bezpečnost proti MITM (Man in the Middle) útoku. Přehled vybavení jednotlivých prvků bezpečnostními funkcemi s vlivem na finální bezpečnostní nastavení je na

Obrázek 16

Responder	Initiator				
I/O Capabilites	DisplayOnly	Display YesNo	Keyboard	NoInput NoOutput	Keyboard Display
Display Only	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Passkey Display** (responder displays, initiator inputs) **Authenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Passkey Display** (responder displays, initiator inputs) **Authenticated**
Display YesNo	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** [For LE Legacy Pairing] **Unauthenticated** **Numeric Comparison** (For LE Secure Connections Pairing) **Authenticated**	**Passkey Display** (responder displays, initiator inputs) **Authenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Passkey Display** (responder displays, initiator inputs) [For LE Legacy Pairing] **Authenticated** **Numeric Comparison** (For LE Secure Connections Pairing) **Authenticated**
Keyboard Only	**Passkey Display** (initiator displays, responder inputs) **Authenticated**	**Passkey Display** (initiator displays, responder inputs) **Authenticated**	**Passkey Display** (initiator displays, responder inputs) **Authenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Passkey Display** (initiator displays, responder inputs) **Authenticated**
NoInput No Output	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**
Keyboard Display	**Passkey Display** (initiator displays, responder inputs) **Authenticated**	**Passkey Display** [For LE Legacy Pairing] (initiator displays, responder inputs) **Authenticated** **Numeric Comparison** (For LE Secure Connections Pairing) **Authenticated**	**Passkey Display** (responder displays, initiator inputs) **Authenticated**	**Just Works** **Unauthenticated**	**Passkey Display** [For LE Legacy Pairing] (initiator displays, responder inputs) **Authenticated** **Numeric Comparison** (For LE Secure Connections Pairing) **Authenticated**

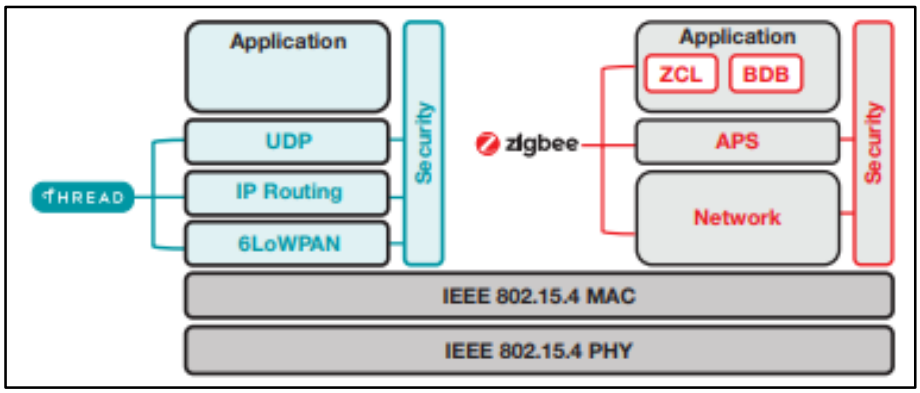
Obrázek 16 – Kombinace bezpečnostních funkcí Bluetooth [55]

Od verze 4.2 Bluetooth také podporuje protokol 6LoWPAN – IPv6 konektivitu až na úroveň koncových prvků, což je zásadním krokem na cestě k ideálnímu stavu, kdy každé Smart Home zařízení bude jednoznačně adresovatelné v celé síti Internet.

Komunikační protokol Bluetooth je ve Smart Home využíván především senzory jako jsou teploměry, čidla vlhkosti a podobnými aplikacemi, a to plošně, bez omezení na jeden konkrétní ekosystém. Tím, že je dnes Bluetooth obsažen v drtivé většině mobilních zařízení, ale i řídících jednotek Smart Home (chytré reproduktory, brány, mikropočítače Raspberry apod.) je možné jej chápat jako defacto univerzální.

3.3.6 802.15.4

Standard IEEE 802.15.4 nazvaný „Standard for Low-Rate Wireless Networks“, vznikl za účelem provozování bezdrátových sítí, s potenciálně velkým počtem připojených prvků a za co nejnižších energetických nároků. Naopak jeho cílem není maximální přenosová rychlost. Jedná se o standard otevřený, bez jakýchkoliv licenčních omezení či poplatků. Na tomto standardu staví hned několik otevřených i proprietárních komunikačních protokolů, z hlediska Smart Home jsou těmi nejdůležitějšími Zigbee a Thread. Vztah těchto protokolů je znázorněn na Obrázek 17.



Obrázek 17 – Schéma 802.15.4 - Thread a Zigbee [56]

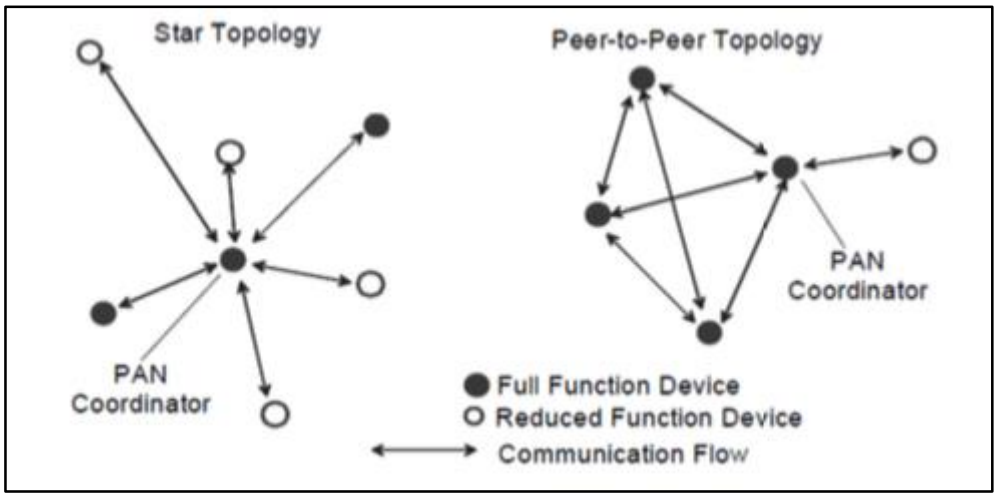
Návrh standardu vycházel z požadavku na komunikaci rychlostí 250 kbit/s při dosahu alespoň 10 m. Standard dále specifikuje, že zařízení musí být schopno vysílat minimálně výkonem -3dBm, tedy 0,5mW. Z hlediska výkonu jsou zařízení standardem omezena pouze zespodu, shora omezen výkon není.

Pro komunikaci je využíváno volné pásmo ISM (Industrial, Science, Medical). Využívány jsou 2 MHz široké kanály s rozestupem 5 MHz. K dispozici je (v EU) 16 kanálů v pásmu 2,4 GHz, z nichž 4 nezasahují do WiFi pásma, uvažujeme-li tři kanály o standardní šířce 20Mhz +2MHz přeslech. V pásmu 868 MHz je v EU k dispozici pouze jeden kanál (v USA je k dispozici kanálů 10). Maximální přenosová rychlost je standardem uvažována na 250 kbit/s nebo 100 kbit/s v pásmu 2,4 GHz, v pásmu 868 MHz pak na 20 kbit/s. Pro použití ve Smart Home aplikacích je nicméně v dostupných modulech využíváno pouze pásmo 2,4GHz.

Rámce sítě IEEE 802.15.4 mají, i s ohledem na koexistenci s dalšími technologiemi v pásmu, přenosovou dobu maximální velikost 127 B. V síti jsou zařízení dvou druhů – FFD (Full-Function Device) a RFD (Reduced-Function Device). Důvodem je dříve zmiňovaná úspora energie, neboť zařízení FFD může zastat v síti jakoukoliv úlohu, zatímco u zařízení typu RFD je uvažována jen omezená funkčnost a předpokládá se vypínání. Proto může zařízení RFD komunikovat pouze se zařízením typu FFD.

Topologie sítě může být dvojího druhu, a to hvězda, nebo peer-to-peer (struktura mesh je řešena až o vrstvu výš, na síťové úrovni – např. Zigbee, Thread). V síti pak mohou mít uzly různou funkci (roli):

1. PAN Coordinator – zajišťuje zřízení sítě, udržuje informace o adresách uzlů a provádí směrování. PAN Coordinator může být pouze zařízení typu FFD, a každá síť může mít jen jedno zařízení v roli PAN Coordinator.
2. Coordinator - provádí směrování, může být pouze typu FFD. Ze zařízení Coordinator se může stát Device
3. Device – koncové zařízení, které může být typu FFD nebo RFD



Obrázek 18 – Topologie 802.15.4

3.3.7 Thread

Thread je souhrnné označení pro tři na sebe navazující standardy (6LoWPAN, IP a UDP) které jako celek pod jedním názvem aspirují na to být budoucím otevřeným standardem v oblasti IoT. Nejsou nijak zatížené z hlediska patentů nebo licenčních omezení.

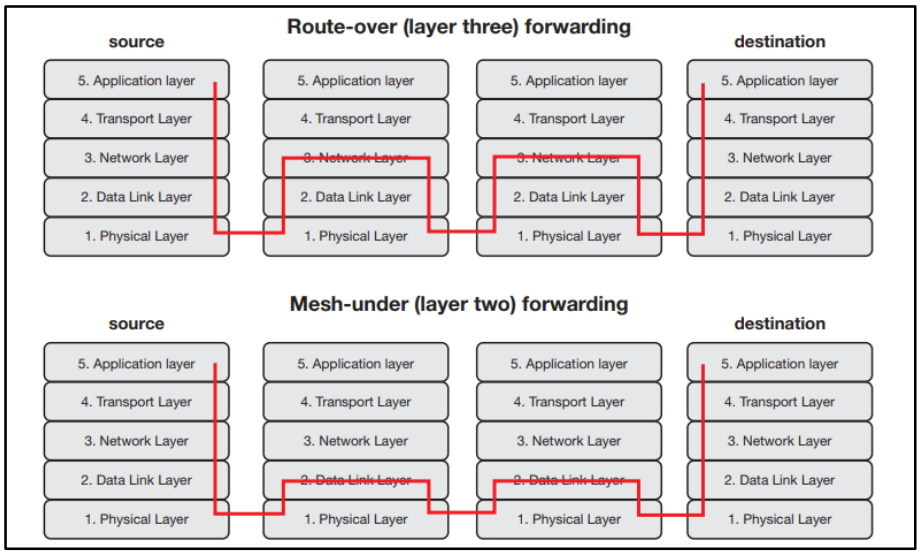
S rozšiřováním používání IoT sítí vyvstala postupem času i potřeba řešit IPv6 konektivitu jednotlivých prvků. Z hlediska principu IoT (jednoznačné globálně identifikovatelné prvky) je pochopitelná snaha o globální IPv6 adresaci. Sítě v rámci jednotného adresního prostoru (IP) jsou přehlednější a snadnější na správu, což povede k nižším nákladům na údržbu a snadnější integraci.

Za účelem řešení tohoto problému byla vytvořena vrstva 6LoWPAN, což je zkratka pro „IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks“. 6LoWPAN staví na standardu IEEE 802.15.4 s cílem umožnit vzájemné propojování IoT mesh sítí (ale i s „vnějším“ světem) pomocí protokolu IPv6.

První návrh 6LoWPAN vzešel jako RFC 4944 v roce 2007 a byl do dnešní doby několikrát aktualizován. Prvkem, který propojuje 6LoWPAN síť s okolím pomocí protokolu IPv6 se nazývá hraniční (Edge) Router. Edge Router je schopen přeposílat i zprávy mezi zařízením v rámci 6LoWPAN. Poslední činností Edge Routeru je uchovávání informací o síti a její údržba. Dalšími prvky sítě je Router nebo Host. Host může být zařízení, které se svým okolím komunikuje pouze příležitostně, a to prostřednictvím Routeru.

Vzhledem k velkému rozdílu mezi MTU v 802.15.4 sítí a u IPv6 paketu (127 B vs 1280 B) bylo třeba vyřešit problematická místa – fragmentaci paketů a nízkou propustnost zapříčiněnou vysokou režií. Aby byla komunikace efektivnější z hlediska využití energie a přenosového pásma, dochází proto k úpravám – vypuštění konstantních nebo odvoditelných údajů z IPv6 hlavičky.

Směrování v síti 6LoWPAN může probíhat buď mechanismem Route-over (přes třetí vrstvu), nebo Mesh-under (přes druhou vrstvu). Zatímco pro menší sítě si vystačí s druhým způsobem, kdy se celá 6LoWPAN síť chová jako jeden síťový segment a routuje se pouze provoz dovnitř a ven ze sítě, u větších sítí je vhodnější routování i uvnitř sítě 6LoWPAN.



Obrázek 19 – 6LoWPAN Route-over a Mesh-under routing [57]

Pro potřeby transportu byl stanoven jednoduchý protokol UDP, neboť TCP spojení by bylo díky potvrzování paketů příliš náročné. Z hlediska bezpečnosti probíhá komunikace pomocí volitelně šifrovaných zpráv.

Přestože je Thread relativně nový projekt, dostává se mu, díky jeho otevřenosti, dobrého přijetí od výrobců spotřební elektroniky, ITC, integrátorů i výrobců součástek. Mezi zapojenými společnostmi nalezneme jména jako Google (Nest), Samsung i Apple, což jeho šance na přijetí, respektive uvedení kompatibilních zařízení zvyšuje.

Díky tomu, že čipy kompatibilní s IEEE 802.15.4 jsou již využívány zařízeními Zigbee a jsou tedy běžně dostupné (např. TI 2531, Digi XBEE, NXP KW41Z), nabízí se možnost jednoduché integrace do nových zařízení typu router, Wi-Fi access point nebo řídící jednotka Smart Home.

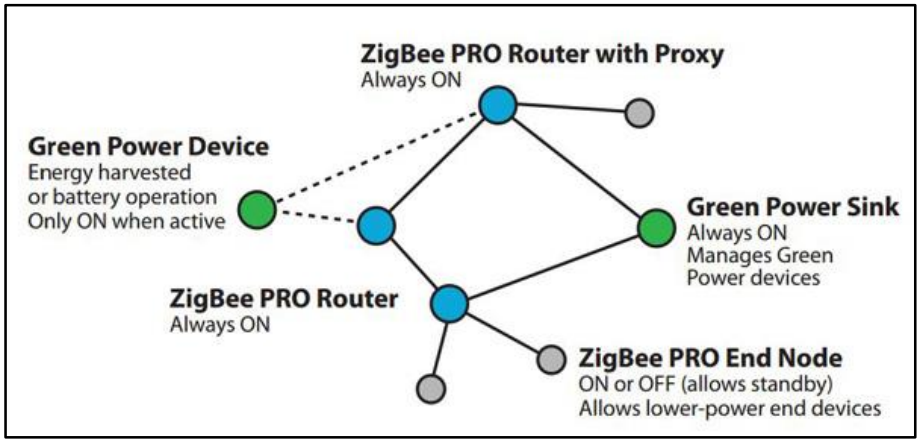
3.3.8 Zigbee

Technologie Zigbee využívá již představeného standardu IEEE 802.15.4 a její specifikace uveřejněné v roce 2005. Protože používají stejnou radiovou část, základní parametry jsou podobné. Dalším požadavkem při návrhu byla jednodušší implementace ve srovnání například s technologií Bluetooth.

Rozvoj a standardizaci technologie zastřešuje Zigbee Alliance, přičemž detailní specifikace jsou dostupné pouze jejím členům. Zigbee pokrývá několik vrstev, a v původním označení zahrnuje i aplikační profily, které podrobně specifikují (podobně jako Bluetooth) funkce zařízení, jedná se tedy o protokol řešící vše od síťové vrstvy po aplikační rozhraní. Nevýhodou je, že se nejedná o kompletně otevřené řešení a licencování Zigbee není kompatibilní s GPL. Certifikace Zigbee je na úrovni produktů a verze protokolu, a certifikované produkty jsou dohledatelné na stránkách asociace.

