

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra informačního inženýrství**



**Diplomová práce**

**Inteligentní domácnost**

**Martin Rak**

© 2019 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Martin Rak

Informatika

Název práce

**Inteligentní domácnost**

Název anglicky

**Smart home**

---

### Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku chytré domácnosti. Hlavním cílem práce je analýza, komparace a vyhodnocení komponent pro chytré domácnosti a následný návrh ideálního řešení pro zvolenou reálnou implementaci. Dílčí cíle práce jsou:

- vypracování přehledu vybraných komponent pro chytré domácnosti,
- vypracování přehledu vývoje v oblasti IoT.

### Metodika

Metodika řešené problematiky je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní práce spočívá v analýze a na základě zvolených kritérií objektivní komparaci vybraných komponent pro chytré domácnosti a návrh ideálního řešení pro zvolenou reálnou implementaci. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry diplomové práce.

**Doporučený rozsah práce**

60 – 80 stran textu.

**Klíčová slova**

Chytrá domácnost, IoT, vícekriteriální analýza, Internet, Infrastruktura

---

**Doporučené zdroje informací**

- BEHMANN, Fawzi; WU Kwok. Collaborative Internet of Things (C-IoT): For Future Smart Connected Life and Business. John Wiley & Sons, 2015. ISBN: 9781118913741
- MASHOOD, Hassan. Security and Internet of Things (IoT). Analysing the difference between Austria and India in consumer awareness of IoT Vulnerabilities, perception towards IoT Privacy and Value. GRIN Verlag, 2018. ISBN: 9783668638754
- MINTEER, Andrew. Analytics for the Internet of Things (IoT). Packt Publishing Ltd, 2017. ISBN: 9781787127579
- PAL, Arpan; PURUSHOTHAMAN Balamuralidhar. IOT Technical Challenges and Solutions. Artech House, 2016. ISBN: 9781630814373
- SERPANOS, Dimitrios; WOLF, Marilyn. Internet-of-Things (IoT) Systems: Architectures, Algorithms, Methodologies. Springer, 2017. ISBN: 9783319697154

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – PEF

**Vedoucí práce**

Ing. Pavel Šímek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra informačních technologií

---

Elektronicky schváleno dne 11. 9. 2018

**Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2019

### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne 17.03.2019

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu této diplomové práce Ing. Pavlu Šimkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady i připomínky a velikou trpělivost po celý čas tvorby práce.

# Inteligentní domácnost

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou výběru vhodného chytrého řešení na trhu pro následnou implementaci do konkrétní domácnosti. Teoretická část se věnuje vysvětlením pojmů dané problematiky, představením stručné historie a také očekávanému budoucímu vývoji. Následně jsou vysvětleny používané standardy a technologie.

V úvodu praktické části byla definována kritéria, na základě kterých, byla vybrána nejlepší varianta. Dále jsou představena jednotlivá zařízení, ze kterých se komplexní chytré řešení skládá. V závěru vlastní práce je na základě vícekritériálního rozhodování prostřednictvím Saatyho metody vybráno nejlepší řešení pro následnou reálnou implementaci. Součástí vícekritériální analýzy variant bylo také detailní vyčíslení nákladů související s implementací na konkrétním příkladu. Smyslem této diplomové práce je usnadnit výběr poskytovatele chytrého řešení do domácnosti na základě konkrétních preferencí a také ušetřit náklady s tímto výběrem spojené.

**Klíčová slova:** chytrá domácnost, IoT, vícekritériální analýza, Internet, infrastruktura

# Smart Home

## **Abstract**

This thesis deals with Internet of things, specifically about home usage. The theoretical part of the thesis explains the standards and technology in use, development in the past and expected future development.

At the beginning of the practical part of the thesis, there are defined all the criteria which will take effect in the following analysis. Next, there are listed all the devices, with their properties, selected to the final smart solution. In the end of the practical part of the thesis, there is complex price overview of the final solutions and finally, the Saaty method and its results. The main purpose of this thesis is to simplify the process of selection the solution manufacturer and lowering the associated costs.

**Keywords:** smart home, IoT, multi-criteria selection, Internet, infrastructure

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>12</b>
<b>2 Cíl práce a metodika .....</b>	<b>13</b>
2.1 Cíl práce .....	13
2.2 Metodika .....	13
<b>3 Teoretická východiska .....</b>	<b>14</b>
3.1 Co je to IoT?.....	14
3.2 Historický vývoj IoT .....	14
3.3 Výhled do budoucna .....	15
3.4 Využití IoT .....	16
3.4.1 Současné využití v domácnosti.....	16
3.4.2 Další způsoby využití IoT .....	17
3.5 Přenosové technologie .....	19
3.5.1 Drátové.....	19
3.5.1.1 Optické kabely .....	19
3.5.1.2 Kroucená dvojlinka RJ-45 .....	20
3.5.1.3 Koaxiální kabel.....	21
3.5.1.4 Power Line Connection .....	22
3.5.2 Bezdrátové .....	23
3.5.2.1 IQRF .....	24
3.5.2.2 MQTT .....	25
3.5.2.3 MiWi.....	27
3.5.2.4 NarrowBand IoT .....	27
3.5.2.5 Wi-Fi HaLow.....	28
3.5.2.6 LoRaWAN.....	29
3.5.2.7 Sigfox .....	31
3.5.2.8 Z-Wave .....	32
3.5.2.9 Bluetooth Smart (Bluetooth 4.0) .....	33
3.5.2.10 ZigBee .....	35
3.6 Topologie sítí .....	36
3.6.1 Sdílené spoje .....	36
3.6.2 Dvoubodové spoje .....	36
3.6.3 Sběrníková topologie .....	36
3.6.4 Kruhová topologie .....	37



3.6.5	Hvězdicová topologie .....	38
3.6.6	Stromová topologie.....	39
3.6.7	Smíšená topologie (Mesh) .....	39
<b>4</b>	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>41</b>
4.1	Persona .....	41
4.2	Dům pro implementaci chytrého řešení .....	41
4.3	Požadavky/kritéria.....	43
4.3.1	Bezpečnost .....	43
4.3.1.1	Bezpečnostní zámek .....	43
4.3.1.2	Senzory kouře, úniku vody .....	43
4.3.1.3	Kamerový systém .....	43
4.3.1.4	Spínače oken.....	44
4.3.2	Řízení spotřeby .....	44
4.3.2.1	Chytré zásuvky .....	44
4.3.2.2	Ovládání topení .....	44
4.3.2.3	Řízení osvětlení .....	45
4.3.3	Komfort.....	45
4.3.3.1	Senzory pohybu .....	45
4.3.3.2	Chytré rolety .....	45
4.3.3.3	Řídící jednotka.....	46
4.3.4	Celková cena.....	46
4.3.5	Vynechaná kritéria.....	46
4.4	Vybrané společnosti .....	46
4.4.1	Yale .....	47
4.4.2	Loxone .....	47
4.4.3	Insteon.....	48
4.4.4	Somfy.....	48
4.4.5	Fibaro .....	49
4.5	Navrhovaná řešení jednotlivých společností.....	49
4.6	Vícekritériální rozhodování .....	51
4.6.1	Bodování společností .....	52
4.6.1.1	Obtížnost montáže .....	52
4.6.1.2	Součást řešení dané společnosti.....	53
4.6.1.3	Funkce .....	53
4.6.1.4	Udělení bodů jednotlivým společnostem .....	54
4.6.1.5	Ceny jednotlivých řešení .....	57

4.6.1.6	Saatyho metoda .....	61
<b>5</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografie .....</b>	<b>64</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zrození IoT, zdroj: <a href="http://www.cisco.com">www.cisco.com</a> .....	15
Obrázek 2 - Příklady smarthome, zdroj: <a href="http://www.asmag.com">www.asmag.com</a> .....	17
Obrázek 3 - Řez koaxiálním kabelem, zdroj: <a href="http://fyzmatik.pise.cz">http://fyzmatik.pise.cz</a> .....	22
Obrázek 4 - Princip Power Line, zdroj: <a href="https://iihelp.iinet.net.au">https://iihelp.iinet.net.au</a> .....	23
Obrázek 5 - Technologie IQRF, zdroj: <a href="http://www.iqrf.org/">www.iqrf.org/</a> .....	25
Obrázek 6 - MQTT, zdroj: <a href="https://zoetrope.io">https://zoetrope.io</a> .....	26
Obrázek 7 - NB-IoT pásmo, zdroj: <a href="https://www.researchgate.net">https://www.researchgate.net</a> .....	28
Obrázek 8 - Porovnání Wi-Fi Halow a ostatních Wi-Fi pásem, zdroj: <a href="https://www.networkworld.com">https://www.networkworld.com</a> .....	29
Obrázek 9 - Technologie LoRaWAN, zdroj: <a href="https://ubidots.com">https://ubidots.com</a> .....	30
Obrázek 10 - Princip technologie Sigfox, zdroj: <a href="https://ubidots.com">https://ubidots.com</a> .....	31
Obrázek 11 - Technologie Z-Wave, zdroj: <a href="https://www.the-ambient.com/">https://www.the-ambient.com/</a> .....	33
Obrázek 12 - Princip Bluetooth 4.0, zdroj: <a href="http://www.summitdata.com">http://www.summitdata.com</a> .....	34
Obrázek 13 - Technologie ZigBee, zdroj: <a href="https://www.iplocation.net/zigbee">https://www.iplocation.net/zigbee</a> .....	35
Obrázek 14 - Příklad sběrnice topologie, zdroj: <a href="http://www.pocitacovesite.xf.cz">http://www.pocitacovesite.xf.cz</a> .....	37
Obrázek 15 - Kruhová topologie, zdroj: <a href="https://cs.wikipedia.org">https://cs.wikipedia.org</a> .....	38
Obrázek 16 - Hvězdicová topologie, zdroj: <a href="https://cs.wikipedia.org">https://cs.wikipedia.org</a> .....	39
Obrázek 17 - Topologie typu Mesh, zdroj: <a href="https://commons.wikimedia.org">https://commons.wikimedia.org</a> .....	40
Obrázek 18 - Půdorys plánovaného domu, zdroj: vlastní zpracování .....	42

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Navrhovaná řešení .....	50
Tabulka 2 - Matice Saatyho deskriptorů .....	51
Tabulka 3 - Váhy jednotlivých kritérií .....	52
Tabulka 4 - Stupnice hodnocení obtížnosti montáže .....	53
Tabulka 5 - Součást řešení dané společnosti .....	53
Tabulka 6 - Hodnotící stupnice funkcí .....	54
Tabulka 7 - Udělení bodů řešení společnosti Yale .....	54
Tabulka 8 - Udělení bodů řešení společnosti Loxone .....	55
Tabulka 9 - Udělení bodů řešení společnosti Insteon .....	55
Tabulka 10 - Udělení bodů řešení společnosti Somfy .....	56
Tabulka 11 - Udělení bodů řešení společnosti Fibaro .....	56
Tabulka 12 - Zařízení, která nejsou obsažena v základní nabídce .....	57
Tabulka 13 - Doplatek za chybějící zařízení .....	58
Tabulka 14 - Ceny jednotlivých zařízení společností .....	58
Tabulka 15 - Cena řešení Yale .....	59
Tabulka 16 - Cena řešení Insteon .....	59
Tabulka 17 - Cena řešení Somfy .....	60
Tabulka 18 - Cena řešení Fibaro .....	60
Tabulka 19 - Cena řešení Loxone .....	61
Tabulka 20 - Bodové ohodnocení na základě celkové ceny .....	61
Tabulka 21 - Saatyho matice bodů .....	62
Tabulka 22 - Saatyho matice po započtení vah .....	62

# 1 Úvod

Od roku 2008, kdy počet chytrých zařízení přesáhl celkový počet obyvatel planety, až do současnosti, Internet věcí a především povědomí o něm stále roste. S tím jak chytrá zařízení nabízí stále větší množství výrobců a společně také s tím, že se s rostoucí nabídkou snižuje cena, se stala se zařízení v rámci Internetu věcí v současnosti dostupná i v segmentu domácího užití. V souvislosti se širokou nabídkou může být pro někoho obtížné zvolit vhodnou kombinaci chytrých zařízení pro domácí použití.

V minulosti byl tento pojem spojován především s průmyslovým použitím, kde se dala jeho poměrně vysoká pořizovací cena ospravedlnit. V současnosti se však Internet věcí stal dostupný i v segmentu domácností a společnost se s tímto pojmem začíná seznamovat a hlavně ho také začíná užívat. Avšak výběr vhodného řešení není jednoduchý, protože dostupných zařízení je na trhu velké množství.

Cílem této práce bylo porovnat dostupná chytrá řešení pro domácnosti na reálném příkladu a následně vybrat to řešení, které je nejlepší z hlediska daných kritérií.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku chytré domácnosti. Hlavním cílem práce je analýza, komparace a vyhodnocení komponent pro chytré domácnosti a následný návrh ideálního řešení pro zvolenou reálnou implementaci. Dílčí cíle práce jsou:

- vypracování přehledu vybraných komponent pro chytré domácnosti,
- vypracování přehledu vývoje v oblasti IoT.

### **2.2 Metodika**

Metodika řešené problematiky je založena na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Vlastní práce spočívá v analýze a na základě zvolených kritérií objektivní komparaci vybraných komponent pro chytré domácnosti a návrh ideálního řešení pro zvolenou reálnou implementaci. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry diplomové práce.

### 3 Teoretická východiska

V této části práce je vysvětlena základní problematika a také hlavní pojmy daného odvětví. Toho bylo dosaženo důkladnou studií odborných literárních zdrojů a následnou syntézou teoretických poznatků.

#### 3.1 Co je to IoT?

Internet věcí, v současnosti stále více a více používaný pojem v oblasti informačních a komunikačních technologií, je poměrně těžké pochopit a přímo zařadit, protože zasahuje do velkého množství oborů lidské činnosti. Vzhledem k tomu, jak rozsáhlý tento pojem je, si ho lze vyložit různě. V oblasti informačních technologií se však význam slov „Internet věcí nejčastěji vykládá následovně:“ (Pohanka, 2017)

Slovem „Internet“ rozumíme spíše než celý internet, počítačovou síť a ty mohou být kategorizovány různě, např: PAN, LAN, MAN, WAN. Chytrá zařízení spolu velmi často komunikují v rámci menší podsítě, než prostřednictvím celého internetu. (Buhagiar, 2018)

Slovem „věcí“ rozumíme jakékoliv funkční elektronické zařízení, obsahující software a senzory, pomocí kterých zaznamenává data, která jsou sdílena s dalšími „věcmi“ nebo systémy. Zajímavostí je to, že v rámci pojmu Internet věcí nejsou základem jednotlivá elektronická zařízení, ale data, která tato zařízení poskytují. (Pohanka, 2017)

V praxi se může jednat například o chytré hodinky, které monitorují zdravotní stav, nebo umožňují volat nezávisle na telefonu. Avšak některá řešení IoT mohou být na rozdíl od obyčejných hodinek velmi komplikovaná. Od komplexní chytré domácnosti, která objednává potraviny v závislosti na stavu lednice, až po složité infrastrukturní systémy implementované například v bance, či nemocnici. (Kamal, 2017)

#### 3.2 Historický vývoj IoT

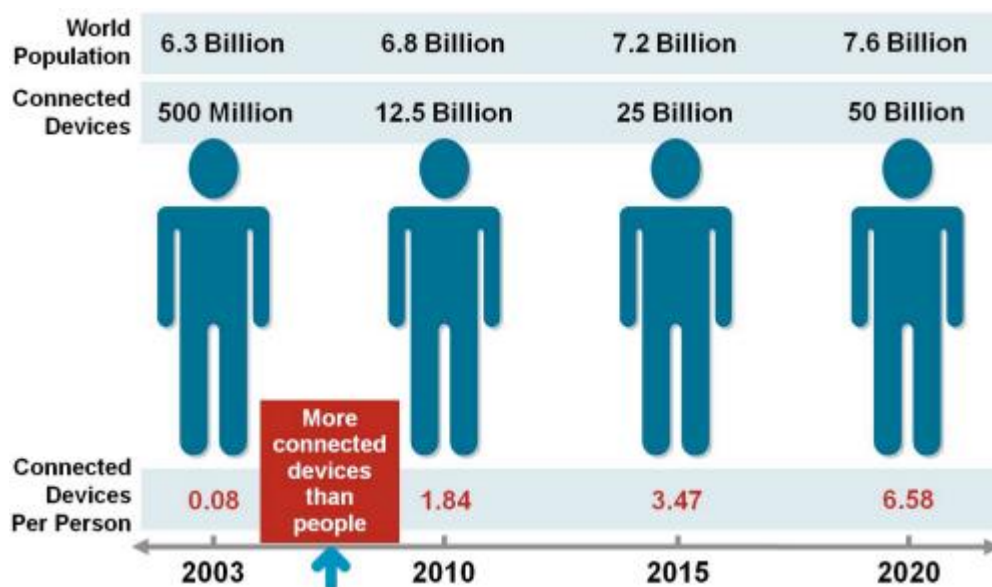
Pojem Internet věcí poprvé použil muž jménem Kevin Ashton v roce 1999 ve své prezentaci pro společnost Procter&Gamble. Chtěl upoutat pozornost vedení společnosti na novou technologii RFID. Ačkoliv je velmi obtížné určit, které zařízení bylo první, či kdy přesně myšlenka vznikla, je zřejmé, že vznikla ještě před představením pojmu Internet věcí. (Lueth, 2014)

Jako jedno z prvních zařízení IoT, lze považovat automat na nápoj Coca Cola na univerzitě Carnegie Mellon v Pensylvánii z roku 1970. Původní automat byl tehdy

vyprodán i několikrát denně. Proto se studenti počítačových věd rozhodli přidat do automatu jednoduché spínače, díky kterým bude možné určit počet zbývajících nápojů. (Browning, 2018)

V roce 2000 představila společnost LG Electronics první inteligentní ledničku na světě, která monitorovala počet potravin uvnitř. Naneštěstí pro společnost se neprodávala příliš dobře, protože byla na tehdejší poměry příliš drahá. Nicméně to byl první sériově vyráběný produkt v dané kategorii. (Porter, 2018)

IoT tak jak ho známe, se podle společnosti Cisco zrodilo až mezi lety 2008 – 2009, kdy poprvé v historii přesáhl počet připojených zařízení k internetu celosvětovou populaci. Podle odhadů Cisco bude počet zařízení připojených k internetu v roce 2020 více než 50 miliard. Odhad však nebere ve skutečnost pokrok v síťových technologiích, například 5G sítě, které budou pro vývoj IoT stěžejní. Na základě toho je tedy možné se domnívat, že reálná čísla budou mnohem vyšší. (Evans, 2011)



Obrázek 1 - Zrození IoT, zdroj: www.cisco.com

### 3.3 Výhled do budoucna

Určit přesný směr, kterým se IoT v budoucnu ubere, možné není. Už teď je však z dosavadního vývoje možné odhadnout některé aspekty. Je jisté, že počet zařízení bude růst a to exponenciálně. V současnosti je sice IoT trendem, a v průmyslu se používá, nicméně v domácnostech tolik rozšířené není. Až rostoucí množství jednotlivých zařízení sníží cenu, zpřístupní se IoT lidem, pro které je to v současnosti drahé.