Zigbee v poslední verzi PRO 2017 může nově využívat pásmo 868 MHz, kde dosahuje přenosové rychlosti 20kbit/s a pásma 2,4GHz s rychlostí 250kbit/s. Zařízení Smart Home ovšem pracují především ve 2,4Ghz pásmu. Komunikace je v síti Zigbee zabezpečena šifrováním. Maximální dosah při použití uvnitř budov se u technologie Zigbee udává od 30 do 100 m podle verze protokolu a podmínek.

Zigbee PRO obsahuje volitelné rozšíření Zigbee Green Power, které snižuje spotřebu, a je tak využíváno u zařízení napájených z baterie, ale i pro bezbateriové prvky, využívající tzv. „Energy harvesting“ - tedy konverzi mechanické, tepelné nebo jiné energie na energii elektrickou kterou je zařízení napájeno (viz technologie Enocean). Green Power zařízení vysílá pouze v případě, když potřebuje komunikovat, jinak je v režimu spánku. Topologie sítě s Green Power prvky pak vypadá následovně:



Obrázek 20 – Zigbee Green Power [58]

Rozšíření Green Power do sítě přináší tři nové prvky:

1. Green Power Device (GPD) – Vysílající zařízení typu Green Power, např. vypínač
2. Green Power Proxy (GPP) – Zařízení, které umí převést Green Power datagramy na standardní Zigbee PRO 2012+ datagramy. Zároveň zajišťuje, že GPD je v síti stále viditelné, byť je v úsporném režimu. Může se jednat o nejbližší Zigbee Router zařízení s funkcí GPP.
3. Green Power Sink (GPS) – Cílové (ovládané) zařízení, např. svítidlo. Funkce GPP a GPS mohou být implementovány v jednom fyzickém zařízení, a v minimalistické verzi by se jednalo jen o vypínač a svítidlo.

3.3.9 Z-Wave

Z-Wave je protokol vyvinutý v roce 1999 dánskou společností Zensys, který byl od počátku navržen pro potřeby interoperability bezdrátových zařízení s nízkou spotřebou, určené pro využití v oblasti Smart Home. Základem systému byl proprietární čip. Postupem času vznikla Z-Wave Alliance, zastřešující rozvoj protokolu a testování a certifikaci výrobků. Technolgie Z-Wave je v současné době licencovaná společností Silicon labs, která některé její části uvolnila jako open-source. Odpadá tak dřívější nutnost zakoupení SDK, což dělá technologii přístupnější a integrovatelnou do dalších systémů. Protokol Z-Wave funguje v bezlicenčním pásmu 900Mhz a pro přístup k fyzické a linkové vrstvě vycházel z doporučení ITU-T G.9959. Do této normy byl postupem času zařazen jako standard.

Z-Wave protokol zahrnuje i síťovou vrstvu a využívá topologii typu mesh, s maximálně čtyřmi přeskoky a 230 zařízeními. Síť se skládá z prvků typu Controller (je několik typů), které udržují routovací tabulku, a z prvků typu Slave které ji neudržují. Těchto je také několik možných typů a liší se z hlediska funkce dle určení. Spojení s jinými (TCP/IP) sítěmi zajištuje tzv. Bridge Controller. Prvky typu Slave musí zároveň udržovat návratové cesty k dalším zařízením. Trvale napájené prvky jsou využívány jako opakovače signálu.

Z-Wave Plus založený na chipsetu řady 500, který je využíván v současných výrobcích dosahuje v současné době přenosové rychlosti 100kbps s dosahem kolem 40 m. Oproti předchozí generaci (300 a 400) přinesl snížení spotřeby, a zvýšení dosahu (za předpokladu použití verze 500 na celé cestě). Novinkou pro rok 2019 je chipset řady 700, (v současné době pouze formou vývojového balíčku), který slibuje opět snížení spotřeby (výrobce Sigma Designs uvádí dobu provozu okenního senzoru na lithiovou baterii CR2023 přes 10 let při 10 aktivacích denně) a zvýšení dosahu (až 100 m). Protokol Z-Wave je zpětně kompatibilní, takže spolupracovat mohou mezi sebou i starší zařízení, byť na úkor rychlosti a dosahu.

Protokol Z-Wave je zabezpečen šifrováním AES128. V rámci bezpečnostního řešení nazývaného S2 Security, využívá, podobně jako Bluetooth, technologii Out Of Band. V tomto případě se ale jedná o jednodušší formu – opsání unikátního klíče v rámci procesu zařazení jednotky do systému (Inclusion).

Z pohledu funkčního, ale i topologie je patrné, že jsou si Z-Wave i Zigbee poměrně podobné, rozšíření je proto spíše otázka podpory jednotlivých komponentů, podpory a dostupnosti zařízení. Výhodou může být jiné frekvenční pásmo, které teoreticky vyžaduje méně energie, prakticky je ale faktorem i jiná propustnost z hlediska materiálů, v tomto případě zvýhodňující Z-Wave.

4 Ekosystémy

Po uvedení jednotlivých komunikačních standardů jsou představeny tzv. ekosystémy. Ekosystém je technologicky nebo obchodně ohraničená množina hardwarových a softwarových prvků, ze kterých lze buď samostatně, nebo v kombinaci s prvky jiného ekosystému, sestavit Smart Home prostředí. Některé nabízí komplexní řešení celé instalace, jiné řeší konkrétní specifickou oblast.

4.1 KNX/EIB

KNX je systém, který vznikl v roce 1999 v Evropě sjednocením dříve používaných standardů (EIB/Instabus, EHS, BatiBus) jejich mateřskými organizacemi, za účelem vytvoření otevřeného standardu určeného pro automatizaci velkých objektů jako jsou hotely, kancelářské budovy aj. Postupem času se stal z KNX celosvětově uznávaný standard. Komunikace v KNX probíhá po sběrnici, která může mít čtyři formy – kroucený pár, Powerline sběrnice, bezdrátová KNX-RF a KNXnet/IP využívající IP protokolu. Topologie sítě je stromová a adresace je řešena na úrovni oblasti, linie a čísla zařízení.

Díky odlišným požadavkům velkých objektů šel vývoj dlouhou dobu nezávisle na Smart Home, nicméně v posledním desetiletí je možné se setkat s KNX instalacemi i v ČR, především v domech vyššího standardu. Výhodou je ale velké množství prvků, dané širokou základnou výrobců a dobou existence standardu. Díky dimenzování celého systému na parametry větších objektů (certifikace apod.), a pravděpodobně i díky nižší konkurenci se nicméně instalace cenově pohybují v násobcích běžné domácí automatizace i Smart Home instalací. KNX prvky v ČR jsou distribuovány například společnostmi ABB nebo SBS - Gira.

S ohledem na zaměření je pochopitelné, že ekosystém KNX je méně dynamický, než produkty a technologie vzešlé ze světa spotřební ITC elektroniky, kde životní cyklus výrobku probíhá mnohem rychleji. U KNX se ani v případě Smart Home instalací nepředpokládá, že by byly řešeny laikem a instalační software je placený. Stejně tak se nepředpokládá, že by docházelo k postupným uživatelským úpravám. Systém KNX bude proto vhodnější pro uživatele, kteří mají představu, co přesně požadují. Tuto představu pak mohou realizovat například v rámci stavby nebo rekonstrukce, a to i z důvodu potřeby místa na rozvaděč na infrastrukturu. V případě stávající KNX instalace lze její prvky nicméně pomocí KNX/IP rozhraní integrovat do nových Smart Home systémů.

4.2 Teco a iNELS

Systém Tecomat Foxtrot je produktem české společnosti Teco, určeným pro domovní automatizaci, a vycházející z průmyslových řídících systémů které společnost Teco vyrábí. Systém byl představen v roce 2007 [59] a je na úrovni systémové sběrnice proprietární.

Základem systému je jednotka Foxtrot, která se dodává v různých stupních výbavy dle požadavků. Systémová sběrnice CFox/CIB má topologii stromu. Na ní se pak, pokud vybavení na hlavní jednotce nestačí, napojují další moduly. Sběrnici CFox doplňuje její bezdrátová verze Rfox, využívající pásmo 868 MHz. Nabídka rozšíření co do způsobů komunikace je opravdu široká a co do funkcí pokrývá veškeré hlavní potřeby Smart Home instalace (ovládání světel, vytápění, senzory apod.) Komunikaci s některými zařízeními řeší tzv. aplikační profily, což jsou placená rozšíření systému. S jejich pomocí se lze připojit např. k zabezpečovacím ústřednám Paradox, Jablotron nebo DSC, spotřebičům Miele, sběrnici 1Wire nebo KNX. Obecně lze říci, že se systém Foxtrot prezentuje jako velmi rozšiřitelný. Systém je možné ovládat pomocí aplikace, dostupné po platformy iOS i Android, a disponuje možností návrhu vlastní webové aplikace. Zajímavostí je pak i existence multimediáního modul Foxberry, založeného na RaspberryPi/OpenELEC/Kodi.

Systém Foxtrot se konfiguruje pomocí software Mosaic, nicméně uživatelská instalace se ani zde nepředpokládá. Konfigurační software je ve srovnání s konkurenčním Loxone méně uživatelsky přívětivý, což je daní za univerzalitou systému, navrženého pro řešení potřeby složitějších (i průmyslových) instalací.

Z pohledu potenciálního uživatele instalace má obdobnou funkcionalitu a koncept jako Foxtrot i společnost Inels, prodávající své řešení pod značkou iNELS Home. Tento systém je, stejně jako Foxtrot, proprietární. Oba systémy pak mohou být volbou pro uživatele, kteří kterým nevadí spíše uzavřený systém domovní automatizace.

Jak je patrné z propagačních materiálů na webových stránkách, ani jeden ze systémů dosud nativně nepodporuje nově se rozšiřující komunikační protokoly z ITC světa uvedených v předchozí části (Bluetooth, Zigbee nebo Z-Wave). Teco nicméně nedávno rozšířilo schopnosti svých jednotek o protokol MQTT [60], což by mělo umožnit jednodušší spolupráci s novějšími systémy. Vše ale naznačuje, že postupná podpora novějších technologií je pouze otázkou času – viz citace z příspěvku z konference Perspektivy bydlení 2012:

„Pokud si koupíte novou stolní lampu, i tu budete chtít vypnout centrálně při odchodu. Přidat ji mezi ostatní by v budoucnu měl být schopen nejen programátor, ale přímo sám uživatel“ [61]

4.3 Insteon

Insteon je technologie populární především v USA, kde navázal na rozšířený systém X-10, využívající Powerline technologii. Jakkoliv byla technologie X-10 na svou dobu inovativní, a v průběhu času doplňována o nové prvky (bezdrátová sběrnice, oboustranná komunikace), postupem času již přestala vyhovovat zvyšujícím se nárokům zákazníků.

Uživatelská základna tohoto systému byla ale dostatečně početná, takže dávalo smysl tuto skupinu ze strany společnosti Smartlabs oslovit, a to prostřednictvím zařízení Insteon/X-10. Starší modely byly proto se systémem X-10 zpětně kompatibilní. Přestože současný Insteon Hub již X-10 nepodporuje, některé ovládací prvky si zpětnou kompatibilitu stále zachovaly.

Technologie Insteon využívá pro komunikaci nativně jak rozvody elektřiny, tak bezdrátový přenos v pásmu 868MHz (technologie je označována jako dual-mesh network). Komunikace v síti je zabezpečena šifrováním. Technologicky je síť koncipována maximálně jednoduše - jako jeden segment rovnocenných (peer-to-peer) prvků, kde neprobíhá směrování. Jako opakovač fungují všechny prvky, které nejsou napájeny na baterie, a je využíván simulcasting, tedy broadcast do obou sítí. Z hlediska komunikace v síti pak centrální prvek (Insteon Hub) není nutný, jeho výpadek nezpůsobí výpadek sítě.

Insteon je uzavřený systém, a všechny prvky jsou distribuovány společností Insteon. Přes uzavřenost je ale spektrum dostupných prvků je široké (přes 200) a zahrnuje i Embedded zařízení, jako jsou ovládací prvky pod vypínač a na DIN lištu. Zařízení třetích stran jsou pak podporována pouze na úrovni integrace aplikací. Zde si stojí Insteon dobře, kromě nejznámějších systémů (HomeKit, Amazon Echo, Nest) umožňuje například integraci do aplikace EVE Connect [62] v automobilu Tesla. Dotykovou obrazovkou v automobilu pak lze ovládat prvky chytré domácnosti.

Ačkoliv se jedná o uzavřený systém, zákazníci na něm oceňují především nízkou složitost a jednoduché ovládání. Přestože se zařízení Insteon vyrábějí i ve variantě pro evropský trh, jejich dostupnost je v EU nízká, resp. v ČR prodávána nejsou vůbec.

4.4 Loxone

Rakouská společnost Loxone vyrábí pod stejnojmennou značkou portfolio zařízení určených k řízení chytré domácnosti, s důrazem na jednoduché a snadné používání ale i konfiguraci. Hardware i software jsou v případě Loxone proprietární technologií, včetně komunikačních protokolů. Hlavní jednotkou může být buď server určený výhradně pro bezdrátovou komunikaci (Miniserver Go), nebo běžná verze Miniserver určená k montáži na DIN lištu.

V případě drátové sběrnice je využívána sběrnice Loxone Tree, která umožňuje stromovou strukturu. Na jednu větev (nazývanou Tree Extension) je možné připojit až 100 zařízení. Prvky je doporučeno propojovat podle účelu (kabeláž speciálně pro čidla pohybu) anebo podle místa (do pokoje vede jeden kabel, který je z krabice rozveden k zařízením). Řídící jednotka Miniserver (obsahující již v základu KNX/EIB sběrnici) může využívat jak Loxone Tree, tak Loxone Air bezdrátovou sběrnici (po rošíření), a pomocí dalších tzv. Extensions může komunikovat i na následujících standardech: Internorm (stínění), Fröling (vytápění), DMX a DALI (osvětlení), 1Wire (senzory), EnOcean, Modbus, RS232 a RS485.

Miniserver Go je navržen především pro využití při rekonstrukcích a předpokládá hlavně využití bezdrátové sběrnice, nicméně pomocí systémové sběrnice lze připojit další extensions, stejně jako u verze Miniserver. Loxone Air je bezdrátová síť s topologií mesh a je provozována v ISM pásmu 868 MHz s udávaný, zabezpečením komunikace pomocí IPSec.

Příslušenství Loxone zahrnuje poměrně širokou nabídku infrastrukturních prvků, včetně specializovaných řešení pro oblasti zabezpečovacího zařízení (NFC prvky), HVAC, wellness a měření energií. Inovativně je řešeno i ovládání, a nejméně dva prvky bych rád zmínil.

Prvním je multifunkční skleněný spínač Touch Pure je vyráběn ve dvou barevných variantách. Spínač je podsvětlen, obsahuje čidlo teploty a vlhkosti, a je možné jej stisknout v každém z rohů nebo uprostřed. Je možné využít i dvoj nebo trojstisk.

Obrázek 21 – Tlačítko Loxone Touch Pure [63]

Druhým prvkem je dotykový ovládací panel Touch Surface, umožňující ovládání i přes materiál jako je masivní dřevo, přírodní nebo umělý kámen nebo keramika. Obrys, viditelný na Obrázek 22 níže je zhotoven nalepením šablony a vybroušením malého množství materiálu (nelze využít u laminátové pracovní desky). Tlačítko je možné použít i v místech kde by jiná řešení byla komplikovaná nebo nesplňovala estetické, nebo bezpečnostní požadavky (např. sprchový kout). Indikace stisku může být volitelně akustická, v případě potřeby je nicméně možné materiál provrtat a pomocí LED diod a světelných vláken využít indikaci optickou.

Obrázek 22 – Loxone Touch Surface [64]

Pro uživatele, kteří chtějí mít možnost systém upravovat je zdarma k dispozici software Loxone Config. Tato aplikace se vyznačuje přehledností a uživatelskou přívětivostí. Loxone Config je založen vizuálních principech, a obecně lze říci, že se jedná o efektivní nástroj, se kterým pokročilý uživatel ICT nebude mít problém celý systém vlastními silami úspěšně nakonfigurovat. V případě potřeby je možné celou instalaci nastavit jako autonomní – bez připojení k internetu a na úkor vzdáleného ovládání a notifikací - pokud uživatel požaduje, aby veškerá data byla uchovávána lokálně. K dispozici je kromě aplikace také integrační placený software 1Home (lze napojit i KNX a další systémy) pro Amazon Alexa nebo Google Assistant. Jako velkou výhodu hodnotím (oproti např. Tecu) početnou komunitu, a to i v ČR. Komunitním projektem je například Loxberry, software využívající RaspberryPi k řízení Loxone Miniserveru, a disponujícími mnoho pluginy pro rozšíření možností tohoto systému. [65]

4.5 Zigbee

Díky silném zastoupení mezi výrobci spotřební elektroniky ale i komponent má Zigbee mnoho dostupných finálních výrobků (žárovky, huby) ale přístrojů pro měření energií a OEM prvků. Dostupné jsou i chipsety pro vývoj nových produktů. Databáze tak obsahuje téměř 1400, bohužel podle účelu využití nijak nekategorizovaných záznamů. Jediná kategorizace je podle skupin podporovaného protokolu. Dalších téměř 700 položek je zařazeno v kategorii Smart Energy, což je aplikační protokol pro elektroměry, plynoměry a podobná zařízení.

Byť výrobky na založené na technologii Zigbee využívají stejný komunikační protokol, neznamená to vždy jejich úplnou vzájemnou kompatibilitu. Aplikace dodávané spolu s výrobky (v rámci ekosystému) totiž mohou (a většinou mají) mít omezenou funkčnost se zařízeními třetích stran. Důvody mohou být jak technologické – ještě je možné příležitostně narazit na zařízení se staršími verzí protokolu Zigbee (LightLink a HomeAautomation) tak obchodní – výrobce v rámci jeho systému nemá potřebu podporovat často konkurenční produkty, případně řešit jeho produkty nevyužívanou funkcionalitu. Lze však konstatovat, že trendem je větší kompatibilita, než větší uzavřenost – alespoň v segmentu spotřební elektroniky. V ekosystému produktů založených na Zigbee v současnosti hrají významnou roli tři výrobci, kteří si zaslouží bližší uvedení a to Ikea a Philips (Signify) a Xiaomi/Aqara

Hue je produktová řada výrobce osvětlení Philips, která se na trhu Smart Home prvků vyskytuje již několik let. Významnou částí sortimentu jsou žárovky, které, díky záběru společnosti pokrývají (nejen) všechny hlavní patice používané v ČR (E27, E14, GU10). Z hlediska funkce jsou pak provedeny buď ve verzi bílého světla (Hue White), regulovatelné barvy bílého světla (Hue White Ambiance) nebo RGB (Hue White and Color Ambiance). Dalším důležitým prvkem jsou svítidla, a to jak ve vnitřním, tak venkovním provedení. Dostupné jsou i LED pásky a scénická světla pro nepřímé osvětlení. Systém je řízen jednotkou Hue bridge (Zigbee gateway/coordinator).

Z příslušenství je prvkem stojícím za zmínku vypínač Hue Tap, který neobsahuje baterie a energii získává stlačením tlačítka díky technologii Enocean. Nově se také v sortimentu objevil i venkovní pohybový senzor, což by mohlo naznačovat i uvedení dalšího podobných komponentů v budoucnu.

Prvky Hue jsou ovládány stejnojmennou aplikací, která je v oblasti ovládání světelných zdrojů velmi propracovaná. Jako jedna z prvních obsahovala stmívání a rozsvěcení v závislosti na čase (při nastavení budíku na 7:30 se začne žárovka 30min před budíkem pomalu rozsvěcet) nebo úrovni okolního osvětlení. Ekosystém Hue obsahuje ještě další dva prvky, které jej rozšiřují a uživateli přinášejí zajímavé možnosti. Prvním jsou miniaplikace, dostupné přes funkci Hue Labs, kde jsou na základě hlasování průběžně doplňovány o nové funkce. Druhou je kategorie Friends of Hue. Ta obsahuje jednak možnosti integrace pro virtuální asistenty, ale také další výrobce hardwaru. V tomto případě se jedná o vypínače Busch-Jaeger/ABB – toto řešení umožňuje nahradit strojek vypínače jeho kombinovanou, dálkově ovládanou variantou, což umožňuje uživateli ponechat vypínače na stávajících místech a zároveň využívat možnosti ovládání přes aplikaci (nebo jiným bezdrátovým vypínačem). V případě ponechání stávajícího vypínače a jeho vypnutí by totiž v opačném

případě světlo po vypnutí vypínačem přestalo fungovat, což je stav, ke kterému snadno dojde, ať z nepozornosti, nebo nevědomosti v případě návštěvy.

Druhým, významným prodejcem Smart Home prvků založených na Zigbee je společnost Ikea, nabízející svá zařízení pod značkou Tradfri. Ta od svého uvedení na trh v roce 2018 získala popularitu díky dobrému poměru užitné hodnoty k ceně. Stejně jako Hue, je klíčovou částí sortimentu osvětlení. V tomto směru je ve srovnání s Hue sortiment co do počtu prvků chudší, nicméně jsou nabízeny i další prvky jako jsou ovladatelné světelné komponenty (panely a dvířka) do kuchyní a nábytku. Pro rok 2019 byly ohlášeny také komponenty na ovládání žaluzií. Systém doplňují ovladače, brána a spínané zásuvky a detektor pohybu, je tedy patrné že Ikea má snahu produktovou řadu postupně rozšiřovat.

Ve srovnání s Hue se jedná o komponenty levnější, což je vyváženo v některých oblastech horšími parametry. Žárovku Tradfri má například nižší rozsah regulace svítivosti (tedy nejnižší nastavitelná hodnota jasu, na kterou lze žárovku nastavit), než žárovka Hue. Tyto údaje ani jeden z výrobců neuvádí, nicméně žárovky díky tomu není možné kombinovat v jednom svítidle. Výhodou je, že aplikace umí ovládat i světelné zdroje Hue, nebyly však dostupné všechny funkce.

Relativní novinkou na trhu, využívající technologii Zigbee, jsou prvky Xiaomi nebo Aqara, což odnož této společnosti. Prvky Aqara jsou ale na rozdíl od Xiaomi certifikované i pro systém Apple HomeKit. Xiaomi celkově nabízí velké množství prvků, nicméně ne všechny jsou dostupné a aplikace nepůsobí zcela finálně. Některé prvky například vyžadují pro své fungování přepnutí aplikace do čínského regionu. Dostupné komponenty jsou nicméně za příznivou cenu a mají moderní a čistý design.

Nejvíce problematickým okamžikem bývá pro Zigbee prvky počáteční inicializace zařízení, resp. jeho přiřazení příslušné řídící jednotce, a to především při používání neoriginální jednotky. Jednou z možností je využití postupu Touchlink, kdy prvek musí být v těsné blízkosti Hubu. I pokud se nevyužívá metoda Touchlink, doporučuje mít při párování zařízení blízko Hubu. Vzhledem k tomu, že párovací proces může trvat až jednu minutu, a žárovky se obvykle nepodaří spárovat napoprvé (během testování jedna z žárovek byla Hubem identifikována až na osmý pokus), je ideální pomůckou prodlužovací kabel s vypínačem a příslušnou objímkou.

Jak již bylo řečeno, centrálním prvkem sítě je Zigbee Hub. Nabídka univerzálních jednotek je poměrně střídmá, a to i celosvětově. V ČR je pak situace ještě horší. Nejdostupnějším zástupcem univerzálního Hubu je pravděpodobně Amazon Echo, které protokol Zigbee podporují v jednotkách Echo Plus a Echo Show a Echo Show 5. Dalšími jsou Immax Neo, Vera plus, Athom Homey. K dalším dodavatelům Zigbee prvků na českém trhu se řadí ještě Osram, Megaman (Ingenium), Trust a Somfy (TaHoma). V segmentu bílé techniky je technologie Zigbee zastoupena v systému Miele@home. DIY segment často využívá USB moduly DigiX, ConBee II nebo CC2531 ve spojení s Raspberry Pi.

Zigbee částečně využívá i Magenta SmartHome, distribuovaný T-Mobile/Slovak Telekom na Slovensku. Komponenty (Whitelabel Homematic) jsou dostupné zákazníkům buď za jednorázovou úhradu, nebo formou za měsíční platby a dohodnutého závazku na dva roky.

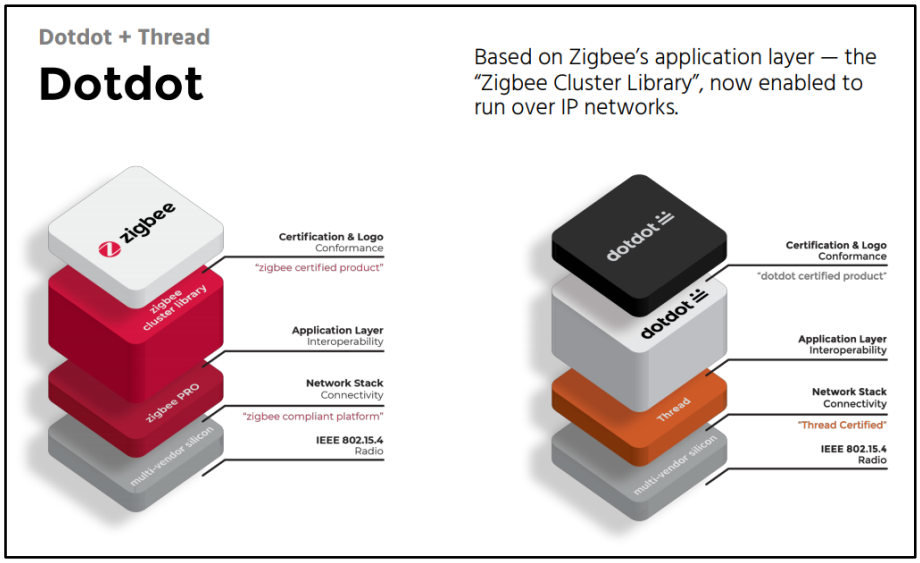
Novinkou co do byznys modelu je na českém trhu ucelená sestava senzorů řešení KoopSmartHome.cz [66], které je v současné době ve fázi pilotního provozu. Jedná se o ucelený balíček Smart Home zařízení, který je zaměřen především na zabezpečení domácnosti a předcházení škod – obsahuje senzory pohybu, otevření dveří, kouře nebo vody. Zajímavostí je, že systém je dodáván společností Develco, která se specializuje na tzv. White Label řešení, kdy si zákazník (Kooperativa) zakoupí hotový a odladěný hardware, pro který si vyvine vlastní aplikaci.

4.6 Thread a Dotdot

Thread je z protokolů, které jsou v této práci řešeny, tím nejnovějším. Jeho poslední verze nese označení 1.2 a je dosud vyvíjen. V databázi certifikovaných produktů se proto v současné době nacházejí především vývojové kity, čipy a radiové moduly. V databázi finálních výrobků byl uveden v roce 2018 společností D-Link oznámený, [67] první univerzální Thread border router D-Link DSH-G300-TBR. Bohužel, ani do doby revize práce nebylo toto zařízení uvedeno na trh. Důvodem je mimo jiné i fakt, že výrobce koncového zařízení by musel nějakým způsobem řešit i aplikační vrstvu, která v Thread není obsažena.

Část protokolu Thread (ale v kombinaci s nadstavbou OpenWeave) využívají pro část své komunikace zařízení Nest. Podle dostupných informací je ale tato infrastruktura uživateli nepřístupná. Dalším zařízením, uvádějícím podporu standardu Thread (byť není uvedeno v seznamu certifikovaných) je bezdrátový mesh router Eero (v únoru 2019 byla tato společnost prodána Amazonu), který ale v ČR dosud není běžně dostupný.

Dotdot je protokol který vznikl oddělením síťové části protokolu od původního Zigbee, a nyní by měl být po úpravě schopen pracovat nejen nad Zigbee, ale i Thread (tedy IPv6 adresovatelnou) sítí. Na rozdíl od Zigbee je u Dotdot výhodná otevřenost protokolu v kombinaci se zpětnou kompatibilitou, zásadní s ohledem na existující instalace. Thread resp. Zigbee Alliance uvádí, že taková certifikace nových zařízení by měla být možná v průběhu roku 2019, nevýhodou je že výrobce musí být zatím členem obou sdružení. Bude tedy zajímavé sledovat jak rychle se zařízení s upraveným protokolem objeví a jak bude celkově výrobci i zákazníky změna přijata.



Obrázek 23 – Srovnání Zigbee a Dotdot

4.7 Z-wave

Z-wave je hlavním technologickým konkurentem a alternativou k protokolu Zigbee, přičemž počet dostupných produktů je vyšší, podle posledních informací přes 2600. Na českém trhu jsou zastoupeny v nejvyšším počtu produkty polské společnosti Fibaro, pokrývající základní prvky, ale i některé méně standardní. Nalezneme zde i různé aktory určené k montáži pod strojek tlačítka, což byly donedávna prvky dostupné především v tradičních systémech domovní automatizace. K dispozici je vypínač, žaluziový modul, nebo stmívač, a to i v neobvyklém jednovodičovém zapojení, které najde své uplatnění při rekonstrukcích. Dostupné jsou i dálkově ovládané zásuvky, tlačítka a dálkový ovladač. Fibaro také vyrábí dvě centrální jednotky, lišící se výbavou a určením. Praktickým prvkem je tzv. Fibaro Univerzální senzor, což je komunikační modul určený k zabudování do stávajícího „hloupého“ zařízení, abychom z něj udělali alespoň částečně zařízení chytré.

Kromě centrální jednotky pro Z-wave je možné využít k ovládání Z-Wave prvků i centrální jednotky zařízení Vera, Homey (duální, společně se Zigbee) či další.

Dalšími výrobci Z-Wave zařízení, které jsou dostupné v ČR je Aeotec a Devolo. Z hlediska sortimentu obsahují některé z výše uvedených prvků a rozšiřují tak dostupnou nabídku. Vlastní Z-Wave síť je možné řídit také pomocí RaspberryPi vybaveném buď Aeotec USB adaptérem, nebo pomocí RaZberry shieldu, či adaptéru UZB od výrobce Z-Wave.Me

Na bázi Z-Wave je v ČR prodáváno i několik OEM systémů, obsahujících několik základních prvků. První službou je O2 Chytrá domácnost, která kombinuje prodejem základních Smart Home prvků za jednorázovou cenu a pronájem modemu (99 Kč měsíčně) spolu s paušální platbou za službu v dané kategorii. Nabízeny jsou balíčky Zabezpečení, Hlášení rizik a Ovládání, každý po 49 Kč měsíčně, spolu s modemem zaplatí v maximální konfiguraci uživatel 246 Kč měsíčně + jednorázovou platbu za zvolené zařízení, které jsou výběrem ze sortimentu Fibaro.

Oproti tomu služba ČSOB NaDoma je v koncipována jako aplikace zdarma, která je zdarma ke stažení pro Apple iOS i Android. Zařízení jsou v tomto případě značky fifthplay, a podle všeho není sortiment v rámci této značky co do spolupráce omezen.

4.8 Hlasové ovládání a integrace

Trh s chytrými reproduktory, vybavenými virtuálními asistenty byl segment, který v letech 2017 a 2018 zažil výrazný nárůst – viz Obrázek 24, a který by si měl podle všech indicií stávající dynamiku ještě po několik období udržet. Důvodem je, že dochází k posunu paradigmatu ovládání z aplikace mobilního telefonu, nebo tabletu k hlasovému. Tím, jak jsou postupem času přidávány jednotlivé jazyky, roste i potenciální uživatelská základna. Společným prvkem všech tří nejvýznamnějších ekosystémů (Amazon, Apple, Google) je, že je kombinují hlasové ovládání s integrační platformou.

Z hlediska funkčnosti lze říci, že jsou systémy Amazonu i Google co do funkcí podobné. Amazon těží z široké uživatelské základny, která byla vybudována, jak již bylo zmíněno, i za pomocí rozdávání chytrých reproduktorů zdarma. Vyšší je i počet tzv. Skills (u Googlu Actions), tedy schopností kontrolovat další prvky, které je nutno do chytrého reproduktoru nejprve doinstalovat. Oba výrobci si jistě uvědomují, že Smart Home řídící jednotka je prvním krokem pro získání uživatele do svého ekosystému, kde, v ideálním případě zůstane.