Další věc, kterou lze jednoznačně říci je, že IoT zařízení budou zneužívána ve velkém pro kybernetické útoky typu DDoS. V minulosti k tomu již několikrát došlo. V souvislosti s tím se nutně bude muset rozvíjet i bezpečnost jak samotných zařízení, tak i těch, která komunikaci zprostředkovávají, typicky router nebo switch.

Dále se také dá očekávat, že IoT kompletně zaplaví průmyslovou a logistickou oblast. Dokonce i dnes, společnosti, které IoT využívají mají v rámci své konkurence navrch. Chytrá zařízení se v brzké budoucnosti stanou nezbytnou součástí většiny výrobních postupů společností, které budou chtít zůstat konkurenceschopné.

V souvislosti se zaváděním IoT ve výrobních procesech lze očekávat menší poptávku po pracovnících v těchto oblastech, naopak s rostoucím počtem chytrých zařízení se zvýší poptávka po službách specialistů na bezpečnost a údržbu. (Sundmaeker, a další, 2010)

## **3.4 Využití IoT**

### **3.4.1 Současné využití v domácnosti**

Téměř každá domácí činnost má dnes alternativu v podobě zařízení ovládaného skrze IoT. Nejčastěji se jedná o chytré televize s připojením na internet s funkcí hlasových příkazů. Méně rozšířené jsou zařízení na řízení osvětlení, řízení teploty, chytré zámky, kamery, spotřebiče v kuchyni dokonce i krmení domácích mazlíčků.

V minulosti bylo IoT používáno zejména v jednotlivých segmentech necentralizovaně a ovládáno ručně přes chytré zařízení. Co je však nejdůležitější, jednotlivá zařízení byla montována do už postavených budov a některé funkce a senzory nebylo možné implementovat. Dnes se však bere IoT v potaz už při stavebním návrhu domu tak, aby ve finální podobě vznikl celý komplexní integrovaný systém na řízení chodu domácnosti. Ovládání jednotlivých zařízení je sice stále možné manuálně, nicméně více se používá funkce časových spínačů, nebo senzorů. (Rouse, 2018)





Obrázek 2 - Příklady smarthome, zdroj: [www.asmag.com](http://www.asmag.com)

V praxi si můžeme představit funkce inteligentní domácnosti na názorném příkladu: Ráno obyvatel domu vstane z postele, senzor pohybu odešle impuls do kávovaru, a do systému osvětlení a ovládání stínidel na oknech. Obyvatel odjede do práce, automaticky se vypne/ztlumí topení a osvětlení, protože doma nikdo není. Mezitím co nikdo není doma se v závislosti na míře vláhavy zavlažují rostliny. V případě požáru či úniku vody senzory tuto skutečnost zaznamenají a uvědomí obyvatele, nebo případně přímo záchranné složky.

Pro představu je tento příklad dostačující, ale uvedené funkčnosti představují pouhý zlomek možností. (Stokes, 2018)

### 3.4.2 Další způsoby využití IoT

- **Fitness doplňky**

Pod pojmem Fitness doplňky se skrývají zařízení určená pro záznam sportovních aktivit a také tělesných funkcí. Sloužit mohou jak pro začátečníky pro sledování svých výkonů, tak i pro profesionální sportovce.

- **Zdravotní doplňky**

Účel zdravotních doplňků, jak už z názvu vyplývá, je měřit především tělesné funkce. Příkladem může být měření srdečního rytmu, krevní tlak a jiné. Další funkcí zdravotních doplňků mimo samotný záznam, je i upozornění buď

dotyčné osoby, nebo přímo záchranných složek po naměření hodnot mimo stanovené bezpečné rozmezí.

- **Vozidla**

Vozidlo připojené k IoT poskytuje provozní informace například z motoru. To znamená teplotu, otáčky, spotřebu a další. Této oblasti se spíše, než v osobním životě používá zejména v průmyslu k monitorování strojů.

- **Logistika**

Nejčastěji a dlouho používané je sledování polohy přepravovaného zboží, či sledování stavu zboží ve skladech a jejich automatické doplnění. Novinkou v poslední době jsou však i senzory teplot, či vibrací v kontejnerech, nebo záznam porušení zapečetění zboží. V neposlední řadě také není možné uskladnit například výbušné zboží vedle hořlavého. V takovém případě senzory o této skutečnosti informují.

- **Zemědělství**

Prostřednictvím IoT senzorů je možné měřit hodnoty v půdě, například vlhkost a zabránit tak plýtvání vody. Zalévá se jen když je to skutečně potřeba. Dále je také možné monitorovat polohu a řídit stroj prostřednictvím GPS, což je dnes už běžnou praxí.

- **Průmyslová ochrana**

Prostřednictvím IoT zařízení je možné zjistit, zda například neuniká voda v informačním data centru, či lze měřit úroveň toxinů nebo radiace v důlním průmyslu a na základě těchto dat na tuto skutečnost buď upozornit, nebo přímo jednat například spuštěním ventilace.

- **Smart Cities**

Smart Cities se pomalu ale jistě stává trendem. Ve městech se budují inteligentní parkoviště, semaforey pro zajištění plynulosti dopravního provozu. Provoz může být řízen do té míry, aby umožnil plynulý průjezd záchranných složek bez rizika nehody.

- **Umělá inteligence**

Spojení mezi IoT a AI nemusí být na první pohled zřejmé, ale tyto dvě oblasti pracují společně mnoha způsoby. IoT například dokáže poskytnout AI více dat než lidé a AI na základě těchto dat provede určitá rozhodnutí, která

samořejmě budou relevantnější, než kdyby se rozhodovalo na základě zlomku dat. (Paul, 2017)

Z výše uvedeného je zřejmé, že použití IoT není nijak limitované oblastí působnosti, ale díky své variabilitě se dá použít prakticky všude.

### **3.5 Přenosové technologie**

Přenosové technologie mají za úkol přenést požadovaná data z jednoho zařízení do druhého. Bez této základní funkčnosti by chytrá zařízení nemohla fungovat. Přenosové technologie se dělí na dvě základní:

- Drátové
- Bezdrátové

#### **3.5.1 Drátové**

Přenos prostřednictvím fyzického vodiče byl první z výše uvedených, který člověk použil pro přenos dat. Oproti bezdrátovým technologiím poskytují mnohem vyšší dosah, protože signál ve stíněném kabelu slábne mnohem pomaleji a následně lze použít opakovač, či zesilovač a tím dosah ještě zvýšit. Díky tomu, že lze prostřednictvím takového vodiče koncové zařízení napájet, lze dosáhnout velmi vysokých přenosových rychlostí, které lze využít například u kamer s vysokou kvalitou obrazu.

Největší nevýhodou implementace drátového chytrého řešení do domácnosti je ta, že vyžaduje velmi často invazivní zásah do zdiva domu, což dost často není ani možné. Nejčastěji se o drátových technologiích uvažuje už při stavbě domu a je nutné tedy návrh stavby upravit na základě navrhovaného chytrého řešení.

##### **3.5.1.1 Optické kabely**

V současnosti nejrychlejší datový vodič umožňuje přenášet data skrze optické vlákno prostřednictvím impulzů světla. Na rozdíl od metalických vodičů, kterými prochází elektrický impulz, optická vlákna mají mnohonásobně menší útlum signálu a lze je tedy používat na delší vzdálenosti. Dále také nabízí mnohem vyšší přenosové rychlosti v řádu Gbit/s. (Trulove, 2009)

Optické vlákno je vyrobeno z oxidu křemičitého, skla, či plastu. Na jedné straně přenosu je zdroj světla a na straně druhé je detektor, který v případě detekce světelného paprsku interpretuje tento stav jako hodnotu 1. V opačném případě jako hodnota 0.

Na rozdíl od metalických vodičů jsou optická vlákna více náchylná na poškození a v případě takového poškození i mnohem dražší a náročnější na opravu. Jejich výroba je přirozeně také dražší v porovnání s metalickými spoji. Z dlouhodobého hlediska také optická vlákna trpí tzv. útlumem. Světlo procházející vláknem jednoduše řečeno způsobuje jeho tmavnutí.

Z těchto důvodů se v současnosti používají optické kabely zejména v páteřních sítích, kde je zapotřebí přenášet data v řádu GB/s. Koncové spoje vedoucí do domácnosti a rozvody po domácnosti se prostřednictvím optických spojů realizují velmi zřídka. Vzhledem k jejich ceně a náchylnostem jsou v tomto ohledu vhodnější starší metalické spoje. (Sosinsky, 2016)

#### 3.5.1.2 Kroucená dvojlinka RJ-45

V současnosti nejvíce rozšířený, nejznámější a nejpoužívanější vodič pro přenos dat je síťový kabel s konektorem RJ-45, který se velmi často označuje, jako kroucená dvojlinka. Název vznikl pravděpodobně z důvodu fyzického uspořádání vodičů uvnitř kabelu. Dnes má pravděpodobně každý uživatel internetu doma právě tento kabel. Vzhledem k pořizovací ceně a ke svým vlastnostem se stal tento nosič velmi populární. Společně s vývojem hardwaru se vyvíjel i kabel sám. Existuje přes deset tzv. Cat standardů. Každý nový standard přináší větší šířku pásma, a tak i vyšší přenosovou rychlost. Poslední kroucená dvojlinka kategorie 7 je schopná přenést až 1 Gbit/s.

Jak už vyplývá z názvu, kroucená dvojlinka je určena pro přímé spojení dvou zařízení. Pro větvení spojení je nutné další zařízení v síti. Maximální délka spoje je 100 metrů. Útlum signálu v kabelu je při vzdálenostech nad 100 metrů už příliš velký. Při spojích nad 100 metrů je nutné použít opakovače, či zesilovače. (Keršláger, a další, 2017)

Existují tři druhy kroucené dvojlinky:

- Stíněná (STP)

Stíněná kroucená dvojlinka má z důvodu eliminace rušení přicházejícího z externích zdrojů obalené jednotlivé vodiče izolantem a tyto vodiče jsou následně obalené další vrstvou izolantu jako celek. Tento typ kabelu se používá tam, kde vede velké množství těchto kabelů, typicky rozvody

v serverovnách. Nevýhodou stíněné kroucené dvojlinky je tuhost oproti nestíněné se s ní o poznání hůře pracuje.

- Částečně stíněná (ScTP)

Částečně stíněná kroucená dvojlinka se skládá z jedné vrstvy izolantu okolo celého kabelu. Jednotlivé vodiče stíněny nejsou. Tento typ kroucené dvojlinky se používá tam, kde nejsou svazky skládající se z desítek či stovek kabelů. Typicky v kancelářích, nebo lokálních rozvodnách.

- Nestíněná (UTP)

Poslední typ kroucené dvojlinky neobsahuje izolant žádný a z toho plyne i její název. Tento typ kabelu je nejměkčí a nejlépe se s ním pracuje, avšak není možné ho použít v rozvodnách. Standardně se prostřednictvím tohoto kabelu realizuje poslední část sítě u zákazníka doma, ze síťového prvku přímo do počítače. (Silhavy, a další, 2013)

### 3.5.1.3 Koaxiální kabel

Koaxiální kabel byl jeden z prvních, který se používal v ethernetových sítích. Koaxiální kabel se skládá z měděného silného vodiče tvořící jádro. Tento měděný vodič je následně obalen izolantem a další vrstvu tvoří kabel spletený tak, aby tvořil souvislou vrstvu po celém obvodu vodiče. Tento spletený vodič tvoří další vrstvu určenou pro stínění měděného jádra.

Vzhledem k tomu, že koaxiální kabel tvoří v podstatě pouze jeden vodič byl v minulosti zejména v počítačových sítích nahrazen kroucenou dvojlinkou, která má vodičů více a je schopná tedy přenést více dat.

Existuje však jedna oblast, kde se koaxiální kabel používá od samého začátku a tou je přenos televizního signálu z antény do přijímače.

Pro potřeby Internetu věci je sice použití koaxiálního kabelu možné, ale vzhledem k tomu, že většina zařízení je z důvodu rozšíření kroucené dvojlinky přizpůsobena právě jí, bylo by použití koaxiálního kabelu zbytečnou komplikací. (Sosinsky, 2016)



Obrázek 3 - Řez koaxiálním kabelem, zdroj: <http://fyzmatik.pise.cz>

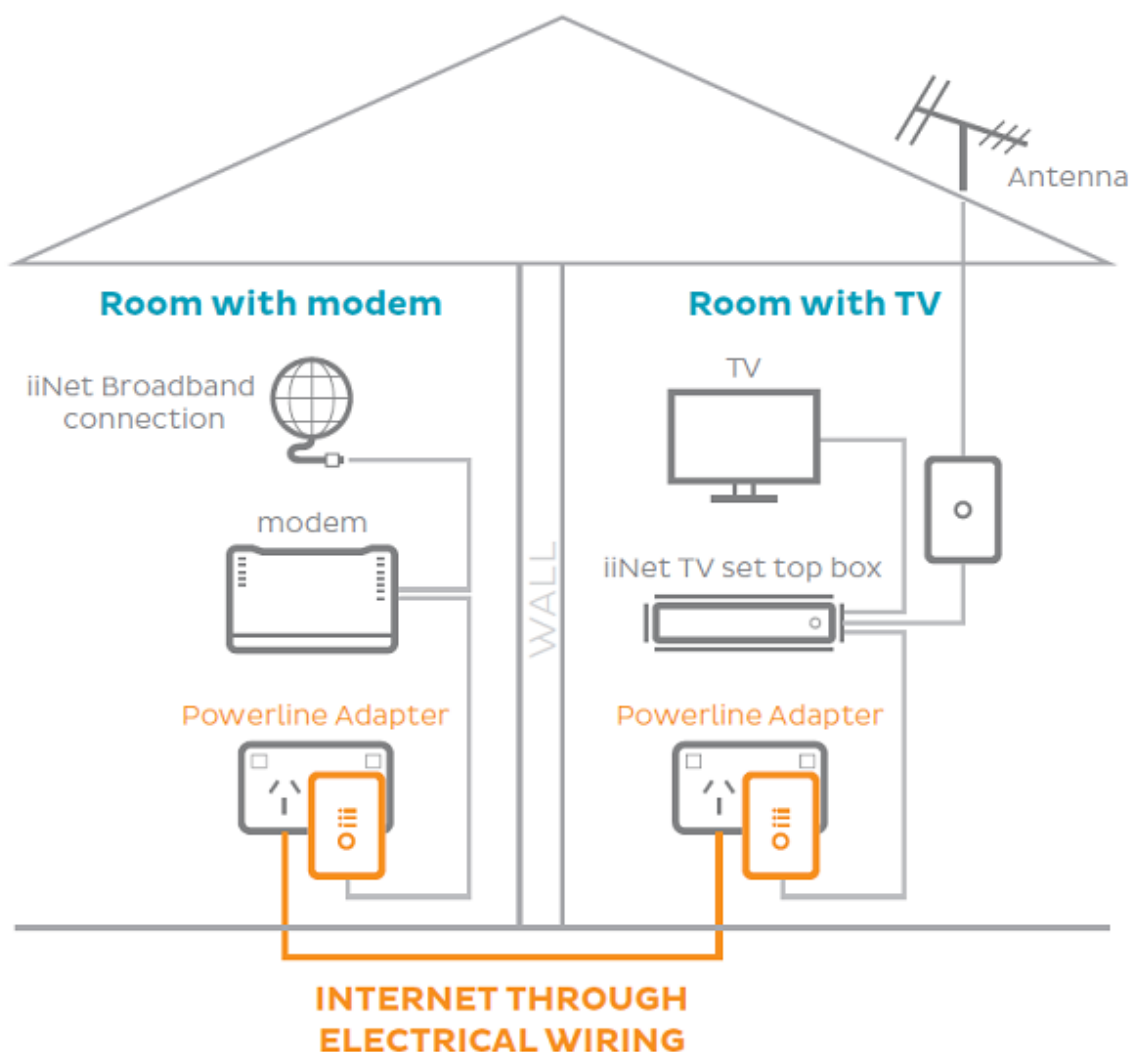
#### 3.5.1.4 Power Line Connection

Občas se setkáme s případem, kdy není možné použít wifi připojení, například ve městech z důvodu rušení a zároveň není možné použít ani ethernetový kabel. Profesionální vedení ethernetového kabelu je totiž velmi obtížné. Z dlouhodobého hlediska je totiž žádoucí kabel skrýt, aby zbytečně nerušil vzhled domácího prostředí. Avšak jak už bylo zmíněno, toto velmi často není možné.