Global Smart Speaker Market by Vendor: Q4 2018 (Shipments in Millions of Units) *					
Vendor	Q4 '18 Shipments	Q4 '18 Market Share	Q3 '18 Shipments	Q3 '18 Market Share	Growth QoQ
Amazon	13.7	35.5%	7.2	31.8%	91%
Google	11.5	30.0%	5.2	22.8%	123%
Alibaba	2.8	7.3%	2.2	9.5%	30%
Baidu	2.2	5.7%	1.9	8.2%	19%
Xiaomi	1.8	4.6%	1.9	8.4%	-5%
Apple	1.6	4.1%	1.1	4.9%	45%
Others	4.9	12.8%	3.3	14.4%	50%
Totals	38.5	100.0%	22.6	100.0%	70%

Source: Strategy Analytics Smart Speakers and Screens service, Feb 2019
** Numbers are rounded*

Obrázek 24 – Prodeje chytrých reproduktorů s hlasovými asistenty [68]

Co se týká technologie, všechny běžné jednotky mají základní konektivitu řešenou kombinací Wi-Fi a Bluetooth (bez LAN portu), dále je možné pozorovat již jistou diferenciaci. Zatímco Google a některý jeho hardware již využívá nový standard Thread, Amazon několik svých jednotek vybavil technologií Zigbee. Amazon i Google také, na rozdíl od Applu, nabízí jednotky s displejem, kamerou a reproduktorem, které jsou prezentovány např. jako vhodný doplněk na kuchyňskou linku. V případě kompatibility u nově uváděných výrobků v běžném spotřebním segmentu, je velmi pravděpodobné, že budou integrovatelné (tedy bude existovat odpovídající Skill/Action) jak do systému Amazonu, tak Googlu. Žádný výrobce si totiž nemůže dovolit ignorovat tak zásadní část trhu. Oba hlavní hráči zároveň pečlivě sledují konkurenci, takže poté co Amazon představil tzv. Follow-up mode [69] , tedy zřetězení příkazů, velmi rychle, v řádu týdnů, se objevila stejná funkce [70] i v aplikaci Google.

Na rozdíl od dříve zmíněných, Apple HomeKit je specifický ekosystém. Po výrobcích hardware ještě nedávno požadoval vyšší úroveň zabezpečení, realizovanou pomocí tzv. hardwarového autentizačního koprocesoru. Bez tohoto koprocesoru nebylo možné dle podmínek Apple certifikaci MFi (zařízení pro iPod/iPhone/iPad) udělit. Díky tomu rostl

počet dostupných zařízení pomalu. Zlom nastal až v reakci na Amazon Echo, kdy konkurenční tlak [71] Apple donutil změnit postoj a umožnil výrobcům (stejně jako Amazon a Google) využívat i softwarovou autentizaci. Díky tomu se trend změnil, a podle oznámení o připravovaných zařízeních, které je k dispozici na stránkách Apple, tyto přibývají nyní častěji. Zároveň také Apple uvolnil [72], [73] tzv. HomeKit Accessory Protokol, tedy protokol pro komunikaci HomeKit zařízení [74], takže je možné vyvíjet HomeKit zařízení pro nekomerční účely. Při přidání takového zařízení je uživatel varován, že se nejedná o originální certifikovaný výrobek, nicméně přidání je umožněno.

Ekosystém Apple HomeKit není vázaný na konkrétní technologii, ale právě na výše uvedenou certifikaci. Nicméně, postup se v některých detailech liší právě podle použité technologie. Zatímco prvky založené na Bluetooth, Bluetooth LE a Wi-Fi se párují přímo, u ostatních technologií se párují nikoliv samotné prvky, ale brána k danému ekosystému. Právě u zařízení prvního typu bývá možnou komplikací, že HomeKit certifikované zařízení je často verze základního produktu, nekompatibilní s dalšími systémy. Tak je tomu například u zámku Danalock [75], kde se verze určená pro Apple HomeKit (Bluetooth) liší od standardní verze (Bluetooth/Zigbee/Z-Wave), nemá veškeré funkce, a není ani dodatečně možná změna platformy. Podobně Fibaro vyrábí prvky ve variantě pro s certifikací HomeKit (Bluetooth) a běžné (Z-Wave). Výhodou těchto zařízení je jednodušší instalace, protože není nutno použít bránu. Konektivitu Bluetooth a Wi-Fi centrální jednotka Homepod nebo AppleTV disponuje standardně.

U zařízení, která mají certifikovanou bránu je pro výrobce jednodušší přidávat nové prvky. Tímto způsobem jsou řešeny například již zmíněný Philips Hue, Ikea Tradfri, Xiaomi Aqara, tado a další. Problémem z hlediska uživatele ovšem zůstává, že pomocí certifikované brány nebývá umožněno zpropagovat prvky třetích stran do HomeKitu, přestože je nativní aplikace výrobce schopná tento prvek ovládat. Takové chování vykazoval v době psaní práce například Hue bridge. Tento deklaruje spolupráci s žárovkami Tradfri, nicméně do HomeKitu je přidat nelze. Uživatel je pak nucen, pokud tuto funkcionalitu vyžaduje, zakoupit i bránu Tradfri, která je technologicky duplicitní s Hue bridge. Tím ale dochází k provozu dvou Zigbee sítí v rámci jedné instalace a uživatel přichází o možnost zvětšit dosah sítě technologií mesh. Možným řešením je v takovém případě využít emulátor, jakým je třeba systém Homebridge, nebo Homeassist s příslušným pluginem.

Z pohledu uživatele je HomeKit zajímavý z několika důvodů. Prvním je velmi dobrá integrace do iOS zařízení, ať už se jedná o telefon nebo tablet, kdy je (oproti nativní aplikaci) možné ovládat prvky i z jinak zamčeného zařízení. Další výhodou je možnost využít kromě chytrého reproduktoru Homepod jako centrální jednotku stávající Apple TV, takže uživatel nemusí řešit dodatečnou infrastrukturu. V případě menších prostor si tak vystačí pouze s AppleTV a zvolenými Smart Home prvky na bázi Wi-Fi a Bluetooth.

Apple HomeKit umožňuje uspořádat prvky v obydlí do logických celků, jako jsou pokoje a skupiny, a ty pak následně ovládat. Podle vlastností prvku je možné buď zjistit jeho stav (teploměr), nebo jej i ovlivnit (ztlumení světel). Činnosti je možné automatizovat pomocí scén, což je sada nastavení pro několik prvků. Další úrovní automatizace je reakce na základě podnětu, který může být různého druhu – na bázi geolokace, výstupu ze senzoru, nebo interakce s jiným prvkem.

Hlasové ovládání prostřednictvím virtuální asistentky Siri bylo na platformě Apple, k dispozici dříve než u konkurence, nicméně podle ohlasů uživatelů se situace srovnala a nyní Apple v tomto segmentu spíše ztrácí. Důvodem může být cena dedikované jednotky Homepod, která je při srovnání s konkurencí ze všech tří hlavních platforem nejvyšší.

Specifickými prvkem z hlediska integrace jsou platformy jako je IFTTT (If This, Then That), určené k integraci internetových služeb, nebo Stringify či Node-RED, využitelné právě k propojování a ovládání Smart Home prvků

4.9 Specializovaná zařízení

Jednou ze strategií jak uspět na trhu je zaměřit se na precizní řešení konkrétního problému, a obsadit tak příslušný tržní výklenek. Takový přístup dává vzniknout jednoúčelovým systémům. Výrobce v této tzv. nice často využívají inovativní řešení, často i proprietární, a to buď za účelem nejlepších parametrů produktu, nebo čistě pragmaticky z důvodu ochrany svého trhu. Specializovaná řešení jsou také často dostupná ve verzích pro více ekosystémů, zatímco výrobce širšího sortimentu jde častěji cestou jedné technologie. Několik příkladů specializovaných zařízení je uvedených následující části.

4.9.1 Google Nest

Jméno společnosti Nest vešlo ve známost především díky stejnojmennému termostatu. Ten byl hlavním důvodem, proč došlo k její akvizici společností Google v roce 2014 [76]. Zmíněný termostat se vyznačuje tím, že se učí zvyky uživatele a zároveň se adaptuje na konkrétní instalaci topného systému a jeho reakce. Zároveň navrhuje uživateli, jaké změny v teplotě provést za účelem úspor. Tím je schopen prezentovat srozumitelným způsobem svou rychlou návratnost. Nest [77] má na webových stránkách propracovanou aplikaci (Nest Compatibility Checker), která určí, zda je daný model termostatu vhodný pro konkrétní zdroj vytápění či klimatizace. Termostat Nest se v hodnoceních opakovaně umisťuje na čelních pozicích. Jednou z mála nevýhod je, že není možné jej přidat do Apple HomeKit systému, a uživatelé této platformy jsou tak odkázání pouze na iOS aplikaci.

Výrobky Nest, které (po akvizici společnosti Dropcam zaměřené na kamery) nyní zahrnují další produkty (zmíněná kamera, zvonek a zabezpečovací systém Secure) využívají pro komunikaci několik [78] technologií, a to Wi-Fi, Thread/802.15.4, Bluetooth ale i NFC (pro zapnutí EZS). Prvky Nest mezi sebou využívají ke komunikaci aplikační protokol OpenWeave [79]. Zároveň je patrné, že dochází ke sjednocení technologických parametrů jednotlivých výrobků, což kromě sjednocení názvu (nové centrální jednotky se nazývají Nest Hub a Nest Hub Max) přináší i podporu Thread v případě druhé z uvedených.

Zařízení z ekosystému Google které zasluhuje pozornost je i kombinovaný senzor Nest Protect, což je univerzální čidlo určené k umístění na strop. Je schopné monitorovat přítomnost osob v místnosti, kvalitu vzduchu, přítomnost kouře, teplotu, vlhkost a osvětlení. Jiným neobvyklým (byť již nikoliv unikátním) je placená cloudová služba Nest Aware, určená pro zpracování a uchování záznamu z kamer.

4.9.2 Netatmo

Netatmo se specializuje na dvě hlavní oblasti, kterými jsou meteostanice a vytápění. Dodávané meteostanice je možné rozšířit o dešťové čidlo a anemometr, nebo o interiérové čidlo kvality vzduchu. V oblasti vytápění nabízí radiátorové hlavice a ovládací jednotku pro kotel, přičemž hlavní výhodou je možnost propojit prvky mezi sebou. Funkcí, díky které Netatmo vyčnívá z průměru je tzv. prediktivní vytápění. Ta vypočítá z doby požadovaného návratu (pomocí časových profilů, kde uživatel upraví očekávanou přítomnost v objektu) a venkovních podmínek zjištěných meteostanicí okamžik, kdy je potřeba začít s vytápěním, aby požadovaná teplota byla dosažena včas. Uživatel je pak informován podrobnými reporty, ve kterých má uživatel možnost vidět přehledně všechny tři údaje, tedy venkovní a nastavenou teplotu, a dobu spínání kotle, na základě kterých je pak možné parametry upravovat.

4.9.3 Sonos

Sonos se etabloval jako výrobce tzv. multiroom audia, systému pro přehrávání hudby na více místech zároveň. Dva monofonní reproduktory jde nastavit tak, aby přehrávaly stereo zvuk. U větších reproduktorů, které jsou nativně stereofonní, je možné opačný postup, tedy přepnout do režimu mono postavením na výšku. Reproduktory Sonos využívají připojení k síti buď Wi-Fi, nebo Ethernet. Novinkou je integrace hlasové asistentky Amazon Alexa přímo do některých reproduktorů.

4.9.4 Ring

Ring je společnost, specializující se bezpečnostní prvky, z nichž nejznámější jsou domovní zvonky. Ty jsou nabízeny v současné době v pěti provedeních, které se liší vlastnostmi kamery, napájením, konektivitou a softwarovou výbavou. Nejvyšší model kamery má napájení PoE, obousměrný přenos zvuku a HD kameru se sledováním pohybu. Výhodou je možnost nastavení detekce pohybu, a to v zónách. Speciálním modelem je DoorView Cam, která kombinuje dveřní kukátko a kameru. U některých zvonků lze zvolit barvu pouzdra a sladit jej tak s rámem dveří apod. Sortiment Ring je doplněn IP bezpečnostními kamerami, které mají, stejně jako zmiňované zvonky možnost, v rámci placené služby, záznam odesílat do cloudového úložiště.

4.9.5 LIFX

Žárovka LIFX od společnosti Lifi Labs, vzniklé původně díky kampani na cowfundingovém serveru Kickstarter [80] v roce 2012. K uživatelům se ale žárovky dostaly až na přelomu let 2013/2014, tedy o jeden a půl roku později. Na rozdíl od předchozích dvou modelů je LIFX řízena přes Wi-Fi, pokud jsou ale připojeny další žárovky, probíhá komunikace přes proprietární protokol (na bázi ZigBee). LIFX kromě standardních modelů (bílá barva, odstíny bílé a RGB) nabízí i verze žárovek v provedení Outdoor, a také model který má schopnost svítit v infračerveném spektru. Žárovka, která se jeví lidskému oku jako zhasnutá, tak umí nasvětlit prostor pro kvalitnější záznam bezpečnostní kamerou, která není oslněna blízkostí světelného zdroje.

4.9.6 Chytré zámky

Na chytré zámky se specializuje několik výrobců. Jedná se o Danalock, Nuki, August a Yale. Zámek je svým způsobem specifické zařízení, které by mělo vykazovat kromě přívětivého ovládání i dobrou životnost a mechanickou odolnost. Zároveň by měl fungovat i v podmínkách venkovního prostředí. V případě zámků se jedná o segment, kde také dochází k prolínání sortimentu tradičních výrobců (výše zmíněný YALE) a nových technologických společností jako jsou zmíněné Danalock, Nuki a August. Po zhodnocení lze nicméně konstatovat, že co se týká funkcí, jsou všechny podobně vybavené, a to včetně zajímavé funkce předávání přístupových kódů do aplikací pro krátkodobé pronájmy.

4.10 Opensource nástroje pro Smart Home

Platforma RaspberryPi je od svého vzniku vděčným nástrojem, co se týká DIY projektů. Nejinak je tomu v případě Smart Home. Během zpracování práce jsem se setkal třemi zajímavými aplikacemi, které je možné provozovat na RaspberryPi a které s tématem propojování Smart Home prvků úzce souvisí.

Homebridge – je projekt, který vznikl jako emulátor Apple HomeKit serveru. Díky Homebridge je možné v aplikaci Apple Home ovládat i doma vytvořené příslušenství (nebo prvky bez nativní podpory), bez potřeby HomeKit centrální jednotky.

Home Assistant, resp.jeho nadstavba Hass.io – plnohodnotný nástroj pro domácí automatizaci, udržovaný komunitou. Je pro něj k dispozici mnoho pluginů a konektorů. Co do možností je zcela srovnatelný s komerčními řešeními. Podporuje mimo jiné také dostupné USB adaptéry CC2531 Zigbee a Aeotec Z-Wave, díky kterým je možné pracovat s širokou škálou koncových prvků. Dokáže tak zastat velmi dobře funkci jak centrální, tak doplňkové jednotky, případně doplněný o pluginy Mosquitto (MQTT broker) a Node-RED připojit „online“ další systém, jako například Loxone.

Node-RED – je aplikace (dostupná i jako modul pro výše uvedený Hass.io), určená k propojování různých IoT prvků, a to snadným a intuitivním způsobem, tzv. flow-based principem. Ten popisuje chování pomocí uzlů, které jsou mezi sebou propojeny a z nichž každý provede se vstupními daty předem definovaný úkon.

Vhodným protokolem pro komunikaci je v rámci Smart Home DIY projektů protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Jednotlivá zařízení v tomto schématu nekomunikují napřímo, ale prostřednictvím tzv. brokera. MQTT broker eviduje datový zdroj ve formě hierarchicky uspořádané struktury, k němu se zařízení které má o data zájem zapíše (Subscribe). Následně, poté co zařízení které data do dané struktury odešle (Publish) jsou data doručena Subscriberovi. Ve spojení například s výše uvedeným Node-RED je takto možné komunikovat z/do síťě Zigbee z TCP/IP prostoru. Alternativně je používán ještě protokol CoAP (Constrained Application Protocol), což je zjednodušená verze protokolu HTTP, vytvořená pro komunikaci mezi zařízeními s omezenými prostředky co do výkonu i parametrů sítě.