Z toho důvodu je vhodné použít alternativu ve formě Power Line Connection. Tato technologie používá k přenosu dat již integrované rozvody elektrické sítě. A ty jsou v každé budově.

Nespornou výhodou je skutečnost, že při použití elektrické rozvodné sítě není zapotřebí další napájení. Zařízení si vezme elektrickou energii přímo ze sítě. Pro použití této technologie je zapotřebí dvou adaptérů, jeden na vstupu a druhý na výstupu. Tyto adaptéry se zasunou do zásuvek a následně mezi sebou přenášejí data. Adaptéry si vyhradí v rozvodech konkrétní pásmo, (4-24 MHz).

Použití této technologie zní skvěle, ale bohužel s sebou nese jistá omezení. Tím největším je zřejmě fakt, že přenos dat je většinou možný pouze v jedné větvi sítě. Mimo větev je pak další přenos nemožný, nebo omezený. Dále také ve starých domech, kde jsou ještě hliníkové rozvody, také nastává problém s přenosem. Avšak v moderních domech či bytech, kde bude implementováno chytré řešení pro řízení chodu domácnosti je tuto technologii možné použít. (Carcelle, 2009)



Obrázek 4 - Princip Power Line, zdroj: <https://iihelp.iinet.net.au>

### 3.5.2 Bezdrátové

Bezdrátové přenosové technologie, jak už název napovídá přenášejí data vzduchem. Nepotřebují žádný fyzický vodič. Požadované vlastnosti se oproti drátovým poněkud liší. Zejména v oblasti inteligentní domácnosti se klade na důraz zejména na energetickou náročnost přenosu. V případě, že je použita bezdrátová technologie, lze očekávat, že i koncové zařízení, či senzor je napájené z baterie, která má omezenou kapacitu. Dále je také kladen důraz na dosah dané bezdrátové technologie, protože některá zařízení mohou být od centrální jednotky vzdálena až desítky metrů. Naopak na rychlost přenosu se zde důraz s ohledem na energetickou náročnost neklade. Chytrá zařízení či senzory nepotřebují odesílat velké množství dat. (Klement)

### 3.5.2.1 IQRF

IQRF je typ bezdrátového přenosu, které se vyznačuje především velmi nízkou energetickou náročností, avšak s tím spojenou nízkou přenosovou rychlostí. Současně však nabízí dosah až stovek metrů v otevřeném prostoru.

Tato technologie je použitelná téměř kdekoliv, kde požadavek na přenosovou rychlost nepřekračuje 20 kbit/s. Umožňuje dva typy komunikace:

- **Non-networking**

V tomto módu spolu připojená zařízení komunikují způsobem peer-to-peer. Datové pakety jsou v tomto módu dostupné všem zařízením v dosahu. Jak už z názvu vyplývá, v tomto módu nejsou k dispozici žádné síťové funkce jako například routování.

- **Networking**

Tento typ komunikace umožňuje vytvoření sítě topologie MESH až s 239 uzly. Každé zařízení má svojí konkrétní adresu a je tedy možné zasílat datové pakety řízeně. Dále tento typ komunikace umožňuje automatické routování skrze redundantní síťové cesty pro odlehčení provozu a znásobení přenosové kapacity.

Jak už bylo zmíněno, IQRF komunikace je zprostředkována skrze datové pakety. Maximální velikost takového paketu je až 64 B. Přenos je možný přímo mezi zařízeními, nebo zprostředkovaně skrze více zařízení, avšak s maximálním počtem 239 skoků. Tyto skoky lze přirovnat k TTL parametru v protokolu TCP/IP.

Nízká spotřeba elektrické energie, konkrétně až 15  $\mu$ A během přenosu v XLP módu, umožňuje využívat bateriově napájená zařízení s životností baterie až několik let. Tím je tento protokol ideální pro použití v oblasti IoT.

S přihlédnutím ke zmíněným vlastnostem je IQRF vhodné zejména pro:

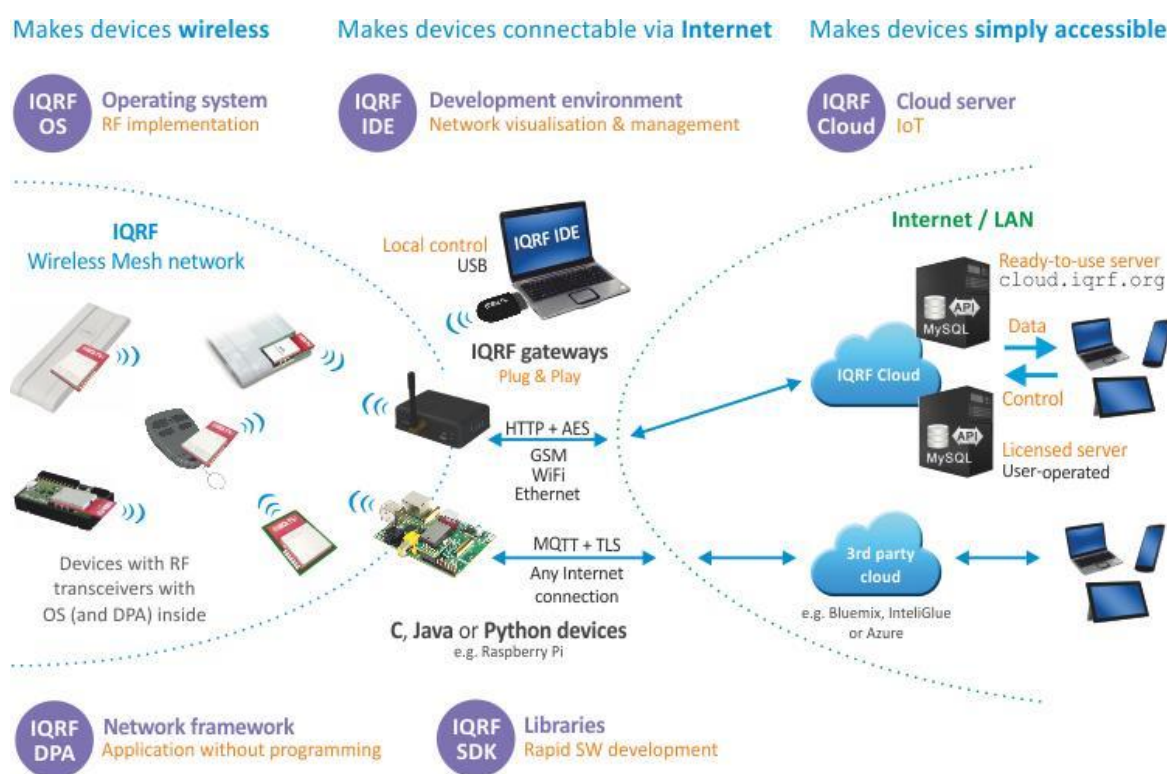
- Kontrolní aplikace, kde jsou zařízení spravována a monitorována z centrálního uzlu.
- Oblast telemetrie – shromažďování dat z koncových zařízení, například senzory. Naměřená data mohou být transparentně přeměrována a uložena v



cloudovém úložišti, které je přístupné odkudkoliv. Zařízení také mohou být skrze cloud ovládána.

- Automatizace procesů

IQRF bylo primárně vyvinuto tak, aby umožnilo plně autonomní a zejména dlouhodobý monitoring nebezpečných průmyslových oblastí, kde bylo nutné sledovat teploty, koncentrace nebezpečných plynů a podobné. Univerzálnost tohoto protokolu však umožnila jeho použití i v jiných oblastech. (Kuinam, a další, 2017)



Obrázek 5 - Technologie IQRF, zdroj: [www.iqrf.org/](http://www.iqrf.org/)

### 3.5.2.2 MQTT

MQTT je komunikační protokol, který umožňuje sdílet data naměřená koncovým zařízením. Tento protokol je určen primárně pro způsob komunikace M2M (machine-to-machine) a v oblasti IoT je velmi důležitý. Základními principy tohoto protokolu je minimalizování zatížení sítě, zajištění spolehlivosti přenosu a omezení požadavků na zdroje zařízení. (Rouse, 2018)

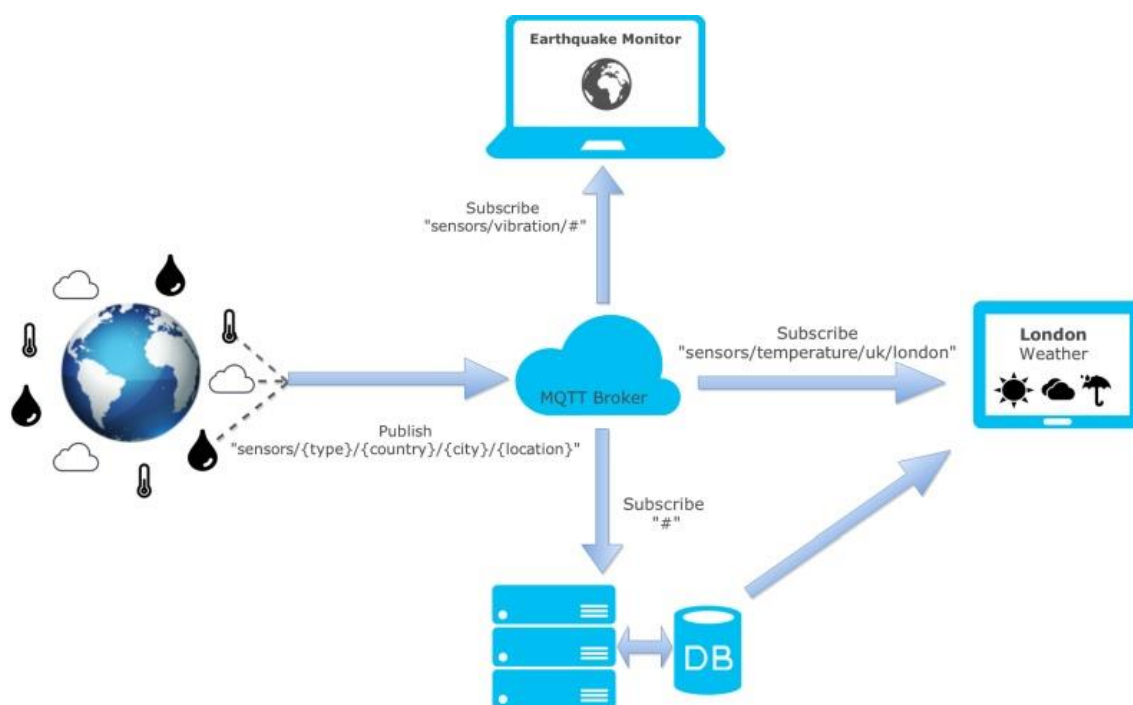
MQTT vzniklo jako nadstavba protokolu TCP/IP. Cílem bylo vytvořit protokol, který je mimořádně jednoduchý, jeho komunikace se vejde do velmi úzkého komunikačního pásma a zvládne pracovat i v nespolehlivých sítích.

Pro správnou funkčnost konceptu MQTT je zapotřebí zajistit mimo samotná měřící zařízení i server, který bude naměřená data sbírat a zprostředkovávat jejich odesílání klientům pokud o ně projeví zájem, tzv. odběr. Každé měřící zařízení může být definováno zvlášť a klienti si tak mohou rozdělit data která chtějí zasílat a data, která ne.

Jak už bylo zmíněno, MQTT je velmi vhodné pro nespolehlivý bezdrátový přenos s proměnlivou odezvou sítě. V případě výpadku připojení, server, který sbírá naměřená data, tzv. broker, ukládá data a odešle je ihned, kdy je připojení k dispozici.

Vytvoření komunikační relace mezi brokerem a klientem probíhá ve čtyřech fázích, konkrétně připojení, ověření, komunikace a ukončení. Klient vytvoří TCP/IP připojení k brokerovi na standartním či vlastním portu. Při vytváření spojení je možné využít dříve ověřenou identitu a pokračovat skrze již vytvořenou relaci v minulosti.

Technologie MQTT také poskytuje základní úroveň zabezpečení skrze použití uživatelského jména a hesla. Avšak vzhledem k tomu, že je MQTT lehký a jednoduchý protokol pro dosažení vysoké efektivity přenosu, je nutné další úroveň zabezpečení provádět skrze použití nezávislého protokolu SSL, samozřejmě za cenu omezení přenosové rychlosti. (Hillar, 2017)



Obrázek 6 - MQTT, zdroj: <https://zoetrope.io>

### 3.5.2.3 MiWi

Jedná se o bezdrátový protokol vyvinutý společností Microchip. Původně byl vyvinutý jako alternativa k téže bezdrátovému a velmi používanému protokolu ZigBee. MiWi bylo navrženo tak, aby kompenzovalo nedostatky zmíněného protokolu ZigBee. Mělo tedy jít o protokol, který bude jednoduchý, snadno upravitelný, levný jak na pořízení tak na údržbu a také měl mít nízké nároky na energetickou spotřebu.

Tento protokol je založený na standardu IEEE 802.15.4 a komunikuje v pásmu 2.4 GHz. Zde přichází v úvahu možné rušení dnes velmi rozšířených wifi sítí právě v pásmu 2.4 GHz. Dále lze také v rámci sítě postavené na MiWi zapojit až 1024 uzlů. (Yang, 2009)

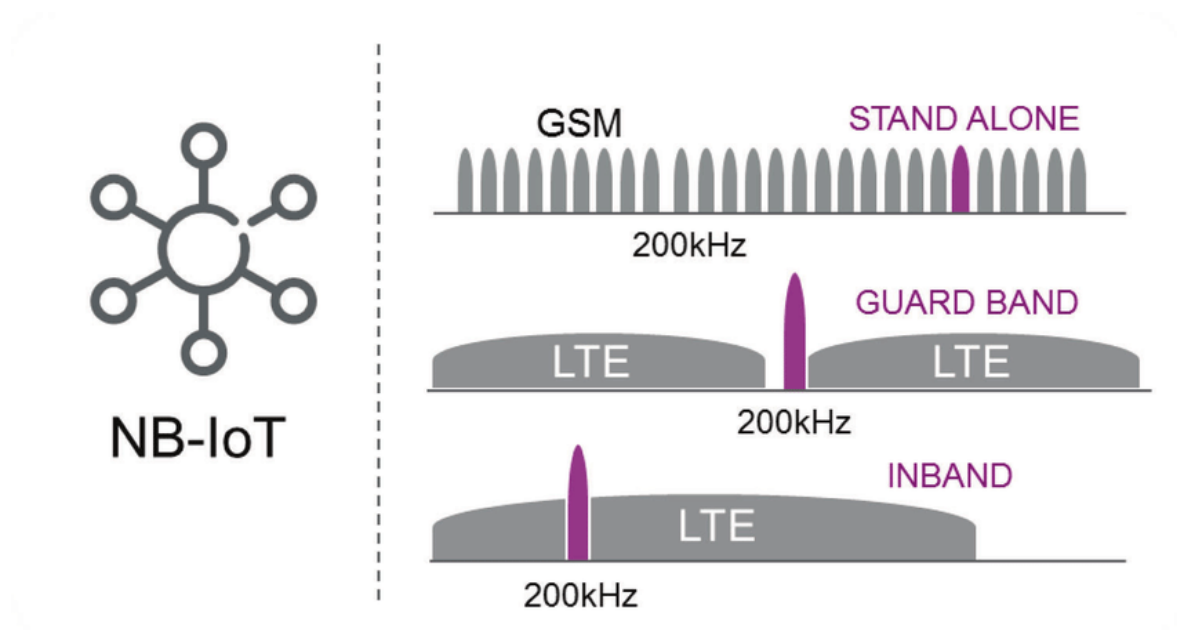
### 3.5.2.4 NarrowBand IoT

NB-IoT je bezdrátová technologie spadající do rodiny LPWA sítí, která byla vyvinuta přednostně pro použití v oblasti IoT. Hlavní přednost této technologie je skutečnost, že ji lze provozovat v pásmech GSM a LTE na již existující infrastruktuře mobilních operátorů, čímž se zajišťuje pokrytí dostatečného území.