Obrázek 25 – Schéma funkce MQTT [81]

5 Případová studie

V následující části jsou na základě zadání a s ohledem na poznatky z předchozího z předchozích částí vypracovány dva návrhy Smart Home systému. Z nich pak vychází samotná realizace.

Prvním návrhem je řešena potřebu rychlé realizace chytré domácnosti s důrazem na nízkou pořizovací cenu v bytě, který bude využíván dočasně (1-2 roky) ke krátkodobému pronájmu.

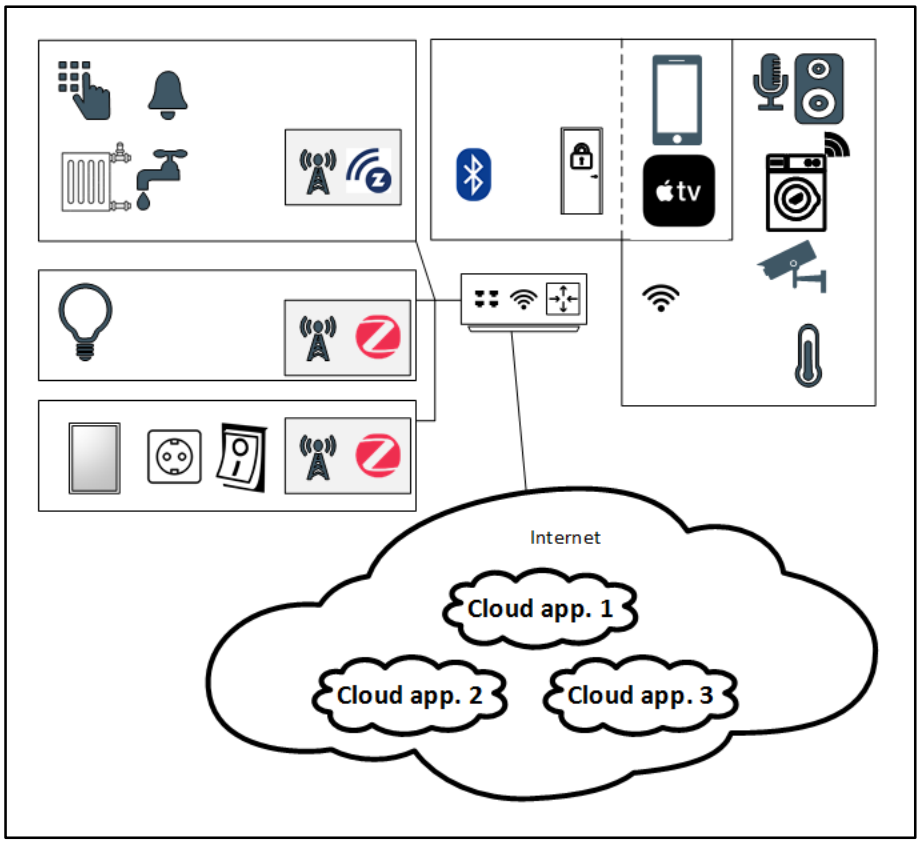
Druhým návrhem bude chytrá domácnost pro rezidenční bydlení, s využitím stávajících komponent, a s uvažovanou dobou užívání 4 roky.

5.1 Smart Home architektura a její prvky z pohledu uživatele

Architektura Smart Home systému je z pohledu uživatele vnímána obvykle odlišně, než jak ji vnímá výrobce systému nebo vývojář aplikací a jak bylo uvedeno v Kapitole č. 2. Ačkoliv je schéma platné, upravené rozdělení níže dle mého názoru lépe odráží chápání běžného uživatele - laika. Některé souvislosti nejsou dostatečně prezentovány a vedou k nespokojenosti uživatele, jde především o fakt, že architektura uvedená v Kapitole č. 2 může v krajním případě platit pro každou technologickou platformu zvlášť. Prvky je možné rozdělit do těchto kategorií, které odpovídají prvkům reálného světa (a tedy i zařízením nabízeným zákazníkům):

1. Koncová zařízení – zařízení, která je možné pomocí aplikace ovládat, například chytrá žárovka, termostatická hlavice, ale i kuchyňské spotřebiče.
2. Senzory – zařízení, která snímají parametry okolí, jako jsou teploměry, vypínače.
3. Technologické brány – umožňují provozovat danou technologii od daného výrobce, aby spolu senzory a koncová zařízení komunikovala
4. Lokální ovládací jednotka – tablet nebo mobilní telefon s aplikací. Může ovládat koncová zařízení skrze technologickou bránu, ale i skrze centrální jednotku
5. Řídící jednotka – volitelná řídící jednotka celého systému, obvykle chytrý reproduktor
6. Cloudové aplikace – mohou nebo nemusí být součástí technologické brány

Díky rozdrobenosti trhu a množství prvků, které nejsou dostupné vždy ve všech technologických kombinacích, může dnes Smart Home systém vypadat z pohledu uživatele schematicky následovně:



Obrázek 26 - Architektura Smart Home z pohledu uživatele

Při návrhu Smart Home instalace je nutno vzít v potaz několik důležitých faktů.

Prvním je, že technologické platformy jsou si v běžných podmínkách co do parametrů a funkcí do poměrně velké míry zastupitelné. Jedná se především o platformy Amazon a Google, a Zigbee a Z-Wave. V prvním případě co do rozsahu funkcí, v druhém případě pak především co do dosahu. Určitým způsobem je odlišný Apple HomeKit, a technologický ekosystém využívající pouze Bluetooth, kde už je třeba počítat s menším dosahem.

Druhým úskalím může být výchozí bod. Ten bude, pokud bude řešena realizace pro konkrétní osobu jen těžko „nulový“ Pravděpodobně každý potenciální uživatel má dnes vlastní mobilní telefon, nejspíše i tablet. Zároveň budou v rozhodovacím procesu hrát roli i osobní preference ve vztahu k platformě a uživatelskému rozhraní, a to jak na straně aplikace, tak v případě hardwaru u designu jednotlivých prvků. Roli hrají také konkrétní vazby mezi dostupnými technologiemi a vyžadovanou funkčností.

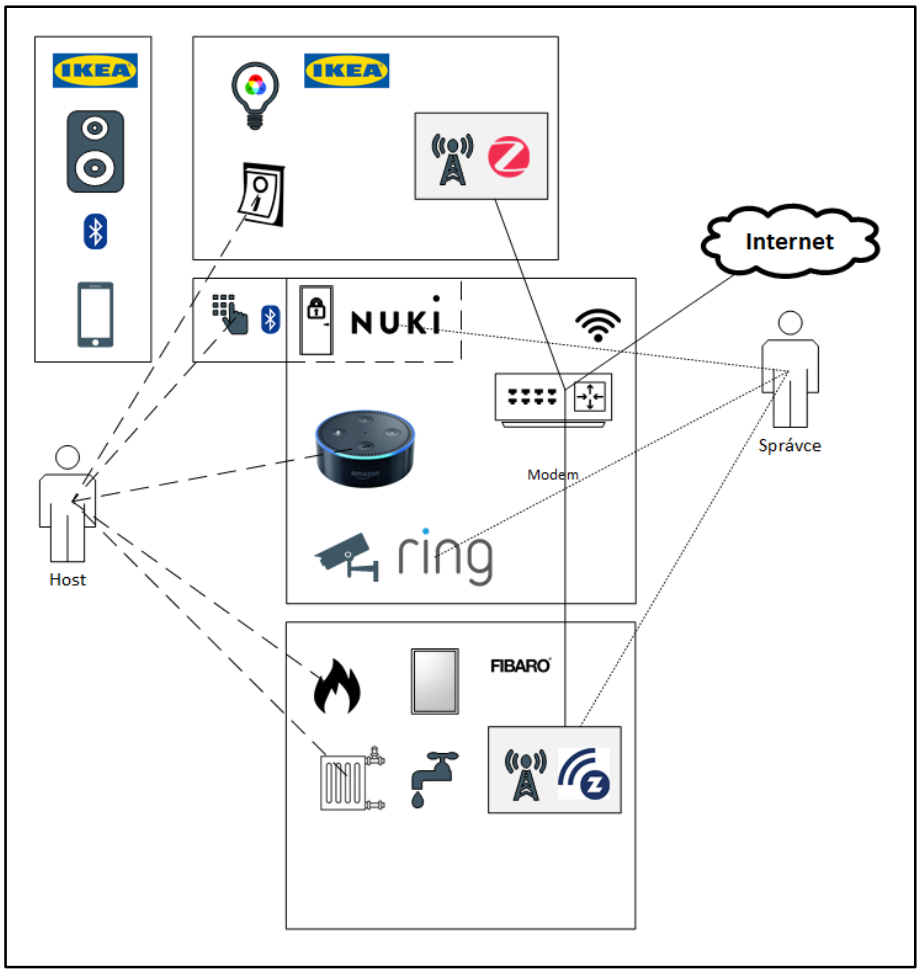
5.2 Byt pro krátkodobé ubytování – případová studie č. 1

Výchozí podmínky zadání, tedy navrhnout chytrou domácnost s důrazem na nízkou cenu v bytě, který bude využíván dočasně (maximálně 2 roky) ke krátkodobému pronájmu, byly konzultovány nejprve s majitelem a následně i zástupcem agentury, která bude mít jednotku v péči. Byt je zařízený, vybavení bylo vybíráno s ohledem na dobrý poměr mezi cenou a užitnou hodnotou. V bytě je dostupná kabelová televize a internet.

Po postupném rozebrání všech hlavních požadavků zainteresovaných stran byly tyto sjednoceny do následujícího seznamu:

1. Byt bude inzerován jako Smart Home, měl by tedy obsahovat prvky jako barevné osvětlení a chytrý reproduktor, které je možné prezentovat i na fotkách.
2. Využít konceptu Smart Home v tomto případě především nástroj, jak se odlišit od konkurence.
3. Ovládání musí být dostatečně jednoduché z důvodu fluktuace uživatelů s různou úrovní znalosti technologie a zároveň bude zachováno manuální ovládání prvků pro případ vybití baterií nebo poruchy ovládacího systému.
4. V rámci inzerce je uváděno a následně hodnoceno jestli je pronajímaný objekt vybaven požárním detektorem. Takové objekty jsou inzertní platformou upřednostňovány.
5. Zároveň informace o přítomnosti požárního detektoru zajistí, aby ubytovaní hosté dodržovali požadovaný zákaz kouření v bytě.
6. Z hlediska ochrany majetku je vhodné vybavit byt záplavovým senzorem, a to jak v kuchyni, tak v koupelně.
7. Kuchyň je v současném stavu z hlediska vybavení vyhovující a nebude do ní zasahováno.
8. Instalace bude obsahovat chytrý zámek pro zjednodušení procesu předávání klíčů
9. Je třeba identifikovat osoby, které vstupují do bytu, za současného respektování soukromí ubytovaných hostů.
10. Jednotlivé prvky instalace by měly být na trhu běžně dostupné pro případ výměny při poškození.
11. Prvky Smart Home by neměly být příliš drahé, z důvodu rizika poškození nebo krádeže.
12. Je požadováno řešení vytápění motivované snahou o úsporu energie.
13. Z důvodu minimalizace zásahů do konstrukce a rozvodů, a opět s ohledem na cenu, vyřešit chybějící ovládací prvky bezdrátovým vypínačem.
14. Preference využití komerčně dostupných řešení, z důvodu sjednocení uživatelského rozhraní z hlediska agentury.

Ze zadání a z výše uvedených informací je patrné, že hlavním limitujícím faktorem je časové omezení a tedy i pořizovací cena systému. Zároveň je patrné, že z hlediska architektury zde existují dvě odlišné role – host a správce, což je reflektováno na obrázku níže:

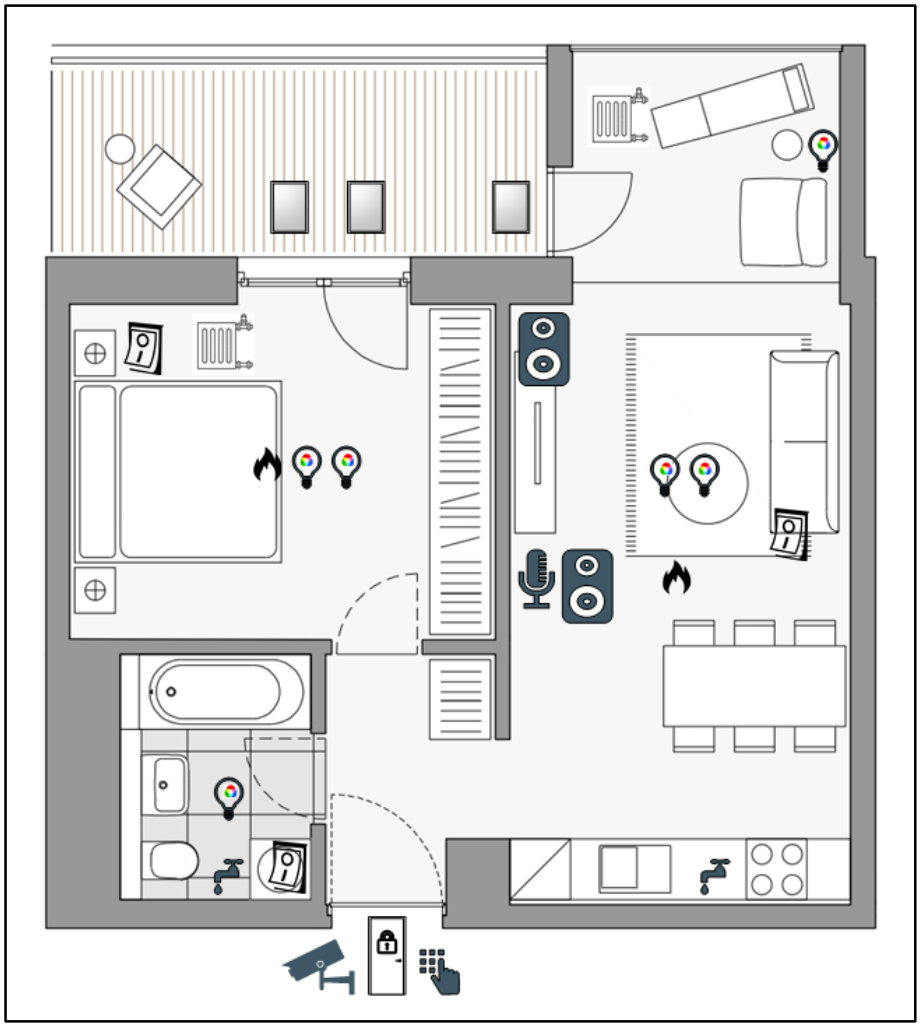


Obrázek 27 – Architektura Smart Home – krátkodobé ubytování

Tyto skutečnosti se ve výběru technologií projeví následovně:

1. Jako řídící jednotka byl zvolen reproduktor Amazon Echo Dot 2. generace. Je levný a funkčně vyhovující. Platforma Amazon je navíc nejvíce rozšířená a tedy známá. Díky tomu, že přijíždějící hosté budou z velké části mluvit anglicky, absence lokalizace není chápána jako nevýhoda. Pro daný účel by funkčně vyhověla i jednotka Google Home Mini, jde tedy spíše o otázku preferencí.
2. Požadované senzory jsou, pakliže je cílem netříštit technologickou platformu alespoň z hlediska funkčního, dostupné od jednoho výrobce, a to Fibaro Home, využívající technologii Z-Wave. Alternativou je platforma Xiaomi (Zigbee), která ale není ze softwarového hlediska dotažená a bezproblémová.

3. Žárovky Ikea Tradfri ve variantě RGB jsou cenově příznivé a z hlediska dalších parametrů pro daný účel vyhovující. Z-Wave žárovky sice existují, ale v ČR zatím nejsou dostupné.
4. Ovládání žárovek bude řešeno buď hlasově, nebo přiloženými spínači.
5. Jako chytrý zámek byl vybrán Nuki Smart Lock, který umožňuje automatizovat proces předávání kódů hostům. Po ukončení ubytování kód pozbývá platnosti. Alternativně je možné využít i zámek August Smart Lock, který je technologicky i cenově srovnatelný.
6. Identifikace osob, které vejdou do bytu, je řešena pomocí zvonku Ring s kamerou. Ten lze nastavit i do režimu detekci pohybu, s automatickým nahráváním záznamu do cloudového úložiště. Z technologického hlediska by bylo možné odemykat dveře napoprvé až po předložení dokladu na kameru, nicméně takový postup by bylo třeba nechat hostem odsouhlasit předem. Kamera, snímající prostor v chodbě domu nijak nenarušuje soukromí hostů v bytě.
7. Hosté budou mít k dispozici bezdrátový Bluetooth reproduktor Ikea Eneby, který se vyznačuje dobrým poměrem cena/výkon, a zároveň má minimum ovládacích prvků.



Obrázek 28 – Rozmístění prvků Smart Home – krátkodobé ubytování

Osvětlení bylo navrženo tak, aby byla využity stávající svítidla s paticemi E27, lampy budou nové, také s paticemi E27 z důvodu největšího výběru RGB žárovek a zároveň dostatečného světelného výkonu. V obývacím pokoji je uvažována výměna dvou žárovek ve stropním svítidle, a instalace lampy. Ovládání bude řešeno pomocí stávajícího vypínače, v kombinaci s bezdrátovou variantou ovladače. Při příchodu do místnosti je tedy třeba osvětlení zapnout a pak pomocí bezdrátového ovladače nastavit parametry osvětlení. Lampa pro nepřímé osvětlení bude ovládána v rámci stejné skupiny jako hlavní světla. Pokud by se toto nastavení neosvědčilo, je možné, po zakoupení dodatečného ovladače skupinu rozdělit. Ke zvážení je nahrazení stávajícího svítidla stropním LED panelem, který sice neumožňuje změnu barev, ale je možné regulovat jas a barevnou teplotu světla.

Ložnice je vybavena taktéž stropním svítidlem, kde budou vyměněny dvě žárovky. Vzhledem k tomu, že u postele není vypínač, bude využit jeden bezdrátový, umístěný na nočním stolku. Koupelna je vybavena svítidlem s jednou žárovkou, která bude vyměněna za RGB variantu. Ostatní svítidla zůstanou původní. Pro osvětlení byl zvolen systém Tradfri, neboť obdobná konfigurace by, za použití elementů Philips Hue, byla znatelně dražší. Výhoda systému Tradfri jsou ale i nové prvky – již avizované ovládání žaluzií, kde je možné očekávat širší záběr než u Phlilipsu, jehož specializace je především na osvětlení. Zároveň ale bude připraven ovládání žaluzií, a jako alternativa k žárovkám je možné zakoupit i LED svítidla, jako případnou náhradu svítidla na žárovky. Celý systém bude řízen bránou Tradfri, připojenou LAN kabelem do modemu kabelové televize (bránu Tradfri nelze připojit bezdrátově). Jednotlivé skupiny budou ovládány pomocí reproduktoru Amazon Echo.

Pro oblasti zabezpečení před škodami a vytápění byla zvolena jednotka Fibaro Home Center Lite, která využívá technologii Z-Wave. Levnější jednotka je vhodnější pro relativně malou instalaci, kde se nebude připojovat další příslušenství. Cílem tohoto systému je upozornit správce bytu na hrozící problém, a to i v případě kdy v bytě nikdo není.

V jiném scénáři by bylo možné problém nejen hlásit ale i řešit, a to pomocí elektromagnetických ventilů kombinovaných s elektronickým vodoměrem na přívodních trubkách vodovodu. Dostupných řešení je ovšem v současnosti poskrovnu. Komplexním řešením na lehce odlišném principu je systém Grohe Sense Guard [82], který je ale určen do domovní instalace, a nelze jej osadit na trubku s teplou vodou.

K regulaci radiátorů byly zvoleny termostatické hlavice Fibaro. Systém je možné ovládat na dálku, a tak není nutné v případě nepřítomnosti vytápět na vyšší teplotu. Výhodou hlavic Fibaro je integrovaný akumulátor, takže není nutno kupovat baterie. Teplotu je možné dočasně (interval je nastavitelný) manuálně nastavit. Hlavice pak barevným podsvětlením indikuje přibližně zvolenou teplotu. Hlavice Fibaro disponuje i několika pokročilými funkcemi. Mimo topnou sezónu v předdefinovaném intervalu otevře a zavře termostatický ventil, a tím tak předejde jeho zareznutí. Další funkce je detekce otevřeného okna, ale uživatelská zkušenost je taková, že je přesnější detekci okna snímat magnetickým senzorem umístěným na okně. Proto bude každé otvíratelné okno vybaveno senzorem, jde tedy o tři kusy celkem.

Vstupní dveře budou osazeny zámkem Nuki Smart Lock 2.0 s vlastní bránou a numerickou klávesnicí. Zařízení mezi sebou komunikují pomocí Bluetooth, navenek je využíváno Wi-Fi. Alternativou jsou zámky August nebo Danalock, cenově i technologicky obdobné. Všechny

výše uvedené zámky (u Danalock byla v době psaní práce uvedena poznámka o dočasné nedostupnosti) nicméně umožňují integraci s portálem Airbnb, což značně zjednodušuje celou agendu předávání kódu hostům, a zároveň chrání majitele před neoprávněným zkopírováním nebo ztrátou klíče. Otevření zámku lze provést buď telefonem, nebo zadním PINu. Elektronický zámek zvyšuje zabezpečení objektu mimo jiné i tím, že není nutné předávat klíče pracovníkům zajišťující úklid, opravy a podobné práce. V případě nefunkčnosti zámku je stále možné otevřít zámek běžným klíčem.

Zabezpečení bude doplněno o zvonek Ring Doorbell, aby bylo možné vstupující osoby identifikovat. Zvonek Ring Video Doorbell pro svou komunikaci využívá Wi-Fi a je napájen z dobíjecího akumulátoru, nebo pomocí externího zdroje napájení. Tento zvonek, po nadefinované události, která může být definována buď jako stisk tlačítka, nebo na základě vyhodnocení pohybu uloží záznam události do cloudového úložiště. Služba v základní verzi, která umožňuje přehrát až dva měsíce staré záznamy, stojí 30$ ročně.

Výsledkem návrhu je rozpočet, který umožní zrealizovat cenově nenáročnou variantu inteligentního bytu s důrazem na prevenci škod, úsporu energií a propagační potenciál nabízených služeb, zároveň zvyšující komfort zákazníků a to za cenu nepřesahující 45 000,- Kč. Rozpočteno na jednotlivé měsíce by dodatečné náklady činily méně než 2 000,- Kč měsíčně, pokud bychom počítali na konci 100% opotřebení a nulovou hodnotu a bez započtení úspor vytápěním. V případě že by i tato částka byla příliš vysoká, centrála Fibaro by mohla být nahrazena mikropočítačem RaspberryPi, USB/Z-Wave radiomodulem a také by mohly být vypuštěny okenní senzory.

Návrh instalace podle zadání vycházel z úvahy, že host, který přijede na několikadenní dovolenou, se nebude chtít zabývat ovládáním techniky nebo instalovat aplikace. Interakce s technikou musí být tedy jednoduchá. Úkony jsou tedy omezeny na odemknutí zámku, komunikaci s Amazon Alexa a přehrávání z Bluetooth reproduktoru (párování s telefonem obnáší pouze stisk tlačítka). Hlasové ovládání je navíc duplicitní s dálkovými ovladači.

Chytrá domácnost pro krátkodobý pronájem

Centrální a lokální řídící jednotky				
Amazon Echo dot, 2. gen	Wi-Fi	1 100	1	1 100
Ikea Tradfri - Brána	Zigbee	799	1	799
Fibaro centrála Home center Lite	Z-Wave	5 976	1	5 976
Vytápění, úspora energie				
Fibaro termostatická hlavice	Z-Wave	1 890	2	3 780
Fibaro senzor na okna/dveře	Z-Wave	1 219	3	3 657
Osvětlení				
Ikea Tradfri - Sada žárovka + ovladač	Zigbee	999	3	2 997
Ikea Tradfri - Žárovka	Zigbee	599	5	2 995
Zabezpečení				
Fibaro Smoke Sensor	Z-Wave	1 589	2	3 178
Fibaro Flood Sensor	Z-Wave	1 529	2	3 058
Ring Doorbell Satin Nickel	Wi-Fi	2 799	1	2 799
Ring - roční předplatné 30$ za rok	-	690	2	1 380
Nuki Smart Lock 2.0 + vč. Bridge	Wi-Fi/BT	5 990	1	5 990
Nuki Keypad	Wi-Fi/BT	3 290	1	3 290
Multimédia				
Ikea Eneby	BT	2 290	1	2 290
Ikea Eneby - držák	-	249	1	249
Celkem (Kč)				43 538
Celkem rozpočteno na 24měsíců (Kč)				1 814

Tabulka 3 - – Rozpočet Smart Home – krátkodobé ubytování

5.3 Byt pro rezidenční bydlení – případová studie č. 2

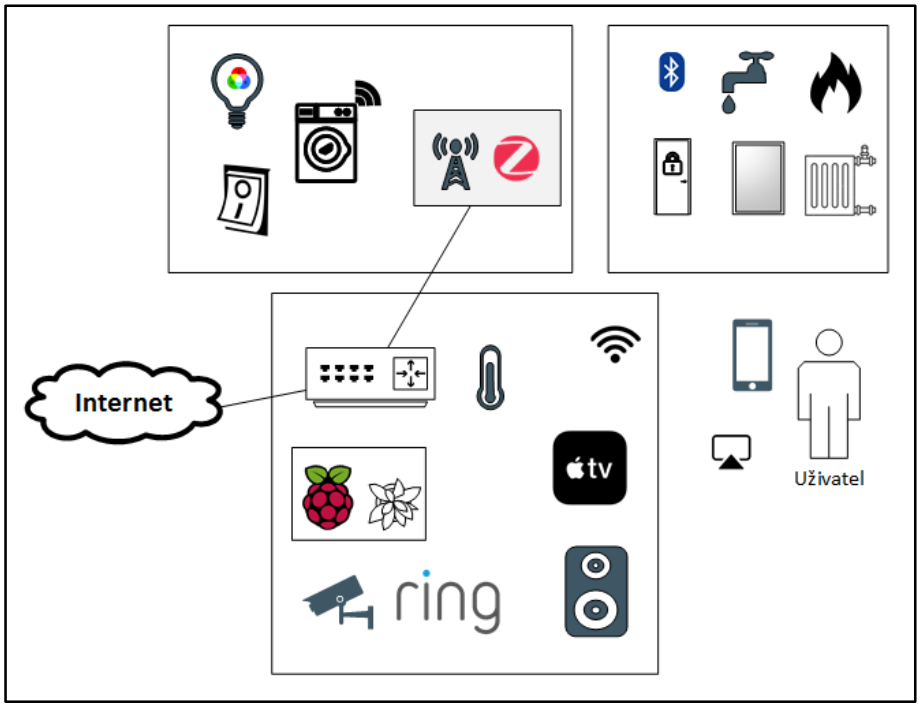
Druhý návrh Smart Home instalace je určen pro rezidenční bydlení. Jde o byt ve staré zástavbě o velikosti 75m2 a dispozici 3+kk. Byt je vytápěn plynovým kotlem. Je požadováno využití některých stávajících komponent a předpokládaná doba využití je 4 roky. Internet je zajištěn, spolu s televizím signálem, kabelovým modemem s Wi-Fi a LAN.

Výchozí požadavky byly majitelem nemovitosti specifikovány následovně:

1. Technologická platforma domácnosti by měla být založena na platformě HomeKit
2. Bude využita jednotka AppleTV, kterou již majitel vlastní.
3. Majitel vlastní a využívá iPhone a iPad
4. Hlasové ovládání není vyžadováno
5. Je požadováno multiroom přehrávání hudby
6. Prvky by měly být technologicky na výši
7. Vytápění je řešeno plynovým kotlem, ošetřit bezpečnost.
8. Detekce otevřeného okna pouze hlavicemi. Magnetická čidla pouze nacenit, byla by řešena později.
9. Byt je částečně zařízený, vybavený kuchyňskou linkou, některé spotřbiče ale bude třeba vyměnit.
10. Uvažovat do budoucna kompatibilitu se Miele
11. Obecně uvažovat, že systém může být průběžně doplňován
12. Instalace řešit bezdrátově, ideálně bez zásahů do zdiva
13. Osvětlení je možné nastavit s ohledem na probuzení
14. Centrální vypnutí světel při odchodu
15. Mohou být zkoušeny nové technologie, opensource, nebo DIY řešení
16. Volitelně vyřešit zalévání květin z důvodu častého cestování.

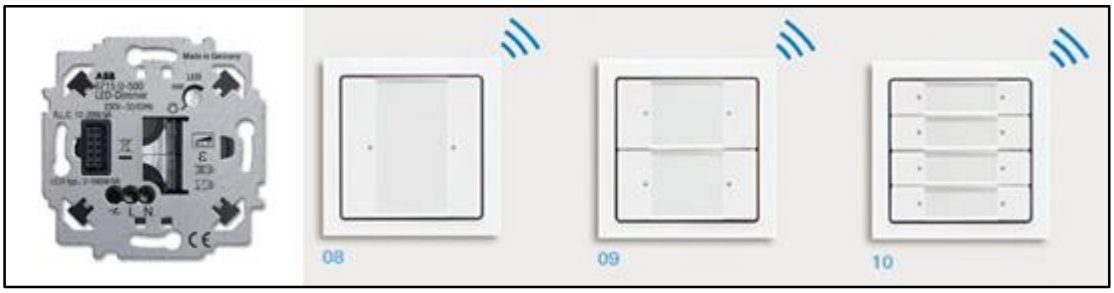
V tomto případě je hlavním omezením požadavek na platformu Apple HomeKit. Nicméně, je pochopitelné, že uživatel nechce měnit zařízení, se kterým je spokojený. Z hlediska architektury je situace jednodušší, neboť je zde pouze jeden uživatel. Schematicky je situace znázorněna na Obrázek 29. Hlavní řídící jednotkou je požadovaná Apple TV 4K, připojená do LAN portu kabelového modemu. Kabelový modem je umístěn u televize, zhruba uprostřed bytu. Do modemu je zapojen Hue Bridge.