Další předností je výrazné snížení spotřeby elektrické energie. Toho bylo dosaženo snížením komplexnosti při převodu signálu z analogového na digitální a obráceně. Dále také NB-IoT čipy jsou jednodušší z hlediska výroby, takže jejich cena je samozřejmě také nižší. Kombinací těchto faktorů se podařilo prodloužit životnost zařízení napájeného baterií až přes deset let.

Největší potenciál této technologie leží v oblasti smart cities. Chytrá zařízení v domácnostech mohou být řízena vždy centrální jednotkou, avšak z hlediska smart cities je takovéto řešení nepoužitelné. Není možné současně s každým chytrým zařízením instalovat zároveň také řídicí jednotku. Zařízení provozovaná skrze NB-IoT jsou nezávislá a komunikují skrze GSM a LTE pásma, která jsou dnes již skoro všude pokrytá.

Skutečnost, že pásmo 200kHz, ve kterém tato technologie funguje, je stále silně nevyužité ukazuje, že se jedná o jednu z nejlepších technologií pro provoz IoT vůbec. A s příchodem 5G sítí se dá očekávat, že technologie založené na mobilních sítích budou přibývat a společně s nimi i chytrá zařízení. (Ray, 2017)

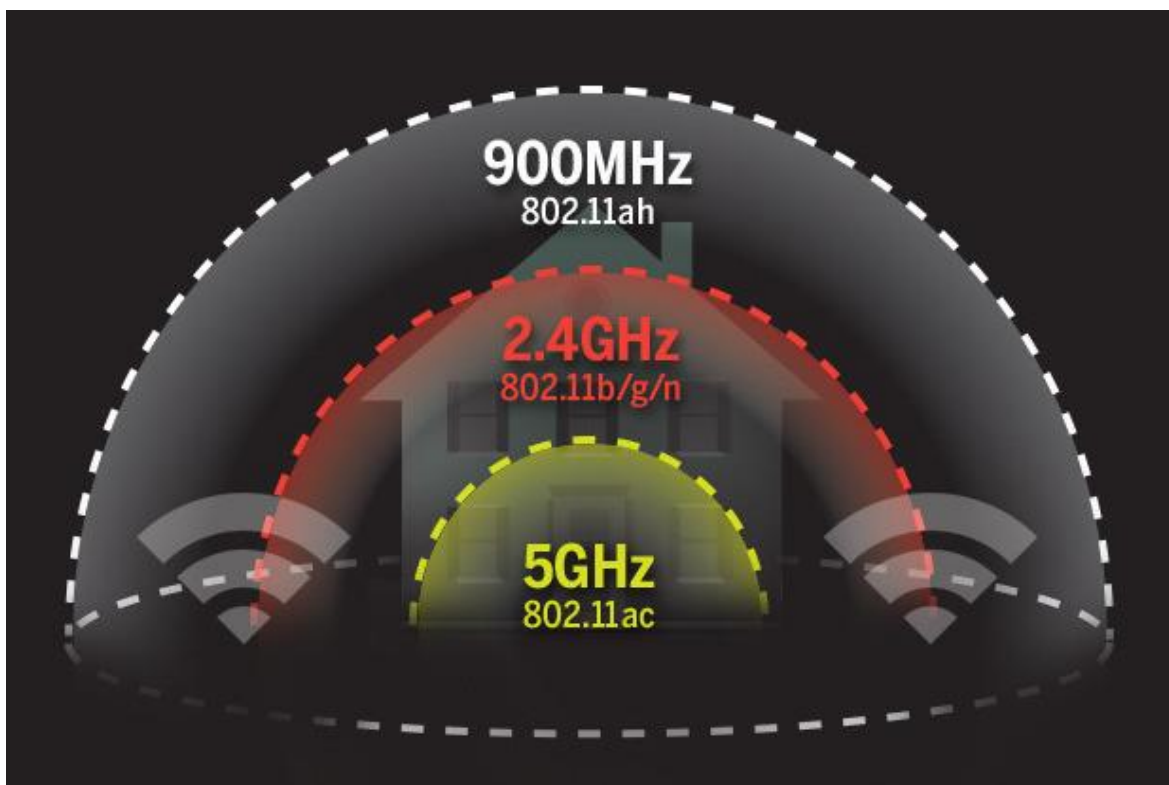


Obrázek 7 - NB-IoT pásmo, zdroj: <https://www.researchgate.net>

### 3.5.2.5 Wi-Fi HaLow

Wi-Fi Halow není sama o sobě nová technologie. Vychází z principu standartních Wi-Fi sítí, avšak s tím rozdílem, že komunikace probíhá na frekvencích daleko nižších, než jaké známe. Tento standard se napříč kontinenty liší, avšak vždy se jedná o frekvence těsně pod 1 GHz. Konkrétně 900 MHz v Americe, 850 MHz v Evropě a 700 MHz v Číně. Na těchto frekvencích lze přenášet pouze omezené množství dat, nicméně to v případě IoT nepředstavuje žádný problém. Na rozdíl od vysokých frekvencí mají ty nižší mnohonásobně větší dosah a pokrytí. Co však představuje problém je skutečnost, že většina routerů, modemů, či přístupových bodů tyto frekvence nepodporuje. Lze koupit zařízení, které dané frekvence podporuje, avšak za cenu zvýšených nákladů. Kombinace těchto dvou faktorů je důvodem, proč se Wi-Fi Halow zatím příliš nerozšířilo. (Chaskar, 2017)

S příchodem roku 2019 se však očekává, že se dosavadní velmi pomalý vývoj Wi-Fi Halow rapidně zrychlí. Důvodem je první komerční Wi-Fi Halow implementace. Díky svým vlastnostem, zejména velmi nízká energetické náročnosti, je Wi-Fi HaLow velmi vhodné pro použití ve zdravotnictví a zemědělství. Avšak ve chvíli, kdy veřejnost uvidí, že tento standard dosahuje zmíněných vlastností i v reálném provozu, poptávka a tedy i vývoj exponenciálně poroste. (Hetting, 2019)

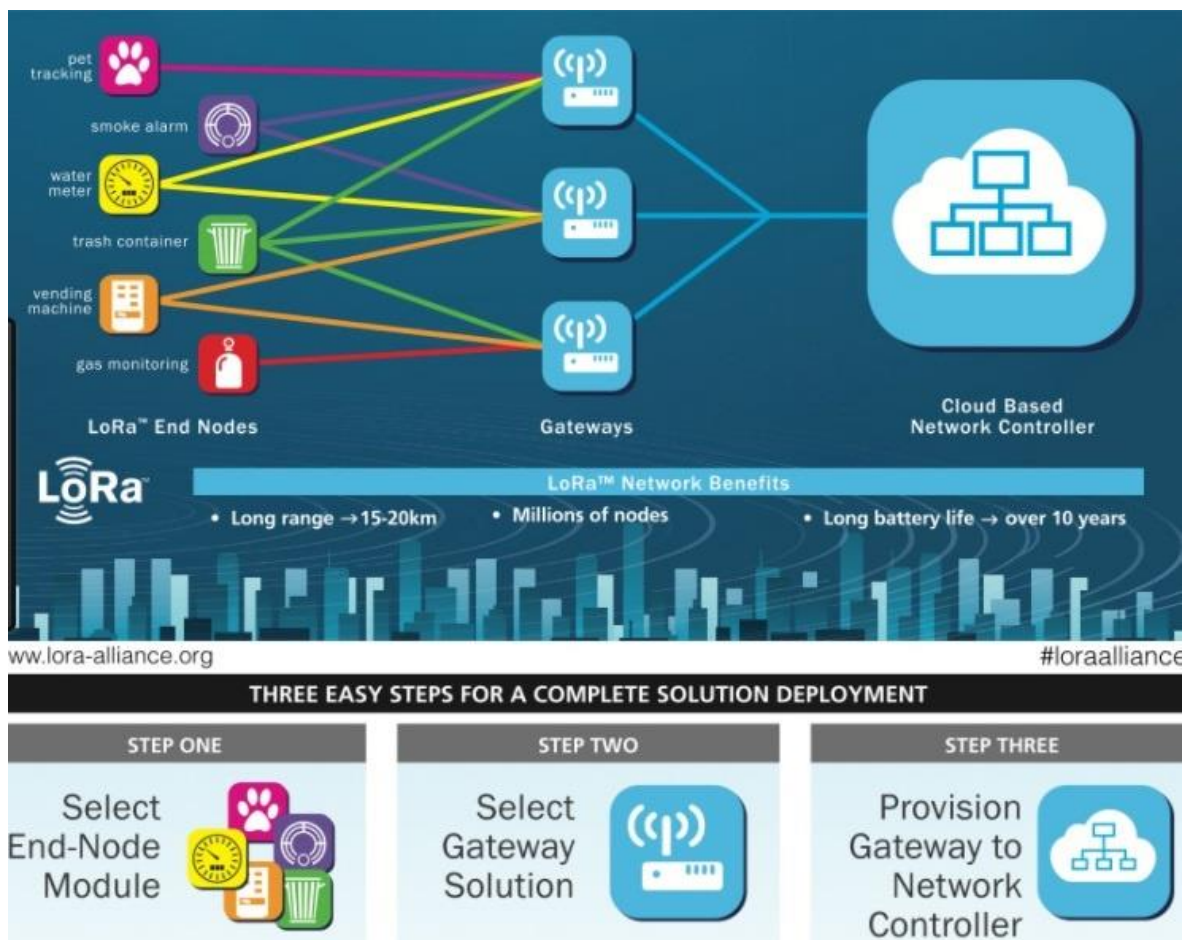


Obrázek 8 - Porovnání Wi-Fi Halow a ostatních Wi-Fi pásem, zdroj: <https://www.networkworld.com>

#### 3.5.2.6 LoRaWAN

LoRaWAN je další komunikační technologie určená zejména pro oblast Internetu věcí. Vyznačuje se podobnými vlastnostmi, kterými jsou přenos na dlouhé vzdálenosti, energeticky úsporný přenos a nízká přenosová rychlost. Technologie LoRaWAN sdílí nejvíce s technologií Sigfox. (Sergio F. Ochoa, 2017)

Technologii LoRaWAN předcházela technologie LPWAN, která se vyznačovala podobnými parametry. Navzdory tomu však vznikl samostatný standard LoRaWAN.



Obrázek 9 - Technologie LoRaWAN, zdroj: <https://ubidots.com>

Podobně jako v technologii Sigfox, i LoRaWAN používá třech základních prvků:

- Koncové zařízení
- Brána
- Cloudové úložiště

Při průchodu bránou dochází k převodu signálu, ladění a následnému odeslání. Na rozdíl od technologie Sigfox LoRaWAN používá pro zvýšení efektivity a úspěšnosti přenosu metodu CSS (Chirp Spread Spectrum).

Dalším důvodem, proč je LoRaWAN úsporný a schopný přenášet data na dlouhé vzdálenosti je díky procesu zvanému ADR (Adaptive Data Range). Podobně jako u metody FSK u Sigfoxu, dochází k ladění a převodu signálu ke zvýšení efektivity přenosu.

LoRaWAN používá nízké rádiové frekvence na dlouhé vzdálenosti, ale tyto frekvence se napříč světem liší. V Číně se používá zejména pásmo 779 - 787 MHz a potom také pásmo 470 - 510 MHz. V USA používají pásmo 902 - 928 MHz rozdělené na 8



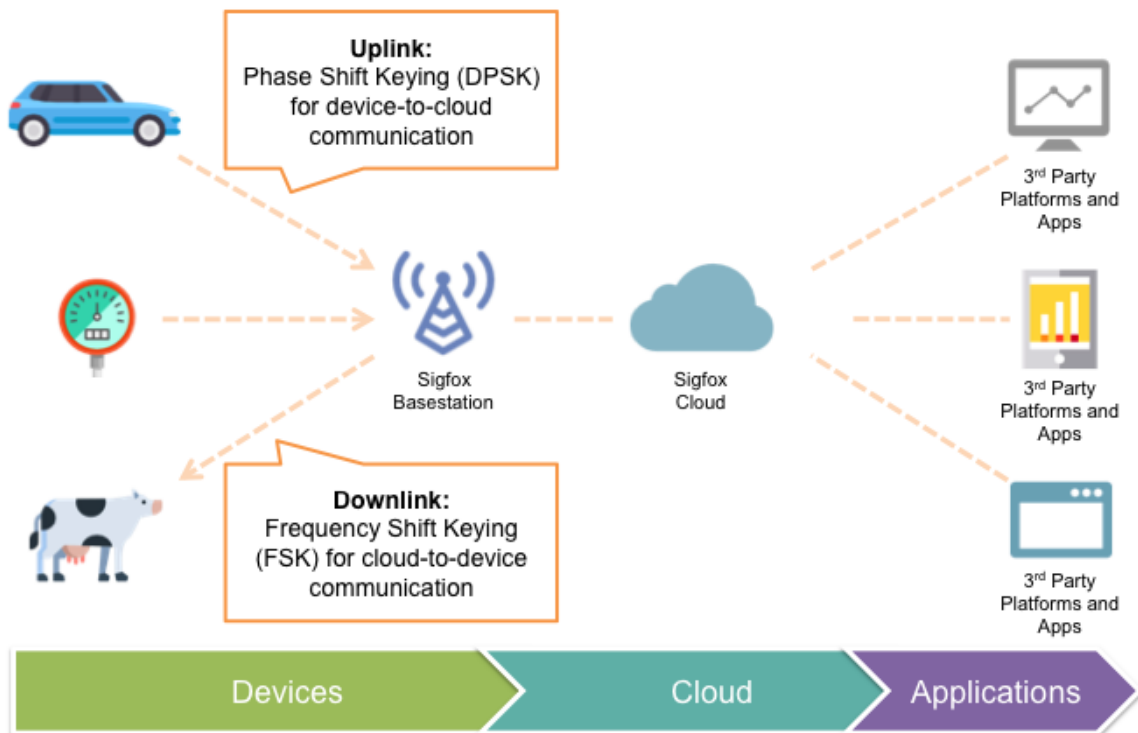
podpásem. V Evropě se používá zejména pásmo 863 – 870 MHz a 433 MHz. (Michaslki, 2017)

### 3.5.2.7 Sigfox

Sigfox je technologie speciálně navržená pro Internet věcí. Stejně jako ostatní podobné protokoly určené zejména pro Internet věcí, se i Sigfox vyznačuje zejména velmi nízkou energetickou náročností a také poměrně velkým dosahem v porovnání s technologiemi Bluetooth, či wi-fi.

Princip technologie Sigfox je postaven na třech prvcích, díky čemuž se od ostatních podobných technologií v segmentu značně liší:

- Jednotlivá zařízení
- Základnové stanice (Brány)
- Cloud



Obrázek 10 - Princip technologie Sigfox, zdroj: <https://ubidots.com>

DPSK je metoda používaná jednotlivými bránami k převodu signálu, ladění a přesměrování do cloudu, kde je následně zpracován. Přenos dat prostřednictvím technologie Sigfox může být znázorněn následovně: Jednotlivá zařízení jsou připojena k internetu prostřednictvím sítě Sigfox. Zařízení můžeme rozumět například teplotní

čidlo či senzor pohybu. Toto zařízení může být od základnové stanice, prostřednictvím které komunikuje, vzdáleno až 1000 metrů. Pro přenos od zařízení do cloudu se používá metoda DPSK, tzv. „uplink“ a obráceně z cloudu k zařízení se používá metoda FSK, tzv. „downlink“. (Michaslki, 2017)

Samotné metody pro převod signálu a následnému ladění se provádějí na úrovni samotných stanic (bran) mezi zařízeními a cloudem. Prostřednictvím této metody se uvádí zkreslený signál odeslaný zařízením do původního stavu. Zkreslení může nastat například vlivem nepříznivého počasí. Jakmile cloud obdrží data prostřednictvím uplinku, reaguje na ně odesláním skrze downlink. Při downlinku se na úrovni základnových stanic používá metoda FSK. Ta je funkčně podobná metodě DPSK, nicméně DPSK je v rámci pásma úspornější. To znamená, že používá méně frekvencí a kanálů pro přenos signálu. V důsledku toho je však přenosová rychlost menší, než v opačném směru. Méně kanálů a frekvenčních pásem však znamená užší pásmo a tedy i mnohem vyšší odolnost vůči interferencím.

Sigfox tedy nabízí energeticky nenáročnou komunikaci na poměrně velkou vzdálenost za cenu nízké přenosové rychlosti. Na rozdíl od ostatních protokolů však eliminuje rušení při přenosu. V současnosti je v provozu několik milionů zařízení užívajících technologii Sigfox. (Sugumaran, 2017)

#### 3.5.2.8 Z-Wave

Komunikační protokol Z-Wave vznikl za účelem vytvoření jednodušší a levnější alternativy k protokolu ZigBee. Pro své specifické vlastnosti je tento protokol určen pro použití primárně v oblasti inteligentní domácnosti. Z-Wave používá nízko energetické rádiové vlny ke komunikaci jednotlivých zařízení a dosahuje nižší spotřeby elektrické energie ve srovnání s wi-fi technologií, avšak zároveň poskytuje mnohem vyšší dosah než technologie Bluetooth. (Paetz, 2017)

Na rozdíl ode technologie ZigBee, Z-Wave operuje pouze v pásmech 800 MHz a 900 MHz, nikoliv však v pásmu 2,4 GHz. Díky tomu nedochází k žádným interferencím, ke kterým by docházelo v pásmu 2,4 GHz. Toto pásmo je dnes zejména na sídlištích či jinak hustě osídlených oblastech, velmi obsazeno právě technologií wi-fi.

Princip technologie Z-Wave umožňuje všem zařízením v síti komunikovat skrze jiná zařízení. Většina zařízení tedy nemusí být k centrálnímu HUBu připojena přímo. Díky



tomu je možné vytvořit velkou síť typu mesh s až 232 uzly. ZigBee sice umožňuje zapojit přes 65 000 uzlů, avšak 232 je pro domácí použití stále více než dost.



Obrázek 11 - Technologie Z-Wave, zdroj: <https://www.the-ambient.com/>

Poslední standard technologie Z-Wave byl vydán v roce 2018 a umožňuje dosah ž 100 metrů při zachování životnosti baterie chytrého zařízení až 10 let.

Z-Wave dále používá symetrické šifrování typu AES-128. Tento typ šifrování sice není vrchol technologie, ale v závislosti na nízké energetické náročnosti této technologie poskytuje velmi dobrou úroveň zabezpečení, která eliminuje většinu hrozeb v inteligentní domácnosti.

Další nespornou výhodou je skutečnost, že veškerá zařízení využívající tuto technologii jsou kompatibilní. Nezáleží na tom, který výrobce dané zařízení vyrobil. Díky tomuto standardu budou tato zařízení vždy kompatibilní.

Napříč trhem celého světa najdeme dnes přes 94 milionů zařízení podporující technologii Z-Wave, což znamená téměř 70% celého segmentu inteligentních domácností. (Lamkin, 2019)

### 3.5.2.9 Bluetooth Smart (Bluetooth 4.0)

Bluetooth je dnes známý spíše jako protokol sloužící k přenosu malých objemů dat na krátkou vzdálenost. Pro potřeby chytrých zařízení se může zdát být nepoužitelný, protože spotřeba elektrické energie plynoucí z provozu zařízení je příliš vysoká, než aby byla

životnost operujících zařízení v řádu let. Avšak společně s příchodem aktualizace standardu tzv. Bluetooth 4.0 či Bluetooth smart, se použití tohoto komunikačního standardu stalo pro potřeby chytrých zařízení použitelné. Nová specifikace technologie umožnila použít novou technologii, která pomáhá zařízením být spárována mnohem déle a současně spotřebovávat méně elektrické energie. Navíc se také rozšířila základna zařízení podporujících tento standard, od fitness doplňků po domácí senzory a detektory.

Generace technologie Bluetooth je rozdělena na dvě skupiny. Důvodem rozdělení technologie jsou problémy provázející původní standard Bluetooth a souvisejí se spotřebou elektrické energie v bateriích a neustálé párování připojených zařízení. Nový standard je navržen tak, aby lépe spravoval jednotlivá připojení, zejména v oblasti právě spotřeby elektrické energie. Toho je dosaženo tak, že místo stálého vysílání proudu bitů, jsou odesílány menší datové bloky na vyžádání. Následně je spojení uvedeno do režimu spánku. Ve chvíli kdy jsou dvě zařízení spárována, spotřebují méně elektrické energie. Během spojení je totiž připojení ve spánkovém režimu, pokud zrovna nejsou odesílána data. Životnost baterií se díky tomu zvýšila až na 1 – 2 roky. Tím se technologii Bluetooth otevřela cesta do segmentu IoT. (Gupta, 2013)

- Bluetooth SMART Ready

Do kategorie Bluetooth Smart Ready patří zejména řídicí zařízení. Tím může být například smartphone, notebook či tablet. Smart Ready zařízení fungují na principu čekání na přijetí dat od monitorovacích zařízení z kategorie Bluetooth Smart.

- Bluetooth SMART

Analogicky lze tedy odvodit princip Bluetooth Smart zařízení. Jsou to taková zařízení, která odesílají data řídicím zařízením na vyžádání. Do této kategorie patří například různé senzory, či detektory. (Butler, 2012)



Obrázek 12 - Princip Bluetooth 4.0, zdroj: <http://www.summitdata.com>

### 3.5.2.10 ZigBee

ZigBee je další komunikační technologie vhodná zejména pro chytrá zařízení v oblasti IoT. Stejně jako ostatní technologie v tomto segmentu, nabízí ZigBee velmi omezenou přenosovou rychlost, která se napříč světem drobně liší. Obecně ZigBee využívá 16 kanálů v pásmu 2,4 GHz a přenosová rychlost tohoto standardu využívaného u nás je až 25 kb/s.

Vzhledem k tomu, že tuto technologii je nutné velmi často provozovat na zařízeních napájených baterií, je samotné provedení protokolů ZigBee velmi jednoduché. Pro provoz tohoto standardu na zařízení je nutné pouze 30 kB paměti.

Pro efektivní adresaci využívá technologie ZigBee 16 bitové adresy. Díky tomu je možné do sítě připojit až 65 535 zařízení, což bohatě naplní požadavky pro domácí užití a drtivou většinu požadavků v oblasti průmyslu. (Pavlis, 2011)

Ve stejném pásmu jako standard ZigBee pracuje také Bluetooth, či IEEE 802.b. Poslední zmíněný je známý zejména při realizaci rychlého bezdrátového připojení k internetu. Při datovém přenosu v rámci tohoto standardu jsme schopni přenést až 11 Mb/s na vzdálenost až 100 metrů. Technologie Bluetooth je schopná přenosu na mnohem menší vzdálenosti, konkrétně až 10 metrů. Avšak přenosová rychlost je mnohem nižší, bezmála 3 Mb/s. Bluetooth se v minulosti velmi často používal pro neobjemné datové přenosy. Jednoznačně nejpomalejším standardem v tomto pásmu je právě ZigBee. Na první pohled se může zdát, že technologie ZigBee je díky již zmíněným standardům zbytečná. Opak je však pravdou. Zmíněné standardy jsou mnohem více energeticky náročné a při provozu na bateriově poháněných zařízeních by velmi znatelně snížili životnost baterie zařízení. (Farahani, 2011)



Obrázek 13 - Technologie ZigBee, zdroj: <https://www.iplocation.net/zigbee>

## 3.6 Topologie sítí

Topologií sítě se rozumí uspořádání jednotlivých prvků sítě a směr jejich datové komunikace. Vzhledem k tomu, že v inteligentní domácnosti je chytrých zařízení vždy více, jejich topologie zde hraje svou roli v efektivitě komunikace a také v samotné funkčnosti.

### 3.6.1 Sdílené spoje

Sdílený spoj je takový spoj, ke kterému jsou připojeny všechny prvky sítě. O tento spoj se navzájem všechny prvky sítě dělí. Toto spojení je velmi levné a dokáže spojit více zařízení avšak má několik nevýhod. Největší nevýhodou jsou časté kolize, které při sdílení neřízené přenosové cesty nastávají. Přenos je pak nutné opakovat, což má nepříznivý vliv na rychlost přenosu, která je zde už tak nízká.

V segmentu Inteligentních domácností se sdílené spoje používají velmi ojediněle, vzhledem k nespolehlivosti přenosu (Brookshear, 2017)

### 3.6.2 Dvoubodové spoje

Dvoubodové spoje, jak už název napovídá, se skládají z přenosové cesty a dvou zařízení na obou koncích. Toto spojení je velmi jednoduché. Vzhledem k tomu, že dvoubodový spoj mají dvě zařízení vyhrazená čistě pro sebe, lze zde dosáhnout poměrně vysokých přenosových rychlostí, záležících na fyzickém datovém nosiči. Ke kolizím zde nedochází.

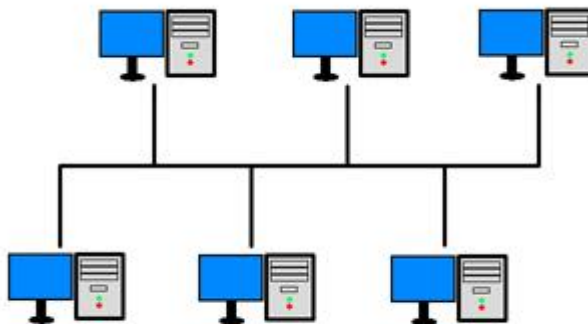
Dvoubodové spoje se v segmentu inteligentních domácností používají taktéž velmi zřídka, protože chytrá řešení vždy zahrnují poměrně velké množství zařízení. (Gála, a další, 2006)

### 3.6.3 Sběrníková topologie

Sběrníková topologie je názorným příkladem sdíleného spoje. Veškerá zařízení jsou připojena pouze k jedné přenosové cestě a o tuto cestu se musí navzájem při přenosu dělit. Čím více prvků je k danému přenosovému médiu připojeno, tím obtížnější a časově náročnější se komunikace stává. Existuje několik metod řízení datového provozu skrze datový nosič, příkladem může být vyhrazení času pro každé zařízení, či přenos na základě priority.

Velkou výhodou je však skutečnost, že tento typ sítě nevyžaduje žádný aktivní prvek. Počítačové stanice mohou komunikovat samy. Použití je vhodné pouze na malé či dočasné sítě.

Sběrníková technologie, byla populární v letech vzestupu informačních technologií. Dnes se však příliš nepoužívá z důvodu výše zmíněných nevýhod. (Ogletree, a další, 2004)



Obrázek 14 - Příklad sběrníkové topologie, zdroj: <http://www.pocitacovesite.xf.cz>

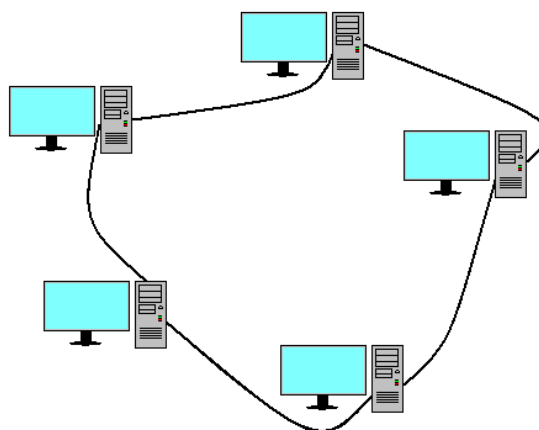
#### 3.6.4 Kruhová topologie

Kruhová topologie, tzv. RING je další příkladem sdíleného spoje. Počítačové stanice, či zařízení tvoří v síti okruh, který spojuje jedno přenosové médium. Tato topologie je velmi podobná sběrníkové, avšak s tím rozdílem, že je kruhová a data zde proudí pouze jedním směrem.

Při použití této topologie nevznikají žádné kolize. Provoz v síti je řízen pomocí speciálního tokenu, kdy právo vysílat data má vždy jen jeden člen sítě. Realizace tohoto typu sítě je také velmi levná a nevyžaduje žádný další aktivní prvek.

Navzdory tomu je však použití tohoto typu topologie velmi neefektivní a nevýhodné. Odeslaná data totiž musí projít celou sítí, přes všechny uzly. Také v případě výpadku jednoho uzlu vypadne celá síť.

Z těchto důvodů je použití této topologie v segmentu inteligentních domácností neefektivní a nebezpečné. Proto je vhodné tento typ nepoužívat. (Burian, 2014)



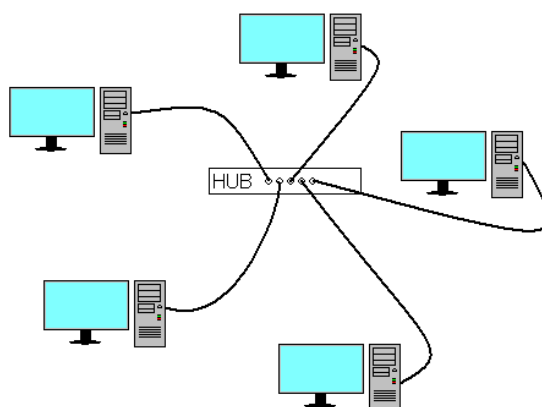
Obrázek 15 - Kruhová topologie, zdroj: <https://cs.wikipedia.org>

### 3.6.5 Hvězdicová topologie

Tento typ topologie je příkladem dvoubodového spoje. Navzdory tomu, že prvků v síti může být velké množství, tím že každé zařízení komunikuje přes centrální síťový prvek, nedochází ke kolizím. Jedná se o velmi efektivní řešení. Data nemusí putovat napříč celou sítí, ale pouze nezbytně nutnou cestou. Centrální síťový prvek data směřuje přímo příjemci.

Použití tohoto typu topologie sice vyžaduje další síťový aktivní prvek, ale díky tomu je síť ve svém provozu mnohem efektivnější a odolnější. Výpadek jednoho uzlu nezpůsobí výpadek sítě, stejně tak je možné přidat další uzel bez vlivu na chod zbytku sítě. Avšak je zde poměrně velká spotřeba strukturované kabeláže.

Použití tohoto typu topologie je v segmentu inteligentních domácností vhodné a je i poměrně časté. Velké množství společností totiž svoje chytré řešení pro dům vyvíjí tak, aby zde vždy byla jedna centrální jednotka. (Sosinsky, 2016)



Obrázek 16 - Hvězdicová topologie, zdroj: <https://cs.wikipedia.org>

### 3.6.6 Stromová topologie

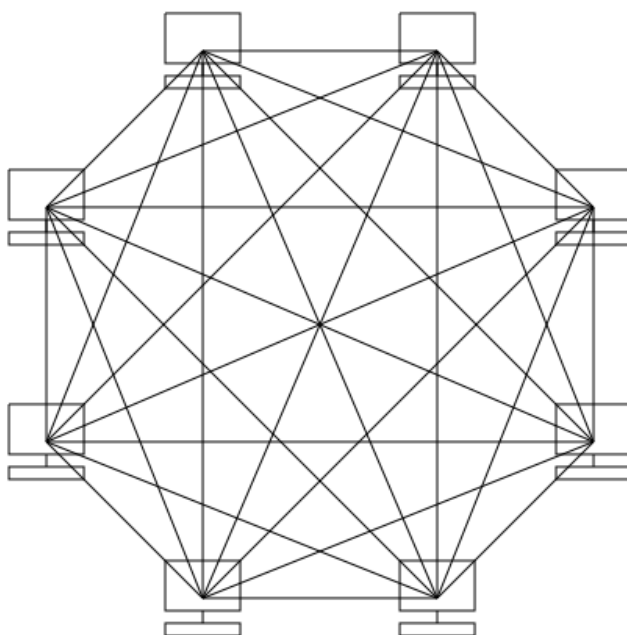
Stromová topologie vznikla kombinací několika sítí typu hvězdicové topologie. Díky tomu sdílí většinu pozitivních i negativních vlastností, protože se jedná o stejnou síť. Rozdílné je však použití tohoto typu sítě. Nejčastěji se s ní lze setkat ve větších společnostech, kde je nutné jednotlivé topologie kombinovat z důvodu velkého počtu počítačů a dalších zařízení.

Použití topologie strom v segmentu Inteligentních domácností je možné pouze při velmi velkém objektu či kombinaci několika objektů. Častěji se s touto topologií setkáme v průmyslovém segmentu. (Sosinsky, 2016)

### 3.6.7 Smíšená topologie (Mesh)

Tato topologie je založena na propojení každého jednotlivého prvku sítě. Velkou výhodou je skutečnost, že při výpadku jedné přenosové cesty, existuje množství alternativních cest, které lze použít. Integraci dalšího prvku nemá vliv na chod sítě. Nevýhodou je fakt, že ve velkých společnostech může být tato síť velmi komplikovaná a náročná na udržení přehledu. Z toho důvodu se velmi často provádí tzv. částečný mesh, kde se některé spoje vynechají, avšak stále existují alternativní cesty.

V segmentu Inteligentních domácností je topologie typu mesh poměrně oblíbená a začíná nahrazovat používání hvězdicové topologie. S tím jak se chytrá zařízení stále vyvíjejí, lze je nyní integrovat do topologie typu mesh, kde toto zařízení může sloužit pouze jako přenosový bod. (Parsons, 2018)



Obrázek 17 - Topologie typu Mesh, zdroj: <https://commons.wikimedia.org>



## 4 Vlastní práce

Hlavním cílem vlastní práce je vypracovat komplexní řešení pro reálnou implementaci v uvedeném domě, podle konkrétních požadavků osoby, pro kterou je toto řešení určeno.