Senzory, které jsou požadovány, je možné realizovat z prvků z ekosystému HomeKit, nejsou ale všechny od jednoho výrobce. Vytápění je řešeno systémem Netatmo pomocí termostatu určeného pro plynový kotel. Termostat Nest, který je podle všeho na ještě vyšší úrovni zatím totiž nepodporuje HomeKit. Radiátory jsou osazeny termostatickými hlavicemi značky Netatmo. Čidla na oknech by byla řešena až po zkušenostech z provozu, jsou ale kalkulována pro informaci. Riziková místa jsou zajištěna kouřovým a CO detektorem, nebo záplavovým čidlem



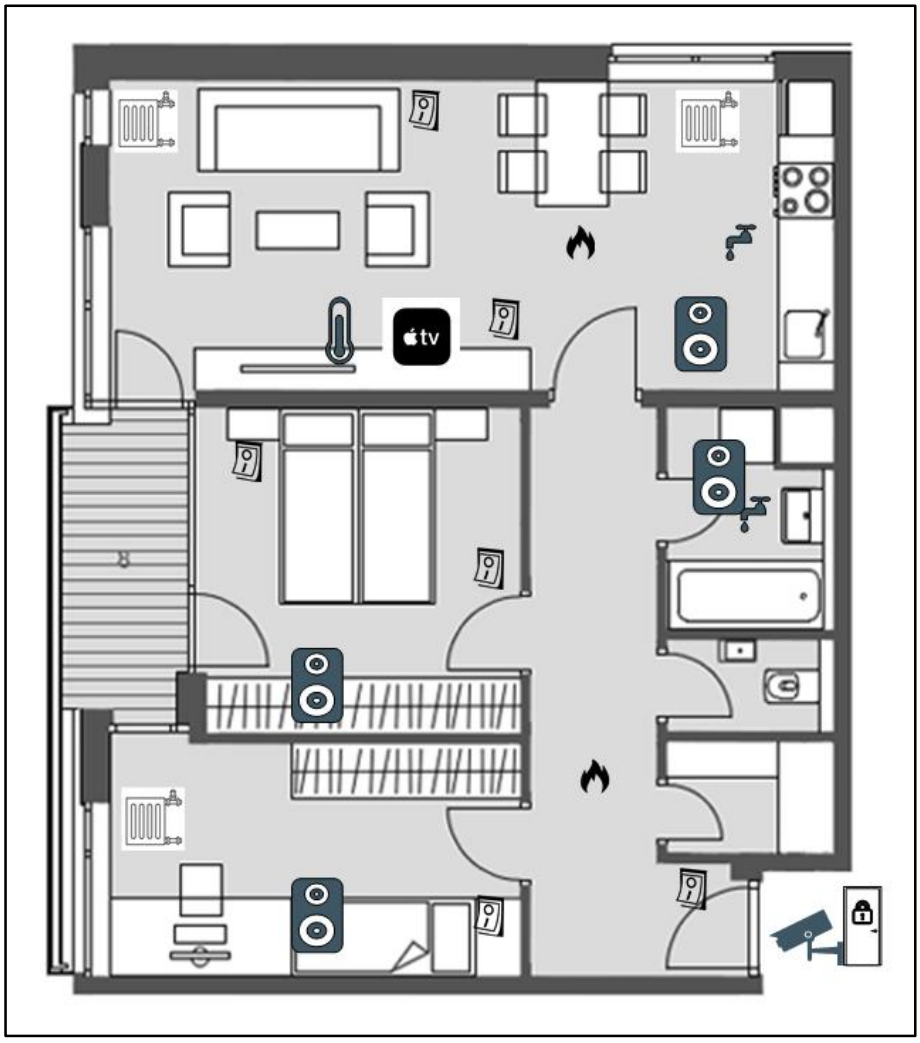
Obrázek 29 - Architektura Smart Home – rezidenční bydlení

Osvětlení bylo vybráno z prvků Hue, pomocí Zigbee vypínačů Busch Jaeger, v počtech dle potřeby jednotlivých pokojů. V ložnici jsou umístěno menší svítidlo, které je přenosné a umožňuje i provoz na baterie. Vzhledem k tomu, že svítidla obsahují ovladače, nebudou tyto dokupovány. Stávající svítidla na chodbě jsou vypínána ze dvou míst taktéž bezdrátovými vypínači Busch Jager. U vchodových dveří je umístěn vypínač, který při odchodu z domu vypne veškerá ovladatelná svítidla. Do koupelny ani WC nebylo zasahováno. Při zvažování variant byla uvažována i verze Loxone. Z hlediska ovládání světel by tato verze byla realizovatelná, ovšem samotná světla by musela být řešena jiným způsobem (LED pásky apod). I tak by ale cena celé instalace byla znatelně vyšší, za současného rozdrobení technologické struktury.



Obrázek 30 – Spínač Busch-Jager

Hlasové ovládání nebylo momentálně vyžadováno a není tedy ani řešeno. Obě použité technologie, Apple TV i reproduktory Sonos jej nicméně umožňují. Multiroom reproduktory Sonos jsou umístěny tak aby hudba byla slyšitelná v celém bytě. V obývacím pokoji je umístěn původní audiosystém, který je nezávislý. Reproduktory Sonos je možné seskupovat dle potřeby, a jsou kompatibilní s Apple Airplay, je tedy možné jednoduše pouštět hudbu z mobilního telefonu.



Obrázek 31 - Rozmístění prvků Smart Home – rezidenční bydlení

V případě, že vyvstane potřeba výměny některého kuchyňského spotřebiče, je uvažováno se značkou Miele, která nabízí spotřebiče s možností Zigbee komunikace. Na tuto eventualitu je síť přpravena.

Systém bude, za účelem experimentování vybaven mikropočítačem RaspberryPi3.a softwarem Homebridge. Pomocí nodeMCU pak bude ovládáno beztlakové peristaltické čerpadlo, nebo elektromagnetický ventil na nádobě s vodou.

Rozpočet reflektující požadavky ze zadání je v tabulce níže, a který za částku méně než 100 000,- Kč umožní uživatelům bydlet v inteligentní a zabezpečené domácnosti. Z hlediska technologie se jedná o kompaktnější celek než v prvním případě, i díky méně rozdrobené architektuře. Přitom není navržený systém nikterak funkčně ochuzen.

Řidicí jednotky				
Apple TV – použita stávající	Wi-Fi/BT	0	1	0
Hue Bridge	ZIgbee	1 549	1	1 549
Vytápění, úspora energie				
Netatmo termostat pro kotel na plyn	Wi-Fi/BT	4 999	1	4 999
Netatmo radiátor ventil	BT	1 999	4	7 996
Senzor dveře Eve	BT	1 190	3	3 570
Osvětlení				
Philips Hue White Ambiance Aurelle	Zigbee	3 899	1	3 899
Philips Hue Amaze	Zigbee	5 199	1	5 199
Busch Vysílač 4+4 - 6737/01-84	Zigbee	2 210	2	4 420
Busch Přijímač - 6711 U-500	Zigbee	1 040	1	1 040
Philips Hue Struana 33064/31/P7	Zigbee	4 399	1	4 399
Philips Hue Wellner 44401/56/P7 - přenosné	Zigbee	2 599	1	2 599
Busch Vysílač 6736/01-84	Zigbee	1 690	1	1 690
Busch Přijímač - 6711 U-500	Zigbee	1 040	1	1 040
Philips Hue Struana 33064/31/P7	Zigbee	4 399	1	4 399
Busch Vysilac 2+2 Vysilac 6736/01-84	Zigbee	1 690	1	1 690
Zabezpečení				
Netatmo kouřový detektor	BT	2 699	2	5 398
FIBARO Flood Sensor -HomeKit	BT	1 899	1	1 899
Fibaro CO Sensor	BT	2 690	1	2 690
Ring Doorbell Pro	Wi-Fi	6 990	1	6 990
Ring - roční předplatné 30$ za rok	-	690	2	1 380
Nuki Smart Lock 2.0 + vč. Bridge	Wi-Fi/BT	5 990	1	5 990
Multimédia				
Sonos One pracovna, ložnice, koupelna, kuchyně	Wi-Fi	5 990	4	23 960
Celkem (Kč)				96 796

Volitelné - květiny				
RaspberryPi	Wi-Fi	1 500	1	1 500
Malé čerpadlo	-	1000	1	1 000
NodeMCU	Wi-Fi	300	1	300
Materiál	-	700	1	700
Celkem (Kč)				3 500

Tabulka 4 – Rozpočet Smart Home - rezidenční bydlení

5.4 Dílčí shrnutí

Jak již konstatovalo mnoho populárních zdrojů [83], [84], i vědeckých studií [21] , trh se Smart Home zařízeními rostl méně než předpovědi i výrobci čekali. Je patrné, že Smart Home systémy a zařízení se stále ještě potýkají s problémy způsobené dostatečnou nevyzrálostí technologie. Tím, že Smart Home má ambice proniknout do všech domácností, je nezbytné, aby tyto prvky byly dobře použitelné i pro méně zdatné uživatele, podobně jako spotřební elektronika. V tomto ohledu jsou na Smart Home prvky kladeny vyšší nároky než na IoT, kde se často jedná o specializovaná zařízení, která instalují anebo používají odborníci.

Alternativním přístupem je nabízet k zařízením instalaci jako službu, což ale klade velké nároky na dodavatele. Nicméně se domnívám, že je jen otázka času kdy začnou být nabízeny služba integrace Smart Home řešení třetích stran na komerční bázi, oproti současnému stavu kdy jsou takové servisní služby poskytovány pouze v rámci instalace vlastního řešení. Podobné služby by mohly poskytovat nejen specializované společnosti, ale i zaměstnavatelé dostatečně široké sítě servisních techniků s ITC přehledem, jako jsou poskytovatelé internetu, kabelové televize apod.

Jedním z výsledků výzkumu [85] (provedeným v roce 2017 v USA) bylo potvrzení domněnky, že uživatelé chtějí mít ovládání Smart Home systému ideálně v jedné aplikaci, a že současný model kdy má každý výrobce svou aplikaci, je příliš složitý na používání. Komplikací je ovšem skutečnost, že při integraci do nadřazeného systému je exportována pouze podmnožina funkcí. Jinak řečeno, nativní aplikace bude mít (zcela logicky) dostupné všechny funkce, zatímco v případě integrace tomu tak není. Shodovat se, a to nejspíše i výhledově, budou tyto dvě množiny pouze v případě velmi jednoduchých prvků (jako je dálkově ovládaná zásuvka bez dodatečných funkcí).

Budoucí zákazníci budou nicméně profitovat z toho, že si výrobci – zcela ve vlastním zájmu – tyto potřeby uvědomují a reflektují. Setkáváme se tak s postupnou podporou produktů třetích stran (Friends of Hue), která i když není stoprocentní tak je rozhodně krokem vpřed. Jiným krokem (opět ze strany Philips/Signify), jak lépe porozumět zákazníkům, je dát možnost zákazníkům hlasovat o tom, jaká další funkcionalita může být ze strany výrobce doplněna. Relevantní základna je zajištěna tím, že hlasovat lze pouze jednou za výrobní číslo brány.

Funkčnost Smart Home je zcela závislá na možnosti zařízení mezi sebou propojovat. To je umožněno definováním – v ideálním případě otevřených – standardů, kterých se mohou výrobci nových prvků držet. Je tedy otázkou, zda v budoucnosti proběhne konsolidace na úrovni protokolů a platforem, nebo trh zůstane rozdělený. Propojitelnost zjednodušuje používání jednotného adresního systému síťové vrstvy, kterým by, z pohledu IoT/Smart Home v ideálním případě mohl být síťový protokol IPv6. Z tohoto pohledu je slibný protokol Thread, který je podporován u některých nových prvků Nest/Google. Slibnou iniciativou v tomto směru je i Open Connectivity Foundation, která se zaměřuje právě na podporu standardizace prvků a aplikací (nejen) ve Smart Home segmentu, nicméně konkrétní výsledky dosud patrné nejsou.

Důležitým faktorem je i bezpečnost, kdy výrobci musí uživatele přesvědčit, že jejich data jsou v bezpečí. Málokdo si dnes uvědomuje, že vyhozené zařízení v sobě může mít uložené přístupové údaje do domácí sítě, a to i v případě renomovaných značek jako je LIFX [86].

S rozmachem hlasových asistentů a ukládání biometrických údajů ze strany jejich provozovatelů (například za účelem rozlišení jednotlivých členů domácnosti) bude nutné zohlednit existenci takových dat, respektive samotnou průkaznost a použitelnost takové autentizační metody pracující s těmito daty.

Zabezpečení Smart Home prvků má ale i jiné stránky, které ovlivňují spokojenost uživatele. Zařazení jsou do sítě zařazovány často na základě kódu, který je nalepený nebo natištěný na daném zařízení. Málokterý uživatel ale ví, že v případě ztráty kódu a potřeby znovu obnovit danou síť, ať už z jakéhokoliv důvodu, je takové, často nikterak levné zařízení bezcenné.

Se Smart Home instalacemi se budeme v budoucnu setkávat čím dál častěji

Závěr

S ohledem na definovaný cíl je usuzuji, že hlavní cíl práce je možné prohlásit za splněný. Äž na výjimky nebylo zprovoznění prvků, se kterými jsem se v průběhu práce v rámci vlastní přímé zkušenosti setkal, problematické a to ani z pohledu laika. Z pohledu posledních několika málo let je patrné, že Smart Home technologie udělaly velký posun kupředu.

To ovšem platí, za předpokladu pohybu v mantinelech nastavených jednotlivým výrobcem. Paradoxně, díky aplikacím jako je Homebridge, je ekosystém HomeKitu v současnosti téměř stejně flexibilní, jako jsou jiné systémy, a i mírně pokročilý uživatel má dnes možnost snadno propojit prvky u kterých by to ještě nedávno bylo obtížné. To považuji s ohledem na oba cíle za důležitý poznatek

Je také nutno správně vyhodnotit otázku, zda, resp. do jaké míry je pro daný use case účelné udržet pouze jednu technologickou platformu. Jak bylo doloženo v první případové studii, zásadní vliv na kompaktnost mají požadavky více uživatelů a tvrdá kritéria (v daném případě cena). Zároveň se není tak těžké setkat se situacemi, kdy velmi levná řešení odvedou práci stejně dobře, jako násobně dražší konkurence.

Druhá případová studie naopak potvrzuje, že i levný projekt, pokud běží krátkou dobu, může mít problematickou návratnost, a naopak v absolutních číslech dražší projekt delší užitnou dobou znatelně zlevní.

Zdroje

[1] JEŽKOVÁ, Adéla. *Využití Raspberry Pi v domácnosti - VŠKP - VŠE* [online]. 28. leden 2019 [vid. 2019-06-27]. Dostupné z: https://vskp.vse.cz/75744_vyuziti_raspberry_pi_vdomacnosti

[2] KIELE, Jakub. *Chytrý dům na platformě RaspberryPI* [online]. B.m., 2017 [vid. 2019-06-27]. Diplomová práce. University of Hradec Králové, Faculty of Informatics and Management. Dostupné z: https://theses.cz/id/5yo96y/STAG85941.pdf?lang=en;info=1;isshlret=roli%3B;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DROLE%20CHYTR%C3%9DCH%20TELEFON%C5%AE%26start%3D8

[3] ŘIHA, Tomáš. *Finanční hodnocení efektivnosti investice do prvků chytré domácnosti - VŠKP - VŠE* [online]. 16. leden 2018 [vid. 2019-06-27]. Dostupné z: https://vskp.vse.cz/71686_financni_hodnoceni_efektivnosti_investice_do_prvku_chytre_domacnosti

[4] APFELBECKOVÁ. *Bezpečnostní aspekty internetu věcí - VŠKP - VŠE* [online]. [vid. 2019-06-27]. Dostupné z: https://vskp.vse.cz/75162_bezpecnostni_aspekty_internetu_veci

[5] EVANS, Dave. The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything. *CISCO white paper*. 2011, **1**(2011), 1–11.

[6] FRAHIM, Jazib, Carlos PIGNATARO, Jeff APCAR a Monique MORROW. Securing the Internet of Things: A Proposed Framework. *Cisco* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/about/security-center/secure-iot-proposed-framework.html

[7] LEHONG, Hung a Jackie FENN. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2011. *Gartner* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.gartner.com/en/documents/1754719/hype-cycle-for-emerging-technologies-2011

[8] LUETH, Knud Lasse. State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating. *Gartner* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/

[9] HASSAN, Qusay F., Atta ur Rehman KHAN a Sajjad A. MADANI. *Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications*. B.m.: CRC Press, 2017. ISBN 978-1-351-65105-9.

[10] LUETH, Knud Lasse. Why it is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation. *Gartner* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/

[11] GARTNER. *Internet of Things Defined - Tech Definitions by Gartner* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/

[12] MINERVA, Roberto, Abyi BIRU a Domenico ROTONDI. Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet Initiative*. 2015, **1**, 1–86.