### 4.1 Persona

V zájmu stanovení co nejvíce relevantních kritérií, byla vytvořena persona s konkrétními požadavky reprezentující nejčastější poptávku v segmentu IoT. Personu představuje muž, jménem František Novák, jehož životní situace a požadavky z toho vyplývající jsou následovné:

Františkovi je 35 let a pracuje pro soukromou společnost v oboru informačních technologií jako programátor. Jeho plat je nadprůměrných 45 000 Kč. František je také čerstvý novomanžel a vzhledem k tomu, že jeho partnerka je také zaměstnaná, rád by si nechal postavit dům, ve kterém spolu budou žít a samozřejmě vychovávat děti. Z toho vyplývá, že prostředí v domě by mělo být maximálně bezpečné a komfortní. S příchodem dětí se očekávají zvýšené náklady, takže dalším důležitým aspektem při implementaci IoT do domu, jsou rozhodně dlouhodobé úspory plynoucí z efektivního řízení spotřeby domu.

### 4.2 Dům pro implementaci chytrého řešení

Dům pro implementaci chytrého řešení představuje jednoduchý jednopatrový domek se třemi místnostmi a oddělenou toaletou, koupelnou a kuchyní, viz půdorys budovy. Budova se bude nacházet ve městě Milovice v okrese Nymburk poblíž zábavního parku Mirakulum. V souvislosti s návrhem chytrého řešení se počítá, že z hlediska zdrojů bude dům spotřebovávat pouze elektrickou energii a vodu.

Pozemek, na kterém bude dům stát, představuje zhruba 350 metrů čtverečních, kde bude převážně trávník a zeleň, případně hřiště pro děti.

K domu je připojen městský vodovod, kanalizace a samozřejmě je vysokorychlostní připojení k internetu, které bude v souvislosti s implementací chytrého řešení zapotřebí.

V rámci ušetření nákladů se ve stavebním plánu nepočítá s přístavbou garáže. Podélné stání pro vozidlo se nachází u silnice na hranici pozemku s přílehlou komunikací.



Obrázek 18 - Půdorys plánovaného domu, zdroj: vlastní zpracování

**Zelená** – Zelená barva představuje pozice pro umístění senzorů pohybu.

**Červená** - Červená barva představuje pozice pro umístění bezpečnostních kamer.

S další kamerou se počítá u hranice pozemku s místní komunikací.

**Modrá** - Modrá barva představuje pozici pro umístění detektoru kouře.

**Fialová** - Fialová barva představuje pozice pro umístění čidel úniku vody.

**Žlutá** - Žlutá barva představuje pozici pro umístění termostatu.

**Šedivá** - Šedivá barva představuje pozice pro umístění osvětlení.

Pro zvýšení přehlednosti není na obrázku zvýrazněno několik prvků:

- Bezpečnostní zámek – Předpokládá se, že bude umístěn na hlavních vchodových dveřích vedoucích z obývacího pokoje.
- Spínače oken a dveří – Spínače oken a dveří budou umístěné na všech oknech v domě a na hlavních vchodových dveřích.
- Chytré rolety – Chytré rolety budou umístěné na všech třech oknech domu.
- Chytré zásuvky – Umístění chytrých zásuvek je příliš individuální, a proto bude stanoveno pouze odhadem a to takto: 2 chytré zásuvky do každé místnosti vyjma toalety.

## 4.3 Požadavky/kritéria

V následující části jsou představena jednotlivá kritéria, která jednoznačně ovlivní výběr finálního řešení. Nutno dodat, že kritérií pro výběr je samozřejmě více, ale vzít je v potaz všechny bohužel nelze.

Výběr probíhá ve třech kategoriích, které jednotlivá kritéria sdružují. Jsou to prvky bezpečnosti, řízení spotřeby, cena a v poslední řadě také prvky, které lze shrnout do kategorie komfort. Tato kritéria byla vybrána s důrazem na požadavky výše uvedené osoby, jeho současné životní situace a samozřejmě výhledu života budoucího.

### 4.3.1 Bezpečnost

Nejdůležitějším kritériem pro novomanžele a brzké rodiče je rozhodně bezpečnost, a to jak interní a externí, tak i aktivní a pasivní. Z tohoto důvodu bude mít tedy toto kritérium v následné analýze nejvyšší prioritu. Mezi požadované bezpečnostní prvky rozhodně patří následující:

#### 4.3.1.1 Bezpečnostní zámek

Mezi první požadavky z hlediska bezpečnosti patří chytrý zámek. Chytré zámky eliminují nebezpečí, kdy obyvatel po odchodu zapomene zamknout. Dále také umožňují sledovat a posílat notifikace při průchodu dveřmi.

#### 4.3.1.2 Senzory kouře, úniku vody

Jak už název napovídá, úkolem těchto sensorů je zjistit případný výskyt vody, či kouře a o této skutečnosti informovat buď majitele nemovitosti, nebo přímo záchranné složky. V případě úniku vody také zajistit uzavření hlavního uzávěru vody.

#### 4.3.1.3 Kamerový systém

Dalším bezpečnostním prvkem, který by neměl chybět zejména ve vybavení domu, jsou bezpečnostní kamery, které snímají jak okolí domu, tak i jeho vnitřek. Dále samozřejmě záznamový terminál, který bude ukládat záznamy po určitou dobu.

#### 4.3.1.4 Spínače oken

Posledním důležitým bezpečnostním prvkem je spínač oken. Když je okno otevřené kontakt se rozpojí a systém eviduje otevření okna. Okno je poslední vstupní možností pro potenciálního zloděje a je tedy nezbytné zajistit i tuto přístupovou cestu.

### 4.3.2 Řízení spotřeby

Vzhledem k tomu, že si František chce do budoucna pořídit děti, je nezbytné myslet i na ekonomickou stránku věci. Snížení spotřeby elektrické energie je možné prostřednictvím senzorů, které omezí či vypnou elektronické spotřebiče, světla či topení tam, kde je jejich běh zbytečný a zbytečně spotřebovávají elektrickou energii, jejíž cena dlouhodobě roste. Další variantou je pořízení solárních panelů na jižní část střechy pro výrobu vlastní elektrické energie a další snížení nákladů na provoz domu.

Na základě dat společnosti E.ON lze říci, že průměrná domácnost spotřebuje přibližně 8333 kilowat hodin tepla. Při aplikaci chytrého řešení na dům lze za předpokladu ztlumování topení během dne, kdy obyvatelé nejsou doma, očekávat úsporu až čtvrtiny elektrické energie. To se však týká pouze topení. Je tedy zřejmé, že chytrá domácnost skutečně dlouhodobě spoří. (E.ON)

#### 4.3.2.1 Chytré zásuvky

Chytré zásuvky nám v chytré domácnosti umožňují řídit průtok elektrické energie a tím tak částečně ovládat zařízení zapojená do těchto zásuvek. Přímým účelem chytrých zásuvek je prosté ovládání spotřebičů mezi stavy vypnuto a zapnuto. Nepřímým účelem je samozřejmě řízení spotřeby. Řízeným ovládáním spotřebičů a jejich vypínáním lze z dlouhodobého hlediska ušetřit náklady na chod domácnosti.

#### 4.3.2.2 Ovládání topení

Vzhledem k tomu, že dům bude vytápěn specifickým typem elektrického vytápění, kde v každé místnosti bude topné těleso, pro zajištění požadovaných teplot, je nezbytné osadit tato topení chytrým ovládáním tak, aby teplota v domě mohla být řízena automaticky, nebo na žádost obyvatele domu. Toto řešení vytápění se může zdát ekonomicky náročnějším, nicméně zde odpadá nutnost centrálního vytápění a propojení domu kovovým potrubím a dále se také počítá s elektrickou energií navíc ze solárních panelů. Jiný typ vytápění tak nepřichází v úvahu.

#### 4.3.2.3 Řízení osvětlení

Nejspíš už se to stalo každému. Při odchodu z místnosti zapomněl zhasnout a zbytečně se tak spotřebovávala elektrická energie navíc. Případně v noci, když není nic vidět nelze snadno najít vypínač. Řízené rozsvícení a zhasínání světel na základě výstupu ze senzorů pohybu zajistí snížení spotřeby a také eliminuje riziko požáru z přehřátých žárovek. Toto ovládání světel funguje velmi jednoduše. Senzor pohybu při příchodu do místnosti zaznamená pohyb a rozsvítí světla, která zůstanou rozsvícená v případě dalšího pohybu v místnosti a po určitý časový interval i poté.

### 4.3.3 Komfort

Do této kategorie patří ostatní zařízení kombinující služby zvyšující komfort v domě, automatické spotřebiče. Příkladem může být systém udržující konstantní vláhu u rostlin v květináčích případně chytré zatahování rolet na oknech.

#### 4.3.3.1 Senzory pohybu

Senzory pohybu jsou nedílnou součástí každého inteligentního řešení, ať už domácího či industriálního. Chování většiny ostatních inteligentních zařízení lze nastavit právě na základě dat ze senzorů pohybu. Příkladem může být inteligentní osvětlení. Vhodně umístěný senzor pohybu u vchodu do místnosti zaznamená při vstupu osoby průchod a na základě toho rozsvítí světla, či je zhasne při odchodu. Při větším počtu obyvatel lze osvětlení samozřejmě nastavit i jinak, nicméně stále se tak bude dít na základě vstupu ze senzorů pohybu.

#### 4.3.3.2 Chytré rolety

Rolety na oknech se mohou zdát být nepodstatnou součástí chytrého řešení domácnosti. Opak je však pravdou. Různé nezávislé studie upozorňují na nekvalitní spánek v souvislosti s pronikáním veřejného osvětlení do ložnic. Automatické zatažení rolet v určitou hodinu zajistí kvalitní spánek a roztažení rolet v ranních hodinách při vstávání zajistí snazší vstávání. Dále je také velmi snadné stáhnout rolety hlasovým příkazem v případě oslnění sluncem.

#### 4.3.3.3 Řídící jednotka

Řídící jednotka je nejdůležitější částí každé vyspělé chytré domácnosti. Skrze tuto jednotku lze nastavit chování všech ostatních chytrých zařízení. Samozřejmě lze v rámci levnějšího řešení chytré domácnosti řídicí jednotku vynechat a ovládat chytrá zařízení skrze osobní smartphone. Toto zařízení však nedisponuje hlasovým ovládáním či plánovačem úloh. Skrze řídicí jednotku lze nastavit chování jednotlivých zařízení v závislosti na jiných zařízeních, a proto je jednoznačně doporučeno při aplikaci chytrého řešení do domácnosti počítat i s řídicí jednotkou.

#### 4.3.4 Celková cena

Vzhledem k tomu, že se jedná o jednorázovou investici v rámci stavby nového domu, nemá cena takovou váhu jako například bezpečnost či řízení spotřeby. Navzdory tomu je vhodné si celkové náklady spočítat, a pokud by více řešení vycházelo z hlediska ostatních kritérií podobně, cena nakonec rozhodne.

#### 4.3.5 Vynechaná kritéria

Mezi kritéria, na která při analýze nebude brán zřetel, patří například náročnost údržby chytrých zařízení. Většinou se jedná buď o senzory, které jsou napájeny ze sítě či z baterie a komunikují bezdrátově nebo o zařízení, která zajišťují přepnutí spínačů, či provedení konkrétních akcí. Obecně tato zařízení pracují na podobném principu, a i když zajišťují různé činnosti, jejich funkčnost je stále stejná. Předně se ale jedná o elektronická zařízení založená na integrovaných obvodech a ty se příliš udržovat nedají. Při výpadku činnosti je zařízení nahrazeno.

Dalším nehodnoceným kritériem je vzhled. Vzhled je samozřejmě velmi důležitý, pro někoho dokonce nejdůležitější, ale naneštěstí se při implementaci chytrých zařízení často neobejdeme bez toho, že některá zařízení jsou vidět a svou viditelností narušují estetický vzhled. Samozřejmě existují zařízení určená pouze pro zlepšení vzhledu a atmosféry v místnosti, ale vzhled je bohužel příliš subjektivní a neexistuje žádné obecné měřítko, dle kterého by šlo toto kritérium hodnotit.

### 4.4 Vybrané společnosti

Po průzkumu nabídek chytrých řešení pro domácnosti na trhu, bylo vybráno 5 společností, které dokáží splnit požadované parametry alespoň z větší části. Většina

společností na trhu se zaměřuje pouze na individuální segmenty a neposkytuje komplexní řešení pokrývající požadavky při implementaci na celý dům. Vybrané společnosti jsou následující:

- Yale
- Loxone
- Insteon
- Somfy
- Fibaro

#### **4.4.1 Yale**

Historie společnosti Yale sahá až do roku 1840, kdy zakladatel společnosti začal vyvíjet a následně vyrábět zámky, poskytující vyšší úroveň zabezpečení než ty, které se aktuálně používaly. Postupem času navrhoval majitel se svým synem stále nové zámky a společně s tím společnost rostla. Na konci roku 1868 zaměstnávali již 35 lidí.

Na začátku 20. století zaměstnávala společnost již více než 12 000 lidí. Prostřednictvím koupě konkurence a různých akvizic se jméno společnosti stalo známé celosvětově. V srpnu roku 2000 bylo Yale koupeno společností ASSA ABLOY Group a stalo se tak důležitou součástí největšího světového poskytovatele dveřního zabezpečení.

Portfolio společnosti Yale však neobsahuje pouze zámky. Postupem času se zabezpečení vstupu rozrostlo i na alternativní cesty. Zejména na okna prostřednictvím spínacích okenních kontaktů, dále také kamerového systému a dalších prvků rozšiřující sortiment zabezpečení. Posledním počinem společnosti byla integrace jejich produktů v rámci inteligentní domácnosti.

#### **4.4.2 Loxone**

Loxone je zatím poměrně mladá společnost, která vznikla v roce 2008. Tou dobou již oblast internetu věcí zažívala velmi intenzivní růst. Na trhu najednou bylo k dispozici mnoho zařízení, prostřednictvím kterých bylo možné ovládat funkce domu.

Společnost Loxone vznikla z vize dvou mužů, kterým vadilo, že není dostupná možnost, jak funkce chytrých zařízení centralizovat a pokud ano, tak byla velmi omezená, případně velmi drahá. Tato skutečnost v kombinaci s tvrdou prací obou mužů zajistila společnosti poměrně rychlý růst. V současnosti zaměstnává společnost více než 250

zaměstnanců po celém světě a patří mezi nejvýznamnější poskytovatele komplexních chytrých řešení na trhu.

#### **4.4.3 Insteon**

Jedná se o další, poměrně mladou společnost založenou v roce 2005 v americkém státě California. Jedná se o dceřinou společnost firmy Smartlab, Inc. Historie společnosti Insteon se psala společně její technologií také nazvanou Insteon. Tato technologie umožňuje chytrým zařízením komunikovat skrze napájecí kabely, či rádiové vlny.

Počátky této technologie sahají ještě rok před datum založení společnosti, konkrétně do roku 2004, kdy tato technologie byla poprvé patentována. V roce 2005 byla technologie vyvinuta. V roce 2012 vyrobila společnost Insteon jako první na světě síťově ovládanou žárovku, která byla řízena právě zmíněnou technologií.

Společnost v současnosti nabízí ve svém portfoliu přes 200 zařízení orientovaných převážně do segmentu inteligentní domácnosti. Tato zařízení používají pro komunikaci právě technologii Insteon a to je to, co společnost odlišuje od konkurence.

#### **4.4.4 Somfy**

Jedná se o francouzskou společnost, jejíž historie sahá až do 19. století, přesněji do roku 1851. Zaměření společnosti bylo původně zcela jiné, než je dnes. Tehdy majitel společnosti společně se svými synovci vyráběli téměř vše, od telefonu po lyže.

Avšak v roce 1960 vznikla pobočka jménem Somfy a po následujících několika let se jí v jejím oboru, konkrétně v jemné mechanice, velmi dařilo. Následně však přišla krize a tehdejší ředitel společnost se řídil vizí, že nadále již nechce, aby společnost hrála pouze roli dodavatele. Bylo nutné přijít s nápadem na odvětví, ve kterém Somfy zazáří jako jak v roli výrobce, tak i v roli prodejce koncových produktů.

Shodou okolností zrovna v té době se naskytla možnost motorizovat rolety a žaluzie. Žádný z konkurentů si na toto netroufl, protože tato myšlenka dalece předběhla dobu. Somfy se však nezaleklo a na konci roku 1967 vyvinulo první trubkový motor natolik silný, že byl schopen zatahovat či vytahovat rolety a žaluzie. Navzdory tomu že motor byl funkčně nedokonalý, jednalo se o revoluci, na základě které odstartovala společnost Somfy svůj úspěch, kterého jsme svědkem i dnes.



V současnosti vlastní společnost Somfy 53 poboček napříč celým světem a vyrobila miliony produktů, které lidé spokojeně užívají. Jméno společnosti tak znají jak profesionálové v oboru, tak široká veřejnost.

#### **4.4.5 Fibaro**

Nejmladší společností ve výběru je jednoznačně polská společnost Fibaro. Kořeny společnost začali před osmi lety ve chvíli, kdy si současný majitel společnosti stavěl dům. Jeden z jeho požadavků na nový dům byla možnost vzdáleného řízení a ovládání domácích zařízení. Avšak tehdejší nabídka na trhu nesplnila jeho požadavky a očekávání. Většina zařízení, která byla tehdy na trhu, byla drahá, nepraktická při použití, nebo komplikovaná při instalaci. Z toho důvodu se rozhodl vytvořit vlastní řešení pod svou značkou, které bude uznávané a oblíbené po celém světě.