[13] PANNETTA, Kasey. *5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/

[14] ITU. *Y.2060 : Overview of the Internet of things* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I/en

[15] TABERNER, TIm. *Rozdíl mezi M2M a IoT* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.cad.cz/strojirenstvi/38-strojirenstvi/6972-rozdil-mezi-m2m-a-iot.html

[16] GARTNER. *Connected Home - Gartner IT Glossary* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.gartner.com/it-glossary/connected-home/

[17] BIČÍKOVÁ, Zuzana. *IDC: Trh zařízení pro chytrou domácnost letos čeká dvouciferný růst* [online]. 10. duben 2019 [vid. 2019-04-23]. Dostupné z: https://channelworld.cz/analyzy/idc-trh-zarizeni-pro-chytrou-domacnost-letos-ceka-dvouciferny-rust-22573

[18] REDAKCE ACHB.CZ. *Chytré bydlení v Česku a sousedních zemích | Asociace chytrého bydleni* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: http://www.achb.cz/2017/01/chytre-bydleni-cr-sousedni-zeme/

[19] VOJÁČEK, Antonín. *Základní úvod do oblasti internetu věcí (IoT) | Automatizace.HW.cz* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/zakladni-uvod-do-oblasti-internetu-veci-iot.html

[20] TESCHLER, Lee. *Building IoT gateways to the cloud* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.microcontrollertips.com/building-iot-gateways-to-the-cloud/

[21] STRENGERS, Yolande, Jenny KENNEDY, Paula ARCARI, Larissa NICHOLLS a Melissa GREGG. Protection, Productivity and Pleasure in the Smart Home: Emerging Expectations and Gendered Insights from Australian Early Adopters. In: *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* [online]. B.m.: ACM, 2019, s. 645 [vid. 2019-06-22]. ISBN 978-1-4503-5970-2. Dostupné z: doi:10.1145/3290605.3300875

[22] RAILTON, Arthur R. Push-Button Manor - Popular Mechanics (Dec, 1950). *Modern Mechanix* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: http://blog.modernmechanix.com/push-button-manor/

[23] SUNG, Dan. Smart home visions through the ages: The history of home automation. *The Ambient* [online]. 29. leden 2019 [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.the-ambient.com/features/visions-through-the-ages-history-of-home-automation-178

[24] ASSOCIATED PRESS. *Disney's „House of the Future," Circa 1957* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=1NQ5OlY40bA

[25] SPICER, Dag. *The ECHO IV Home Computer: 50 Years Later | @CHM Blog | Computer History Museum* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné

z: https://www.computerhistory.org/atchm/the-echo-iv-home-computer-50-years-later/

[26] YOUNGBLOOD, Ruth. *`SMART HOUSE` MAY TAKE OVER IN THE 1990S - Chicago Tribune* [online]. 3. květen 1986 [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.chicagotribune.com/news/ct-xpm-1986-05-03-8602010304-story.html

[27] ALIECHANG222. *Microsoft Smart Home* [online]. [vid. 2019-06-21]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=9V_0xDUg0h0

[28] BRYNJOLFSSON, Erik a Andrew MCAFEE. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. 1 edition. New York London: W. W. Norton & Company, 2016. ISBN 978-0-393-35064-7.

[29] BRADICICH, Tom. Exploring the Four Stages of an Industrial IoT Solution. *Hewlett Packard Enterprise Community* [online]. 16. listopad 2016 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://community.hpe.com/t5/Internet-of-Things-IoT/Exploring-the-Four-Stages-of-an-Industrial-IoT-Solution/ba-p/6917607

[30] GARTNER. *Digital Twin - Gartner IT Glossary* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.gartner.com/it-glossary/digital-twin

[31] VÁPENKOVÁ, Veronika. Průzkum společnosti Gartner ukázal, že digitální dvojčata jsou již používána běžně. *KPC-Group* [online]. 12. březen 2019 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: //kpc-group.cz/blog/pruzkum-spolecnosti-gartner-ukazal-ze-digitalni-dvojcata-jsou-jiz-pouzivana-bezne

[32] SIEMENS. Digitální dvojče. *Magazín Industry fórum* [online]. 15. leden 2018 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.industryforum.cz/digitalni-dvojce

[33] ESCAPA, Daniel. *Announcing the public preview of Azure Digital Twins* [online]. 16. říjen 2018 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://azure.microsoft.com/en-us/blog/announcing-the-public-preview-of-azure-digital-twins/

[34] V Česku je 90 tisíc chytrých domácností. Přes aplikace řídí Češi nejčastěji topení i bezpečnostní systémy. *Nazeleno.cz* [online]. 23. březen 2017 [vid. 2019-04-13]. Dostupné z: https://www.nazeleno.cz/v-cesku-je-90-tisic-chytrych-domacnosti.pres-aplikace-ridi-cesi-nejcasteji-topeni-i-bezpecnostni-systemy/

[35] Google Connected Home Devices. *Google Store* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://store.google.com/us/category/connected_home

[36] ECOBEE. *SmartThermostat with voice control* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.ecobee.com/en-us/smart-thermostat-voice/

[37] NETATMO. *Smart Radiator Valve - How does the open window sensor work? | Netatmo Helpcenter* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://helpcenter.netatmo.com/en-us/smart-radiator-valve/heating-regulation/how-does-the-open-window-sensor-work

[38] KENNEDY, Jenny, Larissa NICHOLLS, Paula ARCARI a Yolande STRENGERS. One reason people install smart home tech is to show off to their friends. *The Conversation* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: http://theconversation.com/one-reason-people-install-smart-home-tech-is-to-show-off-to-their-friends-102837

[39] PINOLA, Melanie. History of voice recognition: from Audrey to Siri. *IT Business* [online]. 4. listopad 2011 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.itbusiness.ca/news/history-of-voice-recognition-from-audrey-to-siri/15008

[40] SCHALKWYK, Johan. An All-Neural On-Device Speech Recognizer. *Google AI Blog* [online]. 12. březen 2019 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: http://ai.googleblog.com/2019/03/an-all-neural-on-device-speech.html

[41] APPLE INC. Apple Launches iPhone 4S, iOS 5 & iCloud. *Apple Newsroom* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.apple.com/newsroom/2011/10/04Apple-Launches-iPhone-4S-iOS-5-iCloud/

[42] CANALYS. *Canalys Newsroom- Canalys: Global smart speaker installed base to top 200 million by end of 2019* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.canalys.com/newsroom/canalys-global-smart-speaker-installed-base-to-top-200-million-by-end-of-2019

[43] HAO, Karen. Amazon Echo's dominance in the smart-speaker market is a lesson on the virtue of being first. *Quartz* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://qz.com/1157619/amazon-echos-dominance-in-the-smart-speaker-market-is-a-lesson-on-the-virtue-of-being-first/

[44] DEMATTIA, Nico. Could BMW's Gesture Control learn from the new Mercedes-Benz A-Class? *BMW BLOG* [online]. 3. leden 2019 [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.bmwblog.com/2019/01/03/could-bmws-gesture-control-learn-from-the-new-mercedes-benz-a-class/

[45] ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD. *Všeobecná oprávnění | Český telekomunikační úřad* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://www.ctu.cz/vseobecna-opravneni

[46] JONES, Rachel. Review: Nest's $499 Home Security System. *Tech News for New Generation* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: http://www.alltech101.com/news/review-nests-499-home-security-system/

[47] APPLE INC. iOS Security: iOS 12.3, May 2019. 2019, 94.

[48] FRENZEL, Lou. What's the Difference Between IEEE 802.11ah and 802.11af in the IoT? *Electronic Design* [online]. 17. červenec 2017 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://www.electronicdesign.com/industrial-automation/what-s-difference-between-ieee-80211ah-and-80211af-iot

[49] *LiFi zlepší přístup k internetu a ochrání citlivá data: 30 pilotních projektů v realizaci, zájem o využití v kancelářích i v průmyslu* [online]. [vid. 2019-04-17]. Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/moderni_technologie_73.php

[50] PURELIFI. LiFi-XC Starter Kits Now Available to Academics. *pureLiFi* [online]. 20. červen 2018 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://purelifi.com/lifi-xc-starter-kits-now-available-to-academics/

[51] FANTANA, Nicolaie, Till RIEDEL, Jochen SCHLICK, Stefan FERBER, Jürgen HUPP, Stephen MILES, Florian MICHAHELLES a Stefan SVENSSON. Internet of Things - Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems. In: . 2013, s. 153–204. ISBN 978-87-92982-73-5.

[52] PADGETTE, John, Karen SCARFONE a Lily CHEN. *NIST Special Publication 800-121 Revision 1, Guide to Bluetooth Security*. 2012.

[53] GERVASI, Charles. *Bluetooth Low Energy* [online]. 23. srpen 2013 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://www.element14.com/community/groups/wireless/blog/2013/08/23/bluetooth-low-energy

[54] DAVIDSON, Robert, Carles Cufí AKIBA a Kevin TOWNSEND. *Getting Started with Bluetooth Low Energy [Book]* [online]. 2014 [vid. 2019-06-25]. ISBN 978-1-4919-0055-0. Dostupné z: https://www.oreilly.com/library/view/getting-started-with/9781491900550/

[55] MICROCHIP. *Bluetooth® Low Energy Security Modes and Procedures - Developer Help* [online]. [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://microchipdeveloper.com/wireless:ble-gap-security

[56] SMITH, Nick. *Thread vs. Zigbee – What's the difference? - ConnecTIng Wirelessly - Blogs - TI E2E Community* [online]. 16. květen 2018 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://e2e.ti.com/blogs_/b/connecting_wirelessly/archive/2018/05/16/thread-vs-zigbee-what-s-the-difference

[57] OLSSON, Jonas. 6LoWPAN demystified. *Texas Instruments*. 2014, **13**.

[58] *Designing Ultra-Low-Power Wireless Automation | DigiKey* [online]. [vid. 2019-04-21]. Dostupné z: https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2013/oct/designing-ultra-low-power-wireless-automation-with-zigbee-green-power

[59] *TecoInfo a Brožury - TECO - Automatizace* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/download/get/teco-introduction-cz-web/166/

[60] KLABAN, Jaromír. Tecomat Foxtrot upevňuje pozice v Internetu věcí - Časopis Elektro - Odborné časopisy. *Časopis Elektro* [online]. 2018 [vid. 2019-06-26]. ISSN 1210-0889. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2018/03/Elektro_03_2018/index.html#p=19

[61] KLABAN, Jaromír. Foxtrot - nástroj propojení chytrých technologií v domě s internetem a se Smart Grid. nedatováno, 60.

[62] INSTEON®. *EVEConnnect for Tesla* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://www.insteon.com/eveconnect-for-tesla

[63] COSWAY, Tyron. New: Touch Pure. Exclusivity has a name. *Loxone Smart Home Automation UK* [online]. 3. září 2016 [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://www.loxone.com/enen/new-touch-pure-exclusivity-name/

[64] KÜCHE + ARCHITEKTUR. Ausdrucksstarke Akzente. *Küche und Architektur* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://www.kuecheundarchitektur.de/arbeitsplatten/ausdrucksstarke-akzente

[65] LOXBERRY. *Plugins (English) - LoxBerry - loxwiki* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://www.loxwiki.eu/pages/viewpage.action?pageId=27100429

[66] KOOPERATIVA POJIŠŤOVNA, A.S. *KoopSmartHome* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://koopsmarthome.cz/

[67] D-LINK. D-Link ohlašuje světově první hraniční router certifikovaný pro Thread. *D-Link* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://eu.dlink.com/cz/cs/press-centre/press-releases/2018/july/30/dlink-announces-worlds-first-thread-certified-border-router

[68] STERLING, Greg. SMBs bullish on virtual assistants, think Alexa has biggest marketing potential. *Search Engine Land* [online]. 21. únor 2019 [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://searchengineland.com/smbs-bullish-on-virtual-assistants-think-alexa-has-biggest-marketing-potential-312744

[69] STATT, Nick. Amazon adds follow-up mode for Alexa to let you make back-to-back requests. *The Verge* [online]. 9. březen 2018 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://www.theverge.com/2018/3/9/17101330/amazon-alexa-follow-up-mode-back-to-back-requests

[70] INGRAHAM, Nathan. Google is making it easier to have a conversation with your Assistant. *Engadget* [online]. 5. srpen 2018 [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://www.engadget.com/2018/05/08/google-assistant-conversational-commands-multiple-actions/

[71] HORWITZ, Jeremy. Amazon Alexa tops U.S. Android and iOS app stores, suggesting strong holiday Echo sales. *VentureBeat* [online]. 26. prosinec 2017 [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://venturebeat.com/2017/12/26/amazon-alexa-tops-u-s-android-and-ios-app-stores-suggesting-strong-holiday-echo-sales/

[72] WEDNESDAY, Roger Fingas, JUNE 07, 2017 a 08:58 pm PT. Apple opens up HomeKit development with software authentication & looser licensing. *AppleInsider* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://appleinsider.com/articles/17/06/07/apple-opens-up-homekit-development-with-software-authentication-looser-licensing

[73] TILLEY, Aaron. Apple Frees Up Its Smart Home Platform To Kickstart Development. *Forbes* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://www.forbes.com/sites/aarontilley/2017/06/07/apple-homekit-wwdc-2017-update/

[74] APPLE INC. *HomeKit Accessory Protocol Specification (Non-Commercial Version) - Support - Apple Developer* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://developer.apple.com/support/homekit-accessory-protocol/

[75] DANALOCK INTERNATIONAL APS. *Danalock V3 Smart Lock · Danalock* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://danalock.com/products/danalock-v3-smart-lock/

[76] BONNINGTON, Christina. Google Buys Nest for $3.2 Billion in Cash. *Wired* [online]. 2014 [vid. 2019-06-24]. ISSN 1059-1028. Dostupné z: https://www.wired.com/2014/01/google-nest-buy/

[77] GOOGLE. *Nest Thermostats - Keep You Comfortable and Help Save Energy - Google Store* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://store.google.com/us/magazine/compare_thermostats?hl=en-US&GoogleNest

[78] GOOGLE. *Learn how your Nest products connect to each other and the internet - Google Nest Help* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://support.google.com/googlenest/answer/9249088?hl=en#how-use

[79] GOOGLE. OpenWeave. *OpenWeave* [online]. [vid. 2019-06-24]. Dostupné z: https://openweave.io/

[80] PHIL BOSUA. LIFX: The Light Bulb Reinvented. *Kickstarter* [online]. [vid. 2019-06-25]. Dostupné z: https://www.kickstarter.com/projects/limemouse/lifx-the-light-bulb-reinvented

[81] CANNATA, Massimiliano a Milan ANTONOVIC. *MQTT Broadcasting — istSOS 2.3.1 documentation* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: http://istsos.org/en/trunk/doc/ws_mqtt.html

[82] GROHE. *GROHE Sense Guard | GROHE* [online]. [vid. 2019-06-22]. Dostupné z: https://www.grohe.cz/cs_cz/smarthome/sense-guard/sense-guard-product-page.html

[83] FORNI, Amy Ann a Rob VAN DER MEULEN. Gartner Survey Shows Connected Home Solutions Adoption Remains Limited to Early Adopters. *Gartner* [online]. [vid. 2019-06-20]. Dostupné z: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-03-06-gartner-survey-shows-connected-home-solutions-adoption-remains-limited-to-early-adopters

[84] JAMES GAGLIARDI. Monetizing The Connected World. *Twice* [online]. [vid. 2019-06-16]. Dostupné z: https://www.twice.com/blog/monetizing-the-connected-world

[85] GOASDUFF, Laurence. *Control The Connected Home with Virtual Personal Assistants* [online]. [vid. 2019-06-23]. Dostupné z: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/control-the-connected-home-with-virtual-personal-assistants/

[86] WEDNESDAY, rew O'Hara, JANUARY 30, 2019 a 11:17 am PT. LIFX HomeKit bulbs appear to be storing Wi-Fi passwords unencrypted. *AppleInsider* [online]. [vid. 2019-06-26]. Dostupné z: https://appleinsider.com/articles/19/01/30/lifx-homekit-bulbs-appear-to-be-storing-wi-fi-passwords-unencrypted

Přílohy

Příloha A: Dobový průzkum funkcí chytré domácnosti

Some Home Computer Ideas from AHEA Conference – Dallas, TX

(Home Economics teachers' responses to questionnaire – 1967)

- Handle family accounting
- Keep a record of stocks and advise on good investments
- Keep party menus and shopping lists handy
- Control temperature, humidity, and burglar alarm
- Turn the TV off when someone falls asleep
- Turn the lights on when you're gone
- Carry out the rubbish
- Do major cleaning of floors, windows, carpets, draperies, and woodwork
- Balance my checkbook
- Keep track of tax-deductible expenditures
- Figure out income tax at end of year
- Keep track of foods in the freezer
- Alert us when items (i.e. car) need servicing
- Alert us when prescriptions need filling
- Lock all doors at night
- Close windows when it rains
- Sound alarm for break-ins
- Water the lawn
- Answer phone when away
- Record who was calling without allowing phone to ring at night
- Feed baby at night
- Automatic sprinkler system
- Reminder to put cars and bikes away
- Make a grocery list
- Ironing
- Floor scrubbing
- Dusting
- Wash the car
- Baby sitting
- Feed the pets

Příloha B: Legenda