V současnosti zaměstnává společnost přes 150 lidí a hlavní továrna v Polsku se rozkládá na více než 2000 čtverečních metrech. Toho se v tak krátkém intervalu podařilo dosáhnout zejména díky tomu, že Fibaro neustále vylepšuje veškeré výrobní procesy dle nejnovějších technologií a každý produkt je několikanásobně testován tak, aby bylo eliminováno riziko a bylo dosaženo co nejvyšší kvality.

### **4.5 Navrhovaná řešení jednotlivých společností**

V následující tabulce jsou uvedena použitá zařízení v jednotlivých oblastech. Symbol „-“ v tabulce znamená, že společnost v dané kategorii nemá vlastní zařízení, ani nezprostředkovává použití zařízení jiného dodavatele, a tudíž je pro implementaci uvedeného chytrého řešení nutné zajistit kompatibilní zařízení jiného dodavatele. Společnosti, které nepokrývají některé oblasti, jsou následně při vícekritériálním rozhodování penalizovány. Pro případného zákazníka to znamená práce navíc.

<b>Zařízení</b>	<b>YALE</b>	<b>Insteon</b>	<b>Somfy</b>	<b>Fibaro</b>	<b>Loxone</b>
<i>Kamerový systém</i>	Smart Home CCTV XL HD1080 - 4 kamera	Wireless HD 720p IP Camera	Somfy kamera	-	-
<i>Senzory kouře</i>	Detektor kouře	Smoke Bridge	Detektor kouře io	Bateriový detektor kouře	Detektor kouře Air
<i>Senzor úniku vody</i>	-	Leak Sensor	Záplavové čidlo io	Detektor zaplavení	Záplavový senzor Air
<i>Bezpečnostní zámek</i>	Zámek Yale ENTR + Dálkové ovládání	-	Somfy Doorlock	Chytrý zámek Danalock V3	-
<i>Spínače oken</i>	Dveřní / okenní kontakt	Open/Close Sensor	Somfy Protect Intellitag	Senzor na okna a dveře 2	Okenní a dveřní kontakt Air
<i>Chytré zásuvky</i>	Spínaná zásuvka	Spínací modul do zásuvky	Zásuvka ON-OFF Plug io	Bezdrátová zásuvka	Smart Socket Air
<i>Řízení teploty</i>	Pokojový senzor	Remote Control Wall Thermostat	Bezdrátový termostat	Termostatická hlavice	Komfortní senzor Air + Hlavice
<i>Řízení osvětlení</i>	-	LED Bulb (A19)	-	Modul řízení barevných LED pásků / RGBW LED pásků	Stropní LED světlo RGBW
<i>Senzor pohybu</i>	PIR Motion Detector	Motion Sensor II	Movement Detector io	Detektor pohybu	Loxone Pohybový senzor
<i>Chytré rolety</i>	-	-	Somfy roletový motor RS 100 io	Žaluziový modul 2	Trubkový motor SOLIDline Air
<i>Řídící jednotka</i>	Smart Home Alarm - HUB	Hub Central Controller	TaHoma - Home Automation System	Home Center 2	Loxone Miniserver Go

**Tabulka 1 - Navrhovaná řešení**

## 4.6 Vícekriteriální rozhodování

Pro výběr společnosti, která nejlépe splňuje daná kritéria, byla vybrána Saatyho metoda párového porovnání s vahami. Jednotlivé váhy byly stanoveny na základě následující matice Saatyho deskriptorů:

Počet bodů	Deskriptor
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je dosti významnější než druhé
7	První kritérium je prokazatelně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Tabulka 2 - Matice Saatyho deskriptorů

Jednotlivé preference vah vyplývají z očekávaných preferencí dané osoby. Vzhledem k tomu, že osoba zakládá rodinu, lze očekávat, že hledisko bezpečnosti bude mít prioritu nejvyšší. V druhé řadě je pro rodinu také velmi důležité hledisko komfortu. Vzhledem k tomu, že se chytré řešení domácnosti implementuje v rámci stavby domu, předpokládá se, že toto řešení bude dlouhodobé a s dalšími zásahy se v nejbližší době nepočítá. V neposlední řadě je také důležité hledisko dlouhodobých úspor prostřednictvím řízení spotřeby domu. Vzhledem k tomu, že se v této domácnosti budou v brzké době děti, je zřejmé, že náklady rodiny budou velmi vysoké, a proto je hledisko úspor plynoucích z provozu domu důležité. Poslední a nejméně významné je hledisko ceny chytrého řešení. Při implementaci do již hotového domu či bytu by cena hrála jistě větší roli. Avšak při stavbě nového domu se jedná o dlouhodobou investici spojenou právě s domem a v takové situaci se hledí na dlouhodobé úspory než na cenu.

<i>Kritérium</i>	<b>Bezpečnost</b>	<b>Řízení spotřeby</b>	<b>Cena</b>	<b>Komfort</b>	<b>G<sub>i</sub></b>	<b>v<sub>i</sub></b>
<i>Bezpečnost</i>	1	5	7	4	3,440	0,610
<i>Řízení spotřeby</i>	1/5	1	3	1/2	0,740	0,131
<i>Cena</i>	1/7	1/3	1	1/3	0,355	0,063
<i>Komfort</i>	1/4	2	3	1	1,107	0,196

**Tabulka 3 - Váhy jednotlivých kritérií**

#### **4.6.1 Bodování společností**

Bodování jednotlivých společností probíhalo na základě třech kritérií. Zejména se hodnotilo, pokud jednotlivá zařízení vůbec jsou v nabídkách společností, dále se také hodnotily funkce jednotlivých zařízení, a nakonec také obtížnost montáže. Posledním hodnoceným kritériem je cena.

##### 4.6.1.1 Obtížnost montáže

Jednou z hodnocených vlastností je samozřejmě obtížnost montáže. V navrhovaném řešení se počítá pouze s bezdrátovými zařízeními, proto je stupnice velmi omezená pouze na to, jak obtížně je řešena montáž jednotlivých zařízení. Návrh strukturované kabeláže a její implementace tato práce v úvahu nebere. Za jednoduchou obtížnost montáže se považují zařízení, pro jejichž uchycení na zeď není nutné provádět invazivní zásahy do zdiva domu, například vrtání či sekání. Typickým příkladem jednoduché montáže může být například oboustranná lepicí páska, již se v dnešní době používá stále častěji v důsledku zmenšování zařízení a jejich hmotností. Za obtížnou montáž se považuje taková, při které je nutné provést více či méně invazivní zásah do zdiva domu, typicky sekání, či vrtání a je nutné užít specifických pomůcek.

<b>Obtížnost montáže</b>	<b>Body</b>	<b>Popis</b>
<i>Jednoduchá</i>	2	K montáži zařízení není nutné žádných specifických pomůcek
<i>Obtížná</i>	1	K montáži zařízení je zapotřebí specifickým pomůcek

**Tabulka 4 - Stupnice hodnocení obtížnosti montáže**

#### 4.6.1.2 Součást řešení dané společnosti

Dalším hodnotícím kritériem je také to, jestli společnosti mají v nabídce všechna zařízení požadovaného typu. Při tomto hodnocení není nezbytné, aby nabízená zařízení byla vytvořena danou společností. Pro koncového zákazníka je nepřijatelné pouze to, když požadované zařízení v nabídce není a je nutné ho vlastními silami zajistit od dalšího externího dodavatele. Zprostředkovává-li společnost v některé kategorii zařízení externího dodavatele, je to považováno za přijatelné, vzhledem k tomu, že to nemá na funkčnost vliv a zákazník tak nemusí hledat náhradu.

<b>Součást řešení dané společnosti</b>	<b>Body</b>	<b>Popis</b>
<i>Ano</i>	1	Zařízení je v nabídce dané společnosti
<i>Ne</i>	0	Zařízení není v nabídce dané společnosti a bylo by nutné ho zajistit jinde

**Tabulka 5 - Součást řešení dané společnosti**

#### 4.6.1.3 Funkce

Posledním hodnotícím kritériem jsou funkce poskytované jednotlivými zařízeními. Na základě analýzy produktových katalogů jednotlivých společností bylo zjištěno, do jaké míry jednotlivá zařízení naplňují požadované funkce. Pokud zařízení neposkytuje požadovanou funkčnost vůbec, je ohodnoceno stavem „Nesplněno“ a je mu přičteno 0 bodů. V případě že požadovanou funkčnost splňuje pouze částečně, typicky když v řešení kontroly úniku vody není automatický uzávěr vody, je ohodnoceno „Částečně splněno“. Pokud zařízení pracuje tak jak bylo očekáváno a nenabízí žádné další funkce, je ohodnoceno „Splněno“. V případě že

však zařízení nabízí další nadstandartní funkce, které mu umožní plnit účel ještě efektivněji, je ohodnoceno „Splněno nad očekávání“

Funkce	Body
<b>Splněno nad očekávání</b>	3
<b>Splněno</b>	2
<b>Částečně splněno</b>	1
<b>Nesplněno</b>	0

**Tabulka 6 - Hodnotící stupnice funkcí**

#### 4.6.1.4 Udělení bodů jednotlivým společnostem

S nejnižším celkovým počtem bodů se společnost Yale se svým řešením umístila mezi posledními. Důvodem je zejména fakt, že řešení společnosti neobsahuje chytré rolety, senzor pro detekci úniku vody ani řízení osvětlení. Dále také společnost neposkytuje hlavice na topení pro řízení teploty.

YALE	Součást řešení dané společnosti	Funkce	Obtížnost montáže	Body v kategorii celkem
Kamerový systém	1	3	1	19
Senzory kouře	1	2	2	
Senzory úniku vody	0	0	0	
Bezpečnostní zámek	1	2	1	
Spínače oken	1	2	2	
Chytré zásuvky	1	2	2	9
Řízení teploty	1	1	2	
Řízení osvětlení	0	0	0	
Senzor pohybu	1	2	2	10
Chytré rolety	0	0	0	
Řídící jednotka	1	2	2	
	8	16	14	
<b>Bodů celkem</b>	<b>38</b>			

**Tabulka 7 - Udělení bodů řešení společnosti Yale**

Řešení společnosti Loxone obsahuje většinu požadovaných zařízení, avšak navzdory tomu není celkový počet bodů vysoký. Důvodem je zejména fakt, že většina zařízení společnosti Loxone vyžaduje odbornou montáž a z hlediska časového se jedná o nejnáročnější řešení.

Loxone	Součást řešení dané společnosti	Funkce	Obtížnost montáže	Body v kategorii celkem
Kamerový systém	0	0	0	16
Senzory kouře	1	3	2	
Senzory úniku vody	1	2	2	
Bezpečnostní zámek	0	0	0	
Spínače oken	1	2	2	
Chytré zásuvky	1	2	2	14
Řízení teploty	1	2	1	
Řízení osvětlení	1	3	1	
Senzor pohybu	1	2	1	13
Chytré rolety	1	2	1	
Řídící jednotka	1	2	2	
	9	20	14	
<b>Bodů celkem</b>	<b>43</b>			

**Tabulka 8 - Udělení bodů řešení společnosti Loxone**

Řešení společnosti Insteon obsáhlo téměř všechny požadovaná zařízení a jejich funkce zejména z hlediska bezpečnosti. Kde společnost Insteon ztrácí je oblast komfortu a spotřeby. Řešení společnosti Insteon neobsahuje totiž chytré rolety ani hlavice na topení.

Insteon	Součást řešení dané společnosti	Funkce	Obtížnost montáže	Body v kategorii celkem
Kamerový systém	1	3	1	21
Senzory kouře	1	2	2	
Senzory úniku vody	1	3	2	
Bezpečnostní zámek	0	0	0	
Spínače oken	1	2	2	
Chytré zásuvky	1	2	2	13
Řízení teploty	1	1	1	
Řízení osvětlení	1	2	2	
Senzor pohybu	1	3	2	11
Chytré rolety	0	0	0	
Řídící jednotka	1	2	2	
	9	20	16	
<b>Bodů celkem</b>	<b>45</b>			

**Tabulka 9 - Udělení bodů řešení společnosti Insteon**

Společnost Somfy dosáhla velmi dobrého výsledku. Je to zejména proto, že řešení společnosti obsahuje téměř vše vyjma řízení osvětlení a hlavic na topení. Avšak funkce poskytnutých zařízení a jednoduchost s jakou se dá systém aplikovat, tuto skutečnost kompenzuje.

Somfy	Součást řešení dané společnosti	Funkce	Obtížnost montáže	Body v kategorii celkem
Kamerový systém	1	2	1	25
Senzory kouře	1	2	2	
Senzory úniku vody	1	2	2	
Bezpečnostní zámek	1	2	2	
Spínače oken	1	3	2	
Chytré zásuvky	1	2	2	9
Řízení teploty	1	1	2	
Řízení osvětlení	0	0	0	
Senzor pohybu	1	2	2	14
Chytré rolety	1	2	1	
Řídící jednotka	1	2	2	
	10	20	18	
<b>Bodů celkem</b>	<b>48</b>			

Tabulka 10 - Udělení bodů řešení společnosti Somfy

Nejvyššího počtu bodů celkově dosáhlo řešení od společnosti Fibaro. Mimo kamerový systém obsahuje řešení společnosti vše. V souvislosti s velmi vysokou úrovní poskytovaných funkcí a jednoduchostí montáže ve všech oblastech získalo řešení společnosti Fibaro nejvyšší počet bodů právem.

Fibaro	Součást řešení dané společnosti	Funkce	Obtížnost montáže	Body v kategorii celkem
Kamerový systém	0	0	0	21
Senzory kouře	1	3	2	
Senzory úniku vody	1	2	2	
Bezpečnostní zámek	1	2	2	
Spínače oken	1	2	2	
Chytré zásuvky	1	3	2	16
Řízení teploty	1	3	2	
Řízení osvětlení	1	1	2	
Senzor pohybu	1	2	1	13
Chytré rolety	1	2	1	
Řídící jednotka	1	2	2	
	10	22	18	
<b>Bodů celkem</b>	<b>50</b>			

Tabulka 11 - Udělení bodů řešení společnosti Fibaro



#### 4.6.1.5 Ceny jednotlivých řešení

Cena je dalším kritériem, podle kterého se rozhodovalo, které řešení je nejlepší. Na základě reálného návrhu domu, byla vypočtena cena jednotlivých řešení vyplývajících z počtu požadovaných zařízení. Do celkové ceny řešení jsou započítána i náhradní zařízení z oblastí, které jednotlivá řešení neobsahují. Viz následující tabulka.

<i>Poskytovatel</i>	<b>Typ zařízení</b>	<b>Název</b>	<b>Cena</b>	<b>Počet zařízení</b>	<b>Cena celkem</b>
<i>Yale</i>	Řízení teploty	Netatmo Radiator Valve	2 199,00 Kč	6	13 194,00 Kč
<i>Yale</i>	Osvětlení	Phillips Hue White Ambiance A60	899,00 Kč	6	5 394,00 Kč
<i>Yale</i>	Chytré rolety	FIBARO Žaluziový modul 2	1 590,00 Kč	3	4 770,00 Kč
<i>Yale</i>	Senzor úniku vody	Fibaro Flood Sensor	1 529,00 Kč	4	6 116,00 Kč
<i>Insteon</i>	Bezpečnostní zámek	Chytrý zámek Danalock V3	5 990,00 Kč	1	5 990,00 Kč
<i>Insteon</i>	Chytré rolety	FIBARO Žaluziový modul 2	1 590,00 Kč	3	4 770,00 Kč
<i>Insteon</i>	Řízení teploty	Netatmo Radiator Valve	2 199,00 Kč	6	13 194,00 Kč
<i>Somfy</i>	Osvětlení	Phillips Hue White Ambiance A60	899,00 Kč	6	5 394,00 Kč
<i>Fibaro</i>	Kamerový systém	iGET HOMEGUARD HGWOB851	2 669,00 Kč	4	10 676,00 Kč
<i>Loxone</i>	Kamerový systém	iGET HOMEGUARD HGWOB851	2 669,00 Kč	4	10 676,00 Kč
<i>Loxone</i>	Bezpečnostní zámek	Chytrý zámek Danalock V3	5 990,00 Kč	1	5 990,00 Kč

**Tabulka 12 - Zařízení, která nejsou obsažena v základní nabídce**

Z tabulky výše je zřejmé, co přesně v jednotlivých řešeních chybělo a je navrženo i náhradní řešení externího dodavatele. Na základě toho bylo spočteno, kolik je nutné k celkové ceně každého řešení ještě přičíst.

Poskytovatel	Cena
<b>Yale</b>	29 474,00 Kč
<b>Insteon</b>	23 954,00 Kč
<b>Somfy</b>	5 394,00 Kč
<b>Loxone</b>	16 666,00 Kč
<b>Fibaro</b>	10 676,00 Kč

**Tabulka 13 - Doplatek za chybějící zařízení**

Zařízení	Yale	Insteon	Somfy	Fibaro	Loxone
<i>Kamerový systém</i>	12 711,69 Kč	1 806,10 Kč	4 390,00 Kč	-	-
<i>Senzor kouře</i>	1 195,72 Kč	789,86 Kč	2 642,17 Kč	1 690,00 Kč	2 632,80 Kč
<i>Senzor úniku vody</i>	-	789,97 Kč	2 346,51 Kč	1 590,00 Kč	1 861,85 Kč
<i>Bezpečnostní zámek</i>	8 990,00 Kč	-	9 690,00 Kč	5 990,00 Kč	-
<i>Spínače oken</i>	980,12 Kč	789,97 Kč	891,08 Kč	1 299,00 Kč	1 861,85 Kč
<i>Chytré zásuvky</i>	1 899,00 Kč	1 539,00 Kč	1 799,00 Kč	1 690,00 Kč	1 926,09 Kč
<i>Řízení teploty</i>	3 499,00 Kč	1 580,37 Kč	6 137,00 Kč	2 090,00 Kč	4 545,11 Kč
<i>Osvětlení</i>	-	677,19 Kč	-	1 590,00 Kč	7 863,79 Kč
<i>Senzor pohybu</i>	1 117,06 Kč	903,13 Kč	2 345,94 Kč	1 590,00 Kč	2 568,55 Kč
<i>Chytré rolety</i>	-	-	7 198,00 Kč	1 590,00 Kč	5 780,86 Kč
<i>Řídící jednotka</i>	5 025,73 Kč	1 805,93 Kč	8 290,84 Kč	15 990,00 Kč	10 618,11 Kč
<i>Celkem</i>	35 418,32 Kč	10 681,52 Kč	45 730,54 Kč	35 109,00 Kč	39 659,01 Kč

**Tabulka 14 - Ceny jednotlivých zařízení společností**

Společnost Yale poskytuje celkové řešení kamerového systému i s příslušným rekordérem v rámci jednoho balení. Tudíž kamery jsou stejně jako v ostatních řešeních celkem 4. Následující tabulka zobrazuje cenu bez doplatku za chybějící řešení.

Yale	Počet zařízení	Cena
Kamerový systém	1	12 711,69 Kč
Senzor kouře	1	1 195,72 Kč
Senzor úniku vody	0	-
Bezpečnostní zámek	1	8 990,00 Kč
Spínače oken	4	3 920,48 Kč
Chytré zásuvky	10	18 990,00 Kč
Řízení teploty	1	3 499,00 Kč
Osvětlení	0	-
Senzor pohybu	6	6 702,36 Kč
Chytré rolety	0	-
Řídící jednotka	1	5 025,73 Kč
Celkem		61 034,98 Kč

**Tabulka 15 - Cena řešení Yale**

Na rozdíl od řešení společnosti Yale nabízí Insteon kamery jednotlivě. Dále Insteon nabízí řešení řízení osvětlení prostřednictvím chytrých žárovek. Těch bude celkově 13. Navzdory tomu, že řešení společnosti Insteon obsahuje téměř vše, je ze všech nejlevnější.

Insteon	Počet zařízení	Cena
Kamerový systém	4	7 224,40 Kč
Senzor kouře	1	789,86 Kč
Senzor úniku vody	4	3 159,88 Kč
Bezpečnostní zámek	0	
Spínače oken	4	3 159,88 Kč
Chytré zásuvky	10	15 390,00 Kč
Řízení teploty	1	1 580,37 Kč
Osvětlení	13	8 803,47 Kč
Senzor pohybu	6	5 418,78 Kč
Chytré rolety	0	
Řídící jednotka	1	1 805,93 Kč
Celkem		47 332,57 Kč

**Tabulka 16 - Cena řešení Insteon**

Společnost Somfy poskytuje své chytré řešení výrazně draž než konkurence v podobě společnosti Insteon. Avšak na rozdíl od řešení společnosti Insteon poskytuje i chytré rolety.

Somfy	Počet zařízení	Cena
Kamerový systém	4	17 560,00 Kč
Senzor kouře	1	2 642,17 Kč
Senzor úniku vody	4	9 386,04 Kč
Bezpečnostní zámek	1	9 690,00 Kč
Spínače oken	4	3 564,32 Kč
Chytré zásuvky	10	17 990,00 Kč
Řízení teploty	1	6 137,00 Kč
Osvětlení	0	
Senzor pohybu	6	14 075,64 Kč
Chytré rolety	3	21 594,00 Kč
Řídící jednotka	1	8 290,84 Kč
Celkem		110 930,01 Kč

**Tabulka 17 - Cena řešení Somfy**

Společnost Fibaro v rámci své nabídky bohužel neposkytuje kamerový systém. Ten je nutné nahradit z externího zdroje. Dále také na rozdíl od ostatních řešení, kde řízení osvětlení chybí úplně, nebo je řešeno prostřednictvím žárovek, řešení společnosti Fibaro obsahuje celá stropní světla. Tím lze vysvětlit jejich nižší počet a vyšší cenu.

Fibaro	Počet zařízení	Cena
Kamerový systém	0	
Senzor kouře	1	1 690,00 Kč
Senzor úniku vody	4	6 360,00 Kč
Bezpečnostní zámek	1	5 990,00 Kč
Spínače oken	4	5 196,00 Kč
Chytré zásuvky	10	16 900,00 Kč
Řízení teploty	1	2 090,00 Kč
Osvětlení	7	11 130,00 Kč
Senzor pohybu	6	9 540,00 Kč
Chytré rolety	3	4 770,00 Kč
Řídící jednotka	1	15 990,00 Kč
Celkem		79 656,00 Kč

**Tabulka 18 - Cena řešení Fibaro**

Společnost Loxone jak už tabulka níže napovídá se zaměřuje spíše na oblast komfortu a úspor než bezpečnosti. V nabídce zcela chybí chytrý zámek či kamerový systém.

Loxone	Počet zařízení	Cena
Kamerový systém	0	
Senzor kouře	1	2 632,80 Kč
Senzor úniku vody	4	7 447,40 Kč
Bezpečnostní zámek	0	
Spínače oken	4	7 447,40 Kč
Chytré zásuvky	10	19 260,90 Kč
Řízení teploty	1	4 545,11 Kč
Osvětlení	7	55 046,53 Kč
Senzor pohybu	6	15 411,30 Kč
Chytré rolety	3	17 342,58 Kč
Řídící jednotka	1	10 618,11 Kč
<b>Celkem</b>		<b>139 752,13 Kč</b>

**Tabulka 19 - Cena řešení Loxone**

Po započítání ceny vyplývající z chybějících zařízení do celkové ceny nabízeného řešení je zřejmé, kolik by jednotlivé nabídky společností doplněné o chybějící zařízení celkem stály. Na základě toho byly nabídky ohodnoceny body na stupnici od 0 do 4, kde 4 je nejvíce a 0 nejméně.

Poskytovatel	Cena	Body
<b>Yale</b>	90 508,98 Kč	2
<b>Insteon</b>	71 286,57 Kč	4
<b>Somfy</b>	116 324,01 Kč	1
<b>Loxone</b>	156 418,13 Kč	0
<b>Fibaro</b>	90 332,00 Kč	3

**Tabulka 20 - Bodové ohodnocení na základě celkové ceny**

#### 4.6.1.6 Saatyho metoda

Následující tabulka shrnuje celkové počty bodů řešení každé společnosti v jednotlivých oblastech. V oblasti bezpečnosti, která má nejvyšší váhu zvítězilo řešení společnosti Somfy. Nejhorší řešení v této oblasti je od společnosti Loxone.

V oblasti dlouhodobých úspor zvítězilo řešení společnosti Fibaro. Naopak nejhorším řešením v této oblasti je řešení společnosti Yale a Somfy.

V oblasti komfortu zvítězilo řešení společnosti Somfy. Nejhorší ohodnocení získalo řešení společnosti Yale.

Po vypočítání celkové ceny jednotlivých řešení, která počítá i s doplněním chybějících zařízení, lze vidět, že řešení společnosti Loxone je nekompromisně nejdražší. Nejlevnější je řešení společnosti Insteon. Z předchozí analýzy není zřejmé, čím tak vysokou cenu ospravedlnit. Nicméně na základě nižší priority celkové ceny při vícekritériální analýze nesehrála cena příliš vysokou roli.

	<b>Yale</b>	<b>Insteon</b>	<b>Somfy</b>	<b>Fibaro</b>	<b>Loxone</b>	<b><math>v_i</math></b>
<i>Bezpečnost</i>	19	21	25	21	16	0,610
<i>Řízení spotřeby</i>	9	13	9	16	14	0,131
<i>Cena</i>	3	4	1	2	0	0,063
<i>Komfort</i>	10	11	14	13	13	0,196
<i>Součet</i>	41	49	49	52	43	1

**Tabulka 21 - Saatyho matice bodů**

Po započtení normovaných vah je zřejmé, které řešení je na základě zvolených kritérií nejlepší a které nejhorší. Nejlépe se umístilo řešení společnosti Somfy, na druhém místě s řešením společnosti Fibaro. Dobré umístění těmito společnostmi zajistila skutečnost, že si vedli nejlépe v oblasti zabezpečení. Nejhuře dopadlo řešení společnosti Loxone. Důvodem je hlavně neuspokojivá nabídka v oblasti zabezpečení společně s bezkonkurenčně nejvyšší cenou.

	<b>Yale</b>	<b>Insteon</b>	<b>Somfy</b>	<b>Fibaro</b>	<b>Loxone</b>	<b><math>v_i</math></b>
<i>Bezpečnost</i>	11,58485897	12,80431781	15,24323549	12,80431781	9,755670711	0,610
<i>Řízení spotřeby</i>	1,180668467	1,705410008	1,180668467	2,098966164	1,836595393	0,131
<i>Cena</i>	0,188751868	0,251669158	0,062917289	0,125834579	0	0,063
<i>Komfort</i>	1,961679059	2,157846965	2,746350683	2,550182777	2,550182777	0,196
<i>Součet</i>	14,91595836	16,91924394	19,23317193	17,57930133	14,14244888	1

**Tabulka 22 - Saatyho matice po započtení vah**

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat nabídku chytrých zařízení na trhu a následně na základě daných kritérií vybrat poskytovatele, jehož řešení chytré domácnosti na uvedeném reálném příkladu je nejlepší. Stěžejní kritéria pro byla zejména bezpečnost, řízení spotřeby, komfort a také cena. Společnosti byly do finální analýzy vybrány podle toho, zda jejich řešení chytré domácnosti obsahuje alespoň většinu požadovaných zařízení. Velké množství společností se soustředí pouze na vybrané segmenty domácnosti, jako například bezpečnost. Avšak i u vybraných společností se našly oblasti, které by v případě skutečné realizace bylo nutné pokrýt z externích zdrojů, protože společnosti vlastní zařízení v těchto oblastech nenabízejí.

Vítěznou společností se dle daných kritérií stala společnost Somfy. Kombinace vysokého ohodnocení v oblastech bezpečnosti a komfortu kompenzuje poměrně vysoké náklady na implementaci. Avšak ani řešení od Somfy neobsahuje vše. Při implementaci by bylo nutné zajistit osvětlení a jeho řízení zvlášť.

Nejhoršího výsledku dosáhlo řešení od společnosti Loxone. Tomu se staly osudným zejména nízké výsledky v oblasti zabezpečení a komfortu společně s bezkonkurenčně nejvyšší cenou vůbec. Tuto skutečnost nezvrátilo ani poměrně dobré ohodnocení z hlediska řízení spotřeby.

Zjištění vyplývající ze závěrů této práce se dají využít při výběru vhodného chytrého řešení a jeho implementace. Toto řešení je vhodné pro každého, kdo preferuje na prvním místě bezpečnostní funkce, dále společně s komfortem a dlouhodobým řízením spotřeby vyplývající z provozu chytré domácnosti.

## 6 Bibliografie

- Brookshear, J. Glenn. 2017.** *Informatika*. místo neznámé : Computer Press, 2017.
- Browning, Daniel. 2018.** *MachineDesign. MachineDesign*. [Online] 2018.  
<https://www.machinedesign.com>.
- Buhagiar, Jon. 2018.** *CompTIA Network+ Review Guide: Exam N10-007*. místo neznámé : John Wiley & Sons, 2018.
- Burian, Pavel. 2014.** *Internet inteligentních aktivit*. místo neznámé : Grada Publishing, 2014.
- Butler, Kenneth. 2012.** What is Bluetooth 4.0? *laptop*. [Online] 2012.  
<https://www.laptopmag.com>.
- Carcelle, Xavier. 2009.** *Power Line Communications in Practice*. místo neznámé : Artech House, 2009.
- E.ON.** Kolik energie a peněz ušetří inteligentní domácnost? *eon*. [Online]  
<https://www.eon.cz/radce/inteligentni-domacnost>.
- Evans, Dave. 2011.** Cisco. *Cisco*. [Online] 2011. <https://www.cisco.com>.
- Farahani, Shahin. 2011.** *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. místo neznámé : Newnes, 2011.
- Gála, Libor, Pour, Jan a Toman, Prokop. 2006.** *Podniková informatika*. místo neznámé : Grada Publishing, 2006.
- Gupta, Naresh. 2013.** *Inside Bluetooth Low Energy*. místo neznámé : Artech House, 2013.
- Hetting, Claus. 2019.** IoT: Could 2019 be the year of Wi-Fi HaLow? *wifinowevents*. [Online] 2019. <https://wifinowevents.com>.
- Hillar, Gastón C. 2017.** *MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol*. místo neznámé : Packt Publishing Ltd, 2017.
- Chaskar, Hemant. 2017.** For IoT Over WiFi, 802.11ax Is the New HaLow. *Network Computing*. [Online] 2017. <https://www.networkcomputing.com>.
- Kamal, Raj. 2017.** *Internet of Things*. místo neznámé : McGraw-Hill Education, 2017.
- Keršláger, Milan a Horák, Jaroslav. 2017.** *Počítačové sítě pro začínající správce*. místo neznámé : Computer Press, 2017.
- Klement, Milan.** *Technologie bezdrátových sítí – základní principy a standardy*. místo neznámé : Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kuinam, J. Kim a Nikolai, Joukov. 2017.** *Mobile and Wireless Technologies 2017: ICMWT 2017*. místo neznámé : Springer, 2017.
- Lamkin, Paul. 2019.** Z-Wave explained. *the ambient*. [Online] 2019. <https://www.the-ambient.com>.
- Lueth, Knud Lasse. 2014.** <https://iot-analytics.com>. *IoT Analytics*. [Online] 2014. <https://iot-analytics.com>.
- Michaslki, Thomas. 2017.** Explaining Sigfox. *ubidots*. [Online] 2017. <https://ubidots.com>.
- Ogletree, Terry William a Mueller, Scott. 2004.** *Upgrading and Repairing Networks*. místo neznámé : Que Publishing, 2004.
- Paetz, Christian. 2017.** *Z-Wave Essentials*. místo neznámé : Prof. Dr. Christian Paetz, 2017.
- Parsons, June Jamrich. 2018.** *New Perspectives on Computer Concepts 2018: Comprehensive*. místo neznámé : Cengage Learning, 2018.
- Paul, Frederic. 2017.** IoT is everywhere. *networkworld*. [Online] 2017.  
<https://www.networkworld.com>.
- Pavlis, Jakub. 2011.** ZigBee - když je pomalejší síť výhodnější. *notebook.cz*. [Online] 2011.  
<https://notebook.cz>.



- Pohanka, Pavel. 2017.** <http://i2ot.eu>. [Online] 2017.
- Porter, Jessica. 2018.** The History of IoT. *techprevue*. [Online] 2018.  
<https://www.techprevue.com>.
- Ray, Brian. 2017.** What is Narrowband IoT (NB-IoT). *iotforall*. [Online] 2017.  
<https://www.iotforall.com>.
- Rouse, Margaret. 2018.** MQTT. *Techtarget*. [Online] 2018.  
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com>.
- . 2018. smart home. *Techtarget*. [Online] 2018.  
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com>.
- Sergio F. Ochoa, Pritpal Singh, José Bravo. 2017.** *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence: 11th International Conference*. místo neznámé : Springer, 2017.
- Silhavy, Radek, a další. 2013.** *Vybrané aspekty návrhu webových informačních systémů*. místo neznámé : Scientific Press by Silhavy, 2013.
- Sosinsky, Barrie. 2016.** *Mistrovství – počítačové sítě*. místo neznámé : Computer Press, 2016.
- Stokes, Paul. 2018.** 10 amazing cases of IoT applications . *medium*. [Online] 2018.  
<https://medium.com>.
- Sugumaran, Vijayan. 2017.** *Developments and Trends in Intelligent Technologies and Smart Systems*. místo neznámé : IGI Global, 2017.
- Sundmaeker, Harald, a další. 2010.** *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*. místo neznámé : Publications Office of the European Union, 2010.
- Thomas, Michaslki. 2017.** Explaining LoRaWAN. *ubidots*. [Online] 2017.  
<https://ubidots.com>.
- Trulove, James. 2009.** *Sítě LAN*. místo neznámé : Grada Publishing, 2009.
- Yang, Yifeng. 2009.** Microchip Technology. *Microchip Technology*. [Online] 2009.  
<http://ww1.microchip.com>